

Sveučilište u Zagrebu

Arhitektonski fakultet

Marija Džapo

ARHITEKTONSKI MODELI LABORATORIJA PRIRODNIH ZNANOSTI - KRITERIJI ZA PROGRAMIRANJE ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKIH SADRŽAJA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2026.



Sveučilište u Zagrebu

Arhitektonski fakultet

Marija Džapo

ARHITEKTONSKI MODELI LABORATORIJA PRIRODNIH ZNANOSTI - KRITERIJI ZA PROGRAMIRANJE ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKIH SADRŽAJA

DOKTORSKI RAD

Mentor:
Prof.dr.sc. Silvio Bašić

Zagreb, 2026.



University of Zagreb

Faculty of Architecture

Marija Džapo

ARCHITECTURAL MODELS OF NATURAL SCIENCE LABORATORIES - CRITERIA FOR PROGRAMMING SCIENTIFIC AND RESEARCH FACILITIES

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor:
Prof. Silvio Bašić, PhD

Zagreb, 2026.

Životopis mentora

Mentor doktorske disertacije je prof. art. dr. sc. Silvio Bašić, dipl. ing. arh., redoviti profesor na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na Samostalnoj katedri za zgradarstvo.

Silvio Bašić rođen je u Zagrebu 1965. godine, osnovnu i srednju školu završio je u Zadru. Diplomirao je 1991. godine na Arhitektonskom fakultetu Sveučilištu u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Mladena Vodičke. Pohađao je poslijediplomski studij Prostorno planiranje, urbanizam i parkovna arhitektura (2003. - 2006. g.) te doktorirao na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u ožujku 2013. godine s disertacijom na temu „Urbanistički standardi novih stambenih naselja".

Stručno iskustvo stjecao je za vrijeme studija arhitekture u Urbanističkom institutu RH, a po završenom studiju u: Invest projekt-u, Zavodu za arhitekturu Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, KONIKOM-u, IGH-u radeći na razradi prostornih planova i glavno-izvedbenih projekata zgrada.

Od 1991. do 2003. zaposlen je u Gradskom zavodu za planiranje razvoja Grada i zaštitu okoliša Grada Zagreba, 2001. godine imenovan je Načelnikom Odjela za planiranje urbanističkog razvoja grada. Od 2003. do danas zaposlen je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, od 2012. predstojnik je Zavoda za zgradarstvo, a od 2016. godine pročelnik Samostalne katedre za zgradarstvo.

Na preddiplomskom studiju Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu nositelj je kolegija Visokogradnje i Povijest graditeljstva, a na diplomskom studiju kolegija Prometne zgrade, Promet u mirovanju, Održivo planiranje prostora i Načela obnove zgrada.
Osim navedenih kolegija u školskoj godini 2006./2007. na dodiplomskom studiju Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu predavao je i kolegij Prostorno planiranje, a u školskoj godini 2005./2006. sudjelovao je kao honorarni asistent na kolegiju Arhitektonske konstrukcije V na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te kao gost kritičar na kolegiju Radionica arhitektonskog projektiranja I - I godina diplomskog studija arhitekture i urbanizma Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 2015.
Od 2011. mentor je i ko-mentor na izradi diplomskih radova na kolegiju Prometne zgrade, mentor na izradi diplomskih radova na kolegiju Visokogradnje, te od 2012. godine mentor na izradi završnih radova na kolegiju Visokogradnje.
2021. i 2024. godine sudjeluje kao gost- predavač na doktorskom studiju na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Koautor je nerecenziranih skripti iz kolegija kojih je nositelj, a koje su objavljenje na sustavu za e-učenje Merlin.

2020. g. izabran je u zvanje znanstvenog suradnika.

Objavio je kao autor/koautor niz znanstvenih radova koji su publicirani u znanstvenim časopisima i koji su prezentirani i objavljeni u zbornicima međunarodnih znanstvenih skupova. Od 2014. godine sudjelovao je kao istraživač na više znanstveno-istraživačkih projekata. Također član je znanstvenih odbora više međunarodnih znanstvenih skupova.
Od 2016. godine član je uredništva znanstvenog časopisa Hrvatskog saveza građevinskih inženjera „Građevinar".
Autor je Knjige XV – Krajobrazno uređenje , Opći tehnički uvjeti za radove na cestama (OTU), 2023. – 2024.

Upisan je u Imenik ovlaštenih arhitekata i arhitekata urbanista Hrvatske komore arhitekata. Ovlašten je za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara. Iz njegovog stručnog, autorskog opusa, koji obuhvaća niz projekata različitih mjerila: od prostornih i urbanističkih planova i projekata do interijera (dio kojih je realiziran) ističe se *Urbanističko-arhitektonska studija - Koncept prostornog razvoja i razmještaja znanstveno-istraživačkih sadržaja unutar cjelokupnog kompleksa Instituta „Ruđer Bošković"*, te nekoliko realiziranih projekata znanstvene infrastrukture na toj lokaciji.
Sudjelovao je na arhitektonsko-urbanističkim natječajima te je koautor više nagrađenih projekata koji su objavljeni u relevantnoj domaćoj i međunarodnoj stručnoj literaturi i periodici. Izlagao je na izložbama natječajnih radova, Salonu mladih, Zagrebačkom salonu arhitekture i urbanizma, godišnjim izložbama realizacija UHA-e te samostalno. Također, sudjelovao je i u provedbama više arhitektonskih i urbanističko-arhitektonskih natječaja kao član Ocjenjivačkog suda ili u svojstvu izrađivača natječajnog programa.

U razdoblju 2007. – 2013. godina član Povjerenstva za ocjenu arhitektonske uspješnosti idejnog projekta Grada Zagreba.

Član je Društva arhitekata Zagreba (DAZ), Udruženja hrvatskih arhitekata (UHA) i Hrvatske Komore arhitekata (HKA).
U razdoblju 2009. - 2012. godina predsjednik Odbora za urbanizam Hrvatske komore arhitekata, te član radne skupine za izradu Arhitektonskih politika RH.
U razdoblju 2011. - 2012. godina voditelj Stručnog savjeta Udruženja hrvatskih arhitekata.

Sažetak

Ključne riječi: sistematizacija laboratorija, programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja, fleksibilnost laboratorija

Tema ovog doktorskog istraživanja su kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja i mogućnost prilagodbe laboratorijskih prostora suvremenim istraživačkim potrebama.

U prvom dijelu istražena je sistematizacija laboratorija. Utvrđeno je kako postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi omogućuje pregled i sistematizaciju samo pojedinih laboratorija. Predložena je nova, dopunjena sistematizacija koja omogućuje jasan pregled laboratorija i obuhvaća sav spektar znanstvenih istraživanja.

U drugom dijelu istraživanja definirani su kriteriji za programiranja znanstveno-istraživačkih sadržaja. Istraživanje je provedeno analizom smjernica za projektiranje koje propisuju sveučilišta, te analizom zahtjeva i potreba korisnika kroz intervjue s istraživačima. Kao rezultat provedenog istraživanja definirani su sveobuhvatni kriteriji za programiranje znanstveno – istraživačkih laboratorija.

U trećem dijelu istraživanja obuhvaćeni su arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti i ispitivanje fleksibilnosti laboratorijskih prostora. Analizom primjera kroz *Katalog odabranih primjera* definirane su sheme prostornih odnosa laboratorijskih sklopova gdje su utvrđena dva osnovna modela organizacije - organizacija oko središnje komunikacije i zonska organizacija. Fleksibilnost je istražena kroz laboratorijski modul, konstruktivni raster, poziciju tehničkih prostora i tlocrtnu formu.

Rezultatima istraživanja potvrđene su sve tri postavljene hipoteze, a provedeno istraživanje predstavlja doprinos cjelokupnoj temi proučavanja znanstveno-istraživačkih sadržaja i laboratorijskih zgrada, s naglaskom na sintezu suvremenih zahtjeva i potreba koji se stavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje i mogućnosti prilagodne suvremenim istraživačkim potrebama.

Abstract

Keywords: laboratory systematization, programming of the scientific and research facilities, flexibility of the laboratory

The topic of this doctoral research is the criteria for programming scientific and research facilities and the viability of adapting laboratory spaces to contemporary research needs.

The first part analyses the systematization of the laboratories. It was established that the existing systematization of laboratories in the literature enables the review and systematization of only certain laboratories. A new, supplemented systematization is proposed, which enables a clear overview of the laboratories and responds to the needs of contemporary scientific research.

The second part of the research defined the criteria for programming scientific and research facilities. The research was conducted by analysing design guidelines prescribed by universities and analysing user perspective through interviews with researchers. As a result of the research, comprehensive criteria for programming scientific and research facilities were defined.

The third part of the research covers architectural models of natural science laboratories and explores the flexibility of laboratory spaces. Schemes of space relationships diagrams were defined by analysing examples through *The Catalogue of Selected Examples.* Two basic models of organization were determined - organization around a central corridor and zonal organization. Flexibility was explored through the laboratory module, constructive grid, position of technical spaces and floor plan form.

The research results confirmed all three hypotheses. The conducted research represents a contribution to the overall topic of studying scientific research facilities and laboratory buildings, with an emphasis on the synthesis of contemporary needs placed on scientific research facilities and possibilities of adaptation to contemporary research needs.

SADRŽAJ

1. UVOD 01

1.1 Obrazloženje teme 01

1.2 Ciljevi i hipoteze istraživanja 02

1.3 Metode i plan istraživanja 02

1.4 Očekivani rezultati i znanstveni doprinos istraživanja 07

2. TEORIJSKI I POVIJESNI OKVIR RAZVOJA LABORATORIJA 08

2.1 Uvod 08

2.2 Znanstveno istraživanje kroz povijest 08

2.3 Pregled razvoja laboratorija 13

2.3.1 Osnivanje i razvoj sveučilišnih laboratorija 13

2.3.2 Osnivanje i razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija 21

2.3.3 Osnivanje i razvoj tehnoloških parkova 27

2.3.4 Trendovi razvoja 28

2.3.5 Zaključak 30

2.4 Laboratorijska zgrada kao arhitektonski tip 31

2.4.1 Određivanje pojma arhitektonski tip 31

2.4.2 Određivanje pojma laboratorij i laboratorijska zgrada 31

2.4.3 Određivanje pojma arhitektonski sklopovi laboratorijske zgrade 32

2.4.4 Povijesni razvoj laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa 37

2.4.5 Zaključak 48

3. SISTEMATIZACIJA LABORATORIJA 49

3.1 Analiza postojeće sistematizacije laboratorija u literaturi 49

3.1.1 Uvod 49

3.1.2 Pregled sistematizacije laboratorija u literaturi 49

3.1.3 Osvrt na postojeću sistematizaciju laboratorija u literaturi 60

3.1.4 Zaključak 63

3.2 Prijedlog sistematizacije laboratorija 63

3.2.1 Uvod 63

3.2.2 Sistematizacija laboratorija 64

3.2.3 Zaključak 69

3.3 Osnovna programska obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom 70
3.3.1 Vlasništvo 70
3.3.2 Način korištenja 71
3.3.3 Znanstveni smjer 79
3.3.4 Područje djelovanja i metode rada 80
3.3.5 Tlocrtna organizacija laboratorija 81
3.3.6 Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija i laboratorijske zgrade 86
3.4 Zaključak 91

4. KRITERIJI ZA PROGRAMIRANJE ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKIH SADRŽAJA 92
4.1 Uvod 92
4.2 Analiza smjernica za projektiranje laboratorija 93
4.2.1 Komparativna analiza smjernica za projektiranje 94
4.2.2 Sistematizacija analiziranih smjernica 103
4.3 Analiza potreba i zahtjeva korisnika laboratorijskih prostora 104
4.3.1 Komparativna analiza zahtjeva i potreba korisnika laboratorijskih prostora prema intervjuima s istraživačima 105
4.3.2 Sistematizacija zahtjeva i potreba korisnika laboratorijskih prostora 109
4.4 Sistematizacija zahtjeva definiranih analizom smjernica i potreba korisnika 109
4.5 Definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja 113
4.6 Pregled osnovnih obilježja kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja 116
4.7 Zaključak 127

5. ARHITEKTONSKI MODELI LABORATORIJA PRIRODNIH ZNANOSTI 129
5.1 Uvod 129
5.2 Kriteriji za odabir primjera 129
5.3 Objašnjenje kataloškog obrasca kao alata istraživanja 130

5.4 Arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti 132
5.4.1 Uvod 132
5.4.2 Komparativna analiza prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorijskih zgrada 132
5.4.3 Definiranje arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti 149
5.4.4 Zaključak 152
5.5 Fleksibilnost laboratorijskih prostora 152
5.5.1 Uvod 152
5.5.2 Definiranje parametara fleksibilnosti laboratorijskih prostora 153
5.5.3 Određivanje fleksibilnosti laboratorijskih prostora prema sistematizaciji laboratorija 153
5.5.4 Komparativna analiza – ispitivanje ograničenja prostorne organizacije 154
5.6 Zaključak 160

6. RASPRAVA 161
6.1 Osvrt na ciljeve i hipoteze istraživanja 161
6.2 Sinteza i interpretacija rezultata istraživanja 163
6.3 Doprinos i primjena doktorskog istraživanja 165
6.4 Moguća daljnja istraživanja 165

7. ZAKLJUČAK 166

Popis grafičkih prikaza 169

Popis tablica 172

Popis literature 174

Pojmovnik 185

Popis kratica 188

Životopis autorice 190

PRILOZI:

I Analiza smjernica za projektiranje laboratorija

II Intervjui s istraživačima

A/ Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

B/ Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

III Katalog odabranih primjera

1. UVOD

1.1 Obrazloženje teme

Laboratorijske zgrade su tehnološki vrlo složene građevine, namijenjene su istraživanju, nastavi, tehnološkom razvoju i tržišnoj komercijalizaciji. Također, predstavljaju mjesto implementacije inovativnih istraživanja što podrazumijeva njihove prostorne, organizacijske i tehnološke modifikacije. Dok je u prošlosti fokus istraživačkih zgrada bio samo na znanosti i sposobnosti zgrade da zadovolji sve funkcionalne zahtjeve, danas se sve veći naglasak stavlja na potrebe korisnika i na korisničko iskustvo. Nadalje, trendovi razvoja vode k većoj automatizaciji i robotizaciji (već sada su u laboratorijima prisutni pametni uređaji), interdisciplinarnim timovima i otvaranju istraživačkih institucija društvenoj zajednici.

Iz navedenog se može zaključiti da se arhitektura laboratorijskih zgrada kontinuirano suočava s potrebama prilagodbe i promjene, koje su posljedica potrebe za unapređenjem znanstvenog istraživanja. Naime, trendovi razvoja utječu direktno na prilagodbu metoda znanstvenog rada što za posljedicu ima i zahtjeve za promjenom pristupa u oblikovanju, organizaciji i opremanju laboratorijskih prostora.

Osim promjena koje su posljedica tehnološkog aspekta znanstvenog istraživanja, tijekom vremena mijenjaju se i istraživački prioriteti što u korištenju laboratorija dovodi do pitanja njegove fleksibilnosti, a u konačnici i generalnog pitanja određenja optimalnog modela laboratorija.

Iz ovih zahtjeva proizlazi pitanje metodološkog okvira za programiranje koji bi obuhvatio sve sadržaje i kriterije koji utječu na prostorno funkcionalnu cjelinu: znanstvene, tehnološke, funkcionalne, arhitektonske, okolišne, društvene, sigurnosne. Također, postavlja se i pitanje u kojoj mjeri je laboratorijski prostor fleksibilan i može li se prilagoditi suvremenim istraživačkim potrebama, te kakav je odnos programom predviđenog prostora i zgrade u korištenju, postoje li i gdje su problemi laboratorijskih zgrada u korištenju.

Odgovori na uočene probleme istraženi su kroz analizu laboratorijskih prostora, i to na razini laboratorijske jedinice (može uključivati jedan ili više laboratorijskih prostora, prateće i zajedničke prostore), te na razini laboratorijske zgrade.

Dodatno, potrebno je napomenuti da su uvodna istraživanja ukazala da širok spektar znanstvenih istraživanja nije sustavno obuhvaćen sistematizacijom laboratorija u literaturi, stoga je u sklopu ovog istraživanja predviđena i analiza, te dopuna postojeće sistematizacije kako bi se omogućio jasan i nedvosmislen pregled i podjela laboratorija.

1.2 Ciljevi i hipoteze istraživanja

Istraživanje je podijeljeno u dva dijela – šire i uže područje istraživanja. Cilj šireg istraživanja je utvrditi u kojoj mjeri postojeća sistematizacija laboratorija odgovara spektru znanstvenih istraživanja, te predložiti dopunu i/ili novu sistematizaciju. U užem istraživanju cilj je istražiti i redefinirati metodološki okvir programiranja laboratorija, te utvrditi stupanj fleksibilnosti laboratorijskih prostora i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa.

Postavljene su tri hipoteze:

1. Postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi ne obuhvaća sav spektar znanstvenih istraživanja.
2. Poticajno radno okruženje laboratorijske zgrade nije rezultat samo kvalitete laboratorijskih prostora, već i programa pratećih sadržaja.
3. Fleksibilnost laboratorija određena je njegovom funkcionalno tehnološkom determinantom.

1.3 Metode i plan istraživanja

Istraživanje se temelji na sustavnom proučavanju znanstvene i stručne literature (knjige i znanstveni članci, internetski izvori), istraživačkih i stručnih studija, te dokumentacijskih izvora (dostupna arhitektonska i druga tehnička dokumentacija). Ograničenja istraživanja očitovala su se u povjerljivosti arhitektonske i tehničke dokumentacije pojedinih kompanija, koja je iz sigurnosnih razloga dostupna samo užem krugu ovlaštenih osoba i regulatornim tijelima.
Dodatni empirijski podatci prikupljeni su metodom intervjua s istraživačima i korisnicima laboratorijskih prostora.

Prikupljeni podatci odrađeni su i interpretirani primjenom više znanstvenih metoda.
Šire istraživanje obuhvaća sistematizaciju laboratorija, tj. postupak razvrstavanja i klasifikacije laboratorija prema definiranim kriterijima s ciljem jasnog pregleda svih vrsta laboratorija koji zadovoljavaju potrebe suvremenih znanstvenih istraživanja. Metodom apstrakcije izdvojena su opća obilježja laboratorija kako bi se uočile njihove sličnosti i razlike, što je omogućilo donošenje zaključaka na temelju cjelovitog sustava. Metodom konkretizacije, u daljem istraživanju, njihova opća obilježja i zakonitosti su povezani s konkretnim primjerima.

Daljnje kvalitativno istraživanje je obuhvatilo analizu povijesnog konteksta i evoluciju laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa. U završnom dijelu istraživanja prikupljeni podatci su sistematizirani, a rezultat je tematska sinteza koji objašnjava uzročno-posljedične veze između razvoja znanosti i arhitekture laboratorijskih zgrada.

Metoda analize smjernica za projektiranje laboratorijskih zgrada koje propisuju relevantna sveučilišta korištena je za usporedbu i evaluaciju preporuka koje oblikuju laboratorijski prostor. Cilj istraživanja je kritička evaluacija smjernica koje usmjeravaju proces projektiranja. Proces istraživanja je obuhvatio: prikupljanje smjernica za projektiranje laboratorija koje propisuju relevantna sveučilišta, kategorizaciju smjernica prema tematskim cjelinama, komparativnu analizu smjernica, te njihovu evaluaciju kroz intervjue s istraživačima (ispitivanje korisničkog stava istraživača prema laboratorijskom prostoru).

Intervjuiranje istraživača omogućilo je uvid u stvarne potrebe korisnika. Kvalitativni polustrukturirani intervjui su obuhvatili primarne korisnike laboratorijskih prostora (ukupno 16 ispitanika). Vođeni su pomoću pripremljenih pitanja uz zadržavanje fleksibilnosti kako bi se razgovor usmjerio ovisno o pojedinačnom iskustvu korisnika.

Podatci prikupljeni audio snimanjem i transkripcijom analizirani su prema tematskim cjelinama prethodno definiranim za kategorizaciju smjernica za projektiranje laboratorija.

Uočeni nedostatci smjernica za projektiranje dopunjeni su zahtjevima definiranim kroz intervjue s istraživačima. Istraživanje je rezultiralo sintezom suvremenih zahtjeva i potreba koji se postavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje. Temeljem provedenog istraživanje definirani su kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja s ciljem stvaranja jasnih uzoraka koji se mogu koristi u fazi arhitektonskog programiranja laboratorijskih zgrada.

U završnoj fazi istraživanja analizirano je kako se definirani kriteriji manifestiraju u praksi kroz izradu kataloga odabranih primjera. Cilj je funkcionalna analiza, te usporedba izgrađenih laboratorijskih zgrada radi utvrđivanja arhitektonskih modela laboratorija. Primjeri su odabrani prema tipološkom i funkcionalnom okviru, te po relevantnosti (arhitektonska vrijednost potkrijepljena nagradama, publiciranje i specifična tehnička rješenja). Strukturirani katalog je obuhvatio analizu općih podataka, kontekstualnu, prostorno-funkcionalnu i konstruktivno-tehnološku analizu. Analizirani podatci su prikupljeni analizom projekata (originalna projektna dokumentacija), terenskim istraživanjem (obilazak lokacije, fotografiranje), te pregledom literature i internetskih izvora. Prikupljeni podatci su unutar kataloškog istraživanja obrađeni komparativom analizom. Istraživanje je rezultiralo definiranjem specifičnih prostorno-funkcionalnih shema temeljem kojih su definirani modeli laboratorija, što predstavlja teoretski doprinos budućem arhitektonskom djelovanju.

Sadržaj istraživanja prati plan i faze istraživanja:

Poglavlje 1. Uvodno poglavlje odnosi se na definiranje istraživačkog problema i obrazloženje teme, pregled dosadašnjih istraživanja, definiranje istraživačkih pitanja, cilj i hipoteze istraživanja, te korištene materijale, metode, plan istraživanja i očekivani znanstveni doprinos.

Poglavlje 2. Pregled povijesnog razvoja laboratorija u prvom dijelu prikazuje povijesni razvoj znanstvenog istraživanja, tj. razvoj znanstvenih metoda. U nastavku je promatran razvoj laboratorija kroz obrazovno-istraživačke aktivnosti (osnivanje i razvoj sveučilišnih laboratorija), te kroz gospodarsko-istraživačke aktivnosti (osnivanje i razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija). U drugom dijelu promatran je razvoj laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa, uz ispitivanje uzročno-posljedične veze između razvoja znanstvenih metoda i zahtjeva tehnološkog procesa istraživanja (uvjetovan je tehnološkim razvojem i socioekonomskim promjenama) s promjenama u arhitektonskom tipu laboratorijske zgrade.

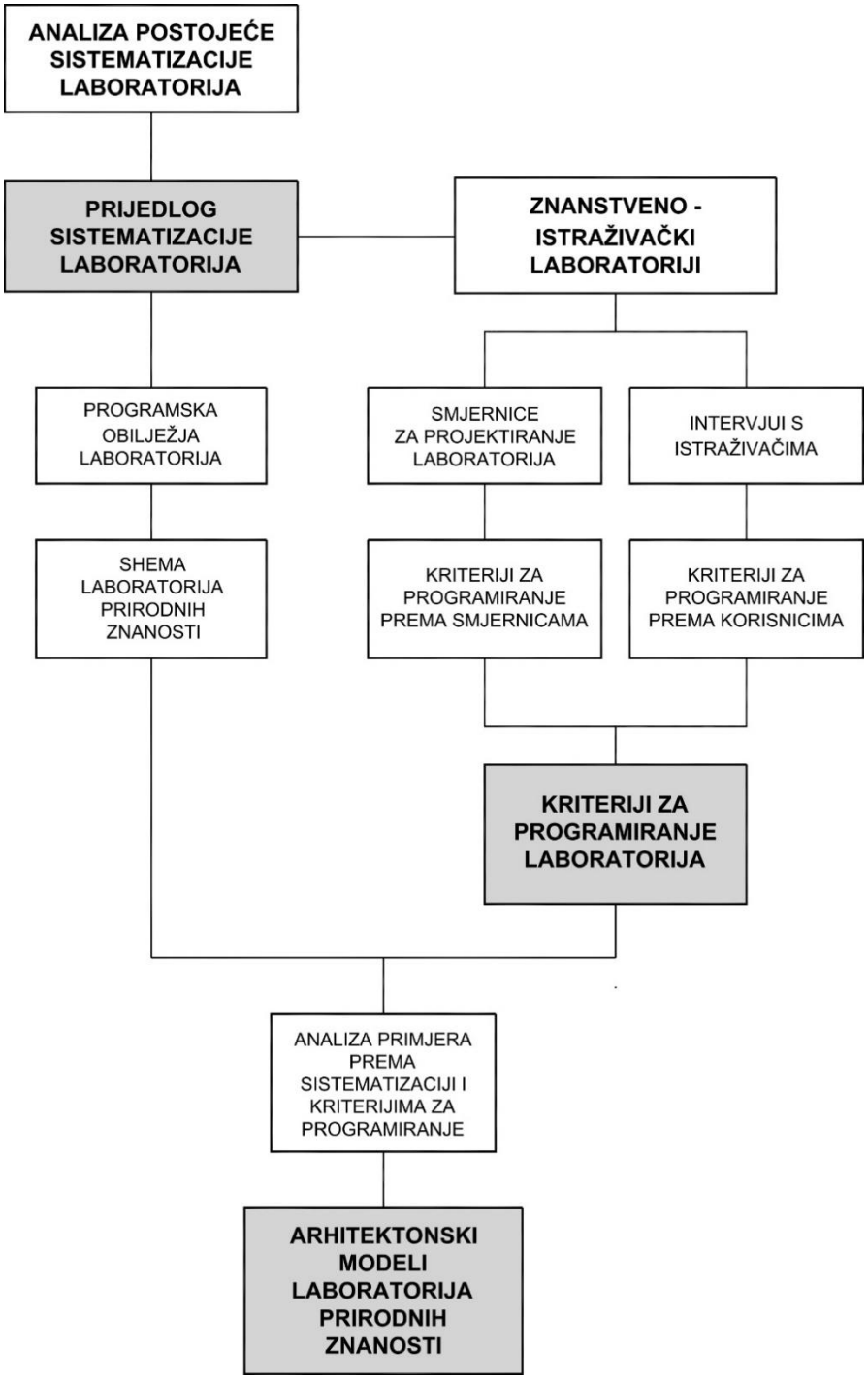
Poglavlje 3. Poglavlje *Sistematizacija laboratorija* predstavlja šire područje istraživanja i ispituje u kojoj mjeri postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi obuhvaća spektar suvremenih istraživanja. U prvom dijelu istražena je postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi gdje je utvrđeno kako postojeća sistematizacija omogućuje pregled i sistematizaciju samo pojedinih laboratorija. U drugom dijelu istraživanja napravljen je prijedlog sistematizacije laboratorija, tj. dopuna referentne sistematizacije prema *vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, organizacijskoj shemi* i *zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije.* U nastavku istraživanja prikazan je pregled osnovnih programskih obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom s ciljem utvrđivanja njihovih općih obilježja kao podloge za buduće arhitektonsko programiranje.

Poglavlje 4. Poglavlje *Definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja* predstavlja uže područje istraživanja koje obuhvaća znanstveno-istraživačke laboratorije i bavi se ispitivanjem metodološkog okvira programiranja laboratorijskih zgrada. Istraživanje se sastoji iz dva dijela: analize smjernica za projektiranje laboratorija koja propisuju relevantna sveučilišta, te analize potreba i zahtjeva korisnika laboratorijskih zgrada, istraženih kroz intervjue s istraživačima. Daljnje istraživanje je provedeno komparativnom analizom. Na temelju sistematizacije zahtjeva iz prve i druge skupine uspostavljeni su kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Kriteriji za programiranje objašnjavaju prostorne odnose i procese korištenja laboratorijske zgrade, a ne njezine oblikovne karakteristike, te se mogu jednakovrijedno ostvariti na različitim laboratorijskim zgradama.

Poglavlje 5. Završni dio ovog doktorskog istraživanja obuhvaća definiranje programskih modela laboratorija prirodnih znanosti, te utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa. Istraživanje je obuhvatilo analizu prostornih odnosa funkcionalnih sklopova laboratorijske zgrade (laboratorij, prateći sadržaji laboratorija, uredi, zajednički i tehnički prostori), te utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora kroz analizu tlocrtne pozicije tehničkih prostora, laboratorijskog modula i konstruktivnog rastera. Istraživanje je provedeno grafičkom analizom primjera prema prethodno definiranim kriterijima i predloženoj sistematizaciji laboratorija kroz *Katalog odabranih primjera*. Temeljem provedene analize definirani su programski modeli laboratorija prirodnih znanosti.

Poglavlje 6. Poglavlje obuhvaća raspravu o rezultatima istraživanja. Rasprava se bavi problemom istraživanja, donosi osvrt na ciljeve, hipoteze i doprinos znanstvenog istraživanja unutar istraživačkog okvira. Sukladno provedenom istraživanju, rasprava o rezultatima dobivenim istraživanjem podijeljena je u tri dijela. Prvi dio odnosi se na sistematizaciju laboratorija, drugi dio se odnosi na definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja, a treći dio na utvrđivanje stupnja fleksibilnosti i definiranje arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti.

Poglavlje 7. Završno poglavlje iznosi zaključke provedenog istraživanja. Uključuje zaključke o rezultatima istraživanja, doprinose i ograničenja istraživanja, te implikacije za buduća istraživanja i implementaciju dobivenih saznanja.
Rezultati šireg istraživanja su potvrdili da predložena sistematizacija omogućuje sustavniji i pregledniji pristup razvrstaju laboratorija, te predstavlja osnovu za njihovo daljnje istraživanje. Definiran je sveobuhvatni sustav kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja gdje su tehnološki i funkcionalni zahtjevi prošireni socijalnim i društvenim potrebama korisnika. Ukupan znanstveni doprinos ostvaren je definiranjem arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti koji povezuju prostorno-funkcionalnu organizaciju s infrastrukturom, tehnološkim i konstruktivnim obilježjima laboratorija, te omogućuju prepoznavanje tipoloških karakteristika koja proizlaze iz specifičnih zahtjeva znanstveno-istraživačkog rada.



Slika 01. Shematski prikaz plana istraživanja, izvor: autor, 2025.

1.4 Očekivani rezultati i znanstveni doprinos istraživanja

Očekivani znanstveni doprinos ovog istraživanja je:

1. Sistematizacija laboratorija
2. Sinteza suvremenih potreba i zahtjeva koji se postavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje
3. Definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja
4. Definiranje karakterističnih obilježja i prostornih odnosa pojedinih modela laboratorija prirodnih znanosti
5. Utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa

Osim znanstvenog doprinosa očekuje se i stručni doprinos predložene sistematizacije i uspostavljenih kriterija i programskih modela laboratorija prirodnih znanosti kao okvira za izradu arhitektonskih programa, smjernica za projektiranje i prostorno planiranje, te kao podloga za unaprjeđenje zakonske regulative koja se odnosi na znanstveno-istraživačke sadržaje.

2. TEORIJSKI I POVIJESNI OKVIR RAZVOJA LABORATORIJA

2.1 Uvod

Pregled povijesnog razvoja laboratorija podijeljen je u dva dijela:

- u prvom dijelu prikazan je razvoj znanstvenog istraživanja, tj. razvoj znanstvenih metoda kroz povijest (od antike do moderne znanosti) i razvoj laboratorija. Laboratoriji su promatrani kroz osnivanje i razvoj sveučilišnih laboratorija, te kroz razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija.
- u drugom dijelu promatran je prostorno-funkcionalni sklop laboratorijske zgrade i njihovi međusobni odnosi, te povijesni razvoj laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa.

Cilj istraživanja je kroz pregled razvoja znanstvenih metoda i istraživačkih aktivnosti (transformirale su se napretkom tehnologije, povećanjem znanja i socioekonomskim promjenama) ispitati razvoj laboratorija i prostorno-funkcionalnog sklopa laboratorijske zgrade.

2.2 Znanstveno istraživanje kroz povijest

Znanost *u najširem značenju, je skup svih sustavno metodski stečenih i uobličenih znanja te djelatnost kojom se stječu takva znanja. U užem (i strožem) smislu, znanost je skup znanja dobivenih nekom od znanstvenih metoda, te racionalna djelatnost predviđanja i objašnjenja pojava u okolini (znanstveno znanje) koja se ostvaruje svođenjem pojedinih pojava pod univerzalne zakone.*[1]

Evolucija znanstvenog mišljenja može se pratiti od drevnih civilizacija poput onih u Mezopotamiji i Egiptu (rani oblici astronomije, matematike i medicine) do suvremenih naprednih tehnoloških i interdisciplinarnih studija.

Drevne civilizacije poput onih u Mezopotamiji i Egiptu razvile su rane oblike astronomije, matematike i medicine.

Antika nije razlikovala znanost i filozofiju; znanstvena istraživanja tog vremena bila su uglavnom spekulativna. Mislioci su usmjerili fokus prema objašnjenjima prirodnih fenomena.

Srednji vijek - tradicije grčkog učenja održavale su se u Istočnom Rimskom Carstvu i na Bliskom istoku. U Europi je skolastika kombinirala grčku filozofiju s kršćanskom mišlju.[2]

[1] https://www.enciklopedija.hr/clanak/znanost

[2] https://www.ebsco.com/research-starters/history/science

Od 16. - 18. stoljeća znanstvena revolucije donosi napredak u brojnim znanstvenim područjima i postavlja temelje za modernu znanost. Razdoblje karakterizira sustavno eksperimentiranje i empirijsko istraživanje; obilježeno je prelaskom na znanost utemeljenu na dokazima. Francis Bacon uveo je znanstvenu metodu – promatranje i induktivno zaključivanje. René Descartes je naglašavao deduktivno zaključivanje. Newtonovi zakoni gibanja i univerzalne gravitacije postavili su temelje klasične fizike.

U 19. stoljeću dolazi do modernizacije u prirodnim znanostima. Darwinova teorija evolucije prirodnom selekcijom preoblikovala je istraživanja u biologiji. Mendelovi eksperimenti na biljkama graška uspostavili su principe nasljeđivanja, označavajući rođenje genetike. Fizika je napredovala otkrićima u elektromagnetizmu.

U 20. stoljeću znanstvena revolucija donosi velike promjene pojavom kvantne mehanike i Einsteinove teorije relativnosti. Einsteinove teorije relativnosti transformirale su koncepte prostora, vremena i gravitacije. Biologija je napredovala otkrićem strukture DNK od strane Jamesa Watsona i Francisa Cricka, omogućujući uvid u genetski kod.

Početkom 21. stoljeća tehnološki napredak i istraživanja potaknuta umjetnom inteligencijom ubrzavaju znanstvena otkrića. Interdisciplinarna istraživanja spojila su područja poput biofizike i računalne biologije, što je dovelo do razvoja medicine i znanosti o okolišu. Klimatologija je dobila na važnosti kada su istraživači prepoznali utjecaj ljudskih aktivnosti na globalne klimatske obrasce. Danas umjetna inteligencija preoblikuje istraživanja u genomici, klimatologiji i astrofizici. Središnja tema je održivost koja potiče inovacije u obnovljivim izvorima energije.[3]

Pregled povijesnog razvoja znanstvenih metoda

Znanost se definira metodama koje se koriste, a suvremenu znanost karakterizira razvoj i primjena novih metoda i instrumenata koji omogućuju sustavnije promatranje, mjerenje i eksperimentiranje (Krauss, 2023).

Evolucija znanstvenih metoda se kao i evolucija znanstvenog mišljenja može pratiti od drevnih civilizacija do danas.

Drvene civilizacije bavile su se promatranjem i bilježenjem za praktične potrebe. Empirijsko znanje se primjenjivalo u medicini, inženjerstvu, matematici i poljoprivredi (Krauss, 2023).

[3] https://tertiarygraphic.com/developing-institutional-and-national-policies-through-research-4/#:~:text=The%20history%20of%20natural%20sciences%20research%20exemplifies,shaped%20by%20technological%20advancements%20and%20interdisciplinary%20collaboration

Antika – znanja koja su drevne civilizacije (Mezopotamija, Egipat; Kina) razvijale u geometriji, astronomiji, fizici, stari Grci su pretvorili u teorijska područja. Tražili su uzroke fizičkih pojava uz naglasak na logiku i promatranje (dolazi do prekretnice od mitoloških objašnjenja prema racionalnom istraživanju). Pomogli su u stvaranju formalne logike, povijesti, etnografije i filozofije. (Krauss, 2023)

Srednji vijek karakterizira razvoj znanstvene metode očuvanjem, proširivanjem i usavršavanjem ranijeg znanja, posebno onog grčkog. Tijekom islamskog zlatnog doba (od 8. do 14. stoljeća) naglašeno je sustavno eksperimentiranje, empirijsko promatranje i kritičko razmišljanje. U srednjovjekovnoj Europi, Roger Bacon je, pod utjecajem islamske misli, naglašavao eksperimentiranje i upotrebu matematike u prirodnoj filozofiji. (McIntosh, 2025)

Od 16. - 18. stoljeća dolazi do znanstvene revolucije i transformacije u načinu na koji se stjecalo znanje o prirodnom svijetu. Znanost se mijenjala kroz sustavnije i kontroliranije promatranje, mjerenje i eksperimentiranje korištenjem novih instrumenata i metoda (korištenje novorazvijenog mikroskopa, teleskopa, barometra, zračne pumpe, statistike). (Krauss, 2023)

U središtu znanstvene revolucije bio je empirizam i uvjerenja da znanje dolazi iz osjetilnog iskustva i promatranja, a ne iz tradicije ili razuma. Francis Bacon zalagao se za induktivno zaključivanje temeljeno na promatranju i prikupljanju podataka. Nasuprot tome, René Descartes naglašavao je deduktivno zaključivanje. Revolucija je potaknula novi istraživački zamah koji je davao prednost dokazima i činjenicama nad tradicijom. Empirizam je postao temelj znanstvenog rada, označio je odmak od ranijih spekulativnih tradicija i otvorio vrata brzom napretku u svim znanstvenim područjima. Znanstveni rad je postao sustavniji i institucionaliziran; nije se više radilo o pothvatu pojedinaca, nego o organiziranom djelovanju pod okriljem sveučilišta i javnih institucija. (McIntosh 2025)

U 19. stoljeću dolazi do usavršavanja znanstvenih metoda. Koncept postavljanja provjerljive hipoteze, a zatim osmišljavanja eksperimenata kako bi se ona potvrdila ili opovrgnula, postao je temelj suvremenog znanstvenog istraživanja (McIntosh, 2025). Znanstvene metode obuhvaćale su stroga pravila i postupke (Hoyningen-Huene, 2008). Sve veća primjena kontroliranog eksperimentiranja, uz korištenje standardiziranih instrumenata i laboratorijskih protokola, znatno je unaprijedila metodološku preciznost (McIntosh, 2025). Do kraja stoljeća znanost se razvila u sustavan proces istraživanja, u kojem postavljanje hipoteza, eksperimentiranje i analiza podataka čine metodološki okvir, koji i danas oblikuje suvremenu znanstvenu praksu (McIntosh, 2025).

U 20. stoljeću znanstvene metode doživjele su značaju evoluciju, pomaknuvši se od pozitivističkog okvira prema u složenijim modelima koji povezuju teorijsku interpretaciju,

eksperimentalnu provjeru i društveni kontekst. Znanstvena istraživanja u 20. st. oslanjala su se na eksperiment, posebno u prirodnim i tehničkim znanostima, a zbog složenosti problema pojavio se interdisciplinarni pristup u rješavanju istih. Značajan utjecaj na metodologiju imala je i Popperova ideja[4] da znanstvena teorija mora biti opovrgljiva (mora se moći dokazati da je pogrešna ako to doista jest). (McIntosh, 2025)

U 21. stoljeću razvoj računalne tehnologije i analitičkih alata iz temelja je promijenio metode znanstvenog istraživanja, posebice proces prikupljanja i evaluacije podataka. Znanstvenici sada mogu obraditi velike količine podataka pomoću algoritama strojnog učenja i umjetne inteligencije, što omogućuje otkrivanje uvida nedostupnih tradicionalnim metodama. Automatizacija i digitalne baze podataka dodatno su optimizirale i ubrzale ciklus od postavljanja do verifikacije hipoteza. Iako ova tranzicija donosi brojne izazove u pogledu osiguranja kvalitete podataka, privatnosti i upravljanja velikom količinom informacija, utjecaj tehnologije na ubrzanje znanstvenih otkrića i inovacija je neosporan. (McIntosh, 2025)

Promjene u modernoj znanosti

Moderne znanstvene prakse transformirale su se zahvaljujući proširenju znanja, društvenim promjenama i napretku tehnologije.

Krajem 20. i početkom 21. stoljeća započela je digitalna revolucija, temeljito mijenjajući način stvaranja, validacije i širenja znanstvenih informacija (razvoj interneta omogućio je bržu objavu znanstvenih rezultata nego ikad prije). Internet i digitalne tehnologije pružile su mogućnost za otvoreni pristup i suradnju.[5]

Današnji znanstvenici se u većoj mjeri usmjeravaju na uska područja i skloniji su specijalizaciji od svojih prethodnika (znanje se proširilo do te mjera da razvijanje visoke kompetencije i resursa nužnih za rad na rubu neke discipline traži golem utrošak vremena i truda). Specijalizacija (zajedno sa složenim pitanja koja moderna znanost istražuje) zahtijeva veću

[4] Popper, K. R, britanski i austrijski filozof (1902.-1994.). U svom najznačajnijem epistemologijskom djelu *Logika znanstvenog otkrića* (*Logik der Forschung,* 1935), uvodi revolucionaran obrat *načelom opovrgljivosti* koje postaje središnjom metodom njegove filozofije znanosti, ali i pogleda na svijet. Ono podrazumijeva da se hipoteza (teorija, iskaz, sud, aksiom) ne postavlja više metodološki tako da se pokušava dokazati ili potkrijepiti, nego opovrgnuti. Opovrgljivost za Poppera je ujedno kriterij razgraničenja između racionalno i iracionalno postavljenoga iskaza, jer racionalna diskusija o određenom znanstvenom iskazu može biti moguća samo ako je opovrgljiva, odnosno ako je postavljena tako da se može izložiti opovrgavanju. (https://www.enciklopedija.hr/clanak/popper-karl-raimund)

[5] https://opusproject.eu/openscience-news/understanding-the-open-science-movement-through-the-lens-of-history/

interdisciplinarnu suradnju nego što je to bio slučaj u prošlosti. Ideje, planovi i podaci danas se s lakoćom razmjenjuju, bez obzira na geografsku udaljenost ili političke i institucionalne granice. Danas su znanstvena istraživanja i eksperimenti strogo regulirani od strane vladinih agencija i regulatornih tijela, za razliku od prije kada je postojalo relativno mali broj smjernica i pravila koja su se odnosila na etiku, sigurnost i utjecaj znanstvenih istraživanja na okoliš. Kako se društvo i znanstvena zajednica sve više brinu zbog toga, znanstvene i vladine organizacije uspostavljaju smjernice kako bi smanjile potencijalno negativne utjecaje i osigurale da se istraživanja provode etički.[6]

Zaključak

Metode znanstvenog istraživanja mijenjale su se i razvijale kroz povijest (Tablica I. Povijesni pregled znanstvenog istraživanja), transformirajući se pod utjecajem tehnološkog napretka, povećanja znanja i društvenih promjena. Razvoj znanstvenih metoda utjecao je na način provođenja istraživačkih aktivnosti, korištenje znanstvene opreme, te na uvjete potrebne za ostvarivanje pouzdanih i ponovljivih rezultata. Sukladno tome, mijenjali su se i zahtjevi za prostorima u kojima se istraživanja provode, što je utjecalo na razvoj laboratorija kao specijaliziranih prostora prilagođenih različitim znanstvenim disciplinama.

Tablica I. Povijesni pregled razvoja znanstvenog istraživanja

	SREDNJI VIJEK	16-18. ST.	19. ST.	20. ST.	21. ST.
FOKUS	- Znatiželja - Praktičnost - Objašnjenje prirodnih fenomena - Očuvanje antičkih tekstova	- Alekmija - Astronomija - Anatomija - Taksonomija prirode	- Medicina - Evolucija - Zoologija - Botanika - Industrijska primjena	- Interdisciplinarni pristup - Otvorena znanost - Kvantna fizika - Nuklearna energija - Sigurnost i zdravlje	- Specijalizacija - Umjetna inteligancija - Automatizacija i robotizacija
METODE	- Skolastika - Promatranje - Logika - Autoritet Biblije i antičkih autora	- Empirizam - Mjerenje - Matematika - Promatranje - Praktični eksperimenti	- Standardizirani eksperimenti - Induktivna i deduktivna metoda - Statistika	- Eksperimentalne metode - Teorijska interpretacija - Računalne simulacije	- *Big data* analiza - Automatizacija - AI model
POGLED NA SVIJET	- Teocentrični - Religija i znanost su integrirani - Priroda kao Božanska kreacija	- Heliocentrični - Odvajanje znanosti od religije - Priroda kao sustav zakonitosti	- Pozitivizam - Vjera u neograničeni napredak	- Relativizam - Znanstveni napredak uz svijest o rizicima - Ekologija	- Tehnološki pogled - Propitivanje etičkih grana tehnologije - Globalizacija
INSTITUCIJE I FINANCIRANJE	- Javno financiranje - Crkva - Plemstvo - Prva sveučilišta	- Znanstvene akademije - Privatne donacije - Crkva - Plemstvo	- Sveučilišta - Industrijska poduzeća	- Sveučilišta - Instituti - Korporacije	- Tehnološke kompanije - *StartUp* - Neprofitne organizacije
PROSTOR	- Promatranje prirode/u prirodi (nenamjenske prostorije) - Privatne kuće - Crkve, samostani - Knjižnice	- Privatni laboratoriji - Osnivanje laboratorija na sveučilištima - Zvjezdarnice - Botanički vrtovi	- Sveučilišni laboratoriji - Industrijski laboratoriji	- Veliki laboratorijski kompleksi - Tehnološki parkovi	- Automatizirani laboratoriji - Fizički i virtualni Istraživački prostori - Živi laboratoriji

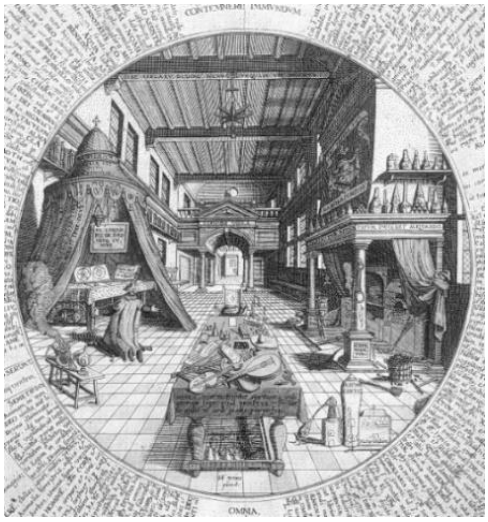
[6] https://undsci.berkeley.edu/modern-science-whats-changing/

2.3 Pregled razvoja laboratorija

Laboratoriji su se razvili pod utjecajem obrazovno-istraživačkih, te gospodarsko-istraživačkih aktivnosti. Sijedom navedenog, u ovom poglavlju, promatrat će se osnivanje i razvoj laboratorija na sveučilištima (i institutima), te razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija (laboratorija za istraživanje i razvoj). Sredinom 20. st. dolazi do suradnje akademske zajednice, gospodarskog sektora i vlasti, gdje se pojedinačni laboratoriji povezuju u veće prostorne cjeline, istraživačke komplekse koje danas nazivamo tehnološkim parkovima.

2.3.1 Osnivanje i razvoj sveučilišnih laboratorija

Povijest sveučilišnih laboratorija započinje s osnivanjem i razvojem kemijskih laboratorija, a zatim slijede i druge discipline. Slijedom toga, osnivanje i razvoj sveučilišnih laboratorija promatrat će se kroz povijesni kontekst i razvoj kemijskih laboratorija.



Slika 02. Laboratorij alkemičara, izvor: (https://ethos.lps.library.cmu.edu/article/id/450/)

Riječ laboratorij prije 19. st. je imala dva značenja: prvo se odnosilo na sobu ili kuću gdje su se izvodile kemijske operacije, a drugo je predstavljalo radionicu, tj. zanatsko radno mjesto (Klein, 2008). Smatra se da su se laboratoriji razvili iz specijaliziranih radionica (al)kemičara (Slika 02.) i ljekarnika (James, 1989, str. 2). U 17. st nekoliko sveučilišta u Njemačkoj, Italiji, Nizozemskoj osniva kemijske laboratorije unutar svojih medicinskih fakulteta kako bi postigli komplementarnost s anatomskim dvoranama i botaničkim vrtovima (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 14). U to vrijeme, predavanja o kemiji održavala su se i u privatnim laboratorijima profesora (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 14).

Do početka 19. st. prihvaćeno je stajalište o odvojenim prostorima za eksperimentiranje (Gooding, 1989, str. 63) i veliki broj laboratorija prirodnih znanosti se osniva na sveučilištima (Kohler, 2008) i na istraživačkim institutima (Zhang, Cui, 2022). Sveučilišni laboratoriji su do 19. st. bili slični obrtničkim laboratorijima, u oba su dominirali kamini, peći, aparati za destilaciju i srodna kemijske oprema (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 14).

Tijekom ranog 19. stoljeća tlocrtna organizacija laboratorija doživjela je temeljitu promjenu uvođenjem plinske rasvjete (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 17). Tehnološki razvoj je omogućio napuštanje laboratorijskih peći (Morris, 2021), pa se između 1820. i 1850. godine pojavljuje nova tlocrtna organizacija koja uvodi radne pulteve (klupe), stolove, Bunsenove plamenike, stakleno posuđe i digestore (Slika 03.) (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 17). Ova tlocrtna organizacija zadržala se kao standard na sveučilištima sve do 1960-ih godina (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 17).

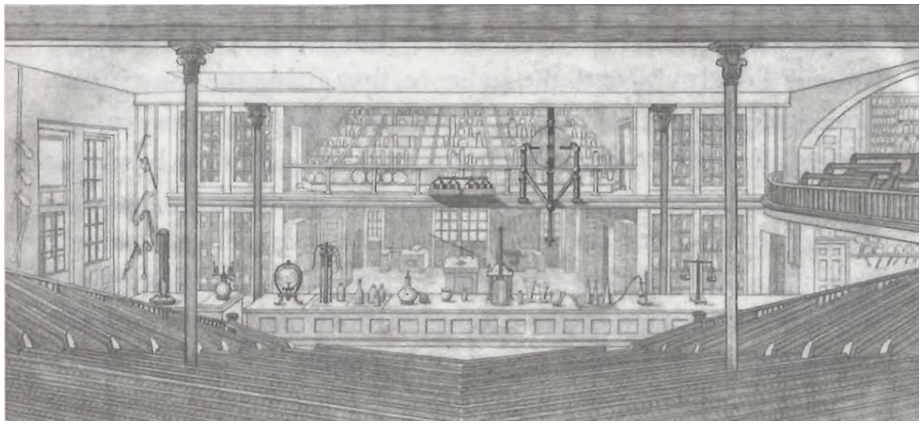


Slika 03. Nastavni laboratorij 1864. god., Sveučilište Greifswald, izvor: (Morris, 2015, str. 147)

Od sredine 18. stoljeća predavanja iz praktične kemije na sveučilištima bila su usmjerena na usavršavanje vještina u izradi kemijskih tvari i analizi njihovog sastava. Laboratoriji se tada još nisu bavili istraživanjem (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 17).

Nastavni laboratorij se sastojao od praktičnih vježbi od strane nastavnika, obično uz pomoć asistenta. Laboratorij je odvojen od predavaonice tek sredinom 19. st. Do tog vremena, čak i u slučajevima kada je bio odvojen, koristio se uglavnom za pripremu predavanja i vježbi, a ne za samostalan rad studenata ili istraživanje. Tijekom osamnaestog i ranog devetnaestog stoljeća,

predavanja i vježbe se bile najraširenij način podučavanja. Zbog toga je laboratorij u praksi funkcionirao kao sastavni dio predavaonice (Slika 04.) ili se nalazio odmah uz nju, a u pauzama između predavanja se koristio za eksperimentalni rad (Morris, 2021).



Slika 04. Predavaonica i laboratorij 1830., Sveučilište Pennsylvanija, Medicinski fakultet, izvor: (Morris, 2015, str. 75)

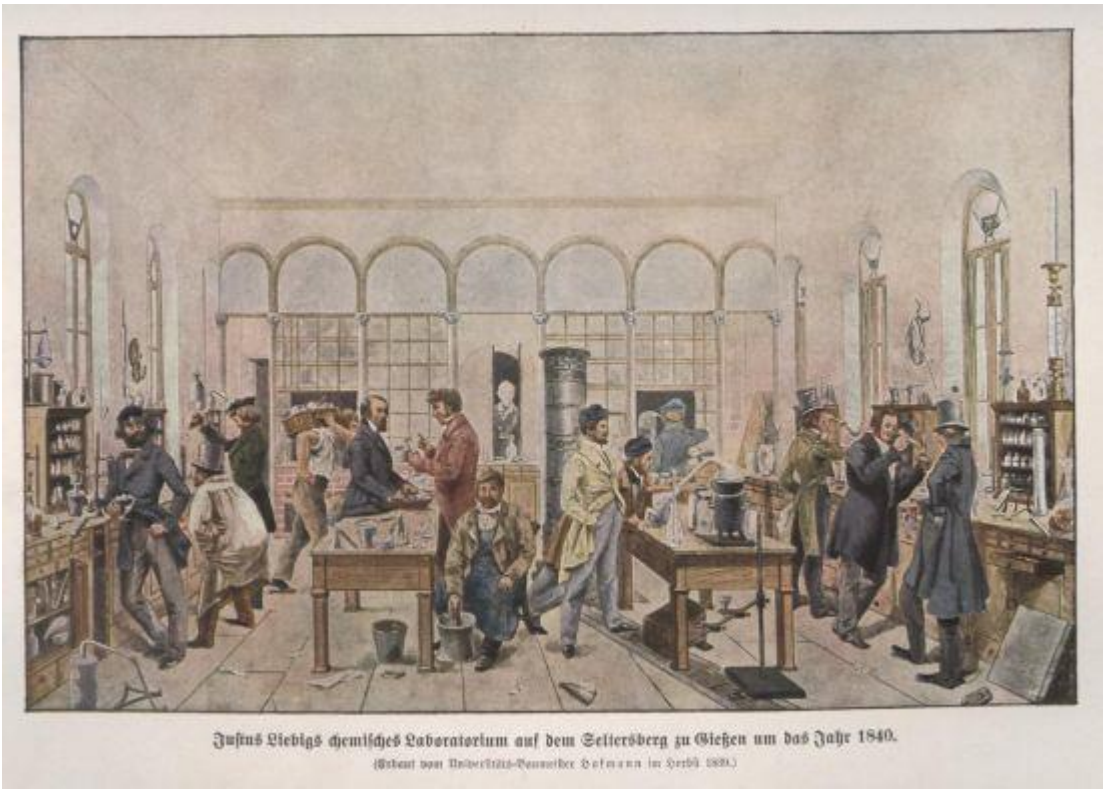
Uspostavljanje istraživačkog laboratorija povezano je s Justusom von Liebingom[7] – on je uključio studente u svoj istraživački program i formirao je male grupe studenata koji su zajedno radili na važnim istraživačkim pitanjima. Liebigovo osnivanje istraživačkog laboratorija na Sveučilištu u Giessenu često se smatra prekretnicom u razvoju istraživačkog laboratorija (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 17).

Liebing je 1820. na svom matičnom sveučilištu osnovao kemijski laboratorij nakon povratka s istraživačkog putovanja u Pariz. Osnovna ideja laboratorija je bila sveobuhvatna nastava temeljna na eksperimentima. (Schmidgen, 2021) Laboratoriji je osnovan na prvom katu stražarnice bivše vojarne, a na drugom katu Liebing je živio s obitelji. S vremenom je zgrada proširena i dograđena, te je dobio više prostora za istraživanje i podučavanje. (Schindler, 2023)

Jedna od Liebingovih inovacija je bila i u tlocrtnoj organizaciji laboratorija; u starijim laboratorijima stolovi su obično bili postavljeni uz zid, s jednim samostojećim stolom u sredini,

[7] Liebig, Justus von, njemački kemičar (1803. - 1873). Radio je u Gay-Lussacovu laboratoriju u Parizu, a od 1826. bio sveučilišni profesor u Giessenu. Organizacijom laboratorija u kojem su se mladi kemičari prvi put sustavno podučavali postavio je uzor kemijske nastave i dao velik doprinos razvoju njemačke kemije 19. st. Od 1852. bio je profesor kemije Sveučilišta u Münchenu. Liebigova istraživanja imaju veliko značenje za razvoj kemije. Između ostalog, razvio je analitičku metodu određivanja ugljika, vodika i halogenih elemenata, a popularizirao je, iako ne i konstruirao, hladilo kakvo se još uvijek upotrebljava u kemijskom laboratoriju *(Liebigovo hladilo)*. Sintetizirao je mnoge organske spojeve (kloroform, kloral). Uveo je 1840. u poljoprivredu umjetnu gnojidbu tla. Bavio se i praktičnim problemima, npr. izradio je propise za proizvodnju praška za pečenje kruha, za pripravu mesnog ekstrakta i dr. (https://www.enciklopedija.hr/clanak/liebig-justus-von)

dok Liebing je rasporedio stolove za eksperimente u pravilnom rasporedu po cijeloj prostoriji (Slika 05.) (Schmidgen, 2021). Ova tlocrtna organizacija je mogla primiti više studenata, dok je voditelj laboratorija i dalje imao dobar pogled i mogao se kretati od jednog stola do drugog (Schmidgen, 2021). Liebigov laboratorij[8] s vremenom je postao poznat i privlačio je studente i istraživače iz cijelog svijeta (Schindler, 2023).



Slika 05 Liebigov laboratorij, izvor:
(https://www.dpma.de/english/our_office/publications/milestones/brandswithhistory/liebig/index.html)

Nadovezujući se na Liebigovu ostavštinu, u drugoj polovici 19. stoljeća osnivaju se novi instituti za kemiju u Bonnu, Berlinu i Liepzigu. Diljem Europe su prepoznati kao predvodnici u pogledu arhitektonskog oblikovanja i tehničke opremljenosti (Schmidgen, 2021).
Velike laboratorijske zgrade u Bonnu (Slika 06.), Berlinu i Lepizigu sastojale su se od laboratorija za dodiplomsku nastavu, laboratorija za studente istraživače, manjeg istraživačkog

[8] Liebigov laboratorij uz Humboldtov model (barun von Humboldt; 1769.-1859.) predstavlja temelj visokog obrazovanja i znanosti koji su nastali u Njemačkoj u 19. stoljeću. Humboldtov model je, za razliku od Liebigovog praktičnog modela, institucionalni okvir koji nalaže da profesori ne smiju samo prenositi postojeće znanje, nego trebaju aktivno istraživati sa studentima. Prvi put je primijenjen pri osnivanju Sveučilišta u Berlinu 1810. godine. Glavne karakteristike modela su: jedinstvo nastave i istraživanja (profesori nisu samo predavači, veći i istraživači, a studenti aktivno sudjeluju u istraživanju), akademska sloboda (sloboda podučavanja za nastavnike i odabira kolegija za studente), autonomija sveučilišta, obrazovanje kao opća kultura (cilj nije samo stjecanje vještina za tržište rada, već cjeloviti osobni razvij pojedinca). (Macherdis et al., 2020)

laboratorija za profesora, te učionica i jedne do dvije predavaonice s pripadajućom prostorijom za pripremu predavanja. Također, postojale su i specijalizirane prostorije (laboratorij za analizu izgaranja, tamna komora za spektroskopiju i laboratorij za rukovanje sumporovodikom i izvođenje eksplozivnih reakcija), spremišta i radne sobe za laboratorijske tehničare. Visokorizični eksperimenti najčešće su se izvodili na balkonima predviđenim za tu namjenu ili na krovu zgrade. U podrumu je obično bila smještena kotlovnica ili generator. Knjižnica, koja je prvotno nastala iz privatne zbirke profesora, do kraja 19. stoljeća transformirala se u prostor dostupan svim istraživačima. Zgrade su uključivale i uredske prostorije za tajništvo i računovodstvo. Od predstojnika laboratorija ili kemijskog instituta (osobito na njemačkim sveučilištima), koji je ujedno bio i redoviti profesor s najdužim stažem, očekivalo se da boravi unutar samog kompleksa, zbog čega su ovi laboratorijski objekti sadržavali i stanove za upravitelje. (Morris, 2021)



Slika 06. Zgrada kemijskog instituta, Bonn, 1903., izvor: (Morris, 2015, str. 184)

Transformacija nastavnog laboratorija u nastavno-istraživački laboratoriji bila je prekretnica u znanosti. Ovaj novi koncept u znanosti i akademskom obrazovanju susreo se s otporom tradicionalnijih kemičara. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 17)

Otpor je postojao i kada su laboratorijska istraživanja s vremenom postala dio medicinske prakse. Klinički liječnicu su bili nepovjerljivi prema relevantnosti i primjenjivosti laboratorijskih analiza u liječenju. Smatrali su da je kliničko iskustvo daleko značajnije od vještina stečenih u eksperimentalnom radu u laboratoriju. S druge strane, zagovornici laboratorijskog istraživanja u medicini naglašavali su da njihovo znanstveno istraživanje izvora bolesti donosi konkretnu korist za pacijente, te pruža vjerodostojnije spoznaje od samog promatranja pacijenata na odjelima. Laboratorijski postupci, nove tehnike i instrumenti

neutralizirali su subjektivni dojam promatrača, što je omogućilo objektivno razumijevanje prirodnih procesa. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 18)

Razvoj laboratorija nije se dogodio kroz postupnu preobrazbu ideja i metoda, bio je rezultat zaokreta u odnosu na dotadašnja shvaćanja prirode znanosti. Unatoč otporu pojedinih uglednih znanstvenika i stručnjaka, koncept nastavno-istraživačkog laboratorija koji je razvio Liebig uveden je u većinu sveučilišta u Europi i Sjevernoj Americi između 1840. i 1880. godine, i to ne samo u kemiji već i u drugim disciplinama. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 18)

Transformacija znanstvenih prostora dogodila se nešto kasnije u drugim disciplinama (Schmidgen, 2021.).

Za razliku od brze integracije „Giessenovog modela" na sveučilišnim odjelima za kemiju, širenje u druge discipline bilo je postupnije. U tim disciplinama postojali su „kabineti", „kazališta", „botanički vrtovi", ali ne i „laboratoriji". Tijekom 19. stoljeća dolazi do uvođenja laboratorija ili preimenovanja kabineta u laboratorije, a potom do razvoja tih laboratorija u nastavno-istraživačke laboratorije. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 19)

Fizika je bila među prvim disciplinama nakon kemije u kojoj je uveden pojam „laboratorij". Većina tih ranih laboratorija za fiziku je bila prilično mala. Isto vrijedi i za broj studenata, što je rezultat tada vrlo ograničenih karijernih izgleda za fizičare u usporedbi s kemičarima. Tek nakon 1860. godine otvoreni su veći nastavno-istraživački laboratoriji za fiziku u Göttingenu, Berlinu i Oxfordu[9]. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 20)

Sličan obrazac slijedio je u medicini, posebno u fiziologiji. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 19) Između 1870. i 1900. godine slijedila je većina ostalih disciplina. Nastavno-istraživačke laboratorije, podižu sveučilišta u području bakteriologije, biologije, inženjerstva. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 20)

Sveučilište je bilo jedna od institucija koja je pomogla u oblikovanju modernog laboratorija, a za uzvrat se transformiralo usponom tog istog laboratorija. Liebigovo angažiranje studenata u laboratorijskim istraživanjima bilo je presudno za daljnje širenje istraživačkog laboratorija u Europi. Do sredine 19. st. postalo je rasprostranjeno mišljenje da samo novi, namjenski izgrađeni laboratoriji mogu udomiti suvremena znanstvena istraživanja. Novoizgrađeni

[9] Sredinom devetnaestog stoljeća fizika na Oxfordu bila je najpopularnija u ponudi fakulteta, (popularnija od druge dvije temeljne znanosti - kemije i biologije). To je dijelom bilo zbog zastupljenosti fizike u postojećem nastavnom planu i programu Matematičke škole, što je zauzvrat osiguralo relativno veliki broj matematičkih stipendista i predavača. (Fox, 2005, str. 30)

laboratoriji su promijenili izgled sveučilišta u Europi i SAD-u do kraja 19. st. Razvoj sveučilišta je također utjecao na vrstu izobrazbe koju su studenti primali. Do 19. st. jezgru obrazovanja su činila predavanja na kojima su studenti pasivno slušali profesora. Tijekom 19. st., kao ključni element obrazovanja, rad u laboratoriju je počeo zamjenjivati ova predavanja, a krajem 19. st. nova dogma je bila da se najbolje obrazovanje nalazi u laboratoriju gdje studenti mogu prakticirati znanost. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 23)

Laboratoriji su promijenili izgled sveučilišta ne samo time što su izgrađene nove laboratorijske zgrade, već i uvođenjem pravila i normi koje su regulirale akademski život. Društvena struktura laboratorija obuhvaćala je profesore, asistente i laboratorijske tehničare; koji su promicali nove znanstvene vrijednosti. Pojava novih spoznajnih načela krajem 19. st. ovisila je o pridržavanju utvrđenih protokola koje su oblikovale prakse modernog laboratorija. Novi laboratoriji bio je organizacijski sličan tvornici, ne samo zbog upotrebe strojeva i instrumenata, već i zbog svoje društvene strukture.[10] (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 30)

Sredinom 19. st. organska kemija doživjela je preobrazbu zahvaljujući uvođenju elektroničkih instrumenata. Taj zaokret se dogodio pod utjecajem fizikalne kemije i usporednog razvoja elektroničke tehnologije što je omogućilo proizvodnju cjenovno prihvatljivih instrumenata. (Morris, 2015, str. 291) Uvođenje novih instrumenata nije bitno utjecalo na tlocrtnu organizaciju laboratorija (Slika 07.) zbog toga što je klasični laboratorij (iz 19. st.) već imao specijalizirane prostorije za uređaje (npr. spektroskop, polarimetar), te su se na isti način izdvojile prostorije za nove instrumente (npr. NMR ili maseni spektrometar) (Morris, 2015, str. 291). Za rukovanje instrumentima su bili obučeni operateri i specijalizirani tehničari; a bila je potrebna i priprema uzoraka (Morris, 2015, str. 300). Novi instrumenti su se smještali izvan laboratorija (Slika 08.), u zasebne prostorije zbog toga što su tražili posebne uvjete u prostoru (NMR i maseni spektrometri proizvode jaka magnetna polja, osjetljivi su na temperaturu, vlagu, vibracije, prašinu) (Morris, 2015, str. 300).

[10] U drugoj polovici 19. stoljeća mnogi laboratoriji počeli su objavljivati vlastiti časopis. Većina tih časopisa prestala je postojati nakon sredine 20. stoljeća. Časopisi su služili za uspostavu bliže veze između laboratorija u istoj disciplini diljem svijeta (uspostavljanjem pretplate), služili su za legitimizaciju postojanja laboratorija, te za pružanje asistentima i doktorandima obuke za pisanje znanstvenih članaka. (Van Berkel, Homburg, 2023, str. 31)





Slika 07. (lijevo) Kemijski laboratorij 1961., Zgrada kemije, Sveučilište Stanford, izvor: (Morris, 2015, str. 299)
Slika 08. (desno) NMR uređaj 1961., Zgrada kemije, Sveučilište Stanford, izvor: (Morris, 2015, str. 299)

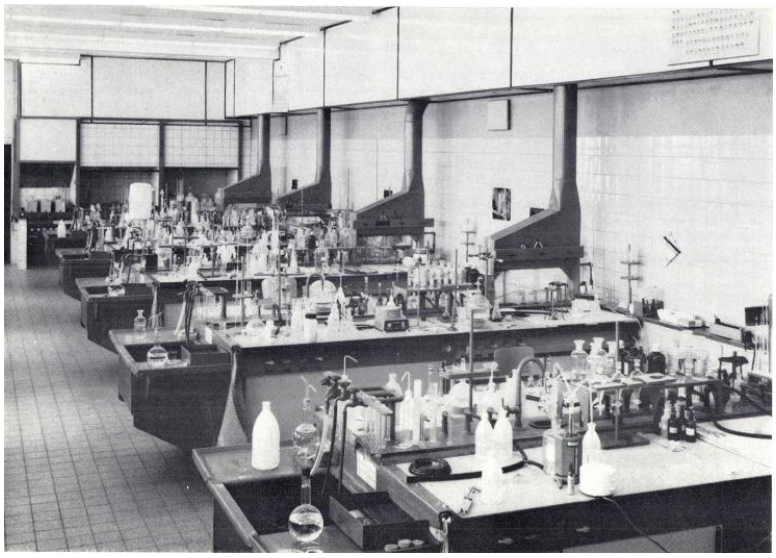
Nakon Drugog svjetskog rata Sjedinjene Države preuzele su vodeću ulogu u području kemije. Novčana sredstva su pristizala od brojnih vladinih i vojnih agencija, a korporacije su investirale u izgradnju laboratorija i istraživačke projekate. Važan faktor je bila i konkurencija među sveučilištima (Morris, 2015, str. 302-303). Razvojem elektronike nakon Drugog svjetskog rata, dekan Sveučilišta Stanford Frederick Terman, naslutio je da bi upravo ta grana tehnologije mogla postati dominantna, pri čemu bi Kalifornija i Stanford mogli zauzeti vodeći položaj (Morris, 2015, str. 300). On slovi za jednog od tvoraca Silicijske doline, odnosno suosnivača Stanford tehnološkog parka (Stanford Industrial Park koji je ubrzo preimenovan u Stanford Research Park) (Morris, 2015, str. 300).

U tom razdoblju odsjek za kemiju na Sveučilištu Stanford nije ostvarivao dobre rezultate, zbog čega mu je jedan od glavnih zadataka bila temeljita reorganizacija odsjeka za kemiju. Dekan Terman inicirao je izgradnju nove moderne zgrade kemije koja je bila prilagodljiva predstojećim zahtjevima (Morris, 2015, str. 298). Privukao je nove stručnjake u kemijski odsjek, a njegova strategija temeljila se na transformaciji Stanfordske okolice u produktivno okruženje za moderne oblike industrijskog napretka (Morris, 2015, str. 295).

Značajan doprinos dalo je i preseljenje medicinskog fakulteta iz San Francisca u kampus nadomak Palo Alta, što je popraćeno zaokretom s primarne kliničke prakse prema temeljnim medicinskim disciplinama (Morris, 2015, str. 295). Preuređeni kemijski odsjek sveučilišta Stanford je odigrao važnu ulogu u razvoju biomedicinskih istraživanja, a zahvaljujući povezanosti uprave sveučilišta s gospodarskim sektorom, kemijska i farmaceutska poduzeća mogla su se locirati i pokrenuti svoje poslovanje unutar tehnološkog parka (Morris, 2015, str. 295).

2.3.2 Osnivanje i razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija

Na prijelazu u 20. stoljeće, uz nastavno-istraživačke laboratorije na sveučilištima, pojavljuje se veliki broj „industrijskih laboratorija“ (Slika 09.) (De Vries, 2000), čija su istraživanja bila usmjerena na otkrića koja bi mogla imati komercijalnu vrijednost.



Slika 09. Industrijski laboratorij (kemijski) u laboratorijskoj zgradi WB u kompleksu Waalre tvrtke Philips, Eindhoven, Nizozemska, 1970., izvor: (Haas, Wadman, 1970)

Primarna zadaća im je istraživanje novih tehnologija, proizvoda, procesa ili rješenja, s ciljem proširenja znanstvenih spoznaja i kreiranje inovativnih proizvoda i usluga (Gutterman, 2023). Iz prvotnih industrijskih istraživačkih laboratorija kasnije su se razvili laboratoriji za istraživanje i razvoj (R&D laboratoriji). Oni spajaju znanost i tehnologija, odnosno znanstvena istraživanja se provode u svrhu tehnološkog napretka (De Vries, 2000). Sukladno tome, povijesni pregled može se promatrati kroz evoluciju odnosa između znanosti i tehnologije, te kroz razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija.

Interakcija između znanosti i tehnologije

Odnos između znanosti i tehnologije vrlo je složen i interaktivan, a razlikuje se ovisno o specifičnim disciplinama i razdobljima (Brooks, 1994). Tri glavna razdoblja znanstvenog interesa zahvatila su korporacije, pri čemu je svaki je svaki pojedini trend transformirao njihove laboratorije otkrivajući nove aspekte industrijskih istraživanja i unutarnji odnos između znanosti i tehnologije (Pithan, 2022, str.1-4).

Prvi tip interakcije je izravan i neformalan, znanost i tehnologija su integrirane, a sama znanost je djelovala kao pokretačka snaga. Ovaj odnos omogućio je jednostavnu razmjenu ideja, ali nije pružio učinkovit sustav za dugoročni tehnološki razvoj (u tom razdoblju većina laboratorija funkcionirala je na ovaj način zbog društvenih i ekonomskih prilika). Aktivnost istraživačkog laboratorija uvelike su se podudarala s komercijalom aktivnošću tvornice, što je poduzeću omogućilo ulazak u nova područja proizvoda i tehnologija. (De Vries, 2000)

U drugom tipu interakcije, laboratorij je mjesto gdje je znanstvenicima dopušteno provoditi istraživanja temeljena na osobnim interesima. Znanost i tehnologija su različiti, a tehnologija je rezultat odabira i razrade ideja koje proizlaze iz znanstvenog istraživanja. U ovom slučaju, kreativni pojedinci su sami osmislili nove proizvode, bez izravnih zahtjeva poslovne grupe. Industrijski istraživački laboratoriji funkcionirali su na ovaj način 1950-ih i 1960-ih, jer se tada vjerovalo u važnost temeljnih znanstvenih istraživanja. (De Vries, 2000)

Treći tip interakcije je znanost usmjerena na potrošača; znanstvena istraživanja se provode zbog tehnološkog razvoja. Tijekom 1970-ih promijenile su se socioekonomske prilike: gospodarski rast je usporio, pojavile su se kritike tehnologije, a kupci su postali zahtjevniji i izbirljiviji (De Vries, 2001). Kao odgovor na ove probleme pokrenuta su ugovorna istraživanja i uveden je novi način financiranja istraživačkih programa – uglavnom iz proračuna odjela proizvodnje za namjenska istraživanja. S ovim promjenama, laboratoriji za istraživanje i razvoj više ne donose dramatične revolucionarne inovacije, već ostvaruju brojne manje doprinose razvoju proizvoda (De Vries, 2000).

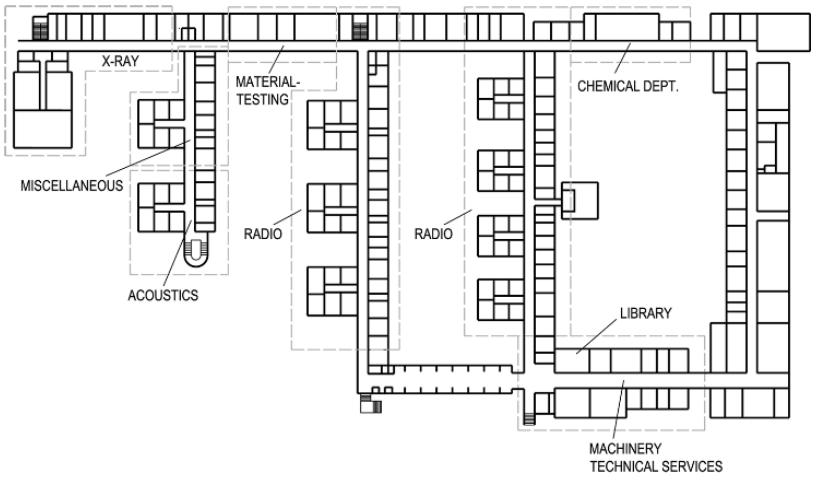
Razvoj industrijskih istraživačkih laboratorija

Krajem 18. i početkom 19. stoljeća dolazi do ekspanzije i rasta industrijskih poduzeća koja počinju osnivati odjele za različite aktivnosti: proizvodnja, distribucija, financije, te istraživanje i razvoj (De Vries, 2001). Odluka o organiziranju istraživanja i razvoja unutar tvrtke dodatno je potaknulo i stajalište da bi takvi laboratoriji mogli imati prednost kao riznice znanja, informacija i vještina (Nicholas, 2009).

Laboratoriji su u ranim godinama imali širok raspon aktivnosti (De Vries, 2001). Bili su hibridnog karaktera; provodili su ispitivanja i mjerenja za osiguranje kvalitete, rješavali su probleme koji su se javljali u proizvodnji, a provodili su i istraživanja izravno povezana s poboljšanjem postojećih i/ili daljnjim razvojem novih proizvoda (De Vries, 2001). Obično su bili pripojeni tvorničkom postrojenju kao male zidane prostorije ili kolibe (slabo opremljene i snabdijevane samo plinom i tekućom vodom krajem 19. stoljeća) (Morris, 2021). Daljnji napredak industrijskih istraživačkih laboratorija bio je povezan sa širenjem i razvojem

aktivnosti i asortimana proizvoda tvrtki (Martin, 2024). Istodobno, krajem 19. stoljeća pojačana je zaštita intelektualnog vlasništva, što je pružilo dodatni poticaj za osnivanje industrijskih istraživačkih laboratorija (Mowery, 1990).
Na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće osnovani su brojni industrijski laboratoriji. U Europi je to bilo povezano s rastom industrije boja (može se promatrati u kontekstu moderne kemije), a u SAD-u s rastom telekomunikacija i elektroindustrijom (Schmidgen, 2021).

U nastavku je prikazan povijesni razvoj i trenutačni status relevantnog laboratorija za istraživanje i razvoj na primjeru Philips Natuurkunding Laboratoriuma (Nat.Lab.). Odabran je zbog transformacije iz jednostavnog laboratorija u blizini tvornice početkom 20. stoljeća u suvremeni tehnološki park, a taj je proces relevantno istražen i razrađen u literaturi sa stručno obrađenim podacima. Zadatak i struktura Nat.Lab.-a prilagođavale su se dinamičnim tržišnim i znanstvenim okolnostima, ali tijekom vremena, zadržao je status mjesta za multidisciplinarna istraživanja (Boersma, De Vries, 2008).
Ovaj, izvorno laboratorij za fiziku, osnovan je 1914. godine i provodio je temeljna istraživanja s ciljem poboljšanja postojećih proizvoda (De Vries, 2005, str. 23). Nat.Lab. bio je hibridnog karaktera (De Vries, 2005, str. 73). Obuhvaćao je temeljna istraživanja, razvoj i testiranje, rješavao je probleme koji su se mogli pojaviti u proizvodnji, a bio je i usko povezan s tvornicom (De Vries, 2005, str. 68). Prva laboratorijska zgrada nalazila se u blizini tvornice, a potom se 1923. godine istraživanje preselilo u novu laboratorijsku zgradu (u četvrti Strijp u Eindhovenu) čiji tlocrt pokazuje da je već tada postojalo nekoliko istraživačkih područja (Slika 10.). (De Vries, 2005, str. 52). U povijesti Philipsovog istraživačkog laboratorija dogodila su se dva prijelaza: prvi nakon Drugog svjetskog rata, a drugi početkom 1970-ih. Isti prijelazi uočeni su i u drugim laboratorijima (General Electric GE, Siemens, DuPonts Lab) (De Vries, 2005, str. 282).
U prvom dijelu svoje povijesti (1923.-1946.), primarna zadaća Nat.Lab.-a bila je stjecanje znanja kroz temeljna istraživanja radi proširenja asortimana proizvoda, a uprava tvrtke je donosila odluke o plasiranju novih proizvoda na tržište (De Vries, 2005, str. 277).
Nakon što se laboratorij preselio u četvrt Strijp, ubrzano je počeo rasti. Tlocrtna površina se povećala sa 2.700 m^2 1924. na 17.700 m^2 1930. godine (De Vries, 2005, str. 52-53). Četvrt Strijp izvorno je imala periferni položaj u gradu, ali nije bila izolirano industrijsko područje; bila je okružena velikim radničkim stambenim naseljem koje ga je povezivalo s gradskim tkivom. Zgrada Nat.Lab-a u formi češlja pripadala je paviljonskoj tipologiji (Slika 11.) i imala je središnju ulogu u razvoju tvrtke Philips (Babalis, Curulli, 2016).



Slika 10. Shema proširenog Nat.Lab.-a 1926., izvor: (De Vries, 2005, str. 53), obrada autor

Laboratorij je provodio mjerenja za testiranje kvalitete žarulje (u to vrijeme jedini Philipsov proizvod) i istovremeno je proučavao prirodne fenomene žarulja s ciljem njihovog poboljšanja. S daljnjim širenjem asortimana proizvoda, laboratorij se upustio u istraživanja vezana uz ta područja (De Vries, 2001). Tijekom tog razdoblja, Nat.Lab. je prihvatio i pilot proizvodnju gdje su postavljene manje proizvodne linije kako bi se omogućili eksperimenti s proizvodnjom i steklo znanje potrebno za moguća poboljšanja i proizvodnju većeg mjerila (De Vries, 2005, str. 68).



Slika 11. Nat.Lab 1930-ih, izvor: (De Groot, 1951)

U drugom dijelu svoje povijesti (1946.-1972.), primarna svrha Nat.Lab.-a bila je razumijevanje prirodnih fenomena (temeljna istraživanja) koji bi kasnije mogla poslužiti za razvoj novih i poboljšanje postojećih proizvoda (De Vries, 2005, str. 278). Nakon Drugog svjetskog rata započelo je razdoblje gospodarskog razvoja (do 1950-ih otklonjene su posljedice ratnih

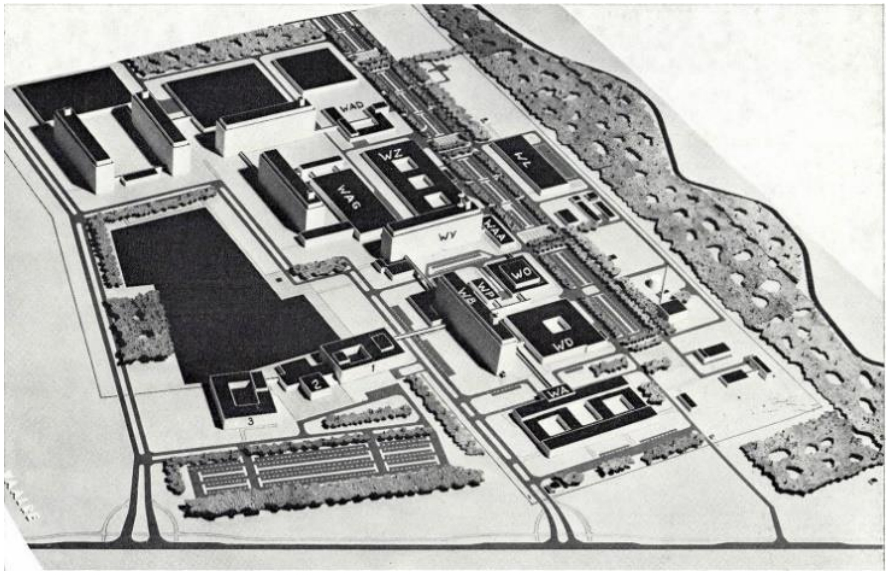
razaranja). Philips je nastavio svoj rast, koji je privremeno bio prekinut ratnim zbivanjima (Boersma, De Vries, 2008.).

Veličina laboratorija također je rasla tijekom tog razdoblja. Godine 1963. laboratorij se preselio u nove prostorije u Waalre[11] (Slika 12.), kompleks u predgrađu južno od Eindhovena. U to vrijeme smatralo se da znanstvena istraživanja u industrijskom laboratoriju trebaju biti fleksibilna, ne samo u konfiguraciji novog kompleksa, već i u pojedinačnim zgradama i tehničkim prostorima (kako bi se omogućili kontinuirano promjenjivi zahtjevi) (Haas, Wadman, 1970). Ideja je bila podijeliti kompleks u odvojene sektore, pri čemu bi svaki sektor sadržavao opći laboratorij, nekoliko specijaliziranih laboratorija i radionicu (Slika 13.). Također, interakcija među djelatnicima u različitim disciplinama označena je kao vrlo važna (Haas, Wadman, 1970), a zahtjevi istraživača uvaženi su prilikom projektiranja novih prostora (De Vries, 2005, str. 131). Laboratoriji su mogli provoditi temeljna istraživanja (uz neizvjestan ishod) jer je bilo dovoljno sredstava i postojao je kontinuirani interes za nova znanstvena dostignuća (De Vries, 2001). U tom su se razdoblju svi novoproizvedeni proizvodi prodavali, a pretpostavljalo se da što se više ulaže u istraživanje i razvoj, to se generira veća količina proizvoda (Nobelius, 2004). Osnovani su odjeli za nove proizvode - Odjel za nove proizvode (PD), od kojih je svaki imao vlastite razvojne laboratorije (De Vries, 2001).



Slika 12. Kompleks Waalre, 1968., Laboratorijske zgrade WB i WY, izvor: (Haas, Wadman, 1970)

[11] Prva laboratorijska zgrada koja je izgrađena, zgrada WA (1958.), bila je specijalizirani laboratorij projektiran za tehnološka istraživanja. Zgrada je bila pilot projekt za stjecanje iskustva s opremom, ventilacijom i sustavom opskrbe. Pozicioniranje laboratorijske zgrade unutar kompleksa pažljivo je isplanirano u odnosu na krajolik i unutarnje ozelenjeno dvorište. Nakon toga izgrađeni su višekatni blokovi WB i WY s univerzalnim laboratorijima. (Haas i Wadman, 1970)



Slika 13. Model kompleksa Waalre, 1968., izvor: (Haas, Wadman, 1970)

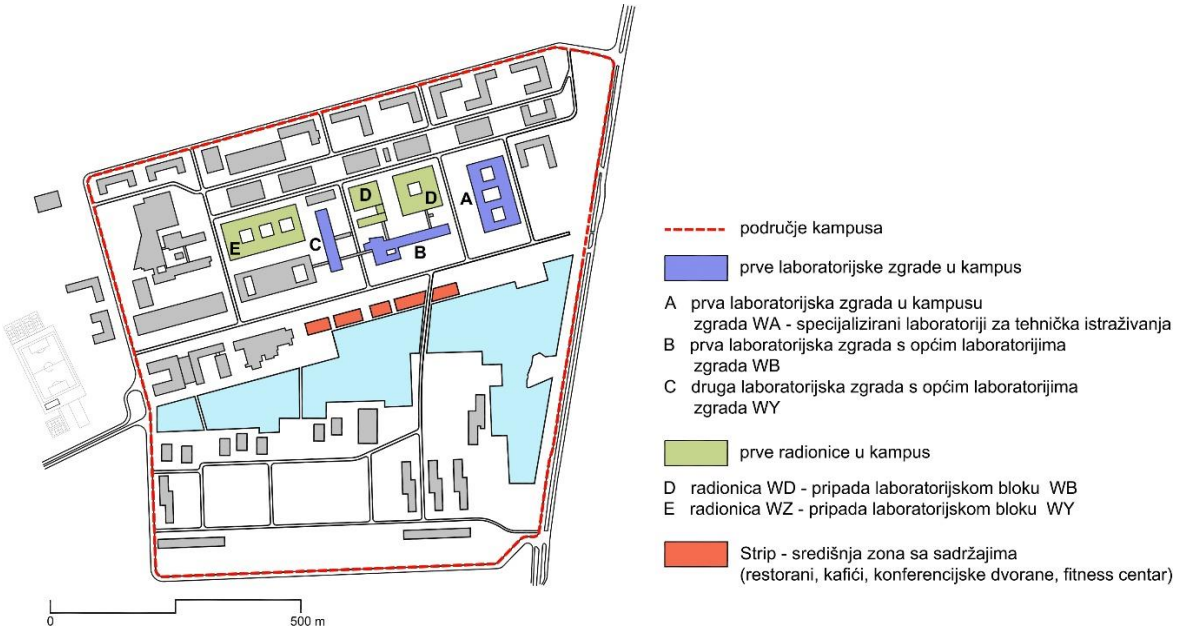
U trećem dijelu svoje povijesti (1972.-1994.), ciljevi Nat.Laba postupno su se usmjeravali prema zahtjevima Odjela za proizvode (PD), umjesto vlastitih ideja o razvoju novih proizvoda (postojao je stroži odabir novih istraživanja koja treba provesti). Istraživanje je bilo više usmjereno na razvoj novih proizvoda i zadovoljavanje potreba tržišta, a resursi Nat.Laba postali su ograničeni (De Vries, 2005, str. 278). Razlog ove promjene u strategiji industrijskih istraživačkih laboratorija može se pronaći u ekonomskim i društvenim promjenama druge polovice 20. stoljeća. Ekonomski procvat bližio se kraju, jačala je svijest o negativnim učincima tehnološkog razvoja, a tvrtke više nisu imale financijsku slobodu da na tržište lansiraju bilo kakve proizvode (De Vries, 2001).

Krajem 1990-ih, istraživačko-razvojne aktivnosti tvrtke Phillips bile su raspršene po cijelom Eindhovenu. Kako bi centralizirala razvojne aktivnosti svih svojih proizvodnih odjela, uprava tvrtke odlučila je 1999. godine osnovati Philips High Tech Campus u sklopu postojećeg kompleksa Nat.Lab.-a. S ciljem poticanja suradnje među stručnjacima različitih tehničkih profila, Philips je 2003. otvorio kampus i za druge tvrtke, preimenovavši ga u High Tech Campus Eindhoven (Slika 14)[12]. (Romme, 2017)

[12] Visokotehnološki kampus Eindhoven prostire se na površini od 100 hektara, a okuplja približno 300 poduzeća s preko 12.500 istraživača, programera i poduzetnika. (https://www.hightechcampus.com/)
Kampus se transformirao u okruženje isprepleteno tehnološkim *startup-ovima*, malim i srednjim poduzećima, uslužnim tvrtkama, tehnološkim institutima i multinacionalnim kompanijama. Preferirani pristup radu na kampusu je „Otvorena inovacija“, što znači da tvrtke u kampusu dijele znanje, vještine, te infrastrukturu poput laboratorija i opreme kako bi ubrzale razvoj novih proizvoda (u tradiciji izvornog Nat.Lab-a). Usmjereni su na tehnologije budućnosti: umjetnu inteligenciju, medicinsku tehnologiju, napredne materijale i održivu energiju. (Romme, 2017)

U ožujku 2012. kampus je prodan privatnom investitoru. Philips je ostao u kampusu, ali njegova uloga se promijenila iz vlasnika i upravitelja u rezidenta. Danas kampus privlači tvrtke i istraživačke institute koji se bave naprednim istraživanjem i razvojem iz područja visoke tehnologije (Romme, 2017).

Jedan od temeljnih ciljeva kampusa je suradnja između tvrtki, poticanje istraživanja i razvoja proizvoda kroz pristup inovacijskim uslugama (npr. testiranje materijala, proizvodni pogoni za elektroniku, certificiranje proizvoda, itd.), te stvaranje inovacijske zajednice koja poboljšava neformalno umrežavanje i razmjenu znanja između tvrtki i instituta na kampusu. Prostorna udaljenost između zgrada unutar kampusu je minimalna kako bi se potaknula izravna komunikacija i omogućio jednostavan pristup tehnološkim sadržajima. Središnji dio kampusa, u kojem se nalaze razni sadržaji (restorani, konferencijske dvorane, tržnica hrane, te wellness i fitness centar), osmišljen je kako bi povezao ljude i potaknuo suradnju (ostale zgrade nemaju vlastite restorane, što pruža dodatnu motivaciju za dolazak u središnji dio kampusa). (Romme, 2017)



Slika 14. Shema Visokotehnološkog kampusa Eindhoven danas, izvor: (Haas, Wadman, 1970) i (https://hightechcampus.com/campus-map/), obrada autor

2.3.3 Osnivanje i razvoj tehnoloških parkova

Novi zahtjevi i tehnologije nametnuli su potrebu za reorganizacijom znanstvenih prostora. Nakon razdoblja relativno zatvorenih korporativnih struktura, vertikalna specijalizacija dovela je do suradnje između vlasti, akademske zajednice i industrije (Brooks, 1994). Upravo je ova suradnja akademske zajednice, industrije i vlasti glavna karakteristika tehnoloških parkova. Prvi put se pojavljuju 1950-ih utemeljenjem Istraživačkog parka Stanford, a razvili su se

1980-ih (Lecluyse, Knockaert i Spithoven, 2019). Njihov glavni zadatak je poticanje inovacijskih aktivnosti i komercijalizacija rezultata znanstvenih istraživanja (Brunsko, 1995). Prvu generaciju tehnoloških parkova[13] utemeljila su sveučilišta (tijekom 1950-ih i 1960-ih većina tehnoloških parkova iznajmljena je tehnološkim poduzećima) s ciljem proširenja ekonomskih mogućnosti sveučilišta. Tehnološki parkovi druge generacije također se mogu smatrati svojevrsnim produžetkom sveučilišta, ali nisu nužno u njihovoj blizini niti su poslovali pod njihovim isključivim nadzorom. Treća generacija parkova (moderni tehnološki parkovi) osniva se u urbanim regijama i stavlja naglasak na izgrađeni okoliš i prostore koji potiču kreativnost (Gjurkovics, Lukovics, 2014).

Ono što se prepoznaje kao drugačije i inovativno u kontekstu planiranja i organizacije jest to što tehnološki parkovi zahtijevaju poticajno i inspirativno okruženje za one koji razvijaju nove tehnologije (Bašić et al., 2019). Obično su smješteni na gradskoj periferiji ili uz sveučilišta i istraživačke institute, a funkcija parka nije ograničena na stvaranje i prijenos znanja, već kao inovativni urbani element ima utjecaj na lokalni i regionalni okoliš (Almaamory, Slik, 2021). Neke od glavnih prostornih karakteristika tehnoloških i istraživačkih parkova su: lokacija uz bazu znanja, dostupnost (dobra prometna povezanost), preglednost (područje parka je jasno vidljivo unutar urbanog područja), sadržaji unutar parka (administrativni i javni, poslovni, uslužni, stambeni, sportsko-rekreacijski, zabavni, park), krajobraz (miran i prirodan okoliš) (Almaamory, Slik, 2021). Privukli su pozornost jer su uspješno spojili poticajno okruženje, gospodarstvo i primijenjenu tehnologiju. Sveučilišta, vlasti i privatni sektor iskoristili su ovu novu urbanu tipologiju za poticanje inovacija i razvoja (Bašić et al., 2019.).

2.3.4 Trendovi razvoja

Međunarodne znanstvene suradnje imaju dugu i slavnu povijest koja seže u 19. st. (Coleman, 2010, str.1). Danas se interdisciplinarni pristup nalazi se u sve većem broju istraživačkih programa, a istraživači sve više nadilaze okvire svojih matičnih disciplina (Coleman, 2010, str. 9). Trendovi razvoja naglašavaju potrebu za fleksibilnošću laboratorijskih zgrada i utječu na prostornu organizaciju: globalizacija tržišta, timski rad i naglasak na korisniku i korisničkom

[13] Triple Helix model inovacija (model su razvili H. Etzkowitz i L. Leydesdorff 1990 – ih godina) temelji se na tri aktera i njihovoj suradnji: akademska zajednica (pružaju osnovna istraživanja, znanje i kadrove), gospodarstvo (komercijalizacija ideja, tržišna dinamika) i vlast (zakonodavni okvir, poticaji, razvojne politike, financiranje infrastrukture).
Nadogradnje modela obuhvaćaju: guadrupole helix model (uključen je 4. element – društvo) i quintupole helix model (uključen je 5. element – održivost). (https://en.wikipedia.org/wiki/Triple_helix_model_of_innovation)

iskustvu, te primjena računalne tehnologije (Kliment, Watch, 2001, str. 2). Tehnologije poput umjetne inteligencije, robotike i automatizacije, te mrežnih baza podataka otvaraju prostor za inovativne načine istraživanja (Gooday, 2008). Dijeljenje podataka ubrzava proces istraživanja omogućujući istraživačima da koriste relevantne podatke i stvaraju prilike za nove suradnje (Michener, 2015). Spomenuti tehnološki napredak utječu ne samo na način na koji znanstvenici rade, već transformira laboratorije i prateće prostore (Schemel et al., 2020). Suvremeni zahtjevi koji sa danas stavljaju pred znanstvenu zajednicu nadilaze okvire akademskih radova; naglasak se stavlja na istraživanja koja nude rješenja za društvene i socioekonomske izazove (doprinos znanstvenog istraživanja različitim sektorima društva, npr. gospodarstvo, kultura, zdravstvo) (OECD, .2026, str. 23). Sukladno tome, pojavljuje se koncept otvorene inovacije[14], koji označava model u kojoj se pojedina organizacija ne oslanja isključivo na vlastito interno znanje, podatke i resurse za inovacije, već koristi više vanjskih izvora poput povratnih informacija korisnika, objavljenih patenata, konkurencije, vanjskih agencija za poticanje inovacija (Chesbrough, 2012).

Uloga korisnika postala je presudna u suvremenim inovacijskim procesima (od sredine 1990-ih institucije prepoznaju participaciju korisnika kao neizostavan dio u području istraživanja i razvoja) (Bucchi, Neresini 2008). Pritom se osobito ističe važnost otvorene suradnje i pristupa usmjerenog na korisnika budućih inovacija (Paice, Malakhatka, 2023). Ovaj trend dodatno je osnažen valom digitalizacije, budući da se internet razvijao brže od bilo koje prethodne, tehnologije (Urry, 2007, str. 5), i naglaskom politika na otvorenoj znanosti (OECD, .2025, str. 12)

Akademska zajednica svjesna je važnosti povezivanja temeljnih istraživanja sa svakodnevnom praksom, te stvaranja novih modela i formata laboratorija, poput živih laboratorija (Paice, Malakhatka, 2023). Oni su osmišljeni za razvoj i testiranje proizvoda u stvarnom okruženju, a mogu se kretati od eksperimenta na pojedinačnim zgradama do inicijative na razini cijelog grada (Forbat et al., 2025). Povezuju dionike iz javnog i privatnog sektora (tvrtke, agencije,

[14] Schumpeter objašnjava inovaciju kao stvaranje temeljne ili radikalne promjene koja uključuje transformaciju novih ideja ili tehnološkog izuma u tržišni proizvod ili proces. Naglašava ekonomsku i tehničku prirodu inovacije i definira četiri vrste inovacije: inovaciju proizvoda, inovaciju procesa (uvođenje novog načina proizvodnje), organizacijsku inovaciju i tržišnu inovaciju. (Romanowski, 2019, str. 6-21)
Inovacije kao proces i organizacijska promjena ne moraju nužno proizaći iz novih znanstvenih otkrića, one mogu kombinirati postojeće tehnologije ili njihovu primjenu u novom kontekstu. (Žižlavský, 2013)
Inovacija uključuje više od istraživanja i razvoja. Napor koji se ulaže u uvođenje novih proizvoda može uključivati: koncepciju, prvenstveno generiranje znanja (istraživanje, napredni razvoj, osnovni izum), dizajn i inženjering proizvoda, pripremu za proizvodnju, pokretanje proizvodnje, otklanjanje pogrešaka u proizvodnji, pokretanje marketinga i ispitivanje tržišta (Brooks, 1994).

sveučilišta, institute i korisnike) koji surađuju u stvaranju, izradi prototipova i testiranju novih tehnologija, usluga, proizvoda i sustava u stvarnom okruženju (Herth et al., 2024). Razlikuju se od uobičajenog istraživačkog okvira po tome što korisnike i dionike stavljaju kao aktivne sudionike u središte inovacijskog procesa, a ne samo kao subjekte testiranja (Sofronievska, 2026). Ističu da korisnici i dionici mogu biti uključeni u zajedničko stvaranje (Fuglsang, Hansen, 2022) i naglašavaju da stvarna vrijednost inovacije ne leži u superiornim tehničkim kvalitetama, već u njezinoj usklađenosti s potrebama korisnika (Abi Saad, Agogue, 2024). Uz inovacije usmjerene na individualne potrebe korisnika sve veći značaj dobivaju inovacije orijentirane na održivost koje integriraju ekološke, društvene i ekonomske utjecaje (Wilkerson, Launde Trellevik, 2021). Dinamika i ishodi ovih procesa uvelike ovise o okruženju u kojem se provode (fizički ili virtualni prostori). Dok fizički prostori omogućuju izravnu interakciju i prilagodbu specifičnim zahtjevima, virtualna okruženja kroz digitalne alate pružaju vremensku i prostornu fleksibilnost (Leminen i sur., 2024). U tom kontekstu, ovakve platforme se smatraju sredstvom za proširenje suradnje izvan organizacijskih, disciplinarnih ili nacionalnih ograničenja (Kaji-O`Grady, Smith, 2019. str. 111).

3.5 Zaključak

Pregled povijesnog razvoja laboratorija omogućuje razumijevanje evolucije znanosti i optimizaciju suvremenih istraživačkih prostora. Metode znanstvenog istraživanja mijenjale su se napretkom tehnologije, povećanjem znanja i društvenim promjenama. Prostor laboratorija se kontinuirano prilagođavao novim metodama istraživanja i istraživačkoj opremi, pa je sukladno tome naglašena potreba za fleksibilnošću laboratorijskih prostora.

Laboratoriji su promatrani kroz prizmu obrazovno-istraživačkih, te gospodarsko-istraživačkih aktivnosti. Dok su sveučilišni laboratoriji povijesno postavljali bazu za temeljna istraživanja i prijenos znanja novim generacijama, industrijski laboratoriji su usmjerili znanje prema komercijalizaciji i stvaranju gospodarske vrijednosti. Prekretnicu u ovom razvoju označila je suradnja između akademske zajednice, industrije i vlasti. Ova integracija rezultirala je povezivanjem laboratorija u veće prostorne cjeline – tehnološke parkove. Navedeni prostori danas predstavljaju sustav koji potiče kolaboraciju i inovacije, te izravno utječu na konkurentnost gospodarstva.

2.4 Laboratorijska zgrada kao arhitektonski tip

2.4.1 Određivanje pojma arhitektonski tip

U literaturu postoji veći broj definicija sintagme arhitektonski tip:

- Hrvatska enciklopedija definira tip (njem. *Typ ili* franc. *Type* od latinski *typus:* lik; grč. *τύπος:* udarac, oblik, otisak) kao zasebnu skupinu unutar iste vrste, diferencirana na temelju karakterističnih svojstava.[15]
- Nikolaus Pevsner u djelu *History of Building Types* određuje arhitektonski tip prema funkciji zgrade (Pevsner, 1997, str. 9).
- Giulio Carlo Argan u eseju *On Typologye of Architecture* određuje tip dedukcijom iz serije pojava. Tip je apstraktan, izveden je iz usporedbe sličnih zgrada. Tip nastaje kada postoji serija zgrada kod kojih je očita formalna i funkcionalna analogija (Argan, 1963.).

U ovom istraživanju će se kao definicija arhitektonskog tipa koristiti definicija Giulia Carla Argana, budući da se ona referira na namjenu, formu i funkciju zgrade.

2.4.2 Određivanje pojma laboratorij i laboratorijska zgrada

Pojam laboratorij određen je s više definicija:

- Hrvatska enciklopedija definira laboratorij (njem. *Laboratorium*, srednjovj. lat. *laboratorium*. radionica, od lat. *laborare:* raditi) kao radni prostor uređen i opremljen za izvođenje stručnih i znanstvenih ispitivanja i istraživanja.[16]
- Prema Pravilniku o dobroj laboratorijskoj praksi (NN 38/2008) *Laboratorij obuhvaća osoblje, prostor i opremu potrebnu za provođenje ispitivanja svojstava opasnih kemikalija sigurnih za zdravlje ljudi i okoliš.*[17]
- Prema Morrisu pojam laboratorij je dvosmislen; može se odnositi na jednu prostoriju u kojoj se odvijaju znanstvene operacije ili na zgradu koja sadrži te laboratorije (Morris, 2021).

Prema navedenim definicijama određeni su pojmovi:

- ***Laboratorij*** – u širem smislu laboratorij je svako mjesto ili prostor u kojem se nešto istražuje, razrađuje ili doživljava, u užem smislu laboratorij je funkcionalno – organizacijska cjelina opremljena i uređena za provedbu eksperimenata i istraživanja

[15] https://www.enciklopedija.hr/clanak/tip
[16] https://www.enciklopedija.hr/clanak/laboratorij
[17] https://www.zakon.hr/c/podzakonski-propis/50986/nn-38-2008-%282.4.2008.%29%2C-pravilnik-o-dobroj-laboratorijskoj-praksi

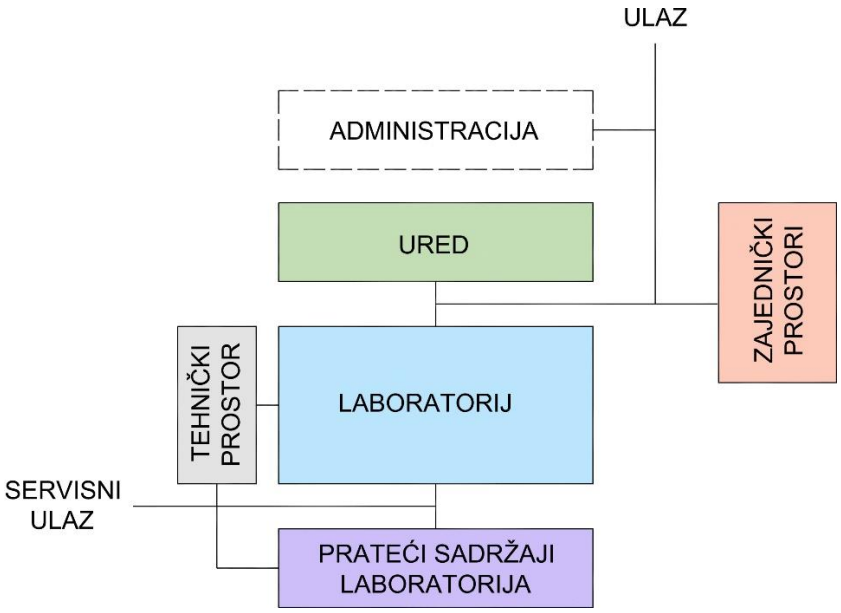
- ***Znanstveno – istraživački laboratorij*** je funkcionalno – organizacijska cjelina, s kontroliranim i standardiziranim uvjetima prostora, opremljena instrumentima i opremom koji udovoljavaju zahtjevima i potrebama eksperimenata i analitičke obrade istraživanja ovisno o polju kojem određeni laboratorij pripada

U ovom radu pojam laboratorij će se koristiti za prostoriju, a zgrada će se nazivati laboratorijskom zgradom.

2.4.3 Određivanje pojma arhitektonski sklopovi laboratorijske zgrade

Laboratorijske zgrade sastoje se od sljedećih međusobno povezanih prostorno-funkcionalnih sklopova:

- Laboratoriji
- Prateći sadržaji laboratorija
- Uredski prostori
- Zajednički prostori
- Tehnički prostori
- Administracija



Slika 15. Shematski prikaz prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorijske zgrade, izvor: autor, 2026.

Na Slici 15. shematski su prikazani prostorno-funkcionalni sklopovi laboratorijske zgrade i odnos među njima.

U nastavku su navedeni osnovni sadržaji i karakteristična obilježja svakog od prethodno definiranih prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorija.

Laboratoriji

Ovaj prostorno-funkcionalni sklop obuhvaća jedan ili više laboratorija u kojima su, sukladno zahtjevima tehnološkog procesa, osigurani različiti prostorni zahtjevi, te tehnološka oprema i instalacije (npr. mehanička ventilacija) nužni za obavljanje znanstvenih istraživanja.

Laboratoriji su često modularni, odnosno projektirani prema standardiziranoj veličini ili preciznom višekratniku ili jednostavnom dijelu te standardne veličine. (DiBernardinis et al., 2013, str. 9)

Prateći sadržaji laboratorija

Prostorno-funkcionalni sklop pratećih sadržaja laboratorija obuhvaća sve sadržaje nužne za obavljanje planiranih istraživanja u laboratoriju, a obično uključuje: prostore za skladištenje, instrumentalne sobe, prostore za pripremu, prostore za obradu i distribuciju uzoraka, praonice laboratorijskog posuđa, prostore za sterilizaciju, te spremišta uzoraka. Popis pratećih sadržaja ovisi o tehnološkom procesu istraživanja, pa npr. može još uključivati tamne komore, sobe za mikroskope i njihovu pripadajuću spektroskopsku i računalnu opremu, server sobe i sl. (DiBernardinis et al., 2013, str. 12).

Veličina svake prostorije trebala bi biti primjerena namijenjenim aktivnostima, te prikladna za smještaj onoga što bi u nju trebalo pohraniti. Kao opće pravilo, za svakih 9,30 m^2 laboratorijskog prostora trebalo bi biti dostupno približno 0,45 m^2 pratećeg laboratorijskog prostora. (Dahan, 2000, str. 132)

Prateći sadržaji laboratorija imaju iste zahtjeve za ventilacijom i instalacijama kao i laboratorijski prostori, a mogu i ne moraju biti u skladu s istim modulom ili konfiguracijom laboratorija. Mogu biti u sklopu istraživačke jedinice, spojeni s modularnim laboratorijskim prostorima ili odvojeni od njih. Prateći sadržaji laboratorija dodijeljeni određenom odjelu mogu funkcionirati kao specijalizirani zajednički resursi istraživača. (DiBernardinis et al., 2013, str. 9)

Uredski prostori

Ovaj prostorno-funkcionalni sklop namijenjen je uredskom radu istraživača, ovi prostori su izravno uključeni u istraživačke aktivnosti i obuhvaćaju: urede glavnih istraživača, istraživačkog osoblja, studenata, te konferencijske sobe.

Ovi prostori imaju osnovne zahtjeve u pogledu infrastrukture (električna energija, telekomunikacije i sustav grijanja, hlađenja i ventilacije), a poželjno je da su smješteni uz pročelje zgrade (DiBernardinis et al., 2013, str. 12).

Zajednički prostori

Ovaj prostorno-funkcionalni sklop osigurava primjeren standard boravka i rada u laboratorijskoj zgradi, te obuhvaća: recepcije i predvorja, sanitarije, garderobe i tuševe, sobe za sastanke, prodajne i blagovaonske prostore, kuhinje, te zatvorene prostore za rekreaciju (DiBernardinis et al., 2013, str. 12). Zajednički prostori imaju slične infrastrukturne zahtjeve kao uredski i administrativni prostori, a mogu imati i dodatne zahtjeve za ventilacijom za sadržaje kao što su sanitarije, garderobe i tuševi, kafići, kuhinje, itd. (DiBernardinis et al., 2013, str. 9).

Tehnički prostori

Ovaj prostorno-funkcionalni sklop osigurava primjeren infrastrukturni standard laboratorijske zgrade, osim prostora za smještaj (vođenje) instalacija obuhvaća prostore za održavanje i posebno skladištenje (skladišta kemikalija i zapaljivih tekućina, skladišta za radioaktvni, kemijski i biološki opasni otpad) (DiBernardinis et al., 2013, str. 9). Ovaj prostorno-funkcionalni sklop u pravilu nije grupiran na jednom mjestu, već je raspoređen na više mjesta unutar zgrade. Ovisno o namjeni pojedinog tehničkog prostora definira se i razina infrastrukturnih zahtjeva, kao i mjere zaštite.

Administracija

Ovaj prostorno-funkcionalni sklop namijenjen je smještaju administrativnog osoblja (uprava, računovodstvo, tajništvo i dr.) laboratorijske zgrade. Ovi prostori ne podržavaju izravno aktivnosti istraživačkog programa, te uključuju: uredske prostore, sobe za sastanke, sobe za seminare, konferencijske dvorane itd. (DiBernardinis et al., 2013, str. 9)

Kod planiranja nove laboratorijske zgrade unutar kampusa ili istraživačkog instituta administrativno ili većina administrativnog osoblja u pravilu je već smješteno u zasebnoj zgradi (DiBernardinis et al., 2013, str. 9).

Povezivanje sklopova

Veza između pojedinih sklopova se ostvaruje horizontalnim (hodnici)[18] i vertikalnim komunikacijama (stubišta i dizala). Funkcionalni sklopovi i komunikacije se podijeljeni na „čiste“ (uredi i zajednički prostori) i „nečiste“ (laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija, tehnički prostori).

[18] Prema literaturi u laboratorijskom dijelu zgrade moguće su tri vrste hodnika: hodnik za osoblje, pomoćni hodnik i servisni hodnik (Dahan, 2000, str.123). Prema Dahanu pomoćni hodnici mogu imati proširenja kako bi se laboratorijskim prostorima omogućile dodatne instalacije, mogu se koristiti za prijevoz kemikalija, plinova i uzoraka, te za smještaj raznih vrsta opreme koja je preglomazna da bi se držala u laboratorijskim prostorima. Pomoćni hodnici pripadaju „nečistim komunikacijama“ i u ovom radu će se promatrati kao dio servisnih („nečistih“) hodnika.

Hodnici se u laboratorijskom dijelu zgrade dijele na hodnike za osoblje („čisti hodnici“) i servisni hodnici („nečisti hodnici“).
Hodnici za osoblje povezuju laboratorijske prostorije međusobno, te povezuju laboratorije s drugim dijelovima zgrade. Koriste ih znanstvenici, laboratorijski tehničari i ostalo ovlašteno osoblje. (Dahan, 2000, str. 123)
Servisni hodnici nalaze se u stražnjem dijelu laboratorijskih prostorija i sadrže sve instalacijske i servisne vodove koji opslužuju te prostorije. Instalacijska okna trebala bi biti dostupni samo osoblju za održavanje i servisiranje. Servisni hodnici mogu imati i proširenja kako bi se laboratorijskim prostorijama omogućile dodatne instalacije. Također, mogu se koristiti za transport kemikalija, plinova i uzoraka do i između laboratorijskih prostorija, te za smještaj razne opreme koja je preglomazna da bi se držala u laboratorijskim prostorima koji ih koriste. (Dahan, 2000, str. 123)

Kretanje u laboratorijskom dijelu zgrade treba biti ograničeno samo na zaposlenike. Organizacija laboratorijskih i servisnih prostorija trebala bi osigurati putove koji omogućuju učinkovito obavljanje zadataka, cirkulaciju osoblja, uzoraka, kemikalija i plinova, s tim da bi kretanje osoblja trebalo biti odvojeno od transporta uzoraka, kemikalija i plinova. (Dahan, 2000, str. 122-123)
Organizacija hodnika trebala bi biti takva da promet ne ometa osoblje u laboratorijima. Hodnici bi trebali biti izravni i što kraći pri povezivanju točaka između kojih postoji česta komunikacija. (Dahan, 2000, str. 123)

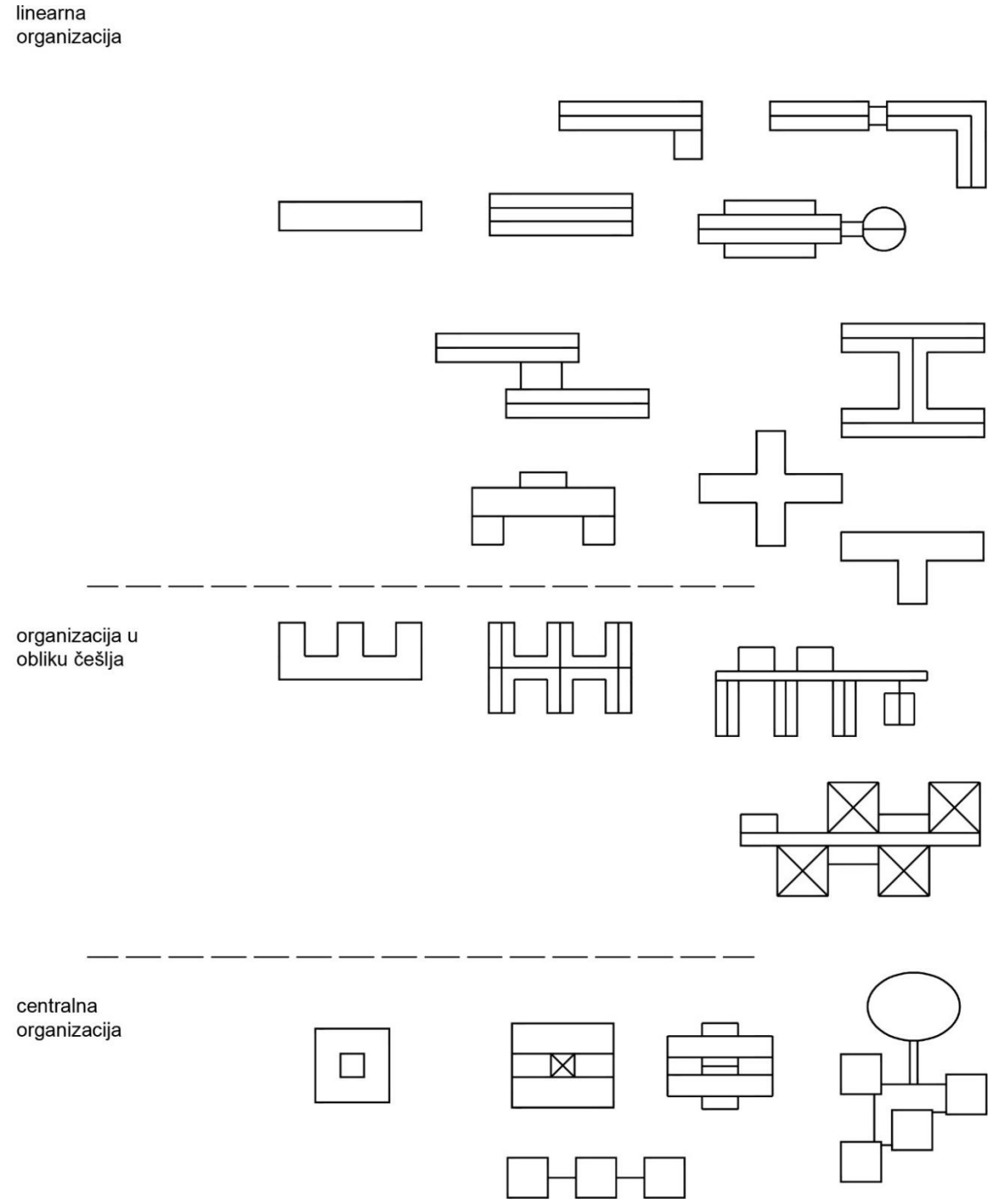
Vertikalne komunikacije (stubišta i dizala) povećavaju rizik od loma i prosipanja opasnih materijala. U višekatnim laboratorijskim zgradama preporučuju se servisna dizala i stubišta s ograničenim pristupom (pristup putem kartice). Dizala namijenjena osoblju ne smiju se koristiti za prijevoz opasnih materijala. (DiBernardinis et al., 2013, str. 26)

Također, potrebno je voditi računa o sigurnosti i pristupu pojedinim laboratorijskim prostorima. Određene funkcije i aktivnosti mogu se sastojati od izuzetno osjetljivih, delikatnih, opasnih i povjerljivih procesa. Cirkulacija osoblja i protok uzoraka važni su za sigurno, učinkovito i zaštićeno poslovanje. Pristup se može kontrolirati pomoću elektroničkih kartica. (Mayer, 1995, str. 55)

Tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade najčešće se pojavljuje u formi dvotrakta ili trotrakta. U rijetkim primjerima je u formi jednotrakta.

Prema prostornoj organizaciji razlikujemo tri tipa laboratorijskih zgrada (Slika 16):

- Linearna organizacija
- Organizacija u obliku češlja
- Centralna organizacija (Braun, Gromling, 2005, str. 49)



Slika 16. Tipološki razvrstaj laboratorijskih zgrada, izvor: (Braun, Gromling, 2005, str. 49), obrada autor

2.4.4 Povijesni razvoj laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa

Laboratorijska zgrada treba poštovati arhitektonske i tehničke standarde koji definiraju samu narav laboratorija. Forma laboratorija se mijenja kao odgovor na instrumentalne potrebe istraživanja, te kao odgovor na politiku, ekonomske i društvene utjecaje. (Gyeryn, 2008)
Prema Kohleru laboratorij je neutralna pozornica za mjerenje i eksperimentiranje, njihovo okruženje je generičko i društveno su homogeni – pristup je ograničen samo na one koji su kvalificirani (Kolhler, 2002, str. 7).
Također, prema Venturiju arhitektura istraživačkog laboratorija je generička. Svi takvi standardizirani modeli sadrže prilagodljive generičke elemente koji se s vremenom razvijaju. To obuhvaća konvencionalnu laboratorijsku zgradu čija je prostorna prilagodljivost i fleksibilnost tehničkih sustava posebno značajna kao odgovor na dinamične promjene istraživačkog procesa i tehnologije. (Venturi, 1999, str. 388)

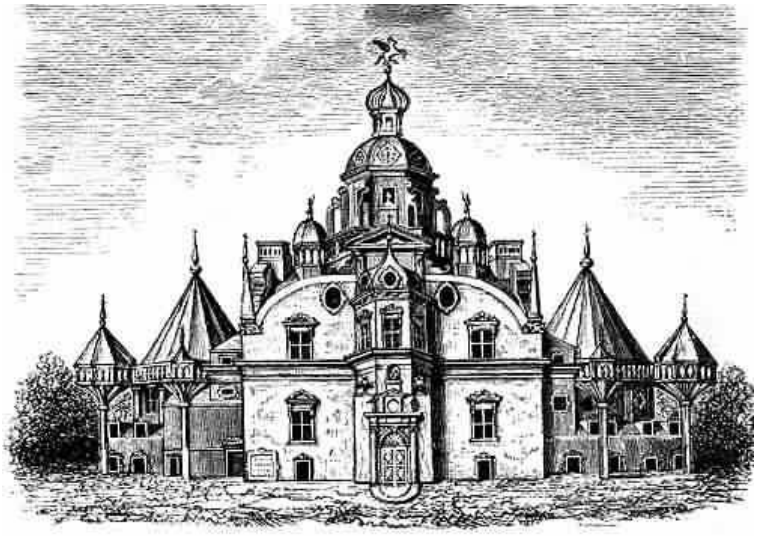
Znanstveno istraživanje prošlo je u povijesti kroz različite razvojne faze, a znanstvena paradigma je duboko utjecala na prostornu logiku laboratorijskih zgrada. Kao institucija usmjerena prema budućnosti, evolucija laboratorija usko je povezana s razvojem znanosti i tehnologije. (Zhang, Cui, 2022)

Razvoj laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa započinje novim oblikom znanja koji se pojavljuje u sedamnaestom stoljeću, a koji daje prednost promatranju i ponovljivom eksperimentu. Kako bi se osigurala ponovljivost, eksperimentalno znanje zahtijevalo je neutralan, opremljen i zaštićen prostor koji je isključivao sve izvan parametara eksperimenta. (Kaji-O`Grady, Smith, 2019, str. 2)

Razvoj ranog znanstvenog eksperimentiranja usko je povezan s alkemijom (Zhang, Cui, 2022). Latinska riječ *laboratorium* znači radionica; prije nego što su postojali bilo kakvi laboratoriji, alkemičari su, zajedno s drugim obrtnicima, imali radionice (Morris, 2021). Povijest znanosti obično smatra radno mjesto alkemičara u 16. st. prototipom ranog laboratorija, koji je obično sadržavao peći i opremu za destilaciju (Zhang, Cui, 2022).

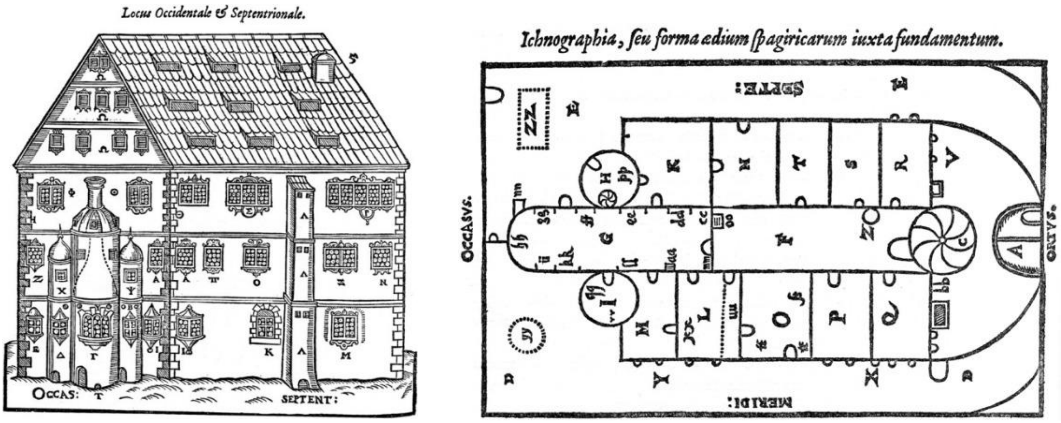
Jedan od prvih laboratorija za koji postoje detaljne informacije nalazio se u Uraniborgu (Slika 17.), istraživačkom centru koji je izgrađen i opremljen krajem 16. stoljeća za danskog astronoma Tycha Brahea. Braheova zgrada nalik dvorcu na otoku Ven u Öresundu bila je

podijeljena u tri dijela: gornji kat sadržavao je astronomsku opremu i koristio se za promatranje neba; ispod toga nalazio se matematički laboratorij sa stolovima za karte i izračune; a u podrumu se nalazio laboratorij alkemičara. (Schmidgen, 2021)



Slika 17. Uraniborg, izvor (https://depic.ai/entity/Uraniborg)

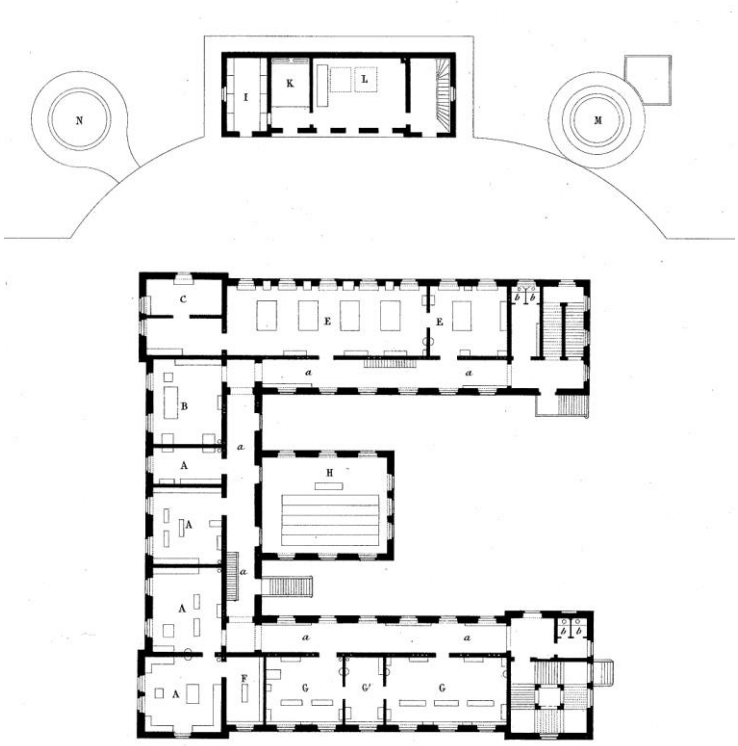
Prvi sačuvani nacrt za zgradu posvećenu kemiji potječe iz 1597. godine, a izradio ju je Andreas Labavius (Slika 18.). Bila je zamišljena kao dom kemičara i njegovih asistenata, a uključivala je prostorije za specijalizirane postupke (poput vaganja kemikalija i kristalizacije), glavni laboratoriji i mali privatni laboratorij s pećima. (Fishman, 2017, str. 89)
Za razliku od Uraniburga koji je bio u potpunosti izoliran, Libavius je svoju kemijsku kuću smatrao integriranom u grad. Tlocrt je formiran oko središnje dvorane. (Zhang, Cui, 2022)



Slika 18. Libaviusov laboratoriji, pogled i tlocrt, izvor: (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34178581/)

Početkom 19. stoljeća laboratoriji se osnivaju na sveučilištima i istraživačkim institutima. Znanstvene aktivnosti su se brzo razvijale. Atrijska ili poluatrijska tlocrtna organizacija se često pojavljivala kod laboratorijskih zgrada u to vrijeme. (Zhang, Cui, 2022)

Zgrada Fiziološkog instituta u Leipzigu (Slika 19.) predstavlja primjer ovakve prostorne organizacije. To je poluatrijska zgrada s centralno smještenim auditorijem, orijentiranim prema unutarnjem dvorištu. Na sjevernoj strani se nalazila mala predavaonica i pomoćne prostorije za nastavu, a javni prostori su obuhvaćali predvorje, predavaonicu i konferencijsku dvoranu.



Slika 19. Zgrada Fiziološkog instituta u Leipzigu, izvor: (https://ethos.lps.library.cmu.edu/article/id/450/)

Do 19. stoljeća u laboratorijima je dominirala peć. Peć nije samo osiguravala toplinu za kemijske eksperimente, nego je i grijala sam prostor (toplina je bila ključni element alkemije i rane kemije, korištena je za razgradnju materijala, destilaciju tekućina i ubrzavanje reakcija). Ova prostorna organizacija laboratorija potječe od srednjovjekovnih kemičara, a napuštena je uvođenjem razvoda plina i vode. (Morris, 2021)

Tijekom 1860-ih došlo je do značajnih promjena u prostornoj organizaciji laboratorija. Pojavio se novi, suvremeniji oblik radnog prostora, najprije na nekoliko njemačkih sveučilišta, a zatim se, do kraja 19. st., proširio po svijetu. (Morris, 2021)





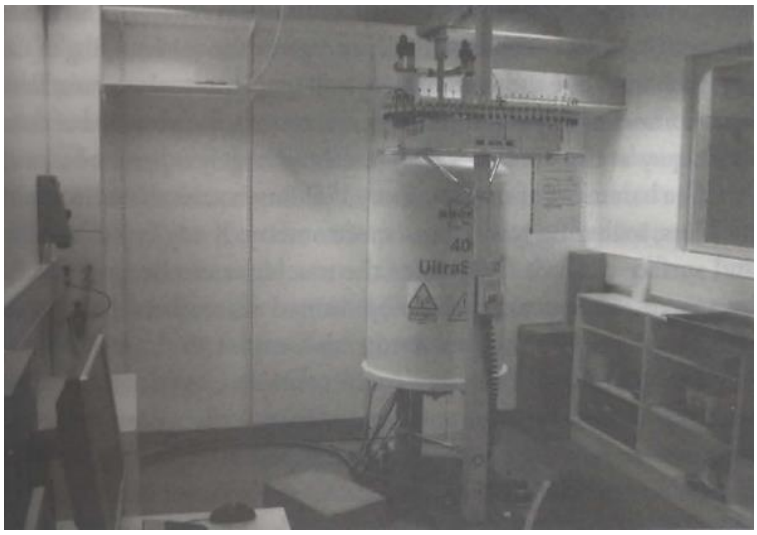
Slika 20. (lijevo) Laboratorijski pult, Sveučilište u Leipzigu, 1868., izvor: (Morris, 2015, str. 156)
Slika 21. (desno) Kemijski laboratorij, Eidgenossische Technische Hochschule (ETH), Zurich, 1905., izvor: (Morris, 2015, str. 150)

Novi tip laboratorija koji se pojavio, je u osnovi, kemijski laboratorij kakav danas poznajemo (Morris, 2021). Njegovu osnovu čine dvostrane simetrične klupe (radni pultevi) poredane paralelno duž središnjeg prolaza. Svaka klupa ima police u sredini i ormariće ispod (Slika 20.). Znanstvenici za klupama rade okrenuti leđima jedan prema drugom. (Fishman, 2017, str. 95) Sve klupe su bile opremljene razvodom plina i tekućom vodom, a na kraju klupa nalazili su se umivaonici u pravilnim razmacima (Slika 21.). Postojao je sustav za odvodnju svih tekućih otpadnih voda u kanalizaciju, a uz zidove (barem uz vanjski zid) nalazili su se digestori (Morris, 2021).
Eksperimenti koji su stvarali neugodne mirise ili su bili rizični provodili su se u digestorima opremljenim ventilacijom i staklenom stijenkom sprijeda radi zaštite kemičara. Izdvojene prostorije su bile rezervirane za precizne mjerne uređaje. (Fishman, 2017, str. 95)

Kemijski laboratorij do Drugog svjetskog rata nije puno koristio električnu energiju, plin se koristio za rasvjetu i grijanje (Cambridge je još uvijek koristio plinsku rasvjetu u kemijskim laboratorijima do sredine 1940-ih). To se promijenilo nakon Drugog svjetskog rata, kada su u kemijske laboratorije postupno uvedene nove vrste instrumenata, a taj proces je privedem kraju do sredine 1960-ih. Ti instrumenti su uglavnom nastali u fizici, a ne u kemiji, dijelom kao rezultat ratnih dostignuća poput radara. Dugi niz godina njima su upravljali specijalizirani tehničari, a ne sami kemičari. Osim toga, bili su vrlo skupi, sve dok ih masovna proizvodnja nije učinila pristupačnijima 1960-ih godina. Najraniji fizikalni instrumenti bili su infracrveni i ultraljubičasti spektrometri, a nakon njih znatno veći (i skuplji) spektrometri nuklearne

magnetske rezonancije (NMR), te maseni spektrometri. Navedeni instrumenti imali su različite primjene, ali u organskoj kemiji su se uglavnom koristili za određivanje struktura složenijih organskih i bioorganskih molekula. (Morris, 2021)

Maseni spektrometar i NMR (Slika 22.) koriste teške magnete, zbog čega se uglavnom smještaju u podzemne etaže ili zahtijevaju dodatno ojačanje podne konstrukcije. Unatoč tome, uvođenje ovih instrumenata nije imalo veliki utjecaj na tlocrtnu organizaciju laboratorijske zgrade. Razlog tome leži u činjenici što je kemijski laboratorij već imao specijalizirane prostorije za uređaje poput atomske spektroskopije ili analize izgaranja, koje su se mogle prilagoditi novoj generaciji instrumenata. Ove laboratorijske zgrade imale su i velike podrume, koji su se uglavnom koristili za elektrane i skladišta, a pokazali su se idealnim i za prihvat teških masenih spektrometara. (Morris, 2021)



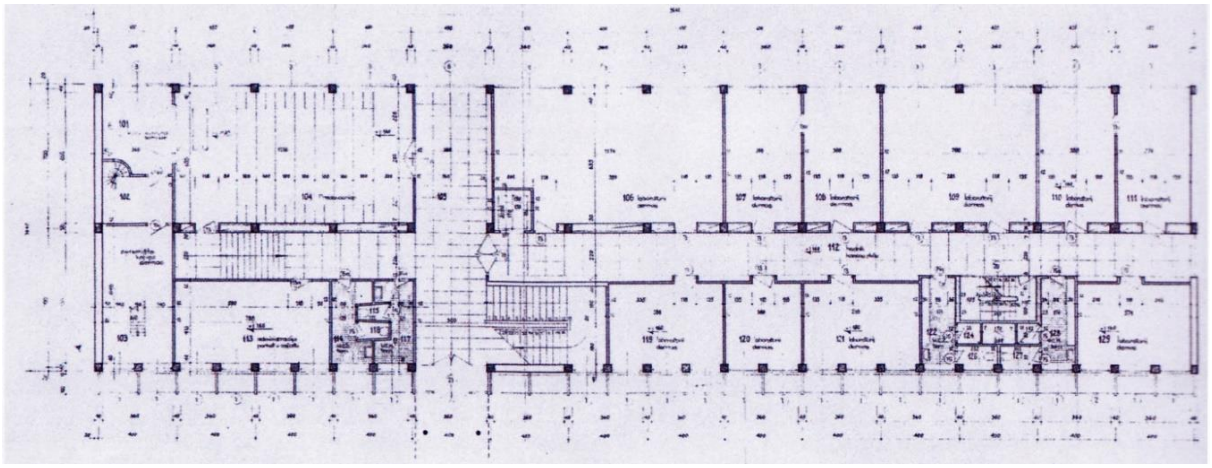
Slika 22. NMR uređaj, Zgrada kemije, Sveučilište Oxford, 2013., izvor: (Morris, 2015, str. 327)

Nakon Drugog svjetskog rata tlocrtna organizacija laboratorija je sve više usmjerena na servisne prostore i instalacije. Početni korak u tom smjeru obuhvaćao je uvođenje modularnog sustava. Tadašnji je modul bio jednostavna, samostalna i potpuno opremljena jedinica. Moduli su bili poredani s obje strane hodnika[19]. (Dahan, 2000, str. 101)

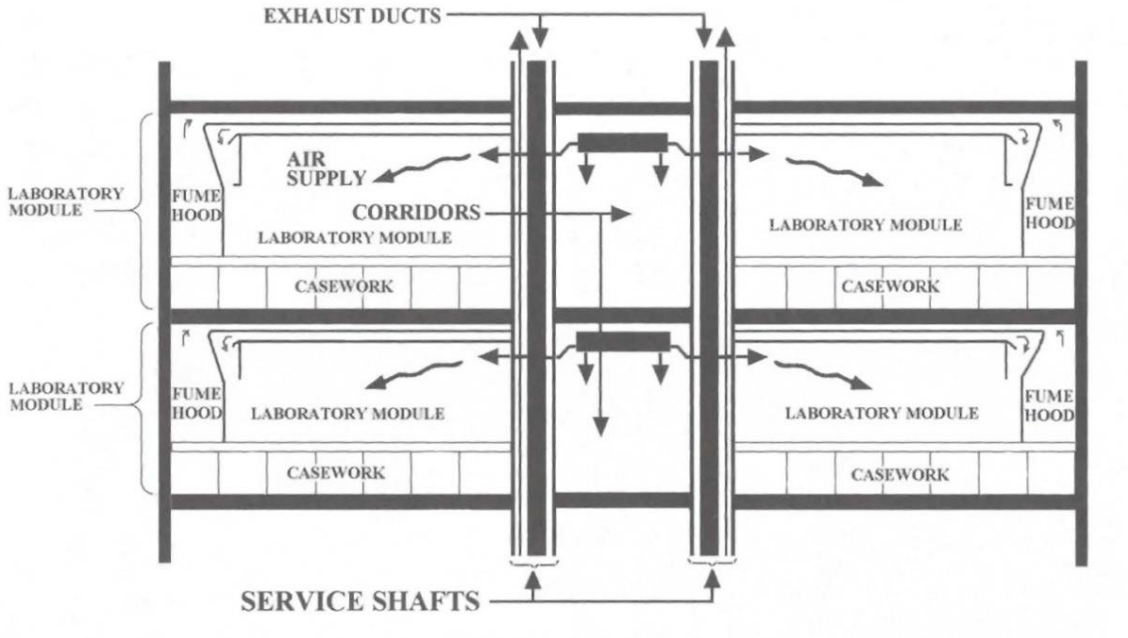
[19] Ova tlocrtna organizacija pojavljuje se u izvornom dijelu kompleksa Instituta Ruđer Bošković (IRB). To je najveći istraživački institut u Hrvatskoj, nastaje 50.-ih god. 20.st. u Zagrebu i obuhvaća istraživanja iz područja eksperimentalne i teorijske fizike, kemije, biokemije, medicine, biologije, istraživanja mora i okoliša, računarstva i elektronike. Kompleks je smještan na Horvatovcu, uz Bijeničku cestu, blizu postojećih i planiranih Sveučilišnih zgrada Sjevernog kampusa i srodnih znanstvo-istraživačkih ustanova (Institut za fiziku). (Bašić, Mlinar, 2015.) Izvorni dio kompleksa djelo je arhitekta Kazimira Ostrogovića, predstavnika hrvatske moderne arhitekture. Kompleks je tijekom godina dograđivan, no uspio je sačuvati autentičnost i vizualnu prepoznatljivost. (Radolović et al., 2018.)

Ponavljajuće jedinice korištene su za generiranje cjelokupnog tlocrta i prilagodbu različitim funkcionalnim zahtjevima (Zhang, Cui, 2022).

Vertikalna servisna okna su bili smještena uzduž hodnika ili na vanjskim zidovima zgrade. Slike 23. i 24. prikazuju rješenje s instalacijskim kanalima u hodniku. Servisna okna su se koristila za dovod komunalnih usluga / instalacija (voda, struja, plinovi) do pripadajućih modula. Kada su vertikalna instalacijska okna postavljena obostrano uz hodnik, na svakoj etaži su predviđeni revizijski otvori za održavanje (Dahan, 2000, str. 101).



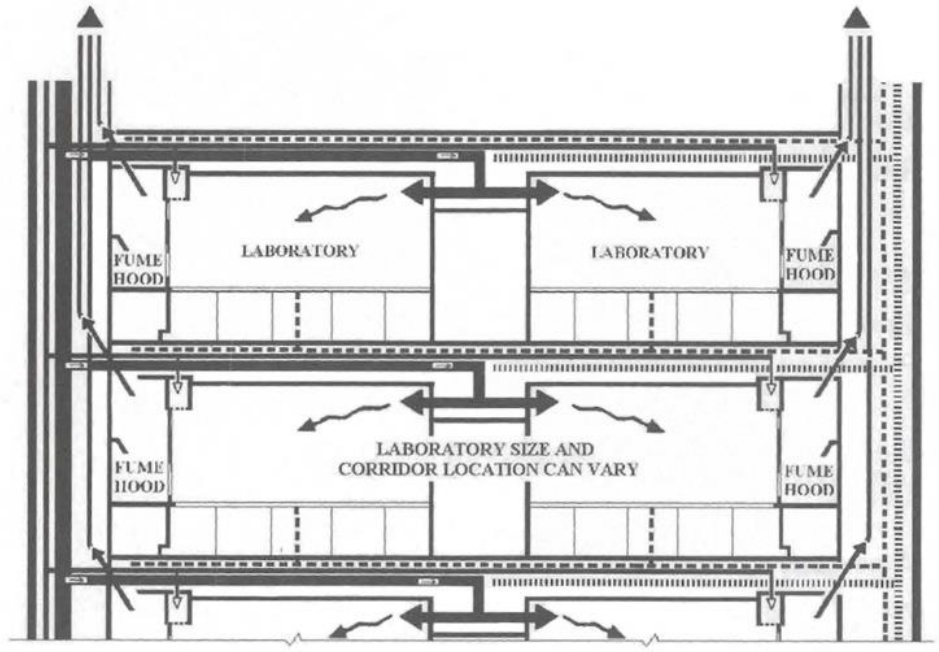
Slika 23. Krilo III, Institut Ruđer Bošković, izvor: (Radolović et al., 2018)



Slika 24. Shema presjeka s instalacijskim šahtovima u hodniku, izvor: (Dahan, 2000, str.101)

Slika 25. prikazuje rješenje u kojem su instalacijska okna smještena na vanjskoj strani, tj. na pročelju laboratorijskog krila (zgrade). Glavna prednost ovog rješenja očituje se u direktnoj opskrbi svakog laboratoriji s instalacijama (na svakoj etaži su instalacijska okna). Glavni instalacijski vodovi kreću iz podruma ili s tavana. Nedostatak ovog rješenja leži u činjenici da se svi radovi na održavanju i servisiranju instalacija trebaju izvoditi izravno iz unutrašnjosti laboratorija. (Dahan, 2000, str. 102) Dodatni nedostatak ovog rješenja je to što uredi povezani s laboratorijskim istraživačkim aktivnostima trebaju biti smješteni ili u drugom dijelu zgrade, daleko od dodijeljenih laboratorijskih prostora ili bi trebali zauzeti dio (skupih) laboratorijskih prostora (Dahan, 2000, str. 103).

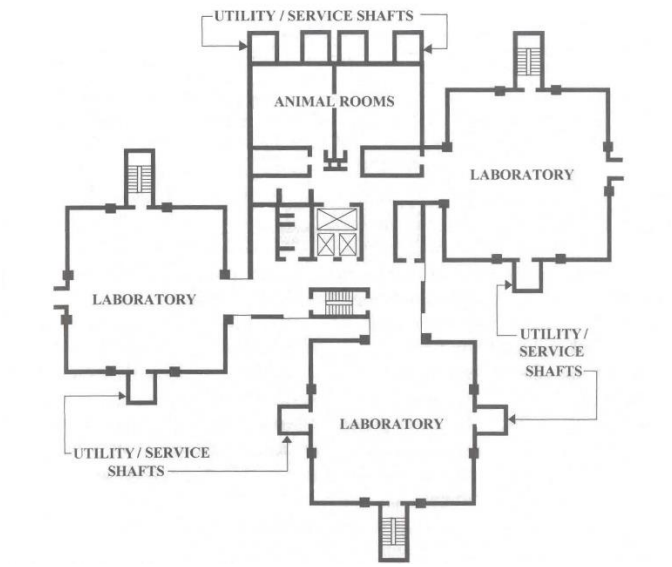
Postavljanje instalacijskih okana na pročelje omogućuje veću fleksibilnost laboratorijskih prostora i hodnika. Nedostatak ovog rješenja je održavanje i servisiranje. Rješenje se može dalje razvijati povezivanjem pojedinačnih instalacijskih okana. Ova objedinjena i veća instalacijska okna se smještaju izvan laboratorijskih krila ili unutar krila u dijelu koji ne utječe na modularnost laboratorijskih prostorija. Primjenom ovog rješenja smanjuje se broj revizionih otvora potrebnih na svakoj etaži. (Dahan, 2000. str. 103)



Slika 25. Shema presjeka s instalacijskim šahtovima na pročelju, izvor: (Dahan, 2000, str.102)

Rješenje s grupiranim instalacijama na pročelju primijenjeno je na laboratorijskoj zgradi *Richard Medical Research Building* arhitekta L. Khana (Slika 26.) (Dahan, 2000, str.105). Zgrada se sastoji iz tri laboratorijska tornja povezana središnjim servisnim tornjem (Schmidgen, 2021). U ovom tlocrtu formirana su tri laboratorijska krila s konsolidiranim servisnim oknima

na perimetru svakog krila. Ovo rješenje je omogućilo fleksibilnost laboratorijskog prostora, tj. laboratorijskog krila, ali ne i zgrade u cjelini. Svako krilo je moglo biti jedan veliki laboratorijski prostor, ili se moglo podijeliti u laboratorije, ili u laboratorije i urede. Ovo rješenje nudi maksimalno prirodno svjetlo. (Dahan, 2000:, str. 105)



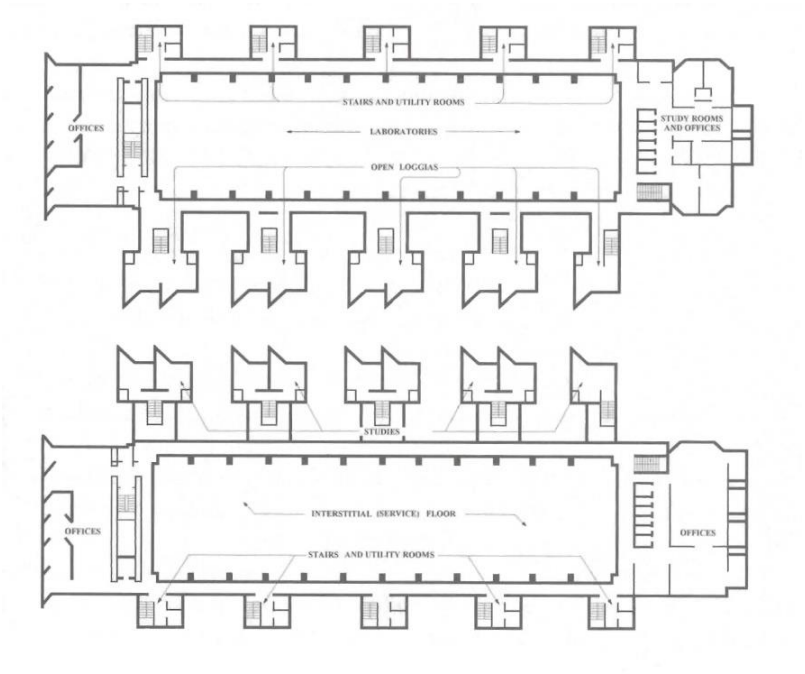
Slika 26. Richard Medical Research Laboratories, shema tlocrta, izvor: (Dahan, 2000, str.105)

U određenim situacijama, laboratorijski prostori mogu zahtijevati potpunu prenamjenu. Ponekad je ekonomski isplativije projektirati etaže na kojoj su laboratorijski prostor slobodni od servisnih instalacija. U tom slučaju, sve instalacije su osigurane preko instalacijske etaže (etaža koja se nalazi između pojedinih laboratorijskih katova i fizički ih razdvaja). (Dahan, 2000, str. 108)

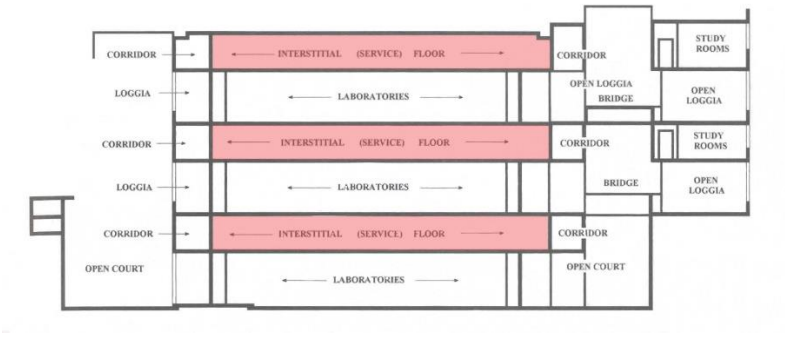
U zgradama s više laboratorijskih etaža jedan instalacijska etaža može opsluživati kat neposredno iznad i ispod nje (Dahan, 2000, str. 108).

Ova prostorna organizacija primijenjena je na *Slak institutu* L. Khana (Slika 27. i 28.). Pristup servisima i instalacijskim oknima slijedi modularni raspored što omoguće veliku fleksibilnost prostora (Dahan, 2000, str. 110). Osnovna struktura laboratorijske zgrade karakterizirana je s dvije simetrične građevine okrenute jedna prema drugoj međusobno povezane velikim dvorištem (Schmidgen, 2021).

Ovo je bio jedan od prvih pokušaja modernog arhitekta da unaprijedi osnovnu tlocrtnu organizaciju laboratorija, koja je u osnovi ostala nepromijenjena od sredine 19. stoljeća. U institutu je svaki znanstvenik imao vlastitu radnu sobu, uređenu hrastovim podovima, stolovima i policama za knjige. (Fishamn, 2017. str. 97)



Slika 27. Salk institut, shema tlocrta, izvor: (Dahan, 2000, str.110)



Slika 28. Salk institut, shema presjeka, izvor: (Dahan, 2000, str.111), obrada autor

Druga značajna promjena u tlocrtnoj organizaciji laboratorija dogodila se krajem dvadesetog stoljeća, a potaknuta je rastućim standardima za poboljšanje zdravlja i sigurnosti (a ne promjenama u kemiji). Ti trendovi vuku korijene u laboratorijskim zgradama izgrađenim za farmaceutsku industriju 1990-ih (industrija je imala više novca od akademskog sektora, a korporacije su pridavale veći značaj zdravlju i sigurnosti). Jedno od prvih sveučilišta koje je usvojilo novu tlocrtnu organizaciju bilo je Sveučilište u Oxfordu. Godine1996. projektirana je nova laboratorijsku zgradu za kemijska istraživanja, dijelom kako bi zamijenila zastarjelu zgradu laboratorija za organsku kemiju. Nova zgrada otvorena je 2004. godine, a novi istraživački laboratoriji donijeli su nekoliko inovativnih rješenja. (Morris, 2021)

Laboratoriji prostori su relativno mali, s po četiri digestora na oba duža zida i s radnim pultevima u sredini. Ova tlocrtna organizacija donosi daleko veću gustoća digestora nego u tradicionalnim laboratorijima. Pregradni zid koji laboratorije odvaja od uredskih prostora je

transparentan. Suprotni zid se otvara prema hodniku s instrumentalnim sobama - male prostorije namijenjene specifičnoj opremi, kao što je npr. visokoučinkoviti tekućinski kromatograf (HPLC) (Slika 29.) ili spektrometar nuklearne magnetske rezonancije (NMR) (Slika 30.). Zahvaljujući automatizaciji istraživači danas mogu samostalno rukovati ovim instrumentima, za razliku od ranije prakse kada su s njima upravljali isključivo tehničari. (sada se samo stavlja uzorak u uređaj, a rezultati se elektronički ispisuju na računalo). Premda je ova organizacija olakšala pristup instrumentalnim sobama u odnosu na nekadašnje izolirane laboratorije, u podrumu je i dalje ostao smješten veliki dio instrumenata, uključujući NMR spektrometre, masene spektrometre i poluautomatski rendgenski difraktometar. (Morris, 2021)

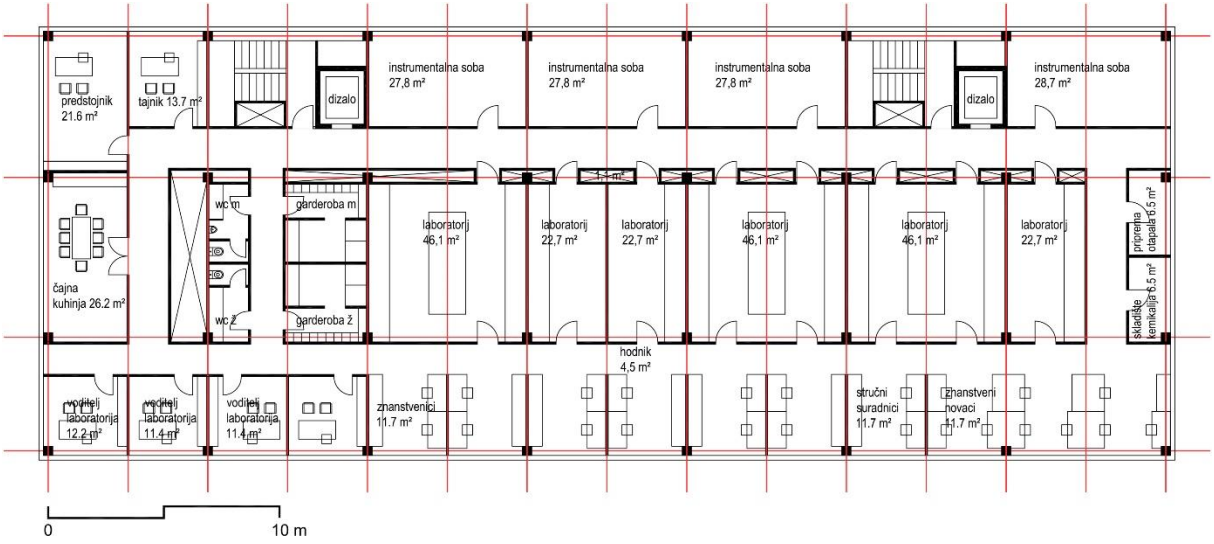


Slika 29. HPLC , izvor (https://www.agilent.com/en/product/liquid-chromatography/hplc-fundamentals?srsltid=AfmBOoqcBqr1zRN3VDmOl9TCqPrHm8VrfwJGEbSIUaS1o0YbmJny-8nY)



Slika 30. NMR, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, izvor: autor, 2026.

Temeljni aspekt zgrade oxfordskog laboratorija je koncept podjele prostora na „čiste“ i „nečiste“ prostore (Slika 31.). Radni procesi u laboratoriju, koji se smatraju kontaminiranim, fizički su odvojeni od uredskih i zajedničkih prostora. Ova je podjela vizualno i funkcionalno naglašena odabirom podnih obloga: u „čistim” prostorima postavljen je tepih, dok se u laboratorijima i hodnicima koji vode do instrumentalnih soba nalaze linoleum ili pločice. Restrikcija se proteže i na vertikalni transport, pa su tako i sama dizala kategorizirana prema stupnju čistoće. Sukladno tome, definirana su pravila ponašanja za svaku zonu, pa je, primjerice, konzumacija hrane i pića unutar laboratorijskih prostora strogo zabranjena. (Morris, 2021)



Slika 31. Shema tlocrtne organizacije laboratorijske zgrade – trotrakt, autori N. Mlinar i S. Bašić, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

Projektiranje tehničkih prostora i instalacija često ostaje u drugom planu iako ima presudnu ulogu u uspješnoj realizaciji eksperimenata i predstavlja značajnu stavku u ukupnim investicijskim troškovima (Kaji-O`Grady, Smith, 2019. str. 30). Potkraj 20. stoljeća postalo je jasno da funkcionalno osmišljen kemijski laboratorij zahtijeva višu razinu prilagodljivosti kako bi se omogućio jednostavan pristup instalacijama radi servisiranja i modifikacija. Primjerice, novi laboratoriji u Oxfordu projektirani su s viskom stupnjem fleksibilnosti da se lako mogu pretvoriti iz organskih kemijskih laboratorija u biokemijske laboratorije ili čak urede ako je potrebno. Posljednjih godina sve je veći naglasak na zdravlju i sigurnosti u laboratoriju, što je već utjecalo na tlocrtnu organizaciju laboratorija i pretpostavka je će se tako i nastaviti. Prema Morrisu budućnost bi mogla biti u implementaciji robotike (uz pretpostavku da su zdravlje i sigurnost na prvom mjestu i da postoji sve veća tendencija rada od kuće) jer je dio poslova u laboratoriju već automatiziran (poput rada na NMR-u). (Morris, 2021)

2.4.5 Zaključak

U ovom poglavlju laboratoriji su promatrani kroz razvoj laboratorijske zgrade kao arhitektonskog tipa. Definirani su osnovni pojmovi, te sklopovi laboratorijske zgrade, kao i njihov međuodnos te tipološke karakteristike. Pregled razvoja arhitektonskog tipa laboratorijske zgrade pokazao je kontinuiranu prilagodbu pod utjecajem razvoja metoda znanstvenog istraživanja, napretka tehnologije, povećanjem znanja i društvenim promjenama.
Kroz povijest je vidljivo kako su promjene u znanstvenim disciplinama utjecale na prostornu organizaciju zgrade. Mijenjale su se potrebe za energijom, vodom i plinovima, razvili su se standardi vezani za biosigurnosne nivoe, a tlocrtna organizacija se prilagođavala opremi.
Povijesni prijelaz na modularnu organizaciju tlocrta i pojava instalacijske etaže omogućili su veću fleksibilnost laboratorijske zgrade nego što je to bio slučaj sa starijim laboratorijskim zgradama.
Moderni laboratoriji traže prostornu organizaciju koja potiče kolaboraciju i interdisciplinarnost naspram nekadašnjih laboratorija s izoliranim prostorijama. Suvremena laboratorijska zgrada ima odvojene laboratorijske i ne-laboratorijske aktivnosti, pri čemu su sigurnost osoblja, očuvanje okoliša i održivi razvoj postavljeni kao prioriteti.

3. SISTEMATIZACIJA LABORATORIJA

3.1. Analiza postojeće sistematizacije laboratorija u literaturi

3.1.1 Uvod

U ovom poglavlju istražena je postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi kako bi se utvrdilo u kojoj mjeri postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi odgovara spektru znanstvenih istraživanja.

Sistematizacija laboratorija predstavlja šire područje istraživanja s ciljem potvrđivanja hipoteze *H1 Postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi ne obuhvaća sav spektar znanstvenih istraživanja.*

3.1.2 Pregled sistematizacije laboratorija u literaturi

Analiza postojeće sistematizacije laboratorija u literaturi[20] utvrđena je pregledom sljedeće relevantne literature:

1. Heinekamp, C. 'Introduction: Laboratory Typologies', u Dittrich, E. (ur.) ***The Sustainable Laboratory Handbook: Design, Equipment, Operation***[21]
2. Kliment S.A., Watch, D.D. ***Building Type Basics for Research Laboratories***[22]
3. Braun, H., Gromling, D. ***Research and Technology Buildings – A Design Manual***[23]
4. ASHRAE ***Laboratory Design Guide Planning and Operation of Laboratory HVAC Systems***[24]
5. Dahan, F. ***Laboratories: a guide to planning, programming and design***[25]

[20] U literaturi postoji i podjela laboratorija na mokre i suhe laboratorije. Prema DiBernardinisu u mokrim laboratorijima se izvode eksperimenti s tekućim, krutim i plinovitim kemikalijama, mikrobiološkim agensima, organskim ili anorganskim uzorcima, uređajima za grijanje, a ponekad i otvorenim plamenom. Karakteristični su za tradicionalne laboratorije za kemiju, biologiju, *lifescience*, geologiju. Suhi laboratoriji koriste malo tekućih kemikalija. Karakteristični su za tradicionalne nastavne laboratorije za fiziku, računarstvo, te strojarstvo i elektrotehniku. Eksperimentiranje uključuje korištenje električnih komponenti, generatora svjetlosti i optičkih instrumenata, mehaničkih uređaja i mikroskopa. Suhi laboratoriji imaju ograničenu upotrebu plinova, voda se prvenstveno koristi za pranje ruku i aktivnosti čišćenja. (DiBernardinis, 2013., str. 227)
Kod mokrih laboratorija potrebno je osigurati sustave instalacijskih vodova za filtriranu vodu, toplu i hladnu vodu, laboratorijski tekući i kruti otpad, ventilaciju, vakuum, komprimirani zrak, plinove, te priključke jake i slabe struje. Suhi laboratoriji najčešće koriste sofisticiranu i osjetljivu opremu koja zahtijeva prostore sa precizno kontroliranom temperaturom, vlagom u zraku, stabilnu strukturu osnovne konstrukcije i kontrolu vibracija i buke. (Koružnjak, 2005. str. 19-20)

[21] Heinekamp, 2015, str. 3-12
[22] Kliment, Watch, 2001, str. 37-68
[23] Braun, Gromling, 2005, str. 36-39
[24] ASHRAE, 2015, str. 13-15
[25] Dahan, 2000, str. 12-13

U nastavku je prikaz sistematizacije laboratorija prema navedenoj literaturi.

1. Prema: Heinekamp, C. 'Introduction: Laboratory Typologies', u Dittrich, E. (ur.) ***The Sustainable Laboratory Handbook: Design, Equipment, Operation***[26]

Laboratorijske grupe i vrste laboratorija klasificirane su prema sljedećim kriterijima:

- Vlasništvo
- Način korištenja
- Znanstveni smjer
- Područje djelovanja
- Metode rada
- Organizacijska shema
- Zahtjevi u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije

Vlasništvo

Prema vlasništvu razlikuje se:

- Javno – sveučilišta i istraživački instituti
- Privatno – industrijske tvrtke i pružatelji usluga

Način korištenja

Sva postojeća laboratorijska područja klasificirana su u sljedeće skupine:[27]

- Nastavni – praktikumi, nastavni laboratoriji
- Istraživački – temeljna istraživanja, primijenjena istraživanja
- Dijagnostički/analitički – ugovorni laboratoriji, procesna analitika
- Razvojni – farmaceutska industrija, procesno inženjerstvo

[26] Knjiga se bavi životnim ciklusom laboratorijske zgrade (od odabira lokacije, programiranja i projektiranja zgrade, opremanja, do svakodnevnog korištenja). Opisani su zahtjevi općih laboratorija, te zahtjevi specijaliziranih laboratorija poput čistih soba i animalnih platformi.
Obrađeni su tehnološki zahtjevi i instalacije, te laboratorijska oprema i sigurnosni sustavi. Poseban naglasak je na održivosti koja se fokusira na smanjenje potrošnje energije, vode i otpada u kemijskim, biološkim i medicinskim istraživanjima. Ne izvode se opći koncepti za projektiranje i upravljanje laboratorijskim zgradama, već se promatraju različiti zahtjevi laboratorijskih prostora.

[27] Postoje velike razlike u pogledu potrebnih površina, tehničke i mehaničke opreme što onemogućuje kvalitativnu i kvantitativnu usporedbu područja. Čak se i naizgled jasna skupina, poput nastavnih laboratorija, uvelike razlikuje u pogledu opreme i zahtjeva. Autori navode kako razdvajanje unutar skupina također nije jasno; to je zato što se nastava može odvijati i u istraživačkom laboratoriju, a istraživanje se, pak, može odvijati u razvojnom laboratoriju. Neovisna područja analitike često se implementiraju kao usluga u odjelima za istraživanje i razvoj. (Heinkamp, 2015, str. 4)

Znanstveni smjer

Znanstveni smjerovi su:[28]

- Kemija
- Biologija
- Fizika

Područja djelovanja

U skladu s aktivnostima koje se provode u laboratoriju razlikuje se:[29]

- Laboratorij za sintezu/pripremu
- Analitički/mjerni laboratorij
- Procesno inženjerstvo

Metode rada

Ovisno o odgovarajućim metodama rada razlikuje se:

- Rad za laboratorijskim pultom s malim uređajima
- Rad orijentiran na strojeve ili uređaje
- Rad orijentiran na procese

Tlocrtna organizacija laboratorija

Prema organizacijskoj shemi razlikuje se:

- Jednostruki laboratorij
- Dvostruki laboratorij
- Laboratorij otvorenog tlocrta
- Kombinacija navedenih tipova

Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija

Sadržaji koji se smještaju u izdvojene dijelove ili u zasebne građevine:

- Sigurnosni laboratoriji s razinom zaštite BSL4

[28] Kod nekih laboratorija dolazi do preklapanja temeljnih disciplina, šire grupiranje prema znanstvenom smjeru obuhvaća farmaciju, medicinu ili inženjerstvo gdje također postoji određena vrsta preklapanja. (Heinkamp, 2015, str. 6)

[29] Nešto se ili
- proizvodi, sintetizira, priprema ili uzgaja
- karakterizira, analizira ili mjeri
- razvija (metode mjerenja ili proizvodni procesi) (Heinkamp, 2015, str. 7)

- Eksplozivne tvari
- Sadržaji koji traže visinu prostora veću od 3,5 m,
- Animalna platforma
- Čiste sobe
- Laboratorijska oprema s visokim toplinskim opterećenjem i bukom,
- Visoko akcelerirajuća električna polja, npr. NMR uređaj

Kontrola pristupa:

- ograničen pristup – samo laboratorijsko osoblje ima pristup određenom laboratoriju

Sigurnosni aspekti:

- sadržaji s ulaznim predprostorom i zračnim tuševima
- područja s posebnim zahtjevima zaštite od požara i eksplozije

2. Prema: Kliment S.A., Watch, D.D. ***Building Type Basics for Research Laboratories***[30]

Laboratoriji se mogu svrstati u tri sektora:

- Privatni
- Javni
- Akademski

Projektiranje laboratorija za **privatni sektor**, pod korporativnim vodstvom, obično je potaknuto potrebom za povećanjem potencijala istraživačkih procesa u svrhu ostvarenja profita.

Javni (državni) laboratoriji provode istraživanja u javnom interesu.

Akademski laboratoriji su prvenstveno nastavne ustanove, no mogu uključivati i istraživačke laboratorije koji se bave istraživanjima u javnom interesu ili istraživanjima koja generiraju profit.

[30] Knjiga se bavi pitanjima programiranja, specifičnim projektantskim pitanjima, te pitanjima vođenja projekta. Uključeni su propisi, instalacije, energetski i ekološki izazovi, posebni zahtjevi opreme, pitanja uređenja interijera, te materijali, rasvjeta i akustika. Autor ističe tri glavna pokretača promjena pri projektiranju laboratorijskih prostora: globalno tržište, timski rad i primjena računalne tehnologije. Rezultat ovih trendova je potreba za fleksibilnošću laboratorijskih prostora. Laboratoriji su sistematizirani prema vlasništvu u tri grupe: privatno vlasništvo, akademska zajednica i državno vlasništvo. Sistematizirani laboratoriji su obrađeni shematski i kroz normative, te kroz analizu primjera. Poseban naglasak je na laboratorijskom modulu, potom na konstrukciji i instalacijama, te na posljetku na smjernicama za procjenu troškova.

Akademski laboratoriji uključuje sljedeće kategorije:

- Biološki laboratorij
- Laboratorij za fiziku
- Kemijski laboratorij
- Inženjerski laboratorij
- Geološki laboratorij
- Informatički laboratorij

Akademski istraživački laboratoriji mogu uvelike nalikovati onima u privatnom ili javnom sektoru, no nastavni laboratoriji specifični su za akademski sektor.
Zbog rastuće potrebe za fleksibilnošću i orijentacije nastave na praktičan rad (čak i na preddiplomskoj razini) tradicionalna razlika između nastavnih i istraživačkih laboratorija polako nestaje. Sve veći broj institucija integrira ova područja kako bi unaprijedili studijske programe i potaknuli bolju suradnju između nastavnika i studenata na svim razinama.

3. Prema: Braun, H., Gromling, D. ***Research and Technology Buildings – A Design Manual***[31]

Ključni čimbenici za projektiranje istraživačkih zgrada su:

- Profil investitora
- Način korištenja zgrade
- Faza u kojoj investitor počinje sudjelovati u procesu planiranja i programiranja

Investitor

- Arhitekt ili inženjer (arhitektonska pozadina)
- Znanstvenici, istraživači, poslovni ljudi (bez arhitektonske pozadine)
- Javni investitor
- Privatni investitor

[31] Knjiga je zamišljena kao arhitektonski priručnik za projektiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja i tehnoloških centara. Služi kao vodič za investitore, arhitekte i inženjere koji se susreću sa složenim zadacima projektiranja laboratorija i visokotehnoloških prostora.
Obrađene su sljedeće teme: povijesni razvoj i suvremeni kontekst laboratorijskih zgrada, funkcionalni zahtjevi (specifične potrebe zgrada koje sadrže osjetljivu opremu, laboratorije i urede), prostorna organizacija (zoniranje prostora, fleksibilnost tlocrta i unutarnja cirkulacija), infrastruktura (prikazana je integracija složenih instalacija, ventilacije i sigurnosnih sustava u arhitektonsku cjelinu). Analizirano je oko 70 primjera suvremenih laboratorijskih zgrada kroz različite aspekte, kao što je primjerice kontekst i prostorne karakteristike.

Način korištenja zgrade

- Nastava ili znanstveno istraživanje (javno ili privatno)
- Posebni zahtjevi navedeni u opisu projekta
- Opća raspodjela površina u višenamjenskim istraživačkim objektima
- Fleksibilno, prema budućim potrebama klijenta
- Analiza tržišta s ciljem budućih najmova / prodaje

Sudjelovanje klijenta

- Tijekom izrade programa
- U fazi planiranje i izgradnje
- Nakon završetka

Javne i privatne istraživačke ustanove regulirane su i vođene fundamentalno različitim kriterijima koji nisu ograničeni samo na (praktične) dvorane na sveučilištima i institutima ili posebne laboratorije u industrijskim istraživačkim zgradama.

Javno istraživanje – „osobni fokus“

- Ravnatelji, većina znanstvenika i osoblja obično su dugoročni zaposlenici i skloni su identificirati se s arhitekturom i prostorom
- Prostori postaju personalizirano okruženje; nametnute su relativno male standardne veličine za laboratorijske jedinice (20 do 40 m^2 neto površine)
- Budući da su maksimalne plaće u javnom sektoru jasno ograničene, zaposlenici pridaju veću vrijednost svom radnom okruženju, arhitekturi, namještaju i opremi
- U pravilu, javno financirane istraživačke zgrade sadrže brojne funkcije i predstavljaju samostalne jedinice

Industrijsko istraživanje – „generiranje profita“

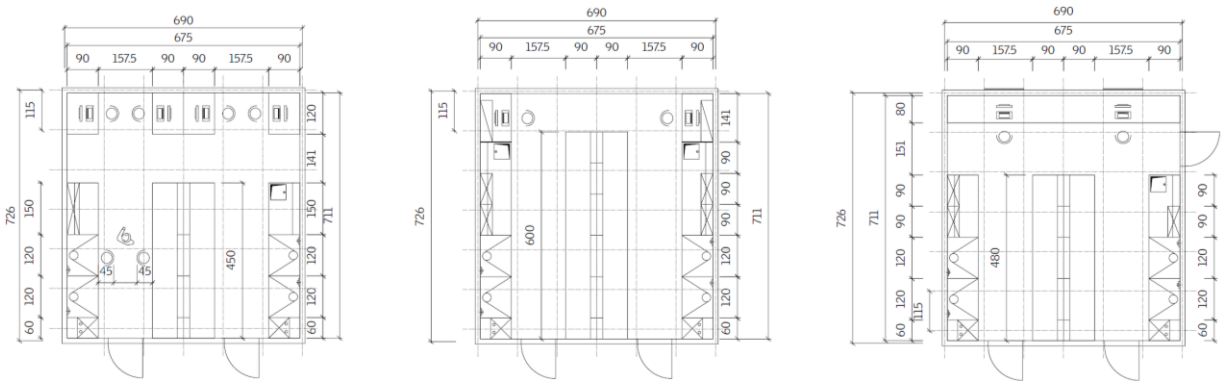
- Rukovoditelji i zaposlenici imaju tendenciju napredovati u svojoj karijeri nakon određenog vremena pa se osjećaju manje vezanima za svoje radne prostore
- Veličina i raspored prostora slijede praktične zahtjeve; često se javljaju laboratoriji otvorenog tlocrta
- Korporativni istraživački odjeli djeluju kao zasebne jedinice unutar većih objekata, zbog sigurnosnih razloga često su smješteni u stražnjem dijelu zgrade, dok ulazne zgrade ili drugi objekti ispunjavaju reprezentativne funkcije

Znanstveni laboratoriji – kemija, biologija, fizika

Najvažniji dio istraživačke zgrade je eksperimentalni znanstveni radni prostor – laboratorij. Laboratoriji kakve danas poznajemo u osnovi nalikuju kuhinjama visoke tehnologije. Znanstvenik u laboratoriju prikuplja, analizira, tumači i sažima informacije u pisanom obliku. Ciljevi i rezultati rada raspravljaju se u malim krugovima ili većim grupama. Ovi postupci pretpostavljaju određenu kritičnu masu ljudi i radnih procesa. Arhitektima su potrebne sljedeće informacije za projektiranje zadovoljavajućih istraživačkih zgrada:

- Vrsta i učestalost radnih procesa
- Duljina i oprema radnih stolova
- Opskrba plinovima
- Broj osoba koje rade u laboratoriju
- Dodatna oprema, na i između radnih stolova
- Dnevna/umjetna rasvjeta
- Zahtjevi za klimatizaciju i ventilaciju
- Ispušni sustavi za otrovne tvari
- Broj radnih mjesta za pisanje i analizu
- Broj računalnih radnih stanica
- Raspored i planiranje instalacija

Sljedeće sheme prikazuju bitne kriterije za projektiranje standardnih laboratorija (neto površine cca. 40 m^2) u tri glavna istraživačka područja prirodnih znanosti: kemiji, biologiji i fizici (Slika 32).



Slika 32. Dvostruki laboratoriji u tri glavna istraživačka područja: kemija, biologija, fizika, izvor: (Braun, Gromling, 2005, str. 38)

4. Prema: ASHRAE ***Laboratory Design Guide Planning and Operation of Laboratory HVAC Systems***[32]

Ova sistematizacija se odnosi na vrste laboratorija i opremu koja se najčešće pojavljuju u laboratorijskim zgradama i ne obuhvaća sve dostupne vrste i opremu.

Vrste laboratorija

Budući da postoje brojne vrste laboratorija, razvijene su i mnogobrojne metode za smanjenje i uklanjanje onečišćujućih tvari kako bi se smanjili štetni utjecaji na zdravlje korisnika. Uobičajenije vrste laboratorija i nelaboratorijskih prostora su sljedeće:

Biološki laboratoriji

- Laboratoriji za životinje
- Laboratoriji za biološku izolaciju
- Bolnički ili klinički laboratoriji

Kemijski laboratoriji

- Laboratoriji za sintezu
- Analitički laboratoriji
- Radiokemijski laboratoriji
- Nastavni laboratoriji

Laboratoriji za fiziku

- Čiste sobe
- Laboratoriji za ispitivanje materijala
- Laboratoriji za nanotehnologiju, elektroniku, instrumentaciju
- Pomoćni prostori

[32] Knjigu izdaje ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* - Američko društvo inženjera za grijanje, hlađenje i klimatizaciju). Predstavlja sveobuhvatni priručnik namijenjen planiranju, projektiranju i održavanju sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije (HVAC) u laboratorijima. Glavne teme su: sigurnost i kvaliteta zraka (održavanje propisanog tlaka prostorija, ispušnih sustava i digestora radi zaštite osoblja i pokusa), energetska učinkovitost (strategije smanjenja potrošnje energije i primjena sustava za povrat topline), laboratoriji s posebnim zahtjevima (smjernice za biološki izolirane prostore i istraživanja na životinjama), te pristup digitalnim alatima za lakše projektiranje. Informacije su namijenjene inženjerima, vlasnicima i operaterima sustava prilikom određivanja potreba njihovog laboratorijskog prostora, te usklađivanja tih potreba s mogućnostima mehaničkog sustava. Priručnik je koncipiran od općeg prema specifičnom: prva poglavlja predstavljaju opće osnovne informacije i propisane okvire projektiranja, dok kasnija poglavlja detaljno razrađuju specifičnosti projektiranja i same primjene.

Biološki laboratoriji

Biološki laboratoriji namijenjeni su radu s biološki aktivnim tvarima, a mogu uključivati kemijsku ili fizičku obradu tih agensa. Različiti tipovi bioloških laboratorija uključuju biokemiju, mikrobiologiju, genomiku, imunologiju, botaniku, farmakologiju i toksikologiju.

- Animalne platforme (Laboratoriji za životinje)

Laboratoriji za životinje moraju održavati čiste i humane uvjete za životinje, uz sigurno odvajanje životinja od laboratorijskog osoblja. Projektiranje laboratorija za životinje trebalo bi se provoditi u bliskoj suradnji s veterinarima i istraživačima koji će raditi u laboratoriju. Postoje brojni standardi za laboratorije za životinje (animalne platforme) kojih se treba pridržavat. Objekti za uzgoj i istraživanje životinja često se nazivaju vivarijima. Vivariji često sadrže prostorije za uzgoj i držanje životinja, prostorije za postupke, te biološke laboratorije.

- Laboratoriji za biološku izolaciju

Dio biološkog laboratorijskog rada odnosi se na zarazne agense koji su karakterizirani kao razine biološke sigurnosti (BSL) od 1 do 4. Ovo se odnosi na projektiranje i rad biološkog laboratorija i laboratorija za životinje.

- Bolnički ili klinički laboratoriji

Bolnički laboratoriji se bave kemijskim i biološkim ispitivanjima uzoraka povezanih s njegom pacijenata. Ovi laboratoriji ne koriste velike količine opasnih materijala i obično ne provode opća istraživanja. Ovisno o specifičnoj vrsti bolnice, ovi laboratoriji obično sadrže kemijske digestore, lokalnu ventilaciju i ventilirane biološke sigurnosne ormare (BSC) klase II.

Kemijski laboratoriji

Kemijski laboratorij podrazumijeva upotrebu kemikalija u kontekstu sinteze i analitičke kemije.

- Laboratoriji za sintezu

Laboratorij za sintezu koristi analitičke instrumente za organske ili anorganske reakcije. Obično ne koriste izuzetno opasne materijale poput visokorizičnih spojeva ili velikih količina eksplozivnih materijala. Od specijalizirane opreme najčešće trebaju digestore i sustave s izravnim odvodom zraka.

- Analitički laboratoriji

Analitički laboratorij često sadrži veliku količinu analitičke opreme, poput plinskih ili tekućinskih kromatografa. Lokalni ispuh bi trebao osigurati hvatanje ispušnih plinova na mjestu nastanka. Obično postoji potreba za prostorom za pripremu uzoraka i prostorom za obradu uzoraka dok se analiziraju.

- Radiokemijski laboratoriji

Radiokemijski laboratorij je sličan laboratoriju za sintezu, s dodatnim zahtjevom za zaštitom od izravnog zračenja i ispuštanja radioaktivnih kemikalija i materijala.

- Nastavni laboratoriji

Nastavni laboratoriji osmišljeni su kako bi osigurali sigurno okruženje za učenje za velike grupe srednjoškolaca i studenata preddiplomskih studija. Obično koriste iste vrste materijala kao i laboratoriji za sintezu, iako u mnogo manjim količinama. Rad studenata poslijediplomskih studija obično je povezan s istraživačkim laboratorijima, koji se ne smatraju nastavnim laboratorijima. Osnovne potrebe nastavnih laboratorija su da predavač održava kontakt očima sa svim studentima, te da ima brz pristup laboratorijskoj opremi kako bi se spriječile opasnosti.

Laboratoriji za fiziku

U laboratorijima za fiziku provodi se širok raspon istraživačkih aktivnosti, uključujući rad s laserima, razvoj računalnih čipova i nanotehnologiju.

- Čiste sobe

Čiste sobe su projektirane kako bi osigurale radno okruženje s minimalnim česticama u zraku, konstantnom temperaturom, vlagom, tlakom zraka i protokom zraka.

- Laboratoriji za ispitivanje materijala

Laboratoriji za ispitivanje materijale služe za fizičko eksperimentiranje s materijalima, poput ispitivanja čvrstoće i habanja. Oprema i uređaji potrebni za rad laboratorija ovise o vrsti ispitivanja koje će se provodit. Pojedini procesi mogu imati zahtjeve za lokalnim ispuhom, slično kao u laboratorijima za opću kemiju.

- Laboratoriji za nanotehnologiju, elektroniku, instrumentaciju

Laboratoriji za nanotehnologiju mogu biti slični čistim sobama jer zahtijevaju niske razine čestica u zraku, te kontrolu temperature, vlažnosti i protoka zraka.

Laboratoriji za elektroniku, poput onih za elektroničke čipove i poluvodiče, uz održavanje pozitivnog tlaka u prostoriji, trebaju lokalne odsise kako bi se spriječilo ispuštanje opasnih kemikalija. Također, ako postoje skenirajući elektronski mikroskopi mogu postojati zahtjevi za prostorom bez vibracije i dopuštene brzine protoka zraka.

5. Prema: Dahan, F. ***Laboratories: a guide to planning, programming and design***[33]

Laboratoriji, kao i njihove funkcije, mogu biti raznovrsni. Važno je znati namjenu laboratorija, te je potrebno identificirati istraživačke procese koje će se u njemu provoditi. Također, potrebno je ustanoviti kemikalije i druge materijale kojima će se rukovati, analizirati, testirati ili skladištiti u laboratoriju, kao i količine u kojima će se upotrebljavati. Važno je i koliko će operatera biti u svakom prostoru. Ove informacije pomažu u definiranju vrste i klase laboratorija koji se razmatra, te primjenjivih standarda i zahtjeva.

Laboratoriji će se klasificirat u sljedeće skupine:
- Laboratorij za kemiju
- Laboratorij za biologiju
- Laboratorij za biokemiju
- Laboratorij za fiziku

Laboratorij za kemiju je onaj u kojem radni zadaci i operacije obuhvaćaju primjenu kemikalija u kontekstu analitičke kemije.

Laboratorij za biologiju bavi se biljkama i životinjama. Ova vrsta laboratorija može imati brojne varijante. Mogu se baviti podrijetlom, poviješću, fizičkim karakteristikama, životom, procesima i navikama biljaka i životinja; uključuju botaniku i zoologiju i njihove potpodjele. Biološki laboratoriji koji se bave istraživanjem kemijskih procesa unutar živih organizama, uključujući biljke, životinje i njihove životne procese nazivaju se biokemijskim laboratorijima.

Laboratoriji za biokemiju grupirani su na isti način kao i kemijski laboratoriji: ovi laboratoriji su podijeljeni u skupine prema količinama kemikalija koje se koriste ili pohranjuju u njima, te prema karakterizaciji tih kemikalija ili postupaka u kojoj se koriste. Pripadaju istim kategorijama opasnosti i rizika kao i standardni kemijski laboratoriji.

[33] Knjiga predstavlja opsežan stručni priručnik namijenjen arhitektima, inženjerima, voditeljima projekta i svima koji upravljaju laboratorijskim sustavima. Obuhvaća sve faze nastanka modernog laboratorija, od projektnog programa do realizacije i korištenja zgrade. Obuhvaćene su sljedeće teme: programiranje (kako definirati točne zahtjeve korisnika, balansirati budžet i uskladiti potrebe s propisima), odabir lokacije (smjernice za odabir zemljišta, te analize isplati li se renovirati postojeći prostor ili je prihvatljivija izgradnja potpuno novog laboratorija), projektiranje (detaljno se obrađuje organizacija pojedinačnih laboratorijskih prostora, raspored cijelih krila zgrade – zona), održivost i tehnologija (naglasak je stavljen na projektiranje zelenih i održivih laboratorija, te na rješavanje složenih sustava ventilacije i klimatizacije).

Biološki i biokemijski laboratoriji mogu biti izloženi biološkim opasnostima. U takvim okruženjima je potrebno identificirati i klasificirati biološke opasnosti, što će pomoći u određivanju odgovarajućih mjera zaštite za sprječavanje laboratorijskih infekcija i zaštitu valjanosti provedenih pokusa. Laboratorijski stečene infekcije spadaju u jednu od sljedećih vrsta: bakterijske, gljivične, parazitske i virusne.
Biosigurnosni laboratoriji koji uključuju korištenje opasnih agensa grupirani su u četiri kategorije:
BSL 1 - Biosigurnosni laboratoriji razine 1 prikladni su za rad s agensima minimalne potencijalne opasnosti za okoliš i za laboratorijsko osoblje.
BSL 2 - Biosigurnosni laboratoriji razine 2 prikladni su za rad s agensima umjerene potencijalne opasnosti za okoliš i za laboratorijsko osoblje.
BSL 3 - Biosigurnosni laboratoriji razine 3 potrebni su za rad s domaćim i egzotičnim agensima koji, u slučaju inhalacije, mogu uzrokovati ozbiljna ili potencijalno smrtonosna oboljenja.
BSL 4 - Biosigurnosni laboratoriji razine 4 potrebni su za rad s opasnim i egzotičnim agensima koji predstavljaju visok rizik od bolesti opasnih po život.

U laboratoriju za fiziku, zadaci i operacije bave se fizikom i fizikalnim elementima, u pravilu ne koriste kemikalije u istraživanju i eksperimentiranju.

3.1.3 Osvrt na postojeću sistematizaciju laboratorija u literaturi

U nastavku je osvrt na sistematizacija laboratorija utvrđenu pregledom sljedeće literature:

1. Heinekamp, C. 'Introduction: Laboratory Typologies', u Dittrich, E. (ur.) ***The Sustainable Laboratory Handbook: Design, Equipment, Operation***
2. Kliment S.A., Watch, D.D. ***Building Type Basics for Research Laboratories***
3. Braun, H., Gromling, D. ***Research and Technology Buildings – A Design Manual***
4. ASHRAE ***Laboratory Design Guide Planning and Operation of Laboratory HVAC Systems***
5. Dahan, F. ***Laboratories: a guide to planning, programming and design***

1. Prema Heinkampu (*The Sustainable Laboratory Handbook: Design, Equipment, Operation)* sistematizacija laboratorija provodi se prema: vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja, metodama rada, tlocrtnoj organizaciji, te zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije.

Vlasništvo obuhvaća privatne i javne laboratorije. Način korištenja obuhvaća nastavne, istraživačke, analitičke i razvojne laboratorije. Znanstveni smjer obuhvaća prirodne znanosti, tj. laboratorije za kemiju, biologiju i fiziku. Područje djelovanja i metode rada obuhvaćaju laboratorije za sintezu (nešto se sintetizira, priprema ili uzgaja), analitičke / mjerne laboratorije (nešto se karakterizira, analizira ili mjeri), te procesno inženjerstvo (nešto se razvija – metode mjerenja ili proizvodni procesi). Tlocrtnom organizacijom su obuhvaćeni laboratoriji s radnim pultovima: jednostruki, dvostruki ili laboratoriji otvorenog tlocrta, te kombinacija navedenih tipova. Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija obuhvaćaju sadržaje koji se smještaju u izdvojene dijelove ili u zasebne građevine, kontrolu pristupa, te sigurnosne aspekte.

Navedena sistematizacija nije potpuna zato što sistematizacija prema načinu korištenja ne obuhvaća laboratorije kod kojih dolazi do preklapanja funkcija i sadržaja kao što su nastavno-istraživački laboratoriji ili R&D laboratoriji (laboratoriji za istraživanje i razvoj) iako je spomenuto je da može doći do preklapanja funkcija i sadržaja; sistematizacija prema znanstvenom smjeru ne obuhvaća ostala znanstvena područja - tehničke znanosti, biomedicina i zdravstvo, te biotehničke znanosti; a organizacijskom shemom nisu obuhvaćeni laboratoriji orijentirani na strojeve i opremu.

2. Prema Kliment, Watch *(Building Type Basics for Research Laboratories)* laboratoriji su svrstani u tri sektora: privatni, javni i akademski. Obrađeni su samo akademski laboratoriji koji uključuju sljedeće kategorije: biološki laboratoriji, laboratoriji za fiziku, kemijski laboratoriji, inženjerski laboratoriji, geološki laboratoriji i informatički laboratoriji.

   Navedena sistematizacija nije potpuna zato što obrađuje laboratorije samo prema vlasništvu i znanstvenom smjeru; također, podjela prema znanstvenom smjeru nije potpuna zato što obuhvaća samo laboratorije prirodnih znanosti, te inženjerski i informatički laboratorij.

3. Prema Braun, Gromling *(Research and Technology Buildings – A Design Manual)* jedan od ključnih čimbenika za projektiranje laboratorijskih zgrada su profil investitora, način korištenja zgrade, te faza u kojoj investitor počinje sudjelovati u procesu programiranja i projektiranja.

   Investitori mogu biti javni ili privatni; s arhitektonskom pozadinom (arhitekt ili inženjer) ili bez arhitektonske pozadine (znanstvenici, istraživači ili poslovni ljudi). Prema načinu

korištenja laboratoriji mogu biti nastavni ili znanstveno-istraživački, laboratoriji s posebnim zahtjevima, te laboratoriji s općom raspodjelom površina u višenamjenskim istraživačkim objektima (fleksibilni prema daljnjim potrebama klijenata). Javne i privatne istraživačke ustanove regulirane su i vođene različitim kriterijima: javno istraživanje (vođeno osobnim fokusom istraživača) ima relativno male standardne veličine za laboratorijske prostore (20 – 40 m^2 neto površine); kod industrijskog istraživanja (vođeno generiranjem profita) veličina i raspored prostora slijede praktične zahtjeve pa se često javljaju laboratoriji otvorenog tlocrta. Prema znanstvenom smjeru prikazani su laboratoriji u tri glavna istraživačka područja prirodnih znanosti: kemija, biologija i fizika (prikazan je dvostruki laboratoriji neto površine cca 40m^2).

Navedena sistematizacija nije potpuna zato što obrađuje laboratorije samo prema vlasništvu (javno i privatno), djelomično prema načinu korištenja i znanstvenom smjeru. Podjela prema načinu korištenja obuhvaća podjelu na nastavni i istraživački laboratoriji, laboratoriji s posebnim zahtjevima, te fleksibilni laboratoriji namijenjen daljnjim potrebama klijenta. Također, podjela prema znanstvenom smjeru nije potpuna zato što obuhvaća samo dio laboratorija prirodnih znanosti (kemija, biologija, fizika).

4. Prema *ASHRAE* (*Laboratory Design Guide: Planning and operation of HVAC systems)* sistematizacija se odnosi na laboratorije i opremu koji se najčešće pojavljuju u laboratorijskim zgradama. Obuhvaćeni su biološki laboratoriji (laboratoriji za životinje, biološki laboratoriji za izolaciju, klinički laboratoriji), kemijski laboratoriji (laboratoriji za sintezu, analitički laboratorij, radiokemijski laboratoriji, nastavni laboratoriji) i laboratoriji za fiziku (čiste sobe, laboratoriji za ispitivanje materijala, laboratoriji za nanotehnologiju/elektroniku/instrumentaciju, pomoćni prostori).

   Kako je navedeno u opisu sistematizacija je nepotpuna jer nisu obuhvaćene sve vrste laboratorija i opreme; no i predložena podjela nije sustavno provedena jer se npr. unutar podijele prema znanstvenom smjeru pojavljuje laboratoriji prema načinu korištenja (unutar grupe kemijski laboratoriji pojavljuje se nastavni laboratorij).

5. Prema Dahan (*Laboratories A Guide to Master Planning, Programming, Procurement and Design)* laboratoriji su klasificirani u sljedeće skupine: laboratorij za kemiju, laboratorij za biologiju, laboratorij za biokemiju, laboratorij za fiziku.

   Navedena sistematizacija nije potpuna zato što obrađuje laboratorije samo prema znanstvenom smjeru. Podjela prema znanstvenom smjeru je djelomična zato što

obuhvaća samo dio laboratorija prirodnih znanosti (biologija, kemija, fizika), te laboratorije za biokemiju.

3.1.4 Zaključak

Postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi nije potpuna, analizom je utvrđeno kako omogućuje pregled i sistematizaciju samo pojedinih laboratorija (najčešće se radi o laboratorijima prirodnih znanosti – kemija, biologija, fizika) ili obuhvaća samo neke od mogućih kategorija sistematizacije laboratorija (npr. sistematizacija prema vlasništvu ili prema znanstvenom smjeru).
Daljnjom analizom je utvrđeno kako je sistematizacija laboratorija prema *Heinkampu* (Heinekamp, 2015, str.3-12), najpotpunija jer obuhvaća sistematizaciju prema *vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, organizacijskoj shemi i zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije*. Odabrana analiza koristit će kao polazište i dopunit će se novim kategorijama. U odabranoj analizi su uočeni sljedeći nedostatci, odnosno područja u kojima bi se ista mogla dopuniti: način korištenja, znanstveni smjer i tlocrtna organizacija, a čije bi definiranje osiguralo cjelovit pregled laboratorija.

3.2 Prijedlog sistematizacije laboratorija

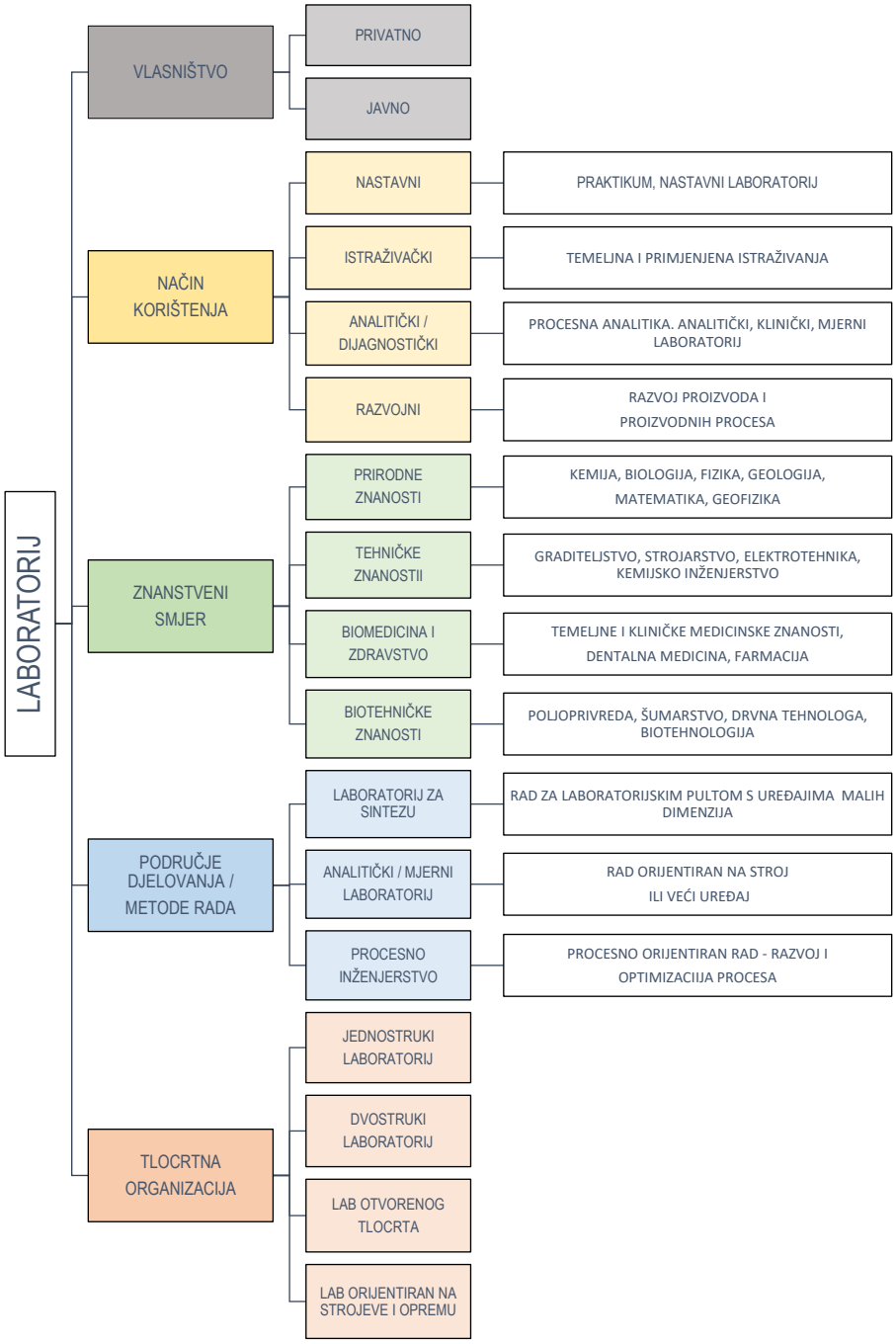
3.2.1 Uvod

Analizom postojeće sistematizacije laboratorija u literaturi utvrđeno je da ista nije potpuna, tj. kako postojeća sistematizacije omogućuje pregled i sistematizaciju samo pojedinih laboratorija ili se fokusira na izolirane aspekte njihova djelovanja.
Utvrđeno je kako je sistematizacija laboratorija prema *Heinkampu* (Heinekamp, 2015, str.3-12) najpotpunija jer obuhvaća širok spektar međusobno povezanih kriterija, tj. obuhvaća sistematizaciju prema *vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, organizacijskoj shemi i zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije*. Zbog svoje obuhvatnosti i integracije različitih parametara smatra se referentnom sistematizacijom koja će se obrađivati u daljnjem istraživanju.

3.2.2 Sistematizacija laboratorija

Prijedlog sistematizacija laboratorija temeljen je na referentnoj sistematizaciji laboratorija, koja je dopunjena daljnjom analizom literature i intervjuima s istraživačima.
Sistematizacija je dopunjena u sljedećem:

- Načinu korištenja – analitički laboratorij (procesna analitika i mjerni laboratoriji)
- Znanstvenom smjeru – tehničke znanosti, medicina i zdravstvo, biotehničke znanosti
- Tlocrtnoj organizaciji – laboratoriji orijentirani na strojeve i opremu



Slika 33. Shematski prikaz sistematizacije laboratorija, izvor: autor, 2024.

Laboratorijske grupe i vrste laboratorija klasificirane su prema sljedećim kriterijima (Slika 33):

- Vlasništvo
- Način korištenja
- Znanstveni smjer
- Područje djelovanja i metode rada
- Tlocrtna organizacija laboratorija
- Zahtjevi u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije

- **Vlasništvo**

Javno – sveučilišta i istraživački instituti

Privatno – industrijske tvrtke i pružatelji usluga

- **Način korištenja**

Nastavni

- Praktikumi
- Nastavni laboratoriji (Slika 34.)

Istraživački

- Temeljna istraživanja (znanstveno-istraživački) (Slika 35. i 36.)
- Primijenjena istraživanja (primijenjeni znanstveno-istraživački)

Analitički /dijagnostički

Analitički laboratoriji se mogu koristiti za odvajanje, identifikaciju i kvantifikaciju tvari, obično su dio šire slike u kojoj se analitički rezultat može koristiti (Skoog et al., 2014, str.9).

- Procesna analitika (analitičko mjerenje u proizvodnim procesima)
- Analitički laboratorij (npr. kemijski analitički laboratorij; uz lab prostor za pripremu) (Slika 37.)
- Klinički /dijagnostički laboratorij (automatizirani analitički sustavi)
- Mjerni laboratorij (laboratorij za mjerenje fizičkih veličina)

Razvojni

Služi za razvoj proizvoda i/ili razvoj i definiranje tehnologija i proizvodnih procesa (ako nešto od istraživanja ide prema proizvodnji treba proći razvoj i prilagodbu za industrijski proces).

- Razvoj proizvoda
- Razvoj tehnologija i proizvodnih procesa (Slika 38.)





Slika 34. (lijevo) Kemijski nastavni laboratorij, Kemijski odsjek, PMF, Zagreb, izvor: autor, 2026.

Slika 35. (u sredini) Laboratorij za eksperimentalnu fiziku, akcelerator, IRB, izvor: autor, 2019.

Slika 36. (desno) Laboratorij za eksperimentalnu fiziku, eksperimentalna hala, IRB, izvor: autor, 2019.



Slika 37. Kemijski analitički laboratorij, izvor: (https://www.hevs.ch/en/applied-research/research-institute-of-life-sciences/analytical-chemistry-202427)



Slika 38. Razvojni laboratorij, pilot postrojenje, izvor: (https://agungk47.wordpress.com/teaching-course/pilot-plant-laboratory/)

- **Znanstveni smjer**[34]

Prirodne znanosti

Prirodne znanosti su: matematika, fizika, geologija, kemija, biologija[35], geofizika, geografija, interdisciplinarne prirodne znanosti

Tehničke znanosti

Tehničke znanosti su: arhitektura i urbanizam, brodogradnja, geodezija, građevinarstvo, grafička tehnologija, kemijsko inženjerstvo, metalurgija, računalstvo, rudarstvo, naftno i geološko inženjerstvo, strojarstvo, tehnologija prometa i transport, tekstilna tehnologija, zrakoplovstvo, raketna i svemirska tehnika, temeljne tehničke znanosti, interdisciplinarne tehničke znanosti

Biomedicina i zdravstvo

Biomedicina i zdravstvo obuhvaća: temeljne medicinske znanosti, kliničke medicinske znanosti, javno zdravstvo i zdravstvenu zaštitu, veterinarsku medicinu, dentalnu medicina, farmaciju

Biotehničke znanosti

Biotehničke znanosti su: poljoprivreda, šumarstvo, drvna tehnologija, biotehnologija, prehrambena tehnologija, nutricionizam, interdisciplinarne biotehničke znanosti

- **Područje djelovanja i metode rada**

Klasifikacija laboratorija izrađena je prema djelatnostima koje se provode u laboratoriju, odnosno prema tome je li nešto:

- proizvedeno, sintetizirano, pripremljeno ili uzgojeno
- analizirano, izmjereno ili karakterizirano
- razvijeno: mjernim metodama ili proizvodnim procesom

Laboratorij za sintezu

- rad za laboratorijskim pultom s uređajima malih dimenzija

Analitički/mjerni laboratorij

- rad orijentiran na stroj ili veći uređaj (npr. NMR u organskoj kemiji)

[34] Prema *Pravilniku o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama NN 3/2024,* izvor: (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_01_3_69.html)

[35] Biologija se u literaturi dijeli na znanstvene discipline koje proučavaju žive organizme i procese u njima – „Lifesciene“ („Znanost o životu“); neke od grana su: anatomija, astrologija, biokemija…

Procesno inženjerstvo

Procesno orijentiran rad - cilj je bolje razumijevanje procesa u ranoj laboratorijskoj fazi, te kasnije tijekom razvoja i uvećanja

- **Tlocrtna organizacija laboratorija**

Jednostruki laboratorij

Dvostruki laboratorij

Laboratorij otvorenog tlocrta

- potrebno kada je radni proces je povezan; npr. kod patofizologije riba (dio za čišćenje ribe kao u klasičnoj kuhinji, dio koji ispituje metale, dio koji ispituje reakciju na antibiotke, itd)

Kombinacija navedenih tipova

Laboratoriji orijentirani na strojeve ili opremu

Veličine prostora bit će određene oblikom, veličinom i brojem uređaja, opreme ili dijelova opreme, a ne brojem radnih mjesta.

1. Testni poligoni (cijela zgrada ili postrojenje je testni poligon)
   mjerenje određenih svojstava (npr. gustoća, toplinska provodljivost ili difuznost), računska obrada rezultata u laboratoriju (laboratorij je računalno baziran)
2. Uređaji sa zasebnom konstrukcijom (dilatirani od ostatka zgrade)
   uređaji oko kojeg se gradi zgrada; npr. potresna platforma ili reaktivni sustav - strong floor i strong wall (analiza potresne otpornosti građevina)
3. Fiksni (zahtjevni) uređaji i oprema
   npr. valni kanal u hidrotehničkom laboratoriju ili uređaji s emisijom plinova, topline; (potreban je ispuh ili napa)
4. Uređaji s mogućnošću jednostavnog repozicioniranja ovisno o potrebama istraživačkog procesa
   ovisno o tipu laboratorija i korištene opreme dio opreme i laboratorijskog prostora može biti fiksan, a dio pomičan da se omogući prilagodba prostora potrebama različitih projekata
5. Računalno orijentiran laboratorij (radne stanice, serveri)
   npr. filogenetska istraživanja u biologiji – porijeklo, zašto su se neke vrste razvile (baze podataka DNA, npr. 10 uzoraka, milijarde iteracija i analiza parova)

Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija

Definiranje specifičnih zahtjeva ne obuhvaća samo prostorije, već i radna mjesta. U početnom koraku potrebno je definirati zasebne objekta ili specifične cjeline koje proizlaze iz sigurnosnih zahtjeva ili planirane namjene. Drugi korak odnosi se na karakterizaciju tih posebnih područja u laboratorijskoj zgradi, a koja proizlaze iz zaštite operatera, objekta ili proizvoda, s ciljem oblikovanja koncepta tehničkog sustava zgrade. U završnom koraku utvrđuju se osnovni uvjeti za tehnološku opremu. (Heinekamp, 2015, str.10)

Sadržaji koji se smještaju u izdvojene dijelove ili u zasebne građevine

- sigurnosni laboratoriji s razinom zaštite BSL4, eksplozivne tvari, sadržaji koji traže visinu prostora veću od 3,5 m, animalna platforma, čiste sobe, laboratorijska oprema s visokim toplinskim opterećenjem i bukom, visoko akcelelerirajuća električna polja, npr. NMR uređaj

Kontrola pristupa

- ograničen pristup – samo laboratorijsko osoblje ima pristup određenom laboratoriju

Sigurnosni aspekti

- sadržaji s ulaznim predprostorom i zračnim tuševima, područja s posebnim zahtjevima zaštite od požara i eksplozije

Posebni laboratoriji - Instrumentalne sobe

Laboratorijski prostori za npr. kulturu stanica ili za posebnu opreme, kao što je maseni spektrometar.

3.2.3 Zaključak

Predložena sistematizacija predstavlja dopunu sistematizacije prema *Heinkampu* (Heinekamp, 2015, str.3-12)*;* i to prema načinu korištenja (dopunjeni su analitički laboratoriji s laboratorijima za procesnu analitiku i mjernim laboratorijima), znanstvenom smjeru (uz laboratorije za kemiju, biologiju i fiziku dodani su i drugi znanstveni smjerovi - tehničke znanosti, biomedicina i zdravstvo, te biotehničke znanosti) i organizacijskoj shemi (tlocrtna organizacija je dopunjena laboratorijima orijentiranim na strojeve i opremu). Predložena sistematizacija prema vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, te zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije omogućuje jasan pregled laboratorija i odgovara na potrebe suvremenih znanstvenih istraživanja.

3.3 Osnovna programska obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom

Poglavlje obuhvaća pregled osnovnih programskih obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom. Osnovna programska obilježja su definirana daljnjom analizom literature, te kroz intervjue s istraživačima. Promatran je njihov karakter i aktivnosti koje mogu obuhvatiti s ciljem određivanja općih podataka i obilježja pojedinih laboratorija što je baza za buduće arhitektonsko programiranje.

Laboratorijske grupe i vrste laboratorija klasificirane su prema slijedećim kriterijima:

- Vlasništvo
- Način korištenja
- Znanstveni smjer
- Područje djelovanja i metode rada
- Tlocrtna organizacija laboratorija
- Zahtjevi u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije (Heinekamp, 2015, str.3)

3.3.1 Vlasništvo

1. Javno – sveučilišta i istraživački instituti
2. Privatno – industrijske tvrtke i pružatelji usluga

1. Javno – sveučilišta i istraživački instituti

Javni laboratoriji (na sveučilištima i institutima) uglavnom provode istraživanja u javnom interesu. Akademski laboratoriji su prvenstveno nastavni, ali mogu uključivati i istraživačke laboratorije koji se bave istraživanjima u javnom interesu ili generiraju profit. (Kliment, Watch, 2001, str. 37)

2. Privatno – industrijske tvrtke i pružatelji usluga

Kod industrijskih tvrtki i korporacija projektiranje laboratorija potaknuto je potrebom za povećanjem potencijala istraživanja u svrhu ostvarenja profita. Privatni laboratoriji su više motivirani za ostvarenje profita nego instituti ili sveučilišni laboratoriji, skloniji su inovacijama i spremniji su istraživati nova radna okruženja. Brzina plasiranja proizvoda na tržišta bitna je karakteristika istraživačkih tvrtki u privatnom sektoru. (Kliment, Watch, 2001, str. 37)
Zbog konkurencije na tržištu mnoge tvrtke u privatnom sektoru ulažu sredstva u stvaranje

visokokvalitetnih prostora izvan laboratorija (trebaju privući nove i zadržati postojeće zaposlenike) (Kliment, Watch, 2001, str. 37). Drugi ključni atributi privatnih laboratorija uključuju centralizaciju usluga kao što je skladištenje, instalacijski sustavi ili npr. animalne platforme (uzima se u obzir i početni trošak, ali i dugoročni operativni troškovi i povrat ulaganja) (Kliment, Watch, 2001, str. 38).

Pružatelji usluga obuhvaćaju ugovorne laboratorije koji pružaju usluge na tržištu. Usluge mogu uključivati: dizajniranje eksperimenata, razvoja/transfera/validacije metoda, provedbu specifičnog eksperimenta/analize, postupke savjetovanja, tumačenja rezultata i edukacije.[36]

3.3.2 Način korištenja

1. Nastavni – praktikumi i nastavni laboratoriji
2. Istraživački – temeljna istraživanja (znanstveno-istraživački) i primijenjena istraživanja (primijenjeni znanstveno-istraživački)
3. Analitički /dijagnostički - analitičko mjerenje u proizvodnim procesima (procesna analitika), ugovorni laboratoriji, klinički /dijagnostički laboratorij, mjerni laboratorij
4. Razvojni laboratorij

1. Nastavni – praktikumi i nastavni laboratoriji

Praktikumi su prostori u kojima se održavaju vježbe za studente. Prostori i oprema praktikuma mogu se koristiti za potrebe istraživačkog rada znanstvenog, znanstveno-nastavnog, nastavnog i stručnog osoblja, te polaznika poslijediplomskih i doktorskih studija. Poželjno je da laboratorijski praktikumi imaju isti modul kao i laboratoriji (modularni sustav projektiranja značajan je obzirom na specifične prostorno-funkcionalne i tehnološke zahtjeve). Površina praktikuma mora biti dovoljna da bi se stvorilo sigurno radno okruženje i nesmetan pristup do i oko opreme. (Koružnjak, 2005, str. 19)

Nastavni laboratoriji služe za edukaciju u školama i na fakultetima, razlikuju se od istraživačkih jer se u njima održava nastava i imaju više radnih jedinica nego tipičan istraživački laboratorij (Kliment, Watch, 2001, str. 68). Koncept nastavnog laboratorija uključuje dvije radne zone: zonu za predavanja sa sjedećim mjestima namijenjenu didaktičkom učenju i eksperimentalnu zonu s klupama i opremom (DiBernardinis et al., 2013, str. 227). Ovisno o

[36] https://www.biocentre.hr/opci-uvjeti/

disciplini i broju studenata nastavni laboratoriji može biti konfiguriran s radnim pultevima po obodu zida ili kao centralni radni pult (fleksibilnost namještaja omogućuje različite scenarije podučavanja i učenja) (Kliment, Watch, 2001, str. 69).

Dijele se na mokre (potrebno je osigurati instalacije vode, plinova, jake i slabe struje, laboratorijski tekući i kruti otpad; npr. laboratoriji za kemiju, biologiju, geologiju) i suhe laboratorije (koriste malo tekućih kemikalija, eksperimenti uključuju korištenje električnih komponenti, generatora svjetlosti i optičkih instrumenata, mehaničkih uređaja; npr. laboratoriji za fiziku, računarstvo, strojarstvo, elektrotehniku) (DiBernardinis et al., 2013, str. 228).

Svaki nastavni laboratorij ili skupina nastavnih laboratorija trebala bi imati zasebnu prostoriju koja se može koristiti za pripremu eksperimentalne opreme i materijala (DiBernardinis et al., 2013, str. 237). Također, potrebno je predvidjeti spremišta za studentske mikroskope, torbe, knjige, te garderobe (Kliment, Watch, 2001, str. 68). Za dodiplomske studije, prostori za pisanje su obično osigurani unutar laboratorija, dok se uredi za studente poslijediplomskog studija obično se nalaze izvan laboratorija (Kliment, Watch, 2001, str. 69).

Neki nastavni laboratoriji koji se danas projektiraju koristit će se i za istraživanje. Iz navedenih razloga, mehanički sustavi ventilacije i klimatizacije trebali bi biti projektirani i dimenzionirani tako da mogu raditi punim kapacitetom 24 sata dnevno, sedam dana u tjednu. (Kliment, Watch, 2001, str. 69)

2. Istraživački – temeljna istraživanja (znanstveno-istraživački) i primijenjena istraživanja (primijenjeni znanstveno-istraživački)

Istraživački laboratoriji se razlikuju ovisno o vrsti istraživanja (bilo da su u korporacijama, istraživačkim institutima ili na sveučilištima), tj. ovisno o znanstvenom smjeru. Temeljna istraživanja obuhvaćaju istraživanja iz područja prirodnih znanosti (kemija, biologija, fizika, geologija i dr.), a primijenjena istraživanja (tehničke znanosti, biomedicina i zdravstvo, biotehničke znanost i dr.) primjenjuju teorijske temelje prirodnih znanosti.

Temeljno istraživanje je istraživački (ili teorijski rad) poduzet s ciljem stjecanja novih znanja o vidljivim činjenicama i temeljima neke pojave, bez neke određene primjene ili upotrebe (analiziraju se svojstva, strukture i odnosi s ciljem formuliranja i testiranja hipoteza, teorija ili zakona) (OECD, 2015, str. 50).

Primijenjeno istraživanje je istraživački rad poduzet s ciljem stjecanja novih znanja i prvenstveno je usmjereno prema specifičnom, praktičnom cilju (ili objektu). Rezultati

primijenjenih istraživanja prvenstveno su namijenjeni primjeni na proizvodima, operacijama, metodama ili sustavima (OECD, 2015, str. 51).

3. Analitički /dijagnostički - analitičko mjerenje u proizvodnim procesima (procesna analitika), ugovorni laboratoriji, klinički /dijagnostički laboratorij, mjerni laboratorij

Analitički laboratoriji se mogu koristiti za odvajanje, identifikaciju i kvantifikaciju tvari, obično su dio šire slike u kojoj se analitički rezultat može koristiti (Skoog et al., 2014, str. 9).
Primjerice, analitika u kontroli kvalitete je integralni dio proizvodnog procesa, koristi verificirane metode za identifikaciju, kvantifikaciju i karakterizaciju supstanci (u analitičkim laboratorijima se provjerava kvaliteta proizvoda). S druge strane, analitika u istraživanju i razvoju je znatno prilagodljivija, koristi napredne tehnike za razvoj novih analitičkih metoda koje prate razvoj novih supstancija i formulacija. (I. Raić, osobna komunikacija, 7. srpnja 2025.)
Analitičko mjerenje u proizvodnim procesima (procesna analitika) može obuhvatiti mjerenje svojstava sirovina, međuprodukata i produkata, a najčešće se mjere veličine koje utječu na djelotvornost procesa i kvalitetu produkta. Procesna analitička tehnologija (process analytical technology PAT) služi za mjerenje kemijskih svojstava, sastava smjesa, koncentracija i njihove kontinuirane promjene. PAT se posljednjih godina seli iz laboratorija na postrojenja gdje se ostvaraju prednosti u usporedbi s laboratorijskim analizama. Tradicionalna kontrola kvalitete (u laboratoriju unutar ili izvan proizvodnog pogona) oslanja na uzimanje uzoraka i transport na analizu u laboratorij za kvalitetu gdje može proći i po nekoliko sat prije nego što rezultati postanu dostupni. Za praćenje procesa u stvarnom vremenu obično nije potrebna priprema uzoraka, a analiza podataka brža je nego kod standardnih analitičkih tehnika. Integrirano mjerenje u stvarnom vremenu (*non-invasive* - senzor nije u kontaktu s tvari koja se mjeri, a procesni tok se ne ometa) omogućuje kontinuirano praćenje procesa i provođenje optimiranja prema ciljanom proizvodu. (Bolf, 2021).

Ugovorni laboratoriji, tj. ugovorno istraživanje podrazumijeva pružanje usluga tvrtkama sa zadacima istraživanja, razvoja i testiranja. Ugovorni laboratorij može biti, npr. kemijski analitički laboratoriji koji pruža usluge na tržištu (interdisciplinarna priroda kemijske analize čini je vitalnim alatom u brojnim disciplinama (Skoog et al., 2014, str. 4)).
Aktivnost laboratorija za analitičku kemiju uključuje upotrebu analitičkih instrumenata, od kojih neki sadrže, koriste ili proizvode opasne tvari i otpadne plinove (poput plinskih

kromatografa ili atomskih apsorpcijskih spektometara) koje je potrebno kontrolirati na izvoru nastanka ispuštanjem prema vani (DiBernardinis et al., 2013, str. 143). Budući da će u laboratoriju biti prisutan veći broj analitičke opreme značajne veličine, potrebno je posvetiti pozornost njihovom položaju u odnosu na izlazne puteve, ventilaciju i interakciju laboratorijskog osoblja (DiBernardinis et al., 2013, str. 145). Također, većina analitičkih instrumenata ima sučelja s računalima i pisačima, pa je i za ove uređaje potrebno osigurati odgovarajući prostor, a uz sam laboratoriji je obično potreban prostor za pripremu (DiBernardinis et al., 2013, str. 145).

Klinički / dijagnostički laboratorij pruža sva rutinska klinička ispitivanja potrebna za njegu pacijenata (povezani su s bolnicama, klinikama ili neovisnim tvrtkama za ugovorno testiranje). Prikupljaju se uzorci i provode se testovi za hospitalizirane i ambulantne pacijente. Uzorci preostali nakon testiranja i dovršeni ispitni materijali kemijske, biološke i radiološke prirode zbrinjava se na siguran način, te se izrađuju izvješća. Za razliku od istraživačkog laboratorija, klinički laboratoriji su više procesno orijentirani, tj. projektirani su i osmišljeni za brzo i učinkovito pružanje željenih rezultata testova. (DiBernardinis et al., 2013, str. 216)
Specijaliziraju se za određene vrste testova ili pokušavaju provesti sve. Primjer prvog tipa je hematološki laboratorij (gdje se obrađuju samo testovi ljudske krvi) ili sveobuhvatni analitički laboratorij (gdje se analiziraju krv, urin, stolica i druge tjelesne tekućine) (DiBernardinis et al., 2013, str. 217).
U kliničkim laboratorijima trend ide prema kompjuterizaciji i automatizaciji; postoji izražen trend potpune automatizacije funkcija kliničkog laboratorija ugradnjom robotskih instrumenata (DiBernardinis et al., 2013, str. 217). Automatizacija u kliničkim laboratorijima evoluirala je od automatizacije rukovanja uzorcima i tekućinama do informacijski utemeljenog sustava vođenog tehnološkim rješenjima (veliki broj testova može se vrlo brzo obraditi automatizacijom) (DiBernardinis et al., 2013, str. 218). Cilj je postići brzu obradu i točne rezultate koji će se prenijeti liječnicima kao dio medicinske dokumentacije pacijenta. Vrijeme obrade (TAT) i točnost rezultata ključne su metrike za klinički laboratorij (DiBernardinis et al., 2013, str. 217).
Organizacija kliničkog laboratorija određena je njegovom veličinom, te prirodom i brojem kliničkih ispitivanja koja će se provoditi, kao i brojem osoblja, smjena i automatiziranih instrumenata. Klinički laboratoriji također uključuju uredski prostor i značajan prostor za skladištenje, koji mogu biti unutar ili izvan sigurne zone laboratorija. (DiBernardinis et al., 2013, str. 218)

Mjerni laboratorij je laboratorij za mjerenje fizikalnih veličina, npr. geometrijske veličine, električne veličine, kemijske veličine, toplinske i procesne veličine (temperatura, tlak, vlažnost, masa, protok, toplinska energija), akustička ispitivanje i mjerenje buke, itd.

Mogu obuhvatit sljedeće usluge i postupke: umjeravanje (utvrđivanje odnosa koje pokazuje mjerni instrument s vrijednošću etalon), ispitivanje i kontrola kvalitete (ispitivanje zadovoljava li neki proizvod definirane tehničke specifikacije i norme), osiguranje sljedivosti (jamstvo da su svi interni etaloni laboratorija kalibrirani prema nacionalnim primarnim laboratorijima), povratno inženjerstvo (korištenje preciznih mjernih uređaja za digitalizaciju objekata i stvaranje 3D modela)[37]

4. Razvojni laboratorij

Razvojni laboratoriji služi za razvoj proizvoda i/ili razvoj i definiranje tehnologija i proizvodnih procesa (ako nešto od istraživanja ide prema proizvodnji treba proći razvoj i prilagodbu za industrijski proces).

Može služiti za ispitivanje mehaničkih ili drugih principa, razvoj određenih rješenja i/ili proizvoda, te razvoj proizvodnih procesa (što će točno biti uključeno ovisi o prirodi, opsegu i namjeni laboratorija). Ponekad mogu imati eksperimentalne postave – pilot postrojenja (u manjem mjerilu se želi ispitati ono što se inače izvodi u velikim sustavima) kojima se simuliraju stvarni uvjeti, mogu imati ograničenu prototipnu proizvodnju, manja postrojenja za testiranje manjih količina u procesnoj proizvodnji i sl.

Pilot postrojenje je predkomercijalni proizvodni sustav koji koristi novu proizvodnu tehnologiju i/ili proizvodi male količine proizvoda temeljenih na novoj tehnologiji, uglavnom u svrhu učenja o novoj tehnologiji. Stečeno znanje se koristi za projektiranje sustava za proizvodnju komercijalnih proizvoda, za identifikaciju i definiranje daljnjih istraživačkih ciljeva, te kao podrška investicijskim odlukama. (Tripathi, 2024, str. 2)

Glavni cilj pilot postrojenja je provjeriti u manjem mjerilu procese razvijene u laboratoriju. Drugi ciljevi pilot postrojenja su: optimizacija radnih procesa, informacije o procesu potrebne za specifikaciju i projektiranje postrojenja u realnoj veličini, testiranje sustava, testiranje materijala, optimizacija zahtjeva opreme, informacije za pripremu detaljnih i pouzdanih procjena kapitalnih i operativnih troškova, stjecanje operativnog iskustva i obuka osoblja koje će kasnije upravljati postrojenjem, identifikacija opasnosti u procesu i osiguranje sigurnosti pri projektiranju i radu. (Tripathi, 2024, str. 3)

[37] https://www.fsb.unizg.hr/?ztermo&lpm, https://regula.hr/period-umjeravanja-opreme/, https://cekomng.hr/poslovne-mogucnosti/mjerni-laboratorij/#

Da bi se postigla njegova svrha, pilot postrojenje mora biti fleksibilno i prilagodljivo kako bi operateri mogli brzo izvršiti izmjene konfiguracija testiranja i radnih uvjeta kako bi uspostavili optimalan rad.[38] To može uključivati raznovrsnu opremu koja se organizira i raspoređuje po promjenjivom obrascu, pa nije ni moguće prikazati sveobuhvatnu tlocrtnu organizaciju (DiBernardinis et al., 2013, str. 174).

Laboratoriji s preklapanjem funkcija i sadržaja

Prema Heinkampu sva postojeća laboratorijska područja mogu se razvrstati u ove četiri skupine. No, unutar skupina postoje velike razlike u pogledu potrebnih površina, tehničke i mehaničke opreme, što onemogućuje kvalitativnu i kvantitativnu usporedbu (čak se i naizgled homogena skupina poput nastavnih laboratorija može razlikovati u pogledu opreme i zahtjeva). Granice između pojedinih skupina nisu strogo definirane, razlog tomu je što se, primjerice nastava može odvijati u istraživačkom laboratoriju, a istraživanje se može odvijati u razvojnom laboratoriju. Također, samostalni analitički laboratoriji često se implementiraju kao servisne usluge u odjelima za istraživanje i razvoj. (Heinkamp, 2015, str. 4)

Sukladno navedenom, osim laboratorija koje razlikujemo prema načinu korištenja, postoje i laboratoriji kod kojih dolazi do preklapanja funkcija i sadržaja, neki od primjera su:

- laboratoriji za istraživanje i razvoj (R&D laboratoriji)
- nastavno-istraživački laboratoriji
- translacijska istraživanja

- **Laboratoriji za istraživanje i razvoj (R&D laboratoriji)**

Laboratoriji za istraživanje i razvoj (R&D laboratoriji) su se razvili iz industrijskih laboratorija, a usmjereni su na istraživanje novih tehnologija, proizvoda, procesa ili rješenja, tj. njihov je cilj unapređenje znanstvenih spoznaja i stvaranje inovativnih proizvoda i usluga (Gutterman, 2023).

Istraživanje i razvoj obuhvaćaju niz aktivnosti usmjerenih na proširenje i osmišljavanje novih primjena dostupnog znanja (OECD, 2015, str. 51). Na temelju provedenog istraživanja predložena je sljedeća sistematizacija aktivnosti u laboratorijima za istraživanje i razvoj (ovisno o organizacijskoj strukturi tvrtke i/ili području kojem laboratorij pripada):

[38] https://www.zeton.com/wp-content/uploads/2019/10/AICHE-AW-Understand-Pilot-Plant-Design-Specifications-May-2016-CEP.pdf

- temeljno istraživanje
- primijenjeno istraživanje
- eksperimentalni razvoj
- istraživanje i razvoj
- razvoj[39]

Eksperimentalni razvoj predstavlja moguću fazu u razvoju proizvoda (OECD, 2015, str. 51). Može obuhvaćati ispitivanje osnovnih fizikalnih mogućnosti ili novog principa djelovanja mehanizma za neku konkretnu namjenu, ali nije nužno izravno povezan s proizvodom ili se samo provodi radi validacije. Generičko znanje se testira za određenu primjenu (OECD, 2015, str. 51). Nakon toga slijedi korak konkretnog prenošenja tog znanja u razvoj proizvoda. Redoslijed pojavljivanja aktivnosti istraživanja i razvoja ne znači da temeljno istraživanje vodi do primijenjenog istraživanja, a zatim do eksperimentalnog razvoja (OECD, 2015, str. 52).

Istraživanje i razvoj može obuhvaćati eksperimentalni razvoj i/ili razvoj uz testiranje ili razvoj nekog manjeg detalja. Tradicionalni modeli istraživanja i razvoja slijede linearni proces sličan fazama razvoja novog proizvoda (proces započinje temeljnim istraživanjem, zatim slijedi primijenjeno istraživanje koje se bavi određenim problemom ili pitanjem, nakon čega slijedi razvoj i priprema proizvoda za komercijalizaciju, posebice inženjering, testiranje, proizvodnja i podrška) (Gutterman, 2023).

[39] GLP *Good Laboratory Practice* (Dobra laboratorijska praksa) je skup smjernica koji osigurava pouzdanost, integritet i sljedivost podataka dobivenih u laboratorijskim ispitivanjima. (I Raić, osobna komunikacija, 7. srpnja 2025.)
Ne primjenjuje u ranoj, kreativnoj fazi otkrivanja i razvoja novih molekula ili tehnologija, već postaje obveza u kasnijoj fazi razvoja kada se proizvod počne testirati na sigurnost i toksičnost prije ispitivanja na ljudima. (https://casrai.org/guides/what-is-good-laboratory-practice)
GLP laboratoriji su najčešće zastupljeni u sljedećim granama i industrijama: farmaceutska industrija, poljoprivreda, kemijska industrija, prehrambena industrija, kozmetička industrija i proizvodnja medicinskih proizvoda i veterinarska medicina.
Kod GLP laboratorija fokus je na sigurnosti, ne na inovaciji. Zadatak je dokazati da je već osmišljeni proizvod siguran za daljnje faze (npr. klinička ispitivanja na ljudima). Bez podataka iz GLP laboratorija regulatorne agencije neće odobriti prelazak s razvoja proizvoda na njegovo testiranje na ljudima ili njegovu registraciju. Za razliku od ranih faza razvoja proizvoda eksperimenti se u GLP laboratoriju provode prema unaprijed odobrenim, strogo definiranim standardnim operativnim postupcima. (https://www.chromatographyonline.com/view/what-does-good-laboratory-practice-glp-mean)
Dobra laboratorijska praksa osigurava točnosti podataka kroz transparentnu i detaljnu dokumentaciju laboratorijskih studija i moguće je točno usporediti rezultate u jednom laboratoriju s rezultatima dobivenim u drugim laboratorijima.(https://www.eurolab.com.tr/hr/testler/gida-analizleri/glp-test-laboratuvari)

GMP –*Good Manufacturing Practice*; obuhvaća sve aspekte proizvodnje, uključujući dizajn i održavanje opreme, kontrolu procesa, dokumentaciju i obuku osoblja. Cilj je osigurati da se, npr. lijekovi proizvode dosljedno, sigurno i u skladu s propisanim specifikacijama. (I Raić, osobna komunikacija, 7.srpnja 2025.)

Razvoj koristi postojeće tehnologije i znanja da bi došli do proizvoda ili neke nove kombinacije proizvoda; usmjeren je na praktičnu primjenu ideja nastalih tijekom istraživanja i razvoja. Uključuje neke od sljedećih značajki: primjena nove tehnologije, kombiniranje postojećih i novih tehnologija, poboljšanje kvalitete performansi, te proširenje ili dodavanje postojeće linije proizvoda (Akao, 2004. str. 27).

Ova faza obuhvaća stvaranje i usavršavanje proizvoda, sustava ili procesa na temelju rezultata istraživanja (osiguravajući da zadovoljava potrebe korisnika i da je izvediv za proizvodnju, to uključuje izradu prototipova, provođenje korisničkog testiranja i finaliziranje specifikacija za proizvodnju).

Laboratoriji za istraživanje i razvoj mogu obuhvaćati i znanost i tehnologiju kako bi ispunili sve zahtjeve koji se pred njih postavljaju, a budući da pokrivaju širok raspon aktivnosti, njihov program i tlocrtna organizacija ovise i o području kojem pripadaju, te o organizacijskoj strukturi tvrtke.

- **Nastavno - istraživački laboratoriji**

Trend okretanja multidisciplinarnim istraživanjima utječe i na izvođenje nastave, stoga je potrebno pažljivo analizirati predviđene aktivnosti i opremu koja će se koristi u nastavnim laboratorijima (DiBernardinis et al., 2013, str. 227).

Kako raste potreba za fleksibilnošću i kako se nastava, čak i na preddiplomskoj razini, sve više usredotočuje na praktično iskustvo, tradicionalna razlika između nastavnih i istraživačkih laboratorija postaje manje važna. Sve veći broj institucija integrira ova područja kako bi poboljšali nastavne planove i programe, i olakšali komunikaciju između nastavnika i studenata na svim razinama. Glavne razlike između nastavnih i istraživačkih laboratorija očituju se u organizaciji prostora i vrsti potrebne opreme. Kako bi se kompenzirale te razlike, neki noviji objekti su projektirani s većom fleksibilnošću kako bi laboratorijski prostori bili prilagodljiviji i produktivniji. Postoji nekoliko razloga za stvaranje homogenih laboratorijskih prostora:

- Studenti se upoznaju s tehnikama koje se trenutno koriste
- Potiče se interakcija između nastavnika i studenata preddiplomskog i diplomskog studija
- Standardni laboratorijski modul s osnovnim priključcima može se brzo i ekonomično prilagoditi promjenama
- Zajednička i specijalizirana oprema može se dijeliti
- Zajednički objekti mogu dijeliti pomoćne prostore, kao što su instrumentalne i specijalizirane sobe, te sobe za pripremu

- Veća iskorištenost prostora i opreme poboljšava opravdanost troškova projekta.
- Nastavni laboratoriji mogu se koristiti za istraživanja nastavnika tijekom semestralnih praznika (Kliment, Watch, 2001, str. 70)

- **Translacijska istraživanja**

Translacijska istraživanja povezuju temeljna istraživanja, klinička istraživanja i svakodnevnu medicinsku praksu. Cilj ovih istraživanja je razmjena znanja između sudionika ovih procesa, te primjena rezultata istraživanja u kliničkoj praksi, tj. u prevenciji, dijagnostici i liječenju bolesti. Istraživanja pomažu primjenu rezultata u kliničkoj praksi, ali istodobno otkrića u radu s pacijentima integriraju u laboratorijska istraživanja kako bi došli do novih spoznaja koje će se primijeniti u liječenju.[40]

Translacijska medicina razvila se kao odgovor na nedovoljnu povezanost između temeljnih istraživanja, kliničkih istraživanja i njihove praktične primjene u zdravstvu. Ovaj koncept se najčešće definira kao istraživanje koje dvosmjerno povezuje laboratorij i bolesnički krevet (eng. "*from bench to bedside*") odnosno omogućuje da temeljno istraživanje postane primjenjivo u dijagnostici, liječenju, ali i prevenciji bolesti kroz proces pretvaranja znanstvenih otkrića u nove lijekove, metode liječenja i medicinske instrumente.[41]

3.3.3 Znanstveni smjer[42]

1. Prirodne znanosti
2. Tehničke znanosti
3. Biomedicina i zdravstvo
4. Biotehničke znanosti

1. Prirodne znanosti

Prirodne znanosti obuhvaćaju: matematiku, fiziku, geologiju, kemiju, biologiju, geofiziku i interdisciplinarne prirodne znanosti.

Kemija, biologija i fizika obuhvaćaju temeljna istraživanja u znanosti.

[40] https://www.kbc-zagreb.hr/centar-za-translacijska-i-klinicka-istrazivanja.aspx
[41] https://mef.unizg.hr/o-nama/ustroj/centri/centar-za-translacijska-i-klinicka-istrazivanja/
[42] Prema *Pravilniku o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama NN 3/2024,* izvor: (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_01_3_69.html)

2. Tehničke znanosti

Klasične tehničke znanosti su: graditeljstvo, strojarstvo, elektrotehnika.

Ostale tehničke znanosti su: arhitektura i urbanizam, brodogradnja, geodezija, grafička tehnologija, kemijsko inženjerstvo, metalurgija, računalstvo, rudarstvo, nafta i geološko inženjerstvo, tehnologija prometa i transport, tekstilna tehnologija, zrakoplovstvo, raketna i svemirska tehnika, interdisciplinarne tehničke znanosti.

Tehničke znanosti zasnivaju se na prirodnim znanostima, ponajprije matematici, fizici i kemiji[43]. Tehničke znanosti su primijenjene (praktične) znanosti koje primjenjuju teorijske temelje prirodnih znanosti.

3. Biomedicina i zdravstvo

Biomedicina i zdravstvo obuhvaća: temeljne medicinske znanosti (anatomija, farmakologija, genetika, imunologija, citologija…), kliničke medicinske znanosti (anesteziologija i reanimatologija, infektologija, kirurgija…), javno zdravstvo i zdravstvena zaštita, veterinarsku medicinu, dentalnu medicinu i farmaciju (farmacija i medicinska biokemija).

Biomedicina je grana medicine koja primjenjuje načela biologije i drugih prirodnih znanosti u kliničkoj praksi.

4. Biotehničke znanosti

Biotehničke znanosti obuhvaćaju: poljoprivredu, šumarstvo, drvnu tehnologiju, biotehnologiju, prehrambenu tehnologiju, nutricionizam i interdisciplinarne biotehničke znanosti.

Biotehničke znanosti povezuju prirodne i tehničke znanosti.

3.3.4 Područje djelovanja i metode rada

Klasifikacija laboratorija može se izvršiti prema djelatnostima koje se provode u laboratoriju, odnosno prema tome je li nešto:

- proizvedeno, sintetizirano, pripremljeno ili uzgojeno
- analizirano, izmjereno ili karakterizirano
- razvijeno: mjernim metodama ili proizvodnim procesom

[43] https://enciklopedija.hr/clanak/tehnika

Laboratorij za sintezu

- rad za laboratorijskim pultom s uređajima malih dimenzija

Analitički/mjerni laboratorij

- rad orijentiran na stroj ili veći uređaj (npr. NMR u organskoj kemiji)

Procesno inženjerstvo

- procesno orijentiran rad - cilj je bolje razumijevanje procesa u ranoj laboratorijskoj fazi, te kasnije tijekom razvoja i uvećanja

3.3.5 Tlocrtna organizacija laboratorija

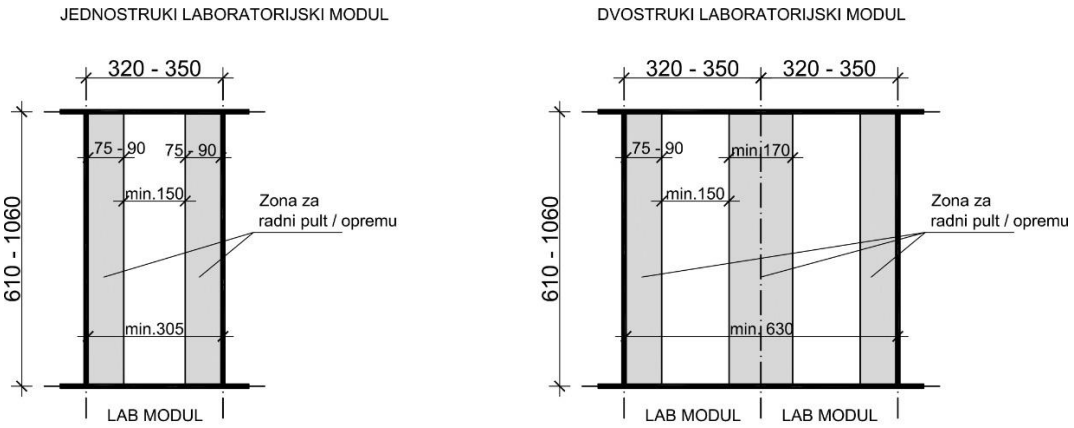
Veličine laboratorija određene su višekratnicima pojedinačnih modula (Slika 39.). Promatrane su tlocrtne dimenzije laboratorijskog modula. Prihvatljive širine pojedinačnog modula variraju od 320 do 350 cm. Moduli su obično poredani u niz. Dubine modula mogu varirati od zgrade do zgrade, ali obično je jedna dubina modula u zgradi standardna. Uobičajeno dubine modula variraju od 610 do 1060 cm. (DiBernardinis et al., 2013, str. 15)

Laboratorijski modul je definiran kao osnovna prostorna jedinica koja obično odgovara veličini laboratorija za dvije osobe, tj. jedan laboratorijski modul odgovara osnovnom radnom prostoru za jednog do tri korisnika laboratorija (DiBernardinis et al., 2013, str. 32).

Širina laboratorijskog modula je određena širinom prolaza, širinom radnog pulta ili opreme, te debljinom zidova. U standardnim tipovima laboratorija, prolazi između pultova, radnih površina i opreme trebaju biti široki najmanje 1,5 m. Ova minimalna širina omogućuje drugoj osobi ili osobi koja gura laboratorijska kolica da pažljivo i sigurno prođe iza i između osoba koje rade za radnim pultevima ili opremi s obje strane prolaza. (DiBernardinis et al., 2013, str. 68) Druga varijabla u određivanju širine modula su dimenzije pulteva i opreme s obje strane prolaza. Dubine radnih pulteva su od 75 do 90 cm. Debljina zidova je treći faktor koji određuje širinu modula. Debljina zidova može varirati ovisno o vrsti zida (nosivi ili pregradni zid). (DiBernardinis et al., 2013, str. 69)

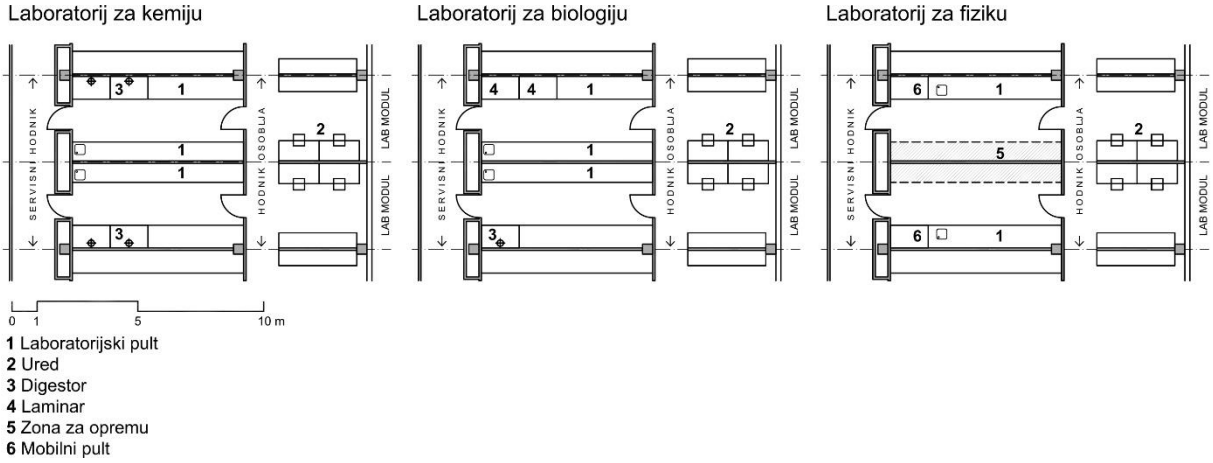
Duljina laboratorijskog modula određena je s četiri varijable: ukupna dubina zgrade, konstruktivni raster, potrebna površina po modulu i način korištenja laboratorija (DiBernardinis et al., 2013, str. 69).

Prema Dahanu prihvatljiva svjetla visina jednog laboratorijskog modula je od 290 do 305 cm (Dahan, 2000, str. 121).



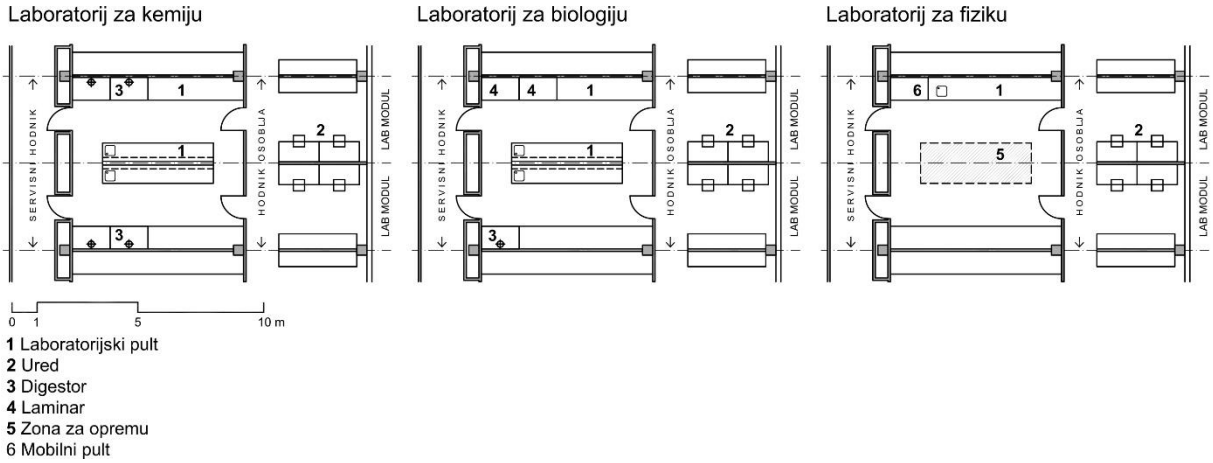
Slika 39. Laboratorijski modul, izvor: (DiBernardinis et al., 2013, str. 67-68), obrada autor

1. Jednostruki laboratorij



Slika 40. Jednostruki laboratorij s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

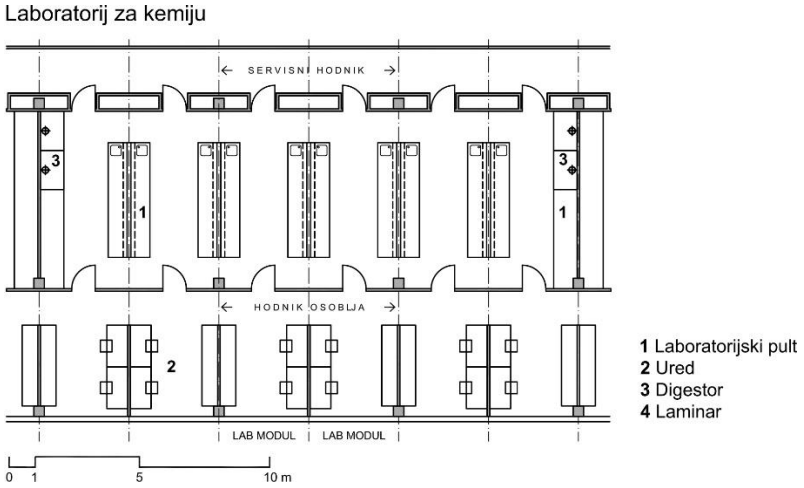
2. Dvostruki laboratorij



Slika 41. Dvostruki laboratorij s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

3. Laboratorij otvorenog tlocrta

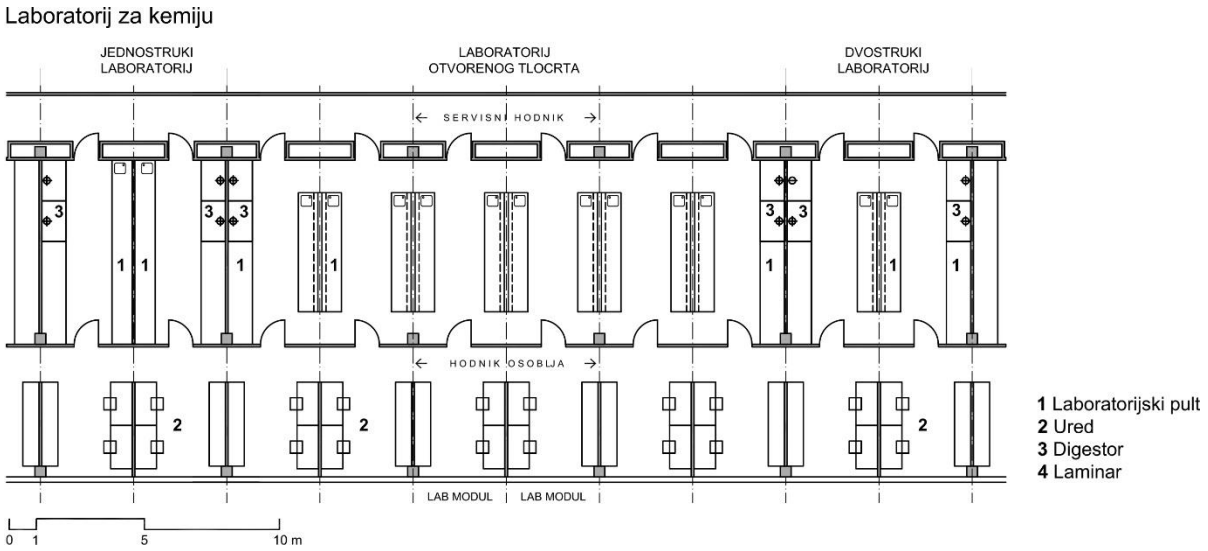
Povezani radni proces zahtijeva laboratorij otvorenog tlocrta; npr. kod patofiziologije riba (dio za čišćenje ribe kao u klasičnoj kuhinji, dio koji ispituje metale, dio koji ispituje reakciju na antibiotike, itd.)



Slika 42. Laboratorij otvorenog tlocrta s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

4. Kombinacija navedenih tipova

Podrazumijeva kombinaciju jednostrukih, dvostrukih i laboratorija otvorenog tlocrta



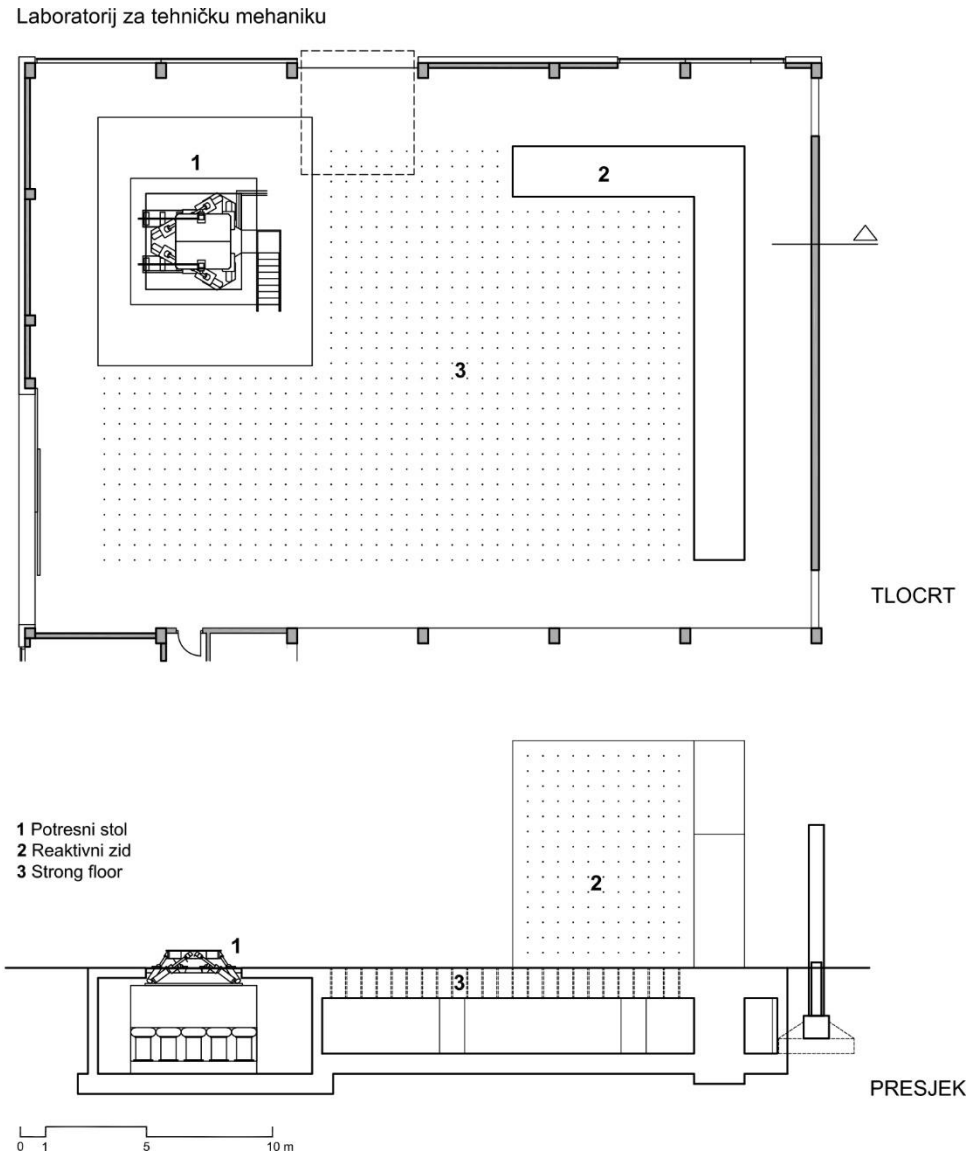
Slika 43 Kombinacija jednostrukog, dvostrukog i laboratorij otvorenog tlocrta s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

5. Laboratoriji orijentirani na strojeve ili opremu

Veličine prostora bit će određene oblikom, veličinom i brojem uređaja, opreme ili dijelova opreme, a ne brojem radnih mjesta.

1. Testni poligoni (cijela zgrada ili postrojenje je testni poligon)
   mjerenje određenih svojstava (npr. gustoća, toplinska provodljivost ili difuznost),
   računska obrada rezultata u laboratoriju (laboratorij je računalno baziran)

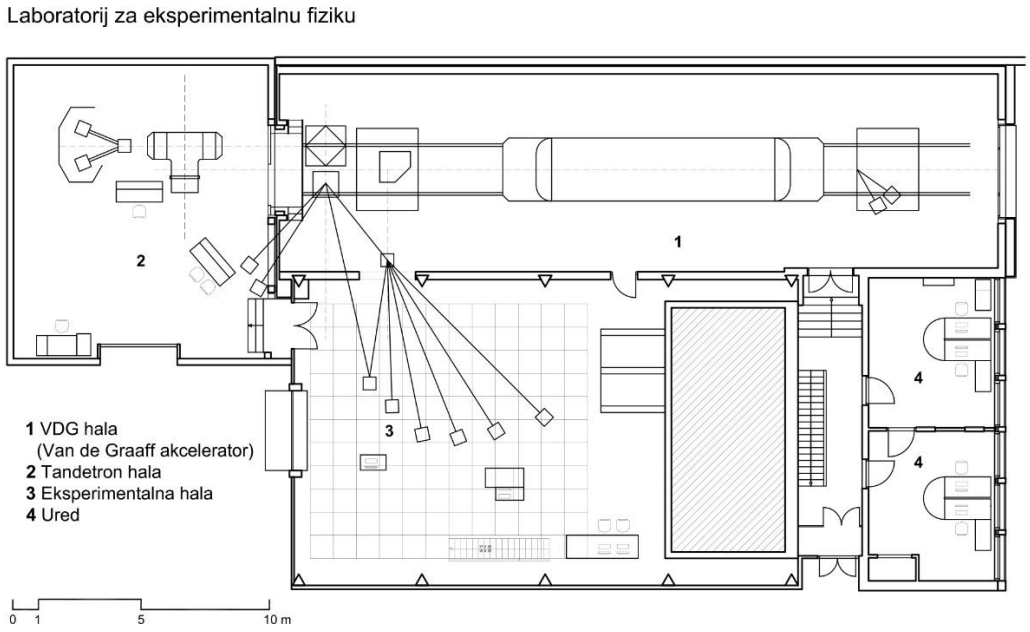
2. Uređaji sa zasebnom konstrukcijom (dilatirani od ostatka zgrade)
   uređaji oko kojih se gradi; npr. gluha soba, potresna platforma ili reaktivni sustav - strong floor i strong wall (analiza potresne otpornosti građevina) (Slika 44.)



Slika 44. Laboratorij za tehničku mehaniku, Istraživački centar Borongaj, Građevinski fakultet, Zagreb, 2022., autori: D.Dvornik i T.Peraković, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

3. Fiksni (zahtjevni) uređaji i oprema

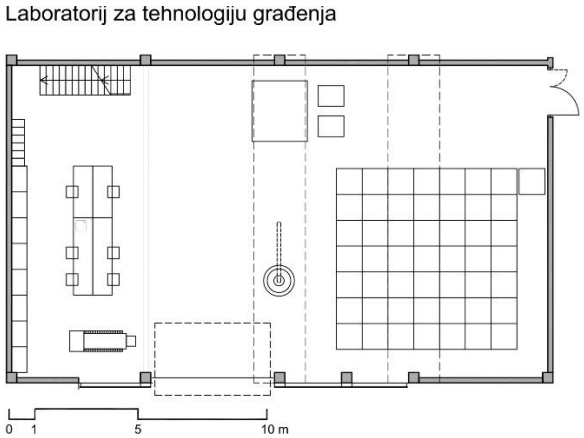
   npr. Van der Garaaf akcelerator u eksperimentalnoj fizici (Slika 45.), valni kanal u hidrotehničkom laboratoriju ili uređaji s emisijom plinova, topline; (poput GC-MS ili LC-MS uređaja - potreban je ispuh ili napa)



Slika 45. Laboratorij za eksperimentalnu fiziku, IRB, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

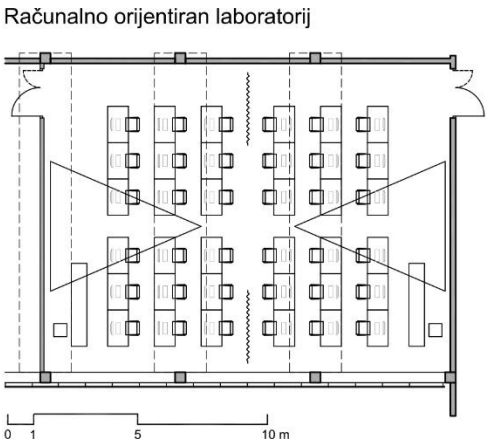
4. Uređaji s mogućnošću jednostavnog repozicioniranja ovisno o potrebama istraživačkog procesa

   ovisno o tipu laboratorija i korištene opreme dio opreme i laboratorijskog prostora može biti fiksan, a dio pomičan da se omogući prilagodba prostora potrebama različitih projekata (Slika 46.)



Slika 46. Laboratorij s podnim pričvrsnicama za repozicioniranje i fiksiranje opreme, Istraživački centar Borongaj, Građevinski fakultet, Zagreb, 2022., autori: D.Dvornik i T.Peraković, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

5. Računalno orijentiran laboratorij (radne stanice (Slika 47.), serveri)
   npr. filogenetska istraživanja u biologiji – porijeklo, zašto su se neke vrste razvile (baze podataka DNA, npr. 10 uzoraka, milijarde iteracija i analiza parova)



Slika 47. Računalno orijentiran laboratorij, Istraživački centar Borongaj, Građevinski fakultet, Zagreb, 2022., autori: D.Dvornik i T.Peraković, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

3.3.6 Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija i laboratorijske zgrade

Laboratoriji koji se koriste za posebne funkcije, definirani programom kao npr. radioaktivni, patogeni, za kulturu tkiva, za smještaj životinje itd., ne smiju se smjestiti u višenamjenske opće laboratorijske prostore, već moraju biti namjenski izgrađeni (Griffin, 2005, str. 37).

1. **Sadržaji koji se smještaju u izdvojene dijelove ili u zasebne građevine**

- sigurnosni laboratoriji s razinom zaštite BSL4,
- eksplozivne tvari
- sadržaji koji traže visinu prostora veću od 3,5 m
- animalna platforma
- čiste sobe
- laboratorijska oprema s visokim toplinskim opterećenjem i bukom,
- visoko akcelelerirajuća električna polja, npr. NMR uređaj

2. **Kontrola pristupa**

- ograničen pristup – samo laboratorijsko osoblje ima pristup određenom laboratoriju

3. **Sigurnosni aspekti**

- sadržaji s ulaznim predprostorom i zračnim tuševima, područja s posebnim zahtjevima zaštite od požara i eksplozije

4. **Posebni laboratoriji (Instrumentalne sobe)**

- laboratorijski prostori za, npr. kulturu stanica ili za posebnu opreme, kao što je maseni spektrometar.

S obzirom na specifične zahtjeve biosigurnosnih laboratorija, čistih soba i animalnih platformi u nastavku je opis osnovnih programskih zahtjeva navedenih laboratorija.

Sigurnosni laboratoriji (Biosafety Laboratory BSL Lab)

BSL laboratoriji su laboratoriji u kojima se rukuje biološki opasnim agensima na kontroliran način (Dahan, 2000, str. 215). Klasificirani su u četiri kategorije biološke sigurnosti koji odgovaraju četveroslojnoj klasifikaciji zaraznih agensa od 1 do 4 za mikrobiološke laboratorije i za laboratorije za uzgoj i istraživanje životinja (DiBernardinis et al., 2013, str. 196). Svaka razina ima posebne zahtjeve koji se odnose na objekt, sigurnosnu opremu te laboratorijske prakse i tehnike (Dahan., 2000, str. 215).

Laboratorij biološke sigurnosti razine 1 (BSL 1) prikladan je za rad koji uključuje dobro karakterizirane agense za koje se ne zna da uzrokuju bolesti kod zdravih odraslih osoba, i koji predstavljaju minimalnu potencijalnu opasnost za laboratorijsko osoblje i okoliš. Ovaj laboratorij nije nužno odvojen od općih komunikacija u zgradi. Rad se općenito provodi na otvorenim radnim površinama koristeći standardne mikrobiološke prakse. Većina laboratorija opće namjene, poput laboratorija za opću kemiju, prikladna je za rad u BSL-1 pod uvjetom da se radne površine lako dekontaminiraju i da su otporne na često primijenjena dekontaminacijska sredstva. (DiBernardinis et al., 2013, str. 197).

Mogu se projektirati kao redovni laboratoriji, i kao takvi bi trebali ispuniti samo funkcionalne zahtjeve. Ne trebaju posebnu sigurnosnu opremu. (Dahan., 2000, str. 215)

Laboratorij biološke sigurnosti razine 2 (BSL 2) sličan je BSL1 laboratoriju i prikladan je za rad s agensima umjerene potencijalne opasnosti za osoblje i okoliš (DiBernardinis et al., 2013, str. 197). U BSL2 laboratorijima znanstvenici rade s određenim zaraznim agensima ili materijalima koje proizvode živi organizmi i povezani su s ljudskim bolestima (Dahan., 2000, str. 217). Razlikuje se od BSL1 laboratorija po tome što je pristup laboratoriju ograničen

tijekom rada i svi postupci u kojima se mogu stvoriti zarazni aerosoli ili prskanje provode se u biološkim sigurnosnim ormarima (DiBernardinis et al., 2013, str. 197).

Laboratorij biološke sigurnosti razine 3 (BSL 3) prilagođen je za rad s domaćim ili egzotičnim agensima s potencijalom za respiratorni prijenos, a koji mogu uzrokovati ozbiljne ili potencijalno smrtonosne bolesti kao posljedica udisanja (DiBernardinis et al., 2013, str. 197). Sve laboratorijske manipulacije trebaju se izvoditi u biološkim sigurnosnim ormarima ili drugoj zatvorenoj opremi (DiBernardinis et al., 2013, str. 197). BSL3 laboratorije ne bi trebalo projektirati kao obične laboratorijske prostorije, niti bi se BSL2 laboratoriji trebali prenamjenjivati u BSL3 laboratorije (Dahan., 2000, str. 220).

BSL3 laboratorij mora biti odvojen od općih komunikacija unutar zgrade (ulaz kroz predprostor sa svlačionicom, dvoje samozatvarajućih vrata s izlazom u nuždi osnovni je zahtjev za ulazak u laboratorij iz pristupnog hodnika ili iz drugog prostora ocijenjenog na nižoj biološkoj razini). Unutar laboratorija treba biti dostupna metoda za dekontaminaciju svih laboratorijskih otpadaka (npr. autoklav, kemijska dezinfekcija, spaljivanje ili druga validirana metoda sterilizacije). Radi provođenja sterilizacije i certifikacije zadržavanja tlaka, potrebno je zabrtviti sve podne, zidne i stropne prodore, uključujući i prazne prostore oko kanala, cijevi te vodova. (DiBernardinis et al., 2013, str. 197)

Laboratorij biološke sigurnosti razine 4 (BSL4) prilagođen je za rad s opasnim i egzotičnim agensima koji predstavljaju visok individualni rizik od bolesti opasnih po život koje se mogu prenijeti aerosolnim putem i za koje ne postoji dostupno cjepivo ili terapija (DiBernardinis et al., 2013, str. 198).

Zbog agensa s kojima se rukuje, BSL4 laboratoriji imaju specifične i ograničene zahtjeve za, između ostalog, ograničen pristup (zaključana vrata, dnevnik za bilježenje ulazaka i izlaza), zračne komore/tuševe, znakove upozorenja na opasnost, proces dekontaminacije filtera za ventilaciju i prostor za autoklave. Unutar radnog područja BSL4 laboratorija, sve aktivnosti moraju biti ograničene na biosigurnosne ormare klase III ili na ormare klase II smještene u posebno projektiranom prostoru unutar BSL4 laboratorija. Osoblje koje ulazi u laboratorij BSL4 mora imati specifičnu i temeljitu obuku za rukovanje izuzetno opasnim i zaraznim agensima. (Dahan., 2000, str. 224)

BSL4 laboratorij mora se nalaziti u zasebnoj zgradi ili u jasno ograničenom i kontroliranom području unutar zgrade (ovo područje mora biti potpuno izolirano od svih ostalih dijelova zgrade). Ulaz u laboratorij BSL4 mora biti kroz predprostore s vratima koja se zaključavaju i sama zatvaraju, na ulazu u laboratorijski prostor BSL4 mora se nalaziti svlačionica s garderobom (ili nišom) koja uključuje veliki ormarić za odijela s pozitivnim tlakom. Osoblje

mora ulaziti i izlaziti iz laboratorija BSL4 kroz predprostore. Sav pribor i materijali potrebni u laboratorijskoj sobi BSL4 moraju se unijeti ili kroz autoklav s dvostrukim vratima, komoru za fumigaciju s dvostrukim vratima ili kroz hermetički zatvorenu predsoblje koje je dekontaminirano. (Dahan., 2000, str. 227)

Animalna platforma

Animalna platforma može biti zasebna građevina ili integralni dio istraživačkog objekta; rješenje će ovisiti o programu i potrebnoj vezi s istraživačkim laboratorijima. Manja animalna platforma može se smjestiti u laboratorijsku zgradu zbog potrebne veze s nastavnim i istraživačkim prostorima, dok veća animalna platforma može zahtijevati vlastitu zgradu zbog svoje veličine ili zbog potrebe za budućim proširenjem. (Smith Bailey, James, 2009, str. 11)

Animalne platforme za male životinje poput miševa, štakora, hrčaka, zečeva i sl. planirane su kao integralni dio istraživačkog objekta. Uobičajena lokacija odabrana za animalnu platformu je podrum ili zadnja etaža laboratorijske zgrade. (Mayer, 1995, str. 164)

Ispitivanjem je utvrđeno kako je prostorija za uzgoj i smještaj životinja kod animalne platforme za male životinje slična laboratorijskom modulu. Primjena istih prostornih modula omogućuje učinkovitu i ekonomičnu integraciju animalnih platformi unutar laboratorijske zgrade. Trend je osigurati više prostora za svaku životinjsku vrstu, uz upotrebu ventiliranih sustava kaveza. Također, potrebno je osigurati laboratorije unutar animalne platforme (postoje razlozi zašto se životinje ne bi trebale prevoziti u druge prostore laboratorijske zgrade - npr. unakrsna kontaminacija, trauma životinja, poteškoće u suzbijanju mirisa). (Mayer, 1995, str. 165)

Konfiguracija prostora mora odgovarati istraživačkim aktivnostima i aktivnostima skrbi za životinje, kao i učinkovitom smještaju i uzgoju životinja. Oprema prostorija može varirati ovisno o vrsti koja se smješta i potrebno ju je posebno definirati za svaku vrstu prostorije. (Norton, Brouwer, 2009, str. 25)

U animalnim platformama je potrebno osigurati ventilaciju i ostale komunalne usluge 24 sata na dan, 7 dana u tjednu. Procjena lokacija i kapaciteta komunalnih usluga također bi trebala biti uključena za potencijalni budući rast i širenje. (Smith Bailey, James, 2009, str. 11)

Pojedinačne prostorije u animalnoj platformi uključuju: prijem životinja, karantenu, držanje životinja, prostorije za postupke, pranje i sterilizaciju kaveza, sterilnu kirurgiju, laboratorij za nekroskopiju, objekte za prijem i otpremu. Aktivnosti koje se provode u laboratorijima za male životinje uključuju rutinsku dobru njegu životinja održavanja i preventivne prirode; uzgoj životinja za genetske studije; pokuse na životinjama koji uključuju primjenu lijekova, kemikalija i bioloških sredstava inhalacijom, gutanjem, injekcijom, primjenom na koži i

kirurškim postupcima; bihevioralne, farmakokinetičke i metaboličke studije koje zahtijevaju upotrebu posebne opreme i/ili cjelodnevno praćenje fizioloških učinaka; rutinske patološke pripreme i preglede te vrlo detaljno vođenje evidencije. (DiBernardinis et al., 2013, str. 278)

Čiste sobe

Čiste sobe su prostori gdje se kontrolira sadržaj onečišćujućih tvari; to su potpuno zatvorene prostorije u kojima se iz dovedenog zraka potpuno uklanjaju čestice uz kontrolu temperature, vlage i tlaka prema zahtjevima tehnološkog / istraživačkog procesa koji će se provoditi u prostoriji. Kako bi se zadovoljili zahtjevi čistih soba potrebno je voditi evidenciju broja čestica (broj čestica mora se održavati unutar broja dopuštenog klasom čistih soba). (Dahan., 2000, str. 235)

Aktivnosti koje se izvode u laboratoriju s čistim sobama karakterizira potreba za ekstremnom čistoćom. Eksperimentiranje s elektroničkim mikročipovima, prekidačima za sustave navođenja, farmaceutskim proizvodima i fotografskim filmovima, te tehnikama obrade filmova primjeri su poslova koji mogu zahtijevati ultračiste laboratorije za uspješno djelovanje. Laboratorij s čistim sobama može se koristiti i za skladištenje materijala koji zahtijevaju visok stupanj čistoće, kao i kontrolu temperature i vlažnosti u skladu s raznim eksperimentalnim radnim postupcima. Laboratorij ima ograničen pristup, a potrebno je nošenje posebne odjeće i drugih pokrivala za kosu, te obuće kao pomoć u održavanju potrebne niske razine prašine. (DiBernardinis et al., 2013, str. 301)

Laboratoriji s čistim sobama mogu sadržavati više prostorija, svaka s različitim zahtjevima za kontrolu kontaminacije. U svakoj prostoriji s laboratorijem s čistim sobama treba održavati statički tlak viši od atmosferskog i viši od tlaka u susjednim unutarnjim prostorima kako bi se spriječila infiltracija zraka iz manje kontroliranih područja. Između susjednih prostorija laboratorija s više odjeljaka treba održavati diferencijalni tlak kako bi se osigurao protok zraka iz najčišćih prostora u one s nižim standardom zraka. Prostorije jednostavnog pravokutnog oblika bez izbočina poboljšavaju željene obrasce protoka zraka i lakše ih je održavati čistima. (DiBernardinis et al., 2013, str. 301)

Čisti laboratorij se može sastojati od samo jedne prostorije s predprostorom pod tlakom bez prašine ili može obuhvaćati nekoliko odvojenih prostorija međusobno povezanih unutarnjim hodnikom pod tlakom (DiBernardinis et al., 2013, str. 301).

3.4 Zaključak

U ovom poglavlju, koje predstavlja šire područje istraživanja, istražena je postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi kako bi se utvrdilo u kojoj mjeri postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi odgovara spektru znanstvenih istraživanja. Analizom je utvrđeno da postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi omogućuje pregled i sistematizaciji samo pojedinih laboratorija, čime je potvrđena prva hipoteza *H1 Postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi ne obuhvaća sav spektar znanstvenih istraživanja.*

Kao rezultat provedenog istraživanja napravljen je prijedlog dopune odabrane sistematizacije koji sadrži i pregled osnovnih programskih obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom. Predložena sistematizacija prema *vlasništvu*, *načinu korištenja*, *znanstvenom smjeru*, *području djelovanja i metodama rada*, te *zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije* omogućila je jasan pregled laboratorija koji obuhvaćaju suvremena znanstvena istraživanja. Programska obilježja su prepoznata kao polazište za programiranje laboratorija, odnosno za definiranje prostornih, funkcionalnih i tehničkih uvjeta koji proizlaze iz zahtjeva laboratorijskih aktivnosti.

Predložena sistematizacija poslužila je za određivanje užeg područja istraživanja koje će obuhvatiti definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih laboratorija.

4. KRITERIJI ZA PROGRAMIRANJE ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKIH SADRŽAJA

4.1 Uvod

Ovo poglavlje obuhvaća uže područje istraživanja u kojem se analiziraju kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Istraživanje obuhvaća definiranje strukture programa laboratorija (prostornih, funkcionalnih i tehničkih zahtjeva) s ciljem potvrde hipoteze *H2 Poticajno radno okruženje laboratorijske zgrade nije rezultat samo kvalitete laboratorijskih prostora, već i programa pratećih sadržaja.*

Arhitektonsko programiranje je početna faza arhitektonskog projektiranja u kojoj se identificiraju relevantni zahtjevi korisnika, otkrivaju se važne činjenice i ciljevi projekta, te se eksplicitno navode potrebe objekta (Hershberger, 1999, str. 5). Arhitektonski program daje jasan cilj projekta i kriterije za uspješno rješenje (Cherry, 1999, str. 3). Tijekom godina razvijene su i korištene različite metode programiranja. Te metode se kreću od neformalnih razgovora korisnika i arhitekta do istraživačkih studija koje pokrivaju slične objekte i korisnike, a koje vode do sveobuhvatnog i detaljnog programa (Hershberger, 1999, str. 6).
Programiranje započinje analizom aktivnosti, a analiza uključuje utvrđivanje prirode aktivnosti i prostornih uvjeta koje treba zadovoljiti (Voordt, Wegen, 2005, str. 99). Tijekom iteracija u fazi programiranja ideje se razvijaju, analiziraju, testiraju i grupiraju u specifične skupove zahtjeva (Blyth, Worthington, 2010, str. 4). Konačni rezultat je arhitektonski program zgrade kojim su definirani prostorni, funkcionalni i tehnički zahtjevi planiranih znanstveno-istraživačkih laboratorija sukladno prijedlogu sistematizacije iz poglavlja 3., a koje je potrebno ispuniti kako bi se zadovoljile potrebe budućih korisnika.

Ovo poglavlje se sastoji iz tri dijela:

- analize smjernica za projektiranje laboratorija,
- analize potreba i zahtjeva korisnika laboratorijskih zgrada, te
- definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja.

4.2 Analiza smjernica za projektiranje laboratorija

Istraživanje literature koja se bavi projektiranjem laboratorija obuhvatilo je analizu širokog spektra literature iz kojeg su, kao relevantne publikacije, odabrane smjernice za projektiranje laboratorija koje propisuju sveučilišta: Yale[44], Columbia[45], MIT[46], Harvard[47], Edinburgh[48], Stanford[49] i Princeton[50]. Odabrano je sedam najkompletnijih publikacija, koje obuhvaćaju različite relevantne kategorije smjernica. Ovim publikacijama definirane su potrebe i zahtjevi koje je potrebno slijediti prilikom programiranja i projektiranja laboratorijskih prostora, one predstavljaju dodatne zahtjeve i ne zamjenjuju važeće propise.

U uvodnom istraživanju definirane su inicijalne grupe smjernica, sukladno grupama smjernica iz publikacija. Osnovnih 7 grupa su:

1. Opće smjernice
2. Smjernice za infrastrukturu (instalacije)
3. Tehnološke smjernice
4. Sigurnosne smjernice
5. Smjernica za materijale
6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima
7. Smjernice za održivost

Smjernice za projektiranje koje propisuju sveučilišta su analizirane prema definiranim grupama (*PRILOG I Analiza smjernica za projektiranje laboratorija)*.

[44] https://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/laboratory-design-guidelines.pdf

[45] https://research.columbia.edu/sites/research.columbia.edu/files/content/EHS/ProjectManagers/LaboratoryDesignGuideline2023.pdf

[46] https://web.mit.edu/facilities/maps/DesignStandards/T10%20%20Lab%20Design%202022.pdf

[47] https://www.ehs.harvard.edu/sites/default/files/ehs_design_guidelines.pdf
https://campusplanning.hms.harvard.edu/planning-design-construction/design-standards
https://www.ehs.harvard.edu/ergonomics

[48] https://www.ed.ac.uk/health-safety/guidance/laboratories/general-laboratory-design-and-equipment

[49] https://ehs.stanford.edu/manual/laboratory-standard-design-guidelines

[50] https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/laboratory-safety/laboratory-safety-manual/appendix-d

4.2.1 Komparativna analiza smjernica za projektiranje

U ovom je poglavlju, kroz tabelarni prikaz, izvršena komparativna analiza smjernica za projektiranje laboratorija prema definiranim grupama.

Analizom je obuhvaćeno i razdvajanje smjernica programskog karaktera (plavo osjenčana polja)[51] od smjernica projektantskog karaktera, s ciljem definiranja kriterija za programiranje laboratorija.

Tablica II. 1. Opće smjernice

	1. OPĆE SMJERNICE	YALE	COLUMBIA UNIVERSITY	MIT	HARVARD	UNIV. OF EDINBURGH	STANFORD	PRINCETON
TLOCRTNA ORGANIZACIJA	Laboratoriji odvojen od uredskih, zajedničkih i ostalih prostora	■	■	■	■	■	■	■
	Prostori za odmor osoblja	■	■	■				
	Garderobe laboratorijskog osoblja	■					■	
	Spremišta laboratorijskog prostora		■	■				■
	Modularni sustav projektiranja (racionalno i ponavljajuće dimenzioniranje laboratorijskog namještaja)			■				
	Fleksibilnost laboratorijskog prostora (modularni raspored instalacija, rasvjete i namještaja)		■					
	Prirodna rasvjeta		■					
	Minimizirati promet u zoni s uređajima osjetljivim na protok zraka		■					
	Tehnički prostori dostupni iz hodnika		■					
ERGONOMIJA	Namještaj u skladu s ergonomskim zahtjevima (radne površine ergonomski prihvatljive, radni pultovi omogućuju sjedeći rad)		■				■	
	Prostorni zahtjevi na temelju broja zaposlenih, opreme, potrebnom slobodnom prostoru uz opremu (održavanje, postavljanje i rad)	■						
	Prostorni zahtjevi na temelju predviđenog rasta (promjena tijekom vremena)	■						
	Razmotriti prilagodljivost opreme kako bi se omogućila veća produktivnost i udobnost	■						■
	Odgovarajuća rasvjeta; maksimizirati dnevnu svjetlost, rasvjeta ravnomjerna preko cijele prostorije	■	■				■	■
	Uzeti u obzir maksimalno prihvatljive kriterije buke i vibracija pri odabiru opreme i instrumenata		■					
	Laboratorijske radne stanice treba projektirati tako da odgovaraju rasponu tjelesnih dimenzija			■				
	Radni pultovi s računalima i mikroskopima mogu zahtijevati radne površine i stolce podesive po visini			■	■			
ODRŽAVANJE	Laboratoriji trebaju biti projektirani za jednostavno čišćenje i dekontaminaciju	■			■			
	Prostori između radnih pultova, ormara i opreme trebaju biti dostupni za čišćenje i trebaju omogućiti servisiranje opreme						■	
	Laboratoriji s autoklavom treba imati dovoljno prostora za pristup autoklavu i prostoru iza njega za održavanje							■
	Odvodnja autoklava treba biti projektirana tako da se spriječe ili svedu na minimum poplave i oštećenje poda							■

[51] Plavo osjenčana polja u drugoj koloni odnose se na programske smjernice, bijela polja predstavljaj projektantske zahtjeve.

PRISTUPAČNOST osoba smanjene pokretljivosti	Najmanje jedan pult u laboratoriju mora imati visinu radnog stola							
	Najmanje jedan sudoper i digestor po katu prilagođen zahtjevima pristupačnosti							
	Postavljanje opreme, kemikalija, sigurnosne opreme i operativnih mehanizama na visinu dostupnu iz sjedećeg položaja							
	Laboratoriji u potpunosti pristupačni bez potrebe za adaptacijom							
	Kod novih zgrada i rekonstrukcija ugraditi tuševe za ispiranje očiju i sigurnosne tuševe koji ispunjavaju zahtjeve za pristup osoba smanjene pokretljivosti							
	Vrata laboratorija moraju se automatski zatvarati i otvarati uz minimalni napor kako bi se omogućio pristup osobama smanjene pokretljivosti							

Tablica III. 2. Smjernice za infrastrukturu

	2. SMJERNICE ZA INFRASTRUKTURU	**YALE**	**COLUMBIA UNIVERSITY**	**MIT**	**HARVARD**	**UNIV. OF EDINBURGH**	**STANFORD**	**PRINCETON**
OPĆE SMJERNICE	Razvod instalacija temeljiti na modularnom rasporedu							
	Osigurati pouzdanost, maksimalnu operativnu fleksibilnost, održavanje i modifikacije sustava bez ometanja istraživanja							
	Instalacije opreme i razvod instalacija projektirani tako da isključuju buku i vibracije (izvan referentnih granica)							

VODOVOD I ODVODNJA	Sudoperi su obavezni u svim laboratorijima							
	Voda iz gradskog vodovoda ne smije se koristiti za hlađenje opreme ili prostora							
	Osigurati neutralizaciju kiselina i drugu obradu prije puštanja u javnu kanalizaciju							
	Laboratorijska otpadna voda mora se pročišćavati sustavom za pročišćavanje otpadnih voda							
	Odvodanja laboratorijskih otpadnih voda mora biti odvojena od odvodnje kućnih otpadnih voda, a mjesto uzorkovanja treba postaviti na lako dostupnom mjestu izvan zgrade							
	Za zgrade sa sustavom za upravljanje zgradom (BMS) proces filtracije će biti osiguran daljinskim upravljanjem							

ELEKTRIČNE INSTALACIJE	Količinu, vrste i lokacije el. utičnica treba uskladit s potrebama laboratorijske opreme i istraživača							
	Laboratoriji bi trebao biti opremljen odgovarajućim brojem utičnica koje mogu zadovoljiti potrebe za el. energijom s dodatnih 20-40% kapaciteta (uzeti u obzir budući rast)							
	Maksimizirati broj odvojenih strujnih krugova kako bi se izbjegla preopterećenja							
	Osigurati hitno/rezervno napajanje za opremu koja to zahtjeva							
	Laboratoriji i osjetljiva oprema ne smiju biti spojeni na istu mrežu kao veliki potrošači struje							
	Napajanje rasvjete moraju biti neovisno od ostalih opterećenja							
	Osigurati siguran pristup osoblju koje pregledava, prilagođava ili održava opremu pod naponom (slobodni prostor se ne smije koristiti za skladištenje)							
	Mehanički i električni uređaji bi trebali biti lako dostupni s lokalnim isključivanjem							
	Prekidači za ključne električne uređaje bi se trebali nalaziti izvan laboratorija							
	Razvodni ormari trebaju biti postavljeni na pristupačnom mjestu							

OPĆA VENTILACIJA LABORATORIJA	Svi laboratoriji trebaju imati mehaničku ventilaciju (zabranjeno je otvaranje prozora)							
	Laboratorijski ventilacijski sustavi trebaju biti projektirani za rad 24/7 sa 6-8, odnosno 8-10 izmjena zraka po satu							
	Animalne platforme trebaju imati 10-15 izmjena zraka po satu							
	Laboratoriji trebaju biti na 100% ispušnim sustavima (bez recirkulacije)							
	Laboratorijske prostorije trebaju biti negativne (podtlak) u odnosu na hodnike i okolne prostorije							
	Dopuštene su smanjene stope izmjene zraka sukladno korištenju i zauzetosti prostora radi uštede energije							
	Mehanički ventilacijski sustav treba biti spojen na BMS i opremljen prekidačem za protok zraka ili drugom pouzdanom metodom kako bi se oglasio zvučni alarm u slučaju kvara							
	Projektirati ventilaciju tako da se zadovolji najmanje 20% povećanje potreba iznad projektiranih uvjeta laboratorija							

PLINOVI	Razvod plinskog sustava mora ispunjavati sve propisne zahtjeve							
	Sva područja za skladištenje i korištenje plinskih boca moraju imati mehanizme za pričvršćenje plinskih boca (potrebno je fiksirati plinske boce)							
	Mjesto skladištenja mora biti zaštićeno od izvora topline, plamena ili drugih izvora paljenja, dobro ventilirano i suho mjesto							
	Preporuka je da se cilindri čuvaju u sigurnom, ventiliranom prostoru, zaštićenom od neovlaštenog pristupa							
	Plinske boce ne smiju se skladištiti nezaštićeno u hodnicima							
	Potrebno je odzračivati ispušne plinove pojedinačnih vakuumskih pumpi							
	Potreba za fiksnom detekcijom plina (utvrditi je li sustav potreban, poziciju senzora ili alarma)							
	Sustav treba biti tako projektiran da se sve plinske boce pod tlakom koje opskrbljuju zgradu mogu spojiti na postavljeni razvodnik izvan zgrade i u laboratorije se dovodi plin pod tlakom							
	Ne preporučuje se pohranjivanje cilindara na fasadu zgrade							

Tablica IV. 3. Tehnološke smjernice

	3. TEHNOLOŠKE SMJERNICE	YALE	COLUMBIA UNIVERSITY	MIT	HARVARD	UNIV. OF EDINBURGH	STANFORD	PRINCETON
LOKALNA VENTILACIJA LABORATORIJA	Lokalna ventilacija je projektirana za specijalizirani laboratorijski proces; potrebna je za kontrolu očekivanih kemijskih i/ili toplinskih emisija							
	Potrebno je osigurati lokalnu ventilaciju instrumenata, plinskih ormara, ventiliranih ormara ili drugih operacija koje zahtijevaju lokalnu ventilaciju							
	Nape koje zahtijevaju filtere trebaju biti projektirane i smještene tako da se filterima može lako pristupiti							
	Fiksni sustavi lokalne ventilacije – hvataju tvari ili ekstrahiraju na izvoru pri čemu se onečišćujuća tvar odvodi i izbacuje u atmosferu							
	Mobilni sustavi lokalne ventilacije – samostalne jedinice s ugrađenim filterom koji „čisti“ kontaminirani zrak opasnog sustava ili procesa prije nego ga ispusti natrag u prostoriju							
	Kemijski digestori							
	Nape za perklornu kiselinu							
	Plinski ormari							
	Fleksiblini odsis (ekstrakcijske ruke)							
	Dimovodne nape bez kanala							
	Ormari za skladištenje kemikalija							
	Nape							
	Digestori za radiologiju							
	Biozaštitni ormari							

LABORATORIJSKI OTPAD	Osigurati dovoljno prostora za prikupljanje i skladištenje otpada uključujući suhi i tekući radioaktivni otpad, opasni kemijski otpad i spremnike za biomedicinski otpad	■		■				■
	U svakom laboratoriji treba osigurati prostor za kemijski otpad	■		■				
	Osigurati prostor za sekundarno skladištenje (odvojiti otpad po klasama opasnosti)	■						
	Svaki kat treba imati predviđen prostor za skladištenje medicinskog otpada što uključuje: zaštitu okoliša, kontrolu pristupa, održavanje u stanju bez truljenja (korištenjem hladnjaka)	■	■	■				
	Tekućinska kromatografija (HPLC) ili povezana oprema treba imati radno mjesto projektirano tako da se spremnici za otpad ne pohranjuju na pod		■					
	Svaki laboratoriji treba imati prostor za komunalni otpad	■						
	Za privremeno skladištenje radioaktivnog otpada osigurati prostor u blizini područja otpreme / prijema			■				
	Skladištenje biološkog otpada (ispuh za odvođenje neugodnih mirisa, kontroliran ulaz i kontrolirana temperatura)				■			
	Skladištenje kemijskog otpada (prostor za akumulaciju kemijskog otpada dimenzioniran tako da može skladištiti otpad iz zgrade tijekom određenog vremena; sustav ventilacije i radni prostor u blizini)				■			

ZAHTJEVI LAB. OPREME	Digestori – što dalje od ulaznih vrata i komunikacijskih puteva unutar laboratorija, dalje od dovodnih i ispušnih difuzora i drugih predmeta koji mogu biti izvor turbulencija	■	■	■		■		■
	Laminari – što dalje od ulaznih vrata i komunikacijskih puteva unutar laboratorija i drugih uređaja koji mogu poremeti njegov protok zraka	■		■				
	Hladnjaci i zamrzivači – prepoznati visoka toplinske opterećenja koje generiraju zamrzivači i smjestiti ih u skladu s tim	■						
	Autoklavi – trebaju se nalaziti u ili blizu bioloških istraživačkih laboratorija	■						
	Digestori bez kanala – mogu se koristit samo ako su procesi koji se provode repetitivni (koristi se samo ograničen broj kemikalija s malo očekivanih promjena)				■			
	Biosigurnosni ormari – postaviti dalje od vrata i mjesta s velikom prometom, ne smiju se postaviti izravni ispod dovodnog ili povratnog zraka u prostoriju ili nasuprot kemijskog digestora				■			

BAS - SUSTAV AUTOMATIZACIJE	Količina i vrsta točaka praćenja koje će se integrirati u BAS sustav će biti potvrđena s istraživačima		■					
	Potrebno je osigurati nadzor okoliša i sigurnosni sustav za nadzor kritične opreme (npr. zamrzivači) i druge vrste opreme kako je navedeno u programu laboratorija		■					
	Ovaj sustav mora biti povezan sa sustavom BAS za hitno alarmiranje		■					

Tablica V. 4. Sigurnosne smjernice

	4. SIGURNOSNE SMJERNICE	**YALE**	**COLUMBIA UNIVERSITY**	**MIT**	**HARVARD**	**UNIV. OF EDINBURGH**	**STANFORD**	**PRINCETON**
OPĆENITO	Uređaji za isključivanje komunalnih usluga trebaju biti smješteni izvan laboratorija		■					■
	Kontrola pristupa (kontroliran ulaz u laboratorij)		■	■	■			
	Senzori za kisik	■						
	Zaštita od radijacije	■						
	Sigurnost lasera	■						
	Sigurnost elektromagnetskih polja	■						
	Svaki laboratoriji koji koristi opasne materijale (kemijske, biološke ili radioaktivne) treba sadržavati sudoper			■				
	Laboratorijska vrata trebaju biti samozatvarajuća (automatsko zatvaranje)			■	■			
	Laboratoriji koji koriste hlapljive opasne kemikalije moraju imati prekidač za pročišćavanje i ventilaciju				■			
	Ulaz u laboratorij s mogućnošću postavljanja plakata s informacijama o hitnim slučajevima i znakovima upozorenja							■

	4. SIGURNOSNE SMJERNICE	**YALE**	**COLUMBIA UNIVERSITY**	**MIT**	**HARVARD**	**UNIV. OF EDINBURGH**	**STANFORD**	**PRINCETON**
	Sva vrata iz hodnika u laboratorij bi trebala imati prozor kako bi se omogućio pogled u laboratorij u slučaju nesreće							
	Prostorije u kojima se ne čuju evakuacijski ili drugi alarmi trebaju biti opremljene stroboskopnim ili drugim svjetlom ili dodatnim alarmima							
	Osigurati izravne i neometane putove do izlaza iz svih dijelova laboratorija							
	Prema potrebi osigurati više od jednog izlaza iz laboratorija							
ZAŠTITA OD POŽARA	U svim zgradama unutar kampusa je potrebno osigurati sprinker sustav							
	Protupožarni alarm							
	Aparati za gašenje požara (trebaju biti postavljeni blizu ulaza u laboratorij)							
	Ocjene otpornosti na vatru za unutarnje skladišne prostore trebaju ispunjavati minimalne zahtjeve NFPA 30							
	Osigurati prijenosni aparat za gašenje požara s čistim hidrofluorougljikom u neposrednoj blizini osjetljive elektroničke opreme							
	Potrebe za skladištenjem zapaljivih tekućina treba unaprijed definirati kako bi laboratorij imao mjesta za odgovarajući broj ormara za skladištenje							
	Skladištenje zapaljivih tekućina nije dopušteno ispod razine tla ili u blizini izlaza							
BIOLOŠKA SIGURNOST	Laboratorijski prostor za rad s biološkim materijalima treba sadržavati sljedeće: samozatvarajuća vrata, sudoperi, površine koje sa lako čiste, radne površine vodonepropusne i otporne na toplinu, organska otapala, kiseline, lužine i druge kemikalije							
	Biološki laboratoriji moraju imati usmjereni protok zraka prema unutra (trebaju biti pod negativnim tlakom)							
	Laboratorijski zrak ne smije se recirkulirati u bilo koji drugi prostor izvan laboratorija; mora se ispuhati prema vani							
SIGURNOSNI TUŠEVI	Standard za ispiranje očiju							
	Tuševi za ispiranje očiju trebaju se nalaziti u laboratorijima u kojima se rukuje korozivnim tvarima ili zapaljivim tekućinama ili gdje se koriste uređaji s otvorenim plamenom							
	Oprema mora biti dostupna unutar 10 sek. ili unutar 30 m; put kretanje bez prepreka; aktivacija jednim pokretom unutar 1 sek.; ispiranje oba oka istovremeno							
	U hodnicima treba postaviti dodatne tuševe za hitne slučajeve							
	Sredstva za ispiranje očiju mogu biti montirana na umivaonik, samostojeća ili kombinirana s tušem; moraju biti spojeni na odvod							
	Dodatno prostori koja mogu zahtijevati ove uređaje: strojarnice, prostorije za biološki opasan otpad, područja za korištenje radioaktivnih materijala, lokacije sustava za neutralizaciju pH, područja za punjenje baterija, operacije praskanja, područja s visokom prašinom							
	Podovi ispod sigurnosnih tuševa trebaju biti protuklizni							
DETEKCIJA PLINOVA I PARA ZAPALJIVIH	Laboratoriji koji koriste visokotoksične plinove moraju biti opremljeni detekcijom plina i alarmima i po mogućnosti s automatskim sustavima za isključivanje							
	Detekcija plinova (svi sustavi praćenja moraju izvještavati u kontinuirano nadziranu stanicu; lokacija senzora temeljit će se na svojstvima plina i potencijalnim mjestima curenja)							
	Detekcija para zapaljivih tekućina (signal alarma mora se prenositi na stalno dežurnu stanicu; senzori alarma smiju biti postavljeni najviše 30 cm iznad poda)							

SIGURNOSNE STANICE	Postavljaju se na ulazu u laboratorij kod novih laboratorijskih zgrada							
	Konsolidirati svu sigurnosnu opremu na lako razumljivom i prepoznatljivom mjestu kojem se može lako pristupiti i tijekom hitne situacije							
	Stanica može uključivati sljedeće: kombinirana jedinica za tuširanje/ispiranje očiju, aparat za gašenje požara, prva pomoć, pribor za slučaj prolijevanja, osobna zaštitna oprema, obavještavanje o statusu lab. ventilacije, postavljanje oznaka opasnosti							

Tablica VI. 5. Smjernice za materijale

	5. SMJERNICE ZA MATERIJALE	YALE	COLUMBIA UNIVERSITY	MIT	HARVARD	UNIV. OF EDINBURGH	STANFORD	PRINCETON
OPĆENITO	Akustika, održavanje i trajnost su osnovni problemi završne obrade za laboratorije							
	Uzeti u obzir akustička svojstva pojedinih elemenata i završnih obrada pri izboru materijala i sustava							
	Unutarnje završne obrade trebaju sadržavati malo ili nimalo hlapljivih organskih spojeva i trebaju omogućiti postizanje ocjene u energetskog certifikata (LEED)							
	U laboratorijima s čestom uporabom kemikalija, sve završne obrade trebaju biti otporne na kemikalije							
VRATA LABORATORIJA	Vrata bi trebala biti jednim dijelom ostakljena (protupožarno staklo) ili s otvorima kako bi se mogla promatrati unutrašnjost laboratorija							
	Ulazna vrata i unutarnja vrata laboratorija trebaju biti opremljeni mehanizmom za automatsko zatvaranje							
	Vrata hodnika trebaju biti opremljena infracrvenim ili drugim automatskim sustavima otvaranja vrata kako bi se olakšalo kretanje materijala i kolica duž hodnika							
OZNAKE	Oznake laboratorija standardnim znakom za vrata laboratorija (uključujući unutarnja vrata i sve pomoćne prostorije)							
	Prema potrebi postaviti dodatne sigurnosne znakove, u skladu s primjenjivim standardima							
	Potrebno je osigurati prostor za sigurnosnu stanicu blizu glavnih laboratorijskih vrata za telefon, aparat za gašenje požara, sigurnosne oznake i držače za sigurnosne naočale za posjetitelje							
ZIDOVI I STROPOVI	Površine trebaju biti glatke i jednostavne za čišćenje i održavanje							
	Potrebno je osigurati zaštitu zidova i kutova tamo gdje se redoviti odvija promet kolica ili opreme							
	Odgovarajuća akustika i pristup ispuhu i revizijskim otvorima trebaju biti primarni elementi prilikom odabira materijala za strop							
	Potrebno je osigurati reviziju instalacija na stropu							
	Ugradbena rasvjeta je prikladnija nego viseća, no treba izbjegavati postavljenje rasvjete izravno iznad laboratorijskih pulteva							
	Potrebno je koristiti energetski učinkovitu rasvjetu kada je to moguće							
	Sve instalacijske prodore u zidovima i stropovima treba zabrtviti							
PODOVI	Podovi trebaju biti ravni i protuklizni							
	Mokri kemijski laboratoriji trebaju imati podne obloge otporne na kemikalije							
	Podovi trebaju imati najmanje 10 cm visok sokl							
	Tepisi, prostirke ili obloge koje se ne mogu lako čistiti nisu prikladni za istraživački laboratorij							
PROZORI	Prozori se ne bi trebali otvarati kako bi se izbjeglo onesposobljavanje ventilacijskog sustava, digestora i biološki sigurnosnih ormara							
	Zaštita od sunca – sjenila za zamračivanje mogu biti ručna ili motorizirana							
	Zatamnjivane prostorija u odnosu na solarne kontrole (solarne kontrole za podršku grijanja, hlađenja i ventilacije trebaju se uzeti u obzir za vanjski i za unutarnji dio laboratorijskog prostora u novogradnji)							
	Zavjese ili platneni prekrivači nisu prikladni u istraživačkim laboratorijima							

NAMJEŠTAJ	Namještaj bi trebao biti modularan, raspoređen po standardnim mjerama		■					
	Laboratorijski namještaj treba biti čvrst i da se lako čisti i dekontaminira			■	■			
	Razmaci između radnih klupa, ormara i stolova trebaju biti lako dostupni za čišćenje			■				
	Gdje je moguće potpultni ormarići i ladičari trebaju biti slobodnostojeći zbog čišćenja					■		
	Gornji dio pulteva treba biti uzdignut na stražnjoj strani prema zidovima, te zabrtvljen silikonom ili drugim prikladnim materijalom					■		

RADNE POVRŠINE	Radne površine trebaju biti otporne na kemikalije, glatke i lake za održavanje		■	■		■		■
	Stražnji i bočni perimetar laboratorijskih stolova treba imati zaštitu od prskanja		■					
	Prijelaz iz pulta za stajanje na visinu za sjedenje mora imati prijelaz radne površine kontinuirano otporne na kemikalije za mokre laboratorije		■					
	Radne ploče od epoksidalne smole su standard u biološkim i kemijskim laboratorijima		■					
	Radne površine moraju biti nepropusne za vodu i otporne na kiseline, lužine, organska otapala i umjerenu toplinu		■					

Tablica VII. 6. Smjernice za laboratorije s posebnim zahtjevima

	6. SMJERNICE ZA LABORATORIJE S POSEBNIM ZAHTJEVIMA	YALE	COLUMBIA UNIVERSITY	MIT	HARVARD	UNIV. OF EDINBURGH	STANFORD	PRINCETON
	Prostorije sa specifičnim kontroliranim unutarnjim uvjetima (mogu biti s konstantnom ili promjenjivom temperaturom; hladne ili tople prostorije)		■					
	BSL 2 laboratoriji		■	■				■
	Instrumentalne sobe		■					
	Niše za digestore		■					
	Laboratoriji za kulturu stanica / tkiva	■	■					
	Tamne sobe	■						
	Čiste sobe	■	■					
	Laboratoriji za lasere	■	■					■
	Objekti za životinje		■					
	Gluhe komore		■					
	Laboratoriji za mesenu spektrometriju		■					
	Laboratoriji za mikroskope	■						
	Laboratoriji s rendgenskom opremom	■						
	Praonice	■	■					
	Laboratoriji s radioaktivnim materijalima i opremom koja zrači			■				

Tablica VIII. 7. Smjernice za održivost

	7. SMJERNICE ZA ODRŽIVOST	YALE	COLUMBIA UNIVERSITY	MIT	HARVARD	UNIV. OF EDINBURGH	STANFORD	PRINCETON
OPĆENITO	Energija	■		■				
	Voda	■		■	■		■	
	Oprema			■				
	Mogućnost skladištenja i dijeljenja kemikalija			■				
	Gospodarenje otpadom	■		■	■		■	■
	Integrirano suzbijanje štetočina			■				

Osvrt na komparativnu analizu smjernica

Analiza smjernica je pokazala da postoji relativno mali postotak podudaranja definiranih smjernica u analiziranim publikacijama, ali je istovremeno smjernicama obuhvaćen širok spektar raznovrsnih zahtjeva koji uključuju i programske i projektantske smjernice, a što je i bio cilj istraživanja.

U tablici su istaknute one smjernice koje su programskog karaktera i koje će se koristiti kao polazište pri definiranju kriterija za programiranje.

Komparativna analiza je, također poslužila i za otklanjanje manjih nedosljednosti koje su uočene u *PRILOGU I Analiza smjernica za projektiranje laboratorija*, a odnose se na navođenje pojedinih smjernica u grupama na koje se one ne odnose – npr. mehanička ventilacija laboratorija navodi se u Općim smjernicama, a niz smjernica koje se tiču održivosti navode se u Smjernicama za infrastrukturu ili Općim smjernicama pojedinih publikacija.

Analizom su detaljnije definirane pojedine grupe smjernica:

1. **Opće smjernice** obuhvaćaju tlocrtnu organizaciju, ergonomiju i pristupačnost. Smjernicama su definirani osnovni prostorno-funkcionalni odnosi laboratorijskog prostora i drugih prostorno-funkcionalnih sklopova. Navedeni su zahtjevi laboratorijskog prostora (fleksibilnost laboratorijskog prostora), prostorni zahtjevi na temelju broja zaposlenih, opreme, te pristupačnost.
2. **Smjernice za infrastrukturu** obuhvaćaju opće smjernice za infrastrukturu, vodovod i odvodnju, električne instalacije, opću ventilaciju laboratorija, te plinove. Smjernice navode opće infrastrukturne zahtjeve – modularan razvod instalacija, maksimalnu operativnu fleksibilnost, te održavanje i modifikacije sustava bez ometanja istraživanja.
3. **Tehnološke smjernice** obuhvaćaju smjernice koje se odnose na specifične zahtjeve tehnološkog procesa istraživanja i opreme. Obuhvaćaju zahtjeve za lokalnom ventilacijom (dodatna ventilacija sukladno zahtjevima istraživačkog procesa i/ili opreme), laboratorijski otpad (kemijski, biološki, radioaktivni otpad), te zahtjeve sustava automatizacije.
4. **Sigurnosne smjernice** obuhvaćaju opće sigurnosne smjernice, zaštitu od požara, sigurnosne tuševe (kod kemijskih laboratorija), detekciju plinova i para, te sigurnosne stanice.

5. **Smjernice za materijale** obuhvaćaju zahtjeve materijala i završnih obrada koje se koriste u laboratorijskim prostorima. Obuhvaćaju opće zahtjeve, zahtjeve za prozore i vrata, zidove, podove i stropove, te namještaj i radne površine.

   Navedeni su zahtjevi za odabir završnih obrada i materijala poput akustičkih svojstava, protukliznosti za podove, te lakog čišćenja i dekontaminacije. Za namještaj je naveden zahtjev za modularnost.
6. **Smjernice za laboratorije s posebnim zahtjevima** odnose se na laboratorije koji se uvjetima prostora ili tehnološke opreme razlikuju od općih laboratorija. Zahtjevi se odnose na biološku sigurnost (primjerice BSL2, BSL3 ili BSL4 laboratorij), zahtjevi za čistoćom (čiste sobe), tlak u prostoriji (npr. za rad s kvascima), tamne sobe (npr. mikroskopi), zahtjevi za vibracijom (npr. laseri) i sl.
7. **Smjernice za održivost** odnose se na energetsku učinkovitost i mjere zaštite okoliša.

Kao rezultat provedene analize predlažu se i dodatne izmjene inicijalnih grupa smjernica:

- Grupa *5. Smjernice za materijale* neće se razmatrati u nastavku.

  Smjernice za materijale predstavljaju projektantske zahtjeve, stoga su izostavljene iz daljnje analize.
- Grupa *6. Smjernice za laboratorije s posebnim zahtjevima* svrstana je kao podgrupa u grupu *3. Tehnološke smjernice*.

  Laboratoriji s posebnim zahtjevima se razlikuje od standardnih laboratorija upravo po specifičnim tehnološkim zahtjevima, koji su posljedica metode istraživanja i/ili korištenih uređaja za istraživanje.
- Podgrupe koje ne sadrže programske smjernice neće se razmatrati u nastavku.

  1. Opće smjernice – *Održavanje*

  3. Tehnološke smjernice – *Zahtjevi laboratorijske opreme*

  4. Sigurnosne smjernice – *Biološka sigurnost*

4.2.2 Sistematizacija analiziranih smjernica

Temeljem provedene komparativne analize smjernica izrađen je prijedlog nove sistematizacije. Broj grupa je smanjen, a grupe smjernica su raščlanjene na podgrupe.
Sistematizacija smjernica sadrži 5 grupa s podgrupama:

1. Opće smjernice	- Tlocrtna organizacija
	- Ergonomija
	- Pristupačnost (osoba smanjene pokretljivosti)
2. Smjernice za infrastrukturu	- Opće smjernice
	- Vodovod i odvodnja
	- Električne instalacije
	- Grijanje, hlađenje i ventilacija
	- Plinovi
3. Tehnološke smjernice	- Lokalna ventilacija laboratorija
	- Laboratorijski otpad
	- Laboratoriji s posebnim zahtjevima
	- BAS (sustavi automatizacije)
4. Sigurnosne smjernice	- Opće smjernice
	- Zaštita od požara
	- Sigurnosni tuševi
	- Detekcija plinova i para zapaljivih tekućina
	- Sigurnosne stanice
5. Smjernice za održivost	- Energetska učinkovitost
	- Okolišna održivost

4.3 Analize potreba i zahtjeva korisnika laboratorijskih prostora

U ovom poglavlju analizirani su zahtjevi i potrebe korisnika laboratorijskih zgrada kroz dvije grupe intervjua: intervjui s istraživačima – korisnicima, te intervjui s istraživačima – korisnicima koji sudjelovali u izradi projektnih programa laboratorijskih zgrada *(PRILOG II Intervjui s istraživačima)*. Intervjui s istraživačima su odabrani kao metoda istraživanja zbog toga što korisnici najbolje razumiju specifične zahtjeve, karakter i problematiku prostora u kojem djeluju, kao i trendove razvoja te planove za budućnost laboratorija. Kvalitativnim istraživanje obuhvaćeno je 16 ispitanika (primarni korisnici laboratorijskih prostora) u vremenskom periodu od svibnja 2023. do ožujka 2026. godine.

U prvom dijelu ispitivanja koji obuhvaća intervjue s istraživačima – korisnicima laboratorijskih zgrada (10 ispitanika), intervjuirani su mladi znanstvenici iz područja kemije, biologije, fizike i robotske tehnologije (doktorandi i postdoktorandi) zaposleni u znanstveno-istraživačkim laboratorijima u privatnom sektoru, istraživačkim institutima ili na sveučilištima.

U drugom dijelu istraživanja koji obuhvaća intervjue s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora koji su izravno sudjelovali u izradi arhitektonskih programa (6 ispitanika), intervjuirani su voditelji laboratorija. Analizom su obuhvaćeni primjeri realiziranih laboratorijskih zgrada i natječajnih radova na području Zagreba.

Intervjui su obuhvatili sljedeća pitanja:

1. Opis istraživačkog proces i utjecaj tehnologije
2. Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)
3. Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja
4. Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)
5. Standardi vezani uz tehnološku opremu
6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

Zahtjevi korisnika svrstani su u iste kategorije kao i prethodno analizirane smjernice:

1. Opći zahtjevi
2. Infrastrukturni zahtjevi
3. Tehnološki zahtjevi
4. Sigurnosni zahtjevi
5. Zahtjevi za održivost

4.3.1 Komparativna analiza zahtjeva i potreba korisnika laboratorijskih prostora prema intervjuima s istraživačima

U ovom poglavlju je, kroz tabelarni prikaz, izvršena komparativna analiza zahtjeva i potreba korisnika iz provedenih intervjua, prema prethodno definiranim grupama u poglavlju 4.2.2. Analizom je obuhvaćeno i razdvajanje zahtjeva programskog karaktera (smjernice programskog karaktera označene su plavom bojom) od zahtjeva projektantskog karaktera, s ciljem definiranja zahtjeva i potreba korisnika laboratorijskih zgrada.

Tablica IX. Zahtjevi istraživača – korisnika laboratorijskih prostora

	Zahtjevi istraživača – korisnika laboratorijskih prostora	**I.T.Piteša, mag.ing.chem.ing.**	**B.Nikolić, univ.mag.biol.exp.**	**D.Franić, univ.mag.biol.mol.**	**V. Sunko, mag.phys.**	**I.Raić, mag.ing.chem.img.**	**D.Odeh, univ. mag.biol.exp.**	**N.Štrkalj, mag.phys.**	**A.Usenik, univ.mag.chem.**	**A. Utrobičić, mag.phys.**	**L. Drobilo, mag.ing.mech..**
Opći zahtjevi -Tlocrtna organizacija	Zahtjevi za dodatnim prostorom (predvidjeti prostor za buduće uređaje)										
	Fleksibilnost laboratorijskog prostora										
	Laboratorij odvojen od uredskih i zajedničkih prostora										
	Osigurati prirodno svjetlo u laboratorijima										
	Grupirati laboratorije za određena istraživanja (nije dobro da je sve centralizirano)										
	Laboratorij projektiran prema potrebama istraživačkog procesa (prostorna rješenja bi se trebala razlikovati prema funkciji)										
	Osigurati spremišta u laboratoriju										
	Osvjetljenje (bitno je da ima dovoljno svjetla na radnoj površini)										
Opći zahtjevi -Ergonomija	Voditi računa o ergonomiji										
Infrastrukturni zahtjevi	Fleksibilnost instalacija (predvidjeti instalacije za buduće uređaje)										
	Kontrolirani uvjeti u prostoru (mehanička ventilacija)										
	Kontinuirana opskrba električnom energijom (rezervno napajanje)										
Tehnološki zahtjevi -Zahtjevi laboratorijske opreme	Tehnologija se brzo mijenja, dolaze novi uređaji (prije „life										

	Zahtjevi istraživača – korisnika laboratorijskih prostora	**I.T.Piteša, mag.ing.chem..ing.**	**B.Nikolić, univ.mag.biol.exp.**	**D.Franić, univ.mag.biol.mol.**	**V. Sunko, mag.phys.**	**I.Raić, mag.ing.chem.img.**	**D.Odeh, univ. mag.biol.exp.**	**N.Štrkalj, mag.phys.**	**A.Usenik, univ.mag.chem.**	**A. Utrobičić, mag.phys.**	**L. Drobilo, mag.ing.mech..**
	cycle“ instrumenta cca 6 god. sada 2-3 godine)	■	■	■	■	■	■		■	■	
Tehnološki zahtjevi -Automatizacija radnog procesa	Automatizacija (veći protok uzoraka, smanjuje se mogućnost ljudske greške; no ne može se svaki korak automatizirati)	■		■	■	■	■	■	■		■
	Audit trail (bilježi se sve što netko radi)	■									
	Potrebna su dobra i kvalitetna softverska rješenja (softverski sustavi upravljanja uzorcima, opremom i podacima u stvarnom vremenu)	■			■	■					
Tehnološki zahtjevi -Laboratorijski otpad	Velika količina otpada (potrebno je dobro rješenje za odlaganje otpada)				■	■	■				
Tehnološki zahtjevi -Centralni sustav upravljanja zgradom	Sustav automatizacije zgrade – centralni nadzorni sustav upravljanja						■	■			
Sigurnosni zahtjevi -Sigurnosni tuševi, zaštita od požara	Sigurnosna oprema (tuševi u hitnim slučajevima, aparati za gašenje požara)		■	■	■	■					
Sigurnosni zahtjevi	Kontroliran ulazak u laboratoriji					■	■	■	■	■	
Zahtjevi za održivost	Sadržaji sa zajedničkom opremom „facility“		■	■	■						
Socijalni i društveni zahtjevi	Osim laboratorija stvoriti uvjete (prostore) gdje se ljudi mogu naći i družiti se				■						
	Osigurati prostor za odmor osoblja, gdje nije sterilna atmosfera (za neformalna druženja, opuštanje i suradnju- razgovor o istraživanjima)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Osigurati otvoreni (zeleni) prostor *(za izaći i predahnuti)*	■	■								■
	Zajednički prostori – čajna kuhinja		■					■			■
	Dodatni sadržaji za opuštanje znanstvenika uz čajnu kuhinju (npr. biblioteka)		■						■		
	Dodatni sadržaji za opuštanje znanstvenika – velika blagovaonica, stolni tenis, ploča za crtanje							■			■
	Zajednički prostori su jako biti za radnu atmosferu									■	
	Bitno je da postoji neko mjesto gdje se može na miru sjesti i odmoriti i opustiti jer istraživači ponekad znaju biti cijeli dan u laboratoriju										■

Tablica X. Zahtjevi istraživača – korisnika koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

	Zahtjevi istraživača – korisnika koji su sudjelovali u izradi projektnih programa	**dr.sc.R. Spaventi, dr.med.**	**dr.sc. R.Stojković, dr.med.vet.**	**dr.sc. I.Jerić,dipl.ing.kem.**	**G.Leskovar, dipl.ing.kem.**	**dr.sc.R.Č-Rakovec,dr.med.vet**	**dr.sc. I. Temjej, dipl.ing.biol.**
Opći zahtjevi -Tlocrtna organizacija	Tehnološka zgrada s instalacijskom etažom	■					
	Potrebno je osigurati fleksibilnost tlocrta	■	■	■	■	■	■
	Open space tlocrt (za multidisciplinarno istraživanje)	■					
	Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora i instrumentalnih soba (trotrakt)		■	■			
	Osigurati određeni broj slobodnih laboratorija (problem može biti nedostatak prostora za budući razvoj)		■	■	■	■	
	Kružna forma neprimjerena za tehnološki složenu zgradu (problem razvoda instalacija, fleksibilnosti, mogućnost pregrađivanja)			■	■		
	Manipulativni prostor (na radnim pultevima)				■	■	
	Kemijski laboratorij – bitan je omjer m' digestora po čovjeku (90% vremena se radi u digestoru)	■	■	■			
Infrastrukturni zahtjevi	Kontrolirani uvjeti u prostoru	■	■	■	■	■	
	Tehnički prostori (priprema vode, plinovi)				■	■	
Tehnološki zahtjevi -Automatizacija radnog procesa	Automatizacija radnog procesa	■					
	Automatizacija se često podcjenjuje (servisni prostori su nešto na čemu se najviše štedi; mogli bi zauzimati i do 50% tlocrtne površine u budućnosti)	■					
	Pametni sustavi su prisutni u analitičkim laboratorijima (automatizirani sustavi)		■	■			
	Automatski regulirani mediji			■	■		
	Bilo bi dobro da postoji mogućnost daljinskog upravljanja eksperimentima				■	■	
Tehnološki zahtjevi -Zahtjevi laboratorijske opreme	Tehnološka oprema se brzo mijenja (u protoku vremena mijenja se tehnologija i prioriteti)	■	■	■	■	■	
	U animalnoj platformi sve ovisi o tehnologiji (koristila se najnovija tehnologija samoventilirajućih kaveza) Osigurati infracrveno svjetlo, ventilaciju, čisti-nečisti hodnik, karantenu, u kavezima životinjama osigurati zanimaciju – obogaćivanje životnog prostora	■	■			■	■
	Standardi vezani uz opremu – digestori, peći za spaljivanje (ispuh)					■	■
Tehnološki zahtjevi -Laboratorijski otpad	Otpadne kemikalije – tehnološka odvodnja					■	■
Tehnološki zahtjevi -Laboratoriji s posebnim zahtjevima	Bitan je sustav ventilacije; da animalna platforma bude odvojena od ostatka zgrade	■	■				
	Mikrobiološki laboratorij – BSL2			■	■	■	■
Tehnološki zahtjevi	Skladištenje kemikalija					■	■
	Uvjeti u zbirkama (biologija) – prostor bez vlage i prejakog svjetla					■	■
	Soba za pokuse (ispitivanje komunikacije među životinjama) – zvučno izolirana					■	■
	Kontrola pristupa (i video nadzor)	■	■				
Sigurnosni zahtjevi -Biološka sigurnost	Zračni tuš za ulazak (u animalnoj platformi i u pojedine laboratorija)	■	■	■	■		
Održivost -Energetska učinkovitost zgrada	Energetski učinkovita zgrada					■	■
Socijalni i društveni zahtjevi	Planirati prateću infrastrukturu (primjerice vrtić za djecu zaposlenika)					■	■

Osvrt na analizu potreba i zahtjeva istraživača - korisnika laboratorijskih prostora

Komparativnom analizom zahtjeva i potreba korisnika u velikoj mjeri je utvrđeno preklapanje zahtjeva istraživača s onima iz smjernica, no utvrđeni su i dodatni zahtjevi u odnosu na prethodno utvrđene smjernice.

Dodatni zahtjevi se odnose na:

- **1. Opći zahtjevi** - Tlocrtna organizacija
  - Instalacijska etaža
- **3. Tehnološki zahtjevi** - Automatizacije radnog / istraživačkog procesa
- **6. Socijalni i društveni zahtjevi** - Interakcija znanstvenika
  - Prateća socijalna infrastruktura (npr. vrtić za djecu zaposlenika)

Zahtjev za instalacijskom etažom programskog je karaktera, nužan je za vođenje instalacija kod složenih laboratorijskih sklopova, a njime se također osigurava i fleksibilnost tlocrtne organizacije laboratorijske zgrade.

U tehnološkim zahtjevima nadvedena je automatizacija istraživačkog procesa, koja se za sada djelomično pojavljuje kod nekih laboratorija. Automatizacija istraživačkog procesa bi se, kao mogućnost, trebala uzeti u obzir prilikom projektiranja laboratorijskih prostora (uzeti u obzir mogućnost prilagodbe prostora automatiziranim sustavima). Zahtjev za automatizacijom istraživačkog procesa promatrat će se kroz prizmu fleksibilnosti laboratorijskog prostora i mogućnosti prilagodbe novim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa i tehnološke opreme.

Iako je u smjernicama navedeno kako je potrebno *osigurati prostor za odmor osoblja,* isto predstavlja osnovni funkcionalni zahtjev temeljem propisa zaštite na radu (npr. čajna kuhinja). Korisnici su napravili distinkciju i dodatno naglasili socijalne i društvene sadržaje kao preduvjet za stvaranje poticajnog i inkluzivnog okruženja. Dodatno, zahtjevi su proširei i s pratećom socijalnom infrastrukturom, kao što je npr. vrtić za djecu zaposlenika.

Kao rezultat provedene analize inicijalne grupe smjernica su izmijenjene:

- Dopuna grupe *1. Opći zahtjevi*, podgrupe *Tlocrtna organizacija* iz predložene sistematizacije novim zahtjevom - *Instalacijska etaža*.
- Dopuna predložene sistematizacije novom grupom *6. Socijalni i društveni zahtjevi*.

4.3.2 Sistematizacija zahtjeva i potreba korisnika laboratorijskih prostora

Temeljem komparativne analize potreba korisnika utvrđeni su dodatni zahtjevi u odnosu na prethodno definirane zahtjeve prema smjernicama i uvedene su nove grupe:

1. **Opće smjernice**
   - **Tlocrtna organizacija**
     - Instalacijska etaža

6. **Socijalni i društveni zahtjevi**
   - **Interakcija znanstvenika**
   - **Prateća socijalna infrastruktura** (npr. vrtić za djecu zaposlenika)

4.4 Sistematizacija zahtjeva definiranih analizom smjernica i potreba korisnika

Temeljem provedene analize smjernica za projektiranje laboratorijskih zgrada koja propisuju sveučilišta, te analize potreba korisnika laboratorijskih zgrada napravljen je cjeloviti prijedlog sistematizacije zahtjeva:

1. Opći zahtjevi	- Tlocrtna organizacija
	- Ergonomija
	- Pristupačnost (osoba smanje pokretljivosti)
2. Infrastrukturni zahtjevi	- Opći zahtjevi
	- Vodovod i odvodnja
	- Električne instalacije
	- Grijanje, hlađenje i ventilacija
	- Plinovi
3. Tehnološki zahtjevi	- Lokalna ventilacija laboratorija
	- Laboratorijski otpad
	- Laboratoriji s posebnim zahtjevima
	- BAS (sustavi automatizacije)
4. Sigurnosne smjernice	- Opće smjernice
	- Zaštita od požara
	- Sigurnosni tuševi
	- Detekcija plinova i para zapaljivih tekućina
	- Sigurnosne stanice

5. Smjernice održivosti
- Energetska učinkovitost
- Okolišna održivost

6. Socijalni i društveni zahtjevi
- Interakcija znanstvenika
- Prateća socijalna infrastruktura

Predložena sistematizacija – grupe, podgrupe, kao i pojedinačni zahtjevi mogu se smatrati polazištem u određivanju konačnog prijedloga kriterija za programiranje laboratorija.

Tablica XI.1. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – opći zahtjevi

1. OPĆI ZAHTJEVI	**SMJERNICE**	**KORISNICI**
TLOCRTNA ORGANIZACIJA		
Laboratoriji odvojen od uredskih, zajedničkih i ostalih prostora		
Prostori za odmor osoblja		
Garderobe laboratorijskog osoblja		
Spremišta laboratorijskog prostora		
Modularni sustav projektiranja (racionalno i ponavljajuće dimenzioniranje laboratorijskog namještaja)		
Fleksibilnost laboratorijskog prostora (modularni raspored instalacija, rasvjete i namještaja)		
Prirodna rasvjeta		
Tehnički prostori dostupni iz hodnika		
Grupirati laboratorije za određena istraživanja (nije dobro da je sve centralizirano)		
Zahtjevi za dodatnim prostorom (predvidjeti prostor za buduće uređaje)		
„Open space“ tlocrt (za multidisciplinarna istraživanja)		
Kružna forma neprimjerena za tehnološki složenu zgradu (problem razvoda instalacija, fleksibilnosti, mogućnosti pregrađivanja)		

ERGONOMIJA		
Prostorni zahtjevi na temelju broja zaposlenih, opreme, potrebnog slobodnog prostora uz opremu (za održavanje, postavljanje i rad)		
Prostorni zahtjevi na temelju predviđenog rasta (promjena tijekom vremena)		
Odgovarajuća rasvjeta; maksimizirati dnevnu svjetlost; rasvjeta ravnomjerna preko cijele prostorije		

PRISTUPAČNOST (osoba smanjene pokretljivosti)		
Najmanje jedan pult u laboratoriju mora imati visinu radnog stola		
Najmanje jedan sudoper i digestor po katu prilagođen zahtjevima pristupačnosti		
Laboratoriji u potpunosti pristupačni bez potrebe za adaptacijom		
Kod novih zgrada i rekonstrukcija ugraditi tuševe za ispiranje očiju i sigurnosne tuševe koji ispunjavaju zahtjeve za pristup osobama smanjene pokretljivosti		

Tablica XII. 2. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – infrastrukturni zahtjevi

2. INFRASTRUKTURNI ZAHTJEVI	**SMJERNICE**	**KORISNICI**
OPĆI ZAHTJEVI		
Razvod instalacija temeljiti na modularnom rasporedu		
Osigurati pouzdanosti, maksimalnu operativnu fleksibilnost održavanje i modifikacije sustava bez ometanja istraživanja		
Fleksibilnost instalacija (predvidjeti instalacije za buduće uređaje)		

Kontrolirani uvjeti u prostoru (mehanička ventilacija)		
VODOVOD I ODVODNJA		
Laboratorijska otpadna voda mora se pročišćavati sustavom za pročišćavanje otpadnih voda		
Odvodanja laboratorijskih otpadnih voda mora biti odvojena od odvodnje kućnih otpadnih voda, a mjesto uzorkovanja treba postaviti na lako dostupnom mjestu izvan zgrade		

ELEKTRIČNE INSTALACIJE		
Osigurati rezervno napajanje za opremu koja to zahtijeva		
Razvodni ormari trebaju biti postavljeni na pristupačnom mjestu		

OPĆA VENTILACIJA LABORATORIJA		
Svi laboratoriji trebaju imati mehaničku ventilaciju (zabranjeno je otvaranje prozora)		
Laboratorij trebaju biti na 100% ispušnim sustavima (bez recirkulacije)		
Mehanički ventilacijski sustav treba biti spojen na BMS i opremljen prekidačem za protok zraka ili drugom pouzdanom metodom kako bi se oglasio alarm u slučaju kvara		
Projektirati ventilaciju tako da se zadovolji najmanje 20% povećanja potreba iznad projektiranih uvjeta laboratorija		

PLINOVI		
Fiksna detekcija plina (utvrditi je li sustav potreban, poziciju senzora ili alarma)		

Tablica XIII. 3. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – tehnološki zahtjevi

3. TEHNOLOŠKI ZAHTJEVI	**SMJERNICE**	**KORISNICI**
DODATNI ZAHTJEVI ZA VENTILACIJOM		
Lokalna ventilacija je projektirana za specijalizirani laboratorijski proces; potrebna je kontrola očekivanih kemijskih ili toplinskih emisija		
Potrebno je osigurati lokalnu ventilaciju instrumenata, plinskih ormara, ventiliranih ormara ili drugih operacija koje zahtijevaju lokalnu ventilaciju		
Fiksni sustavi lokalne ventilacije – hvataju tvari ili ekstrahiraju na izvoru pri čemu se onečišćujuća tvar odvodi i izbacuje u atmosferu		
Mobilni sustavi lokalne ventilacije – samostalne jedinice s ugrađenim filterom koji „čisti“ kontaminirani zrak opasnog sustava ili procesa prije nego ga ispusti natrag u prostoriju		

LABORATORIJSKI OTPAD		
Osigurati dovoljno prostora za prikupljanje i skladištenje otpada uključujući suhi i tekući radioaktivni otpad, opasni kemijski otpad i spremnike za biomedicinski otpad		
U svakom laboratoriju osigurati prostor za kemijski otpad		
Osigurati prostor za sekundarni skladištenje (odvojiti otpad po klasama opasnosti)		
Velika količina otpada (potrebno je dobro rješenje za odlaganje otpada)		

ZAHTJEVI LABORATORIJSKE OPREME		
Tehnologija se brzo mijenja, dolaze novi uređaji (prije životni ciklus instrumenta cca 6 godina, sada 2-3 godine)		
Tehnološka oprema se brzo mijenja – u protoku vremena mijenja se tehnologija i prioriteti		

SUSTAV AUTOMATIZACIJE ZGRADE		
Količina i vrsta točaka praćenja koje će se integrirati u BAS sustav bit će potvrđena s istraživačima		
Potrebno je osigurati nadzor okoliša i sigurnosni sustav za nadzor kritične opreme (npr. zamrzivači) i druge vrste opreme kako je navedeno u programu laboratorija		
Sustav automatizacije zgrade – centralni nadzorni sustav upravljanja		

LABORATORIJI S POSEBNIM ZAHTJEVIMA		
Prostorije s kontroliranim unutarnjim uvjetima (mogu biti s konstantnom ili promjenjivom temperaturom, hladne ili tople prostorije)		

Tablica IVX. 4. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – sigurnosni zahtjevi

4. SIGURNOSNI ZAHTJEVI	**SMJERNICE**	**KORISNICI**
OPĆI ZAHTJEVI		
Kontrola pristupa / kontroliran ulaz u laboratorij		
Osigurati sigurne i neometane putove iz svih dijelova laboratorija		
Prema potrebi osigurati više od jednog izlaza iz laboratorija		
ZAŠTITA OD POŽARA		
U svim zgradama unutar kampusa potrebno je osigurati sprinkler sustav		
Protupožarni alarm		
Aparati za gašenje požara (trebaju biti postavljeni blizu ulazu u laboratorij)		
Potrebe za skladištenjem zapaljivih tekućina treba unaprijed definirati kako bi laboratorij imao mjesta za odgovarajući broj ormara za skladištenje		
TUŠEVI ZA ISPIRANJE OČIJU		
Tuševi za ispiranje očiju trebaju se nalaziti u laboratorijima u kojima se rukuje korozivnim tvarima ili zapaljivim tekućinama ili gdje se koriste uređaji s otvorenim plamenom		
U hodnicima treba postaviti dodatne tuševe za hitne slučajeve		
DETEKCIJA PLINOVA I PARA ZAPALJIVIH TEKUĆINA		
Detekcija plinova (svi sustavi praćenja moraju izvještavati u kontinuirano nadziranu stanicu; lokacija senzora temeljit će se na svojstvima plina i potencijalima mjestima curenja)		
Detekcija para zapaljivih tekućina (signal alarma mora se prenositi na stalno dežurnu stanicu; senzori alarma smiju biti postavljeni najviše 30 cm iznad poda)		
SIGURNOSNE STANICE		
Postavljaju se na ulazu u laboratorij kod novih laboratorijskih zgrada		
Stanica može uključivati sljedeće: kombinirana jedinica za tuširanje/ispiranje očiju, aparat za gašenje požara, prva pomoć, pribor za slučaj prolijevanja, osobna zaštitna oprema, obavještavanje o statusu lab. ventilacije, postavljanje oznaka opasnosti		

Tablica XV. 5. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – zahtjevi održivosti

5. ZAHTJEVI ODRŽIVOST	**SMJERNICE**	**KORISNICI**
OPĆI ZAHTJEVI		
Energetska učinkovitost		
Gospodarenjem vodom		
Okolišna održivost		

Tablica XVI. 6. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – socijalni i društveni zahtjevi

6. SOCIJALNI I DRUŠTVENI ZAHTJEVI	**SMJERNICE**	**KORISNICI**
INTERAKCIJA ZNANSTVENIKA		
Prostor za odmor osoblja		
Osim laboratorija stvoriti uvjete (prostore) gdje se ljudi mogu naći i družiti se		
Osigurati prostor za odmor osoblja, gdje nije sterilna atmosfera (za neformalna druženja, opuštanje i suradnju - razgovor o istraživanjima)		

Osigurati otvoreni (zeleni) prostor		
Zajednički prostori – čajna kuhinja		
Dodatni sadržaji za opuštanje znanstvenika uz čajnu kuhinju (npr. biblioteka)		
Dodatni sadržaji za opuštanje znanstvenika – velika blagovaonica, stolni tenis, ploča za crtanje		
Zajednički prostori su jako bitni za radnu atmosferu		
Bitno je da postoji neko mjesto gdje se može na miru sjesti i odmoriti i opustiti jer istraživači ponekad znaju biti cijeli dan u laboratoriju		
PRATEĆA SOCIJALNA INFRASTRUKTURA		
Planirati prateću infrastrukturu (primjerice vrtić za djecu zaposlenika)		

U tabelarnom prikazu šest grupa zahtjeva (s podgrupama) vidljive su nedosljednosti u pogledu grupiranih zahtjeva koji su preuzete iz literature koje je potrebno korigirati. Ovo se odnosi na sljedeće:

- U grupi *1. Opći zahtjevi* navedena je podgrupa *Ergonomskih zahtjevi* koji se primarno odnose na dimenzioniranje korisnih površina
- U grupi *2. Infrastrukturni zahtjevi* podgrupa *Plinovi* preklapa se sa *Sigurnosnim zahtjevima*
- U grupi *3. Tehnološki zahtjevi* svrstan je *BAS – sustav automatizacije zgrade* koji se primarno odnosi na upravljanje infrastrukturnim sustavima zgrade
- U grupi *3. Tehnološki zahtjevi* podgrupa *Laboratorijski otpad* preklapa se s grupom *5. Zahtjevi održivosti, Okolišna održivost*

4.5 Definiranje kriterija za programiranje znanstveno – istraživačkih sadržaja

U ovom poglavlju utvrdit će se kriteriji za programiranje prema zahtjevima definiranim analizom smjernica i potreba korisnika u prethodnom poglavlju.

Temeljem provedene analize - prethodno utvrđenih zahtjeva i izdvojenih smjernica programskog karaktera, definirane su sljedeće grupe kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja:

1. Arhitektonski kriteriji
2. Infrastrukturni kriteriji
3. Tehnološki kriteriji
4. Sigurnosni kriteriji
5. Kriteriji održivosti
6. Socijalni i društveni kriteriji

Nazivi grupa definirani u poglavlju 4.4. su zadržani uz iznimku grupe *Općih zahtjeva* koji su preimenovani u *Arhitektonske (prostorno-funkcionalne) kriterije* iz razloga što ova grupa sadrži niz prostorno-funkcionalnih kriterija koji predstavljaju polazišta arhitektonskog programiranja.

Također, nazivi pojedinih podgrupa koje su definirane u nastavku, određeni su prema podacima iz prethodnih istraživanja u poglavljima 2. i 3.

Unutar osnovnih grupa su, prema zahtjevima iz *Tablica XI. – XVI. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika*, definirane su sljedeće podgrupe kriterija:

1. **Arhitektonski (prostorno-funkcionalni) kriteriji**
    - Sadržajna struktura laboratorija
    - Prostorni kriterij (kriteriji korisne površine)
    - Odnos prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorija
    - Fleksibilnost laboratorijskog prostora
    - Pristupačnost
    - Prirodna osvijetljenost

Promjene koje su napravljene u pogledu broja podgrupa rezultat su raščlanjivanja podgrupe *Tlocrtna organizacija* na četiri podgrupe kriterija (*Sadržajna struktura laboratorija*, *Odnos prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorija*, *Fleksibilnost laboratorijskog prostora* i *Prirodna osvijetljenost*), te dopuna kriterija u skladu s prethodnim istraživanjima iz poglavlja 2. i 3. Također, podgrupa *Ergonomija* je zamijenjena s podgrupom *Prostorni kriteriji*.

2. **Infrastrukturni kriteriji**
    - Standardne instalacije laboratorija
    - Fleksibilnost instalacija
    - Sustavi upravljanja zgradom BAS i CNUS

Promjene koje su napravljene u pogledu broja podgrupa rezultat su pregrupiranja navedenih zahtjeva. Naime, većina navedenih zahtjeva opisuje standardne instalacije laboratorija što odgovara prvoj navedenoj podgrupi *Standardne instalacije laboratorija*. Kao bitan kriterij izdvojen je zahtjev za fleksibilnošću instalacija, dok je kriterij automatizacije sustava upravljanja infrastrukturnim sustavima zgrade pridodan iz *Tehnoloških zahtjeva*, kao što je dio navedenih infrastrukturnih zahtjeva koji se odnosi na održivost pridodan u grupu *Okolišna održivost*.

3. **Tehnološki kriteriji**
    - Zahtjevi laboratorijske opreme / procesa istraživanja (ventilacija, napajanje i dr.)
    - Zahtjevi specijalnih / posebnih laboratorija

Promjene koje su napravljene u pogledu broja podgrupa rezultat su pregrupiranja navedenih zahtjeva, tj. *Dodatni zahtjevi za ventilacijom* i *Zahtjevi laboratorijske opreme* su spojeni u jednu podgrupu *Zahtjevi laboratorijske opreme / procesa istraživanja*. Kriterij automatizacije sustava upravljanja infrastrukturnim sustavima zgrade pridodan je u grupu *Infrastrukturni kriteriji*, dok je zahtjev *Laboratorijski otpad* pridodan u grupu *Okolišna održivost*.

4. **Sigurnosni kriteriji**
    - Kontrola (ograničenje) pristupa
    - Zaštita od požara
    - Zone povišene razine zaštite
    - Nadzor prostora povišenog sigurnosnog rizika
    - Zaštita istraživača

Promjene koje su napravljene u pogledu broja podgrupa rezultat su primarno preimenovanja, te grupiranja navedenih zahtjeva, tj. *Zahtjev za tuševima za ispiranje očiju* i *Sigurnosne stanice* su spojeni u jednu podgrupu *Zaštita istraživača*. Dodatno, uvedena je podgrupa *Zone povišene razine zaštite* koja govori o mjerama biološke, kemijske, radiološke zaštite te zaštite od elektromagnetskog zračenja, što može predstavljati značajno ograničenje u programiranju.

5. **Kriteriji održivosti**
    - Energetska učinkovitost (zgrade i uređaji);
    - Okolišna održivost

Promjene koje su napravljene u pogledu broja podgrupa rezultat su pregrupiranja navedenih zahtjeva, tj. *Zahtjev za gospodarenje vodom* je pridružen podgrupi *Okolišna održivost*.

6. **Socijalni i društveni kriteriji**
    - Prostori interakcije znanstvenika
    - Prateći i vanjski sadržaji

Promjene koje su napravljene u pogledu broja podgrupa rezultat su preimenovanja dijela navedenih zahtjeva, tj. *Zahtjev za pratećom socijalnom infrastrukturom* preimenovan je u *Prateći i vanjski sadržaji*.

Obrazloženje ustanovljenih kriterija za programiranje znanstveno – istraživačkih sadržaja

Kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja definirani su s ciljem da se odredi stupanj interakcije između prostora, programa i korisnika. Fokusirani su na ona obilježja laboratorija i laboratorijske zgrade koja utječu na njihov međuodnos. U ovom istraživanju laboratorijska zgrada se promatra kao kompleksni prostorni sustav koji se sastoji od laboratorijskih prostora, pratećih prostora laboratorija, uredskih i zajedničkih prostora, te tehničkih prostora. Definirani kriteriji proširuju postojeću perspektivu s ciljem postizanja što kvalitetnijeg laboratorijskog prostora i same laboratorijske zgrade.

4.6 Pregled osnovnih obilježja kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja

U ovom poglavlju su detaljno pojašnjene (opisane) grupe i podgrupe utvrđenih kriterija iz prethodnog poglavlja.

1. **Arhitektonski (prostorno-funkcionalni) kriteriji**

- **Sadržajna struktura laboratorijske zgrade**

Sadržajna struktura laboratorija (prostorno-funkcionalna podjela na specifične zone) određena je planiranim istraživačkim procesima, koji pobliže definiraju prostorno-funkcionalne sklopove od kojih se laboratorij sastoji: laboratorij, prateći sadržaji laboratorija, uredski prostori, zajednički prostori, tehnički prostori i administraciju.

Laboratorijski prostor obuhvaća jedan ili više laboratorija u kojima su sukladno tehnološkom procesu istraživanja osigurani različiti prostorni zahtjevi, te oprema i instalacije nužni za obavljanje znanstvenih istraživanja.

Prateći sadržaji laboratorija su funkcionalno povezani s laboratorijima, tj. obuhvaćaju sadržaje nužne za obavljanje istraživačkih djelatnosti u laboratoriju (obično obuhvaćaju prostorije za opremu i skladištenje, prostorije za pripremu uzoraka, prostorije za pranje laboratorijskog posuđa, prostorije za sterilizaciju, spremište uzoraka).

Uredski prostori namijenjeni su uredskom radu istraživača, tj. povezani su s istraživačkim aktivnostima i radom u laboratoriju.

Zajednički prostori obuhvaćaju, prostore za odmor osoblja, garderobe i sanitarije, te predvorja i recepcije.

Tehnički prostori osiguravaju primjeren infrastrukturni standard laboratorijske zgrade. Osim prostora za smještaj instalacija obuhvaćaju i prostore za održavanje i posebno skladištenje (skladišta kemikalija i zapaljivih tekućina, skladišta za radioaktivni i biološki opasni otpad). Kod najsloženijih tehničkih zahtjeva ovaj prostorno-funkcionalni sklop uključuje i instalacijsku etažu.

Administracija – ovaj prostorno funkcionalni sklop nije izravno uključen u istraživačke aktivnosti i namijenjen je smještaju administrativnog osoblja (ukoliko je laboratorijske zgrada smještena unutar istraživačkog instituta ili sveučilišnog kampusa administracija može biti smještena u zasebnoj zgradi).

Prostorno-funkcionalni sklopovi su, vertikalno i horizontalno, povezani komunikacijama (hodnici, stubišta, dizala).

- **Prostorni kriterij (kriteriji korisne površine)**

Laboratorijski prostor se dimenzionira prema zahtjevima istraživačkog (tehnološkog) procesa, prema zahtjevima tehnološke opreme (uz osiguranje dovoljno prostora za pristup eksperimentalnom postavu i opremi za testiranje), potrebnom slobodnom prostoru uz opremu (održavanje i rad opreme) i manipulativnom prostoru na radnim pultovima, te prema broju zaposlenih u laboratoriju (m' radnog pulta po korisniku)[52].

Prateći sadržaji laboratorija - veličina svake prostorije trebala bi biti primjerena aktivnostima za koje je prostor namijenjen i za smještaj onoga što bi se u njemu trebalo pohraniti (Dahan, 2000, str. 132)[53].

Uredski prostori se dimenzioniraju prema predviđenoj sistematizaciji radnih mjesta i unutarnjem ustroju laboratorija, u skladu sa propisima kojima se regulira zaštita na radu.

[52] Laboratorijski modul širine 320-350 cm i dubine 610-1060 cm odgovara veličini laboratorija za dvije osobe, tj. jedan laboratorijski modul odgovara osnovnom radnom prostoru za jednog do tri laboratorijska korisnika (DiBernardinis et al., 2013, str. 32)
Prema *Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada NN 105/2020* minimalne svijetle visine radnih prostorija moraju iznositi:
- 3 m za prostorije u kojima su tijekom procesa rada prisutne fizikalne, kemijske odnosno biološke štetnosti
- 2,8 m za prostorije u kojima su pri radu ispunjeni zahtjevi u pogledu mikroklimatskih uvjeta, odnosno u kojima tijekom procesa rada nema štetnih fizikalnih, kemijskih odnosno bioloških štetnosti
- 2,5 m za prostorije predviđene za obavljanje administrativnih poslova
(https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_09_105_1965.html)

[53] Kao opće pravilo, za svakih 9,30 m^2 laboratorijskog prostora trebalo bi biti dostupno najmanje 0,45 m2 pratećeg laboratorijskog prostora (Dahan, 2000, str. 132).

Potrebno je predvidjeti:

- radne sobe voditelja,
- radne prostore istraživača,
- izdvojenu sobu za sastanke,
- radni prostor za doktorande

Zajednički prostori - prostori za odmor osoblja, garderobe i sanitarije se dimenzioniraju prema broju korisnika (istraživača), u skladu s propisima kojima se regulira zaštita na radu.
Tehnički prostori se dimenzioniraju prema planiranim kapacitetima skladištenja, odnosno potrebnom prostoru za vođenje instalacija ili smještaj uređaja.
Administracija se dimenzionira prema predviđenoj sistematizaciji radnih mjesta i unutarnjem ustroju laboratorija, u skladu s propisima kojima se regulira zaštita na radu.

- **Odnos prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorija**

Osnovni princip organizacije prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorija počiva na načelu da je laboratorijske i ne-laboratorijske aktivnosti potrebno odvojiti, tj. „nečiste“ laboratorijske prostore (zajedno s pratećim sadržajima laboratorija) koji mogu biti kontaminirani potrebno je planirati kao odvojene prostore od „čistih“ uredskih i zajedničkih prostora.
Laboratorijski prostor se odvaja kao prostorna cjelina, ali ga je funkcionalno i vizualno potrebno povezati s uredskim i zajedničkim prostorima.
Prateći sadržaji laboratorija su funkcionalno povezani s laboratorijima. Mogu biti integrirani u laboratorijski prostor, tj. pristup je iz laboratorijskog prostora ili mogu biti odvojeni od laboratorijskog prostora (pristup iz hodnika).
Uredski prostori namijenjeni su uredskom radu istraživača, tj. povezani su s istraživačkim aktivnostima i radom u laboratoriju. Mogu biti integrirani u laboratorijski prostor ili izdvojeni od laboratorijskog prostora.
Zajednički prostori osiguravaju primjeren standard boravka i rada u laboratorijskoj zgradi.

- Prostori za odmor osoblja su izdvojeni od laboratorijskih prostora, ali mogu biti vizualno povezani.
- Garderobe i sanitarije su izdvojene od laboratorijskog prostora, lako dostupne – smještene u blizini laboratorija. Kod višekatnih zgrada garderobe su smještene na svakoj etaži.

Tehnički prostori osiguravaju primjeren infrastrukturni standard laboratorijske zgrade. Povezuju infrastrukturu laboratorija s infrastrukturom zgrade, potrebno je osigurati pristupačnost ovim prostorima iz komunikacija kako bi se osiguralo jednostavno održavanje,

servisiranje i po potrebi izmjenjivost tehničkih sustava i instalacija (npr. pozicioniranje instalacijskih šahtova u „nečistom“ hodniku). Pristupačnost tehničkih prostora može biti direktna (iz hodnika) ili posredna (preko laboratorijskog prostora). Pristupačnost tehničkih prostora iz hodnika i komunikacija omogućuje jednostavno održavanje, servisiranje i po potrebi izmjenjivost tehničkih sustava i instalacija (bez ometanje radnog procesa u laboratoriju). Kod najsloženijih tehničkih zahtjeva to se osigurava instalacijskom etažom.

Komunikacije povezuju sve funkcionalne cjeline laboratorija, „čisti hodnici“ (povezuju uredske prostore s laboratorijskim prostorima) i „nečisti hodnici“ (povezuju laboratorijski prostor s pratećim sadržajima laboratorija) razlikuju se u pogledu minimalnih dimenzija, s minimalnom širinom hodnika od 150 cm za „čiste“ hodnike, odnosno 180 cm za „nečiste“ hodnike.

- **Fleksibilnost laboratorijskog prostora**

Fleksibilnost laboratorija označava mogućnost prilagodbe prostora promjenjivim potrebama istraživačkih procesa (npr. kod uvođenja automatizacije istraživačkog procesa) tijekom vremena bez potrebe za velikim građevinskim zahvatima. Preduvjet mogućnosti prilagodbe prostora je definiranje laboratorijskog modula – određivanje osnovne prostorne jedinice koja će omogućiti fleksibilnost i rekonfiguraciju.

Tehnološka oprema se mijenja; kada se promjene potrebe ili istraživačka pitanja potrebno je promijeniti postav laboratorija (adaptabilnost laboratorijskog prostora da se mijenja oprema i postav). Nedostatak fleksibilnosti laboratorijskog prostora može biti zbog gabarita ili prirode opreme (gabaritno velika oprema ili fiksna oprema koja se ne može micati kada se jednom postavi).

Modularnost (modularan raspored instalacija, rasvjete i namještaja) omogućuje jednostavnu primjenu tlocrtne organizacije laboratorijskog modula, te omogućuje pregrađivanje ili povezivanje više laboratorijskih modula u drugačije organiziran laboratorij otvorenog tlocrta. Na ovaj način moguće je prostor laboratorija prilagoditi različitim potrebama istraživačkog procesa (osigurana je fleksibilnost tlocrta).

Prostor za budući rast – prostorni zahtjevi se temelje na predviđenom rastu i promjenama tijekom vremena, te na prilagodbi novim tehnologijama (proširenje i mogućnost razvoja). Mogućnost prilagodbe pridonosi održivosti (smanjuje se potreba za rušenjem i ponovnom izgradnjom).

Tlocrtna forma – kružne i nepravilne tlocrtne forme neprimjerene su za tehnički složene građevine poput laboratorijskih zgrada (problem razvoda instalacija, mogućnosti pregrađivanja ili povezivanja laboratorijskih prostora). Pravilne tlocrtne forme omogućuju veću fleksibilnost.

- **Prirodna osvijetljenost**

Radni proces zahtjeva ravnomjernu rasvjetu preko cijele prostorije, uz mogućnost osiguranja prigušenog svjetla ili potpunog zamračenja kako bi se zadovoljili posebni zahtjevi tehnološke opreme ili istraživačkog procesa (primjerice kod nekih laboratorija je bitno da ima dovoljno svjetla da se može raditi oko eksperimentalnog postava, ali i da se postav može zamračiti po potrebi).

Prirodna osvijetljenost laboratorija može biti:

- direktna (pozicioniranjem laboratorija na fasadu) ili
- posredna (preko uredskih ili zajedničkih prostora ili preko komunikacija; korištenjem transparentnih pregrada između uredskih i laboratorijskih prostora).

Opći laboratoriji imaju zahtjev za osiguranjem prirodne osvijetljenosti.

- **Pristupačnost**

Elementi pristupačnosti osobama smanjene pokretljivosti određeni su propisima, koji se odnose na minimalne dimenzije komunikacija, uporabnih prostora, sanitarne prostore. Dodatni kriteriji pristupačnosti uključuju osiguranje:

- najmanje jedan pult u laboratoriju mora imati visinu radnog stola,
- najmanje jedan sudoper i digestor po katu prilagođen zahtjevima pristupačnosti,
- laboratoriji u potpunosti pristupačni bez potrebe za adaptacijom,
- kod novih zgrada i rekonstrukcija ugradnja tuševa za ispiranje očiju i sigurnosnih tuševa koji ispunjavaju zahtjeve za pristup osobama smanjene pokretljivosti.

2. Infrastrukturni kriterij

Ova grupa kriterija, ovisno o planiranim istraživanjima, definira opću razinu infrastrukturne opremljenosti planiranih sadržaja laboratorija.

- **Standardne instalacije laboratorija**

U laboratorijima trebaju biti osigurani kontrolirani uvjeti (kontrolirana i konstantna temperatura, vlaga i strujanje zraka). Tehnološka oprema je osjetljiva; svi uređaji trebaju raditi na stabilnoj temperaturi (promjenjiva temperatura može uzrokovati probleme u stabilnosti i

preciznosti instrumenta). Također, kontrolirani uvjeti su važni za eksperimente jer promjene temperature, vlage i strujanja zraka mogu utjecati na rezultat.

Sukladno zahtjevima tehnološkog procesa istraživanja i zahtjeva tehnološke opreme koji traže kontrolirane uvjete u prostoru nije dozvoljeno prirodno provjetravanje i otvaranje prozora (prozori se ne bi smjeli otvarati kao bi se izbjeglo onesposobljavanje ventilacijskog sustava, digestora, biološki sigurnosnih ormara i sl.).

Standardne instalacije u laboratoriju obuhvaćaju:

- hidrotehničke instalacije: vodovod (sustavi pripreme „čiste“ vode, sustav pripreme tople vode, vodoopskrbni razvod, unutarnja hidrantska mreža i sprinkler), odvodnja (razdvajanje standardnih otpadnih voda od laboratorijski onečišćenih i oborinskih voda);
- HVAC (klimatizacija, grijanje i hlađenje);
- sustav jake i slabe struje: priključnice uređaja 230/380 V, rasvjeta, mreža, vatrodojava, kontrola pristupa, upravljački sustavi;
- laboratorijske plinove: uređaji za generiranje plinova, plinovi u bocama, razvod plinova.

- **Fleksibilnost instalacija**

Fleksibilnost instalacija omogućuje prilagodbu prostora promjenjivim potrebama istraživačkih procesa (npr. kod uvođenja automatizacije istraživačkog procesa) tijekom vremena bez potrebe za velikim građevinskim zahvatima.

Modularan razvod instalacija – preduvjet mogućnosti prilagodbe instalacija je definiranje laboratorijskog modula – određivanje osnovne prostorne jedinice koja će osigurati njihovu fleksibilnost i omogućiti njihovu rekonfiguraciju.

Ovo je moguće osigurati modularnom koordinacijom instalacija unutar spuštenog stropa ili u instalacijskoj etaži – za najsloženije zahtjeve.

Kapacitet za budući rast – instalacije (i prostor potreban za vođenje instalacija) bi se trebale dimenzionirati tako da se uzme u obzir budući rast, tj. da se zadovolje potrebe za dodatnih 20-40% kapaciteta (predviđanje instalacija za buduće priključke).

- **Sustavi upravljanja infrastrukturom zgrade BAS, BMS i CNUS**

Sustav automatiziranog upravljanja infrastrukturom zgrade može obuhvaćati sustav automatskog upravljanja - BAS sustav (Building Automation System - sustav automatizacije

zgrade) ili sustave upravljanja kao što su BMS (Building Management System) ili CNUS (centralni nadzorni sustav upravljanja).

Glavna uloga sustava je nadzor i upravljanje mehaničkim, električnim i sigurnosnim instalacijama.

- **BAS** – Automatizirani sustav omogućuje upravljanje uvjetima u prostoru i prilagodbu uvjeta zahtjevima istraživačkog procesa (npr. ako u potpunosti treba zamračiti laboratorijski prostor za potrebe eksperimenata to se može napraviti iz centralne upravljačke jedinice), te nadzor kritične opreme (npr. zamrzivači).
- **BMS ili CNUS** – Centralni sustavi upravljanje koriste senzore i automatsko praćenje uvjeta poput temperature, vlage i tlaka, te softverske sustave za upravljanje opremom i podacima u stvarnom vremenu. Takav pristup osigurava preciznost, sigurnost i kontrolu uz optimizaciju troškova i resursa (I Raić, osobna komunikacija, 7.srpnja 2025.).

3. Tehnološki kriteriji

Tehnološka oprema traži kontrolirane uvjete u prostoru (stabilna temperatura, vlaga, strujanje zraka). Ova grupa kriterija, ovisno o planiranim istraživanjima, definira dodatne uvjete smještaja laboratorijske opreme, te nužne prilagodbe arhitektonskih i infrastrukturnih kriterija.

- **Dodatni zahtjevi laboratorijske opreme i/ili tehnološkog procesa istraživanja**

Sukladno potrebama tehnološkog procesa istraživanja mogu postojati dodatni zahtjevi za:

- lokalnom ventilacijom laboratorija; za uređaje poput digestori, nape, fleksibilnih odsisa,
- prostorom bez vibracija (smještanje opreme na stabilnim plohama dilatiranim od ostatka konstrukcije),
- nadtlakom u prostoru laboratorija (standardno je prostor laboratorija u podtlaku u odnosu na okolni prostor),
- neprekidnim napajanjem,
- dodatnom klimatizacijom (npr. hladnjaci -80),
- mračnim prostorom (npr. fluorescentni mikroskop) i dr.

- **Zahtjevi specijalnih laboratorija**

Razlikuju se od općih laboratorija zbog specifičnih zahtjeva tehnološke opreme i prostornih uvjeta kako bi se omogućio tehnološki proces istraživanja.

Zahtjevi se mogu odnositi na osiguranje:

- biološke sigurnosti (primjerice kod BSL laboratorija),

- kemijske sigurnosti
- radiološke sigurnosti
- zahtjevi za čistoćom (čiste sobe)
- zahtjevi za vibracijama

4. Sigurnosni kriteriji

Ova grupa kriterija, ovisno o planiranim istraživanjima, definira opće i pojedinačne sigurnosne kriterije planiranih sadržaja laboratorija koji mogu imati dodatne prostorne zahtjeve ili se svode na jednostavnu promjenu komponente (npr. odabir završnog materijala sa svojstvom negorivosti).

- **Kontrola (ograničenje) pristupa**

Ulazak u laboratorijski prostor je, iz sigurnosnih razloga i/ili povjerljivosti pojedinih istraživanja, kontroliran. Kontrola pristupa se najčešće provodi putem elektronskih kartica.
Određene funkcije i aktivnosti mogu se sastojati od izuzetno osjetljivih, delikatnih, opasnih i povjerljivih procesa; cirkulacija osoblja i protok uzoraka važni su za sigurno, učinkovito i zaštićeno poslovanje (Mayer, 1995, str. 55).

- **Zaštita od požara**

Odnosi se na aktivne i pasivne mjere zaštite od požara. Primjena pasivnih mjera zaštite određena je propisima i odnosi se na evakuacijske puteve, među-razmake evakuacijskih stubišta, veličine požarnih odsjeka i sl.
Primjena aktivnih mjera zaštite osim mobilnih i ručnih sustav (protupožarni aparati i hidrantska mreža) i obuhvaća:

- sustav vatrodojave, te
- sustave automatskog gašenja požara, kod kojih treba voditi računa da je sustav kompatibilan s opremom laboratorija – najčešće sustav na bazi vode, a kod server soba, arhiva, elektro-ormara i osjetljivih elektronskih uređaja sustave za gašenje plinom kako bi se zaštitila oprema.

- **Zone povišene razine zaštite**

Ovisno o opasnosti materijala s kojima se namjeravaju vršiti istraživanja potrebno je definirati prostore u kojim se primjenjuju povišene razine zaštite.

Biološka sigurnost - obuhvaća mjere zaštite od potencijalno opasnih bioloških agensa. Potrebno je odrediti razinu zaštite: od BSL-1 do BSL-4 (biosafety level).

Kemijska sigurnost - obuhvaća definiranje zona/prostora za skladištenje potencijalno opasnih kiselina, otapala i toksičnih tvari.

Radiološka sigurnost - obuhvaća mjere izolacije prostora za rad s izotopima.

Sigurnost elektromagnetskih polja – potrebno je voditi računa o razmještaju uređaja koji formiraju vlastita magnetna polja kako ne bi došlo do međusobne interferencije uređaja i/ili ometanja rada drugih elektronskih uređaja.

- **Nadzor prostora povišenog sigurnosnog rizika**

Različite razine sigurnosti zahtijevaju primjenu mjera kojima se osigurava kontinuirano praćenje stanja kako bi se pravovremeno mogle preduhitriti eventualne nepredviđene situacije. To se odnosi na prostore za:

- skladištenje plinova,
- skladištenje kemikalija,
- privremeno skladištenje laboratorijskog otpada,
- te prostore u kojima se koriste zapaljivi ili eksplozivni plinovi i/ili može doći do pojave zapaljivih para tekućina.

- **Zaštita istraživača**

Potrebni je predvidjeti sigurnosne stanice[54] - specijalizirana mjesta s hitnom opremom namijenjenom brzoj dekontaminaciji i prvoj pomoći u slučaju nezgoda s opasnim kemikalijama ili biološkim materijalima. Postavljaju se na lako dostupnim, vidljivim i neometanim rutama kako bi unesrećena osoba mogla reagirati unutar kritičnih prvih nekoliko sekundi nakon izlaganja opasnosti.

5. Kriteriji održivosti

Ova grupa kriterija, ovisno o planiranim istraživanjima, definira kriterije održivosti planiranih sadržaja laboratorija.

- **Energetska učinkovitost (zgrade i uređaji)**

Kod laboratorijskih zgrada postoji više sustava koji su odgovorni za veliku potrošnju energije:

[54] Sigurnosne stanice najčešće kombiniraju nekoliko ključnih elemenata zaštite: stanica za ispiranje očiju, sigurnosni tuš, komplet za čišćenje prolivenih kemikalija, ormarić za prvu pomoć, osobna zaštitna oprema.

sustav ventilacije (povećan broj izmjena zraka, rad 24/7), digestori i specifična laboratorijska oprema koja traži odzračivanje).

Mogućnost uštede ostvaruje se kroz:

- ugradnju visokoučinkovitih sustava grijanja, hlađenja i ventilacije,
- korištenje obnovljivih izvora energije (sunce, energija zemlje ili podzemnih voda),
- ugradnju pametnih sustava za praćenje i optimizaciju potrošnje u stvarnom vremenu,
- energetski učinkovitu ovojnicu zgrade, te
- kroz rekuperaciju topline.

Ušteda energije i resursa moguća je i grupiranjem pojedinih uređaja (npr. zamrzivači koji griju) ili osiguranjem sadržaja sa zajedničkom opremom – *„facility"* (primjer takve opreme može biti fluorescentni mikroskop koji se smješta u tamnu sobu s ventilacijom).

Raznolikost laboratorijskih zgrada ne dopušta jedinstveni koncept, svaka laboratorijska zgrada je drugačija i zahtijeva individualne strategije održivosti. Sustavi certificiranja za procjenu održivosti gradnje su uspostavljeni na međunarodnoj razini, a osiguravaju usporedivost i kvalitetu.

Postoje tri sustava certificiranja[55] koji su globalno najzastupljeniji:

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*[56]

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*[57]

DGNB - *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*[58]

Sva oprema koja se koristi u laboratoriju treba imati CE certifikat (EU), a dodatno potrebno je zadovoljiti uvjete za zeleni certifikat vezano za transport instrumenata i opreme.

[55] Osim tri najzastupljenija sustava certificiranja za procjenu održivosti gradnje postoji i europsko udruženje posvećeno razvoju, planiranju i radu održivih laboratorija i istraživačkih ustanova EGNATON (European Association for Sustainable Laboratories). Udruženje ima vlastiti sustav certificiranja održivosti laboratorijske tehnologije i opreme (EGNATON Cert). (https://www.egnaton.com/en/)

[56] LEED - sustav certificiranja održive gradnje pokrenuo je Američki savjet za zelenu gradnju; najzastupljeniji sustav certificiranja u svijetu čiji je cilj smanjenje ili uklanjanje negativnog utjecaja gradnje na okoliš; uzima u obzir sve faze životnog ciklusa zgrade. (https://www.usgbc.org/leed)

[57] BREEAM - najstariji sustav certificiranja je britanski BREEAM; primjenjuje se za nove zgrade, infrastrukturu i urbanističke planove, a služi i kao smjernica za postojeće zgrade; kao kriterije za ocjenjivanje uzima u obzir cjeloživotni vijek građevine te širok spektar utjecaja na okoliš: energiju, promet, vode, materijale, otpad, korištenje zemljišta, onečišćenje. (https://breeam.com/)

[58] DGNB - najnoviji sustav, razvio ga je Njemački savjet za održivu gradnju; obuhvaća i dodatne kriterije koji nisu zastupljeni u drugim sustavima; odnosi se na postojeće i nove zgrade; osim što uzima u obzir cjelokupni život zgrade, obuhvaća sva tri aspekta održivosti: ekološki, ekonomski te sociokulturni aspekt. (https://www.dgnb.de/en)

- **Okolišna održivost**

Okolišna održivost podrazumijeva zaštitu voda, tla i zraka od potencijalnih izvora onečišćenja koji se nalaze unutar laboratorija te sustav postupanja s otpadom:

Zaštita voda i tla

Potrebno je osigurati nepropustan sustav odvodnje otpadnih voda (fekalne, oborinske i laboratorijske) te sustav prikupljanja i zbrinjavanja otpada. Za sustav odvodnje laboratorijskih otpadnih voda potrebno je osigurati kontinuirani monitoring.

Zaštita zraka

Kako bi se zadržala kakvoća zraka potrebno je ugraditi odgovarajuće filtere za sustave ventilacije. Sustave ventilacije potrebno je kontinuirano nadzirati (osigurati kontinuirani monitoring).

Postupanje sa otpadom

Potrebno je osigurati kontrolirano prikupljanje i zbrinjavanje općeg (komunalnog) otpada te laboratorijskog otpada što obuhvaća: suhi i tekući radioaktivni otpad, opasni kemijski otpad i biomedicinski otpad. Potrebno je osigurati kontrolirani prostor za sekundarno skladištenje otpada po klasama opasnosti, te prostor za privremeno skladištenje otpada u blizini područja otpreme.

Okolišna održivost uključuje planiranje u skladu s ESG[59] certifikatom koji se, između ostalog, bavi i okolišnim parametrima.

6. Socijalni i društveni kriteriji

Socijalni i društveni sadržaji u laboratorijskim zgradama ključni su za poticanje suradnje, odmor djelatnika i razmjenu ideja istraživača. Moderne znanstvene i istraživačke zgrade više nisu samo izolirani prostori za eksperimente, već integriraju prostore koji povezuju ljude. Stavlja se naglasak unutarnju dinamiku, suradnju i dobrobit zaposlenika, te na integraciju s lokalnom zajednicom.

S ciljem osiguranja uvjeta koji će istraživačima omogućiti druženje, opuštanje i suradnju, tj. neformalne razgovore o istraživanju, formiraju se prostori koji se po aktivnostima i, sukladno tome, infrastrukturnim zahtjevima, razlikuju od laboratorijskih.

[59] ESG certifikat i ocjenjivanje potvrđuju da je poslovanje tvrtke usklađeno s održivim praksama kroz tri ključna elementa: okolišni (Environmental), društveni (Social) i upravljački (Governance) (https://www.dqsglobal.com/hr/certifikacija/esg-auditi)

- **Prostori interakcije znanstvenika**

Zajednički radni i interaktivni prostori

- Zone za neformalne sastanke i suradnju - stolovi s priključcima za prijenosna računala i pametnim pločama gdje timovi mogu zajednički analizirati podatke.
- Proširenje komunikacija – široki hodnici i stubišta s integriranim mjestima za sjedenje koji pretvaraju prolazne prostore u mjesta susreta

Prostori za prehranu i opuštanje

- Kafići i kantine – središnja mjesta okupljanja unutar zgrade koja služe prehrani, ali i kao neformalne zone za rad i druženje
- Zone za odmor i rekreaciju – sobe s društvenim igrama, sadržajima za rekreaciju kao što je npr. stolni tenis, prostori za tihi odmor nakon intenzivnog rada u laboratorijima

Edukacijski i prezentacijski sadržaji

- Polivalentni auditorij – višenamjenske dvorane za predavanja, konferencije i prezentacije znanstvenih radova.
- Izložbeni prostor – u pravilu ulazni prostor je namijenjen prezentaciji postignuća laboratorija, ali i mogućim drugim izložbama.
- Knjižnica – tihi prostor za čitanje stručne literature koji ujedno služi i kao mjesto dijeljenja znanja.

- **Prateći i vanjski sadržaji**

Obuhvaćaju sadržaje i usluge koji nisu izravno vezani za osnovu djelatnost laboratorijske zgrade, ali su bitni za zadovoljavanje društvenih, kulturnih i životnih potreba zaposlenika.

- Otvorene (zelene) površine za boravak na otvorenom i organizaciju društvenih događanja
- Sadržaji za rekreaciju – manje teretane, vježbaonice, spremišta za bicikle
- Vrtić za djecu zaposlenika

4.7 Zaključak

Poglavlje predstavlja uže područje istraživanja i bavi se definiranjem kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja s ciljem ispitivanja metodološkog okvira za programiranje laboratorija. U ovom istraživanju laboratorijska zgrada se promatra kao kompleksni prostorni sustav koji se sastoji od laboratorijskih prostora, pratećih prostora laboratorija, uredskih i zajedničkih prostora, te tehničkih prostora. Istraživanje je obuhvatilo analizu smjernica za projektiranje laboratorija koje propisuju relevantna sveučilišta, te analizu zahtjeva i potreba

korisnika kroz intervjue s istraživačima. Komparativnom analizom smjernica definirane su grupe smjernica: opće smjernice (tlocrtna organizacija, ergonomija, pristupačnost), infrastrukturne smjernice, tehnološke smjernice, sigurnosne smjernice i smjernice održivosti. Daljnjom analizom zahtjeva korisnika definirani su dodatni socijalni i društveni zahtjevi koji osiguravaju interakciju znanstvenika i istraživača, te odmor i opuštanje. Iz navedenog je vidljivo da je za funkcioniranje laboratorijskog prostora i laboratorijske zgrade nužno zadovoljiti čitav niz zahtjeva, a ovim istraživanjem standardni zahtjevi definirani smjernicama dopunjeni su socijalnim i društvenim zahtjevima, tj. socijalnim i društevnim kriterijima. Kao rezultat istraživanja izvedeni su opći koncepti za izradu arhitektonskog programa laboratorijske zgrade. Laboratorijska zgrada je promatrana kao kompleksni prostorni sustav, a definirani kriteriji proširuju postojeću perspektivu s ciljem postizanja što kvalitetnijeg laboratorijskog prostora i same laboratorijske zgrade. Temeljem provedene analize – prethodno utvrđenih zahtjeva i izdvojenih smjernica programskog karaktera definirani su kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja: arhitektonski kriteriji, infrastrukturni kriteriji, tehnološki kriteriji, sigurnosni kriteriji, kriteriji održivosti, te socijalni i društveni kriteriji. Utvrđivanjem seta kriterija relevantnih za definiranje programa laboratorijske zgrade potvrđena je hipoteza *H2 Poticajno radno okruženje laboratorijske zgrade nije rezultat samo kvalitete laboratorijskih prostora, već i programa pratećih sadržaja.* Kao rezultat provedenog istraživanja sistematizirane su suvremene potrebe i zahtjevi koji se stavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje i definirani su sveobuhvatni kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja.

5. ARHITEKTONSKI MODELI LABORATORIJA PRIRODNIH ZNANOSTI

5.1 Uvod

U ovom poglavlju istraženi su modeli laboratorija prirodnih znanosti uz utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora, tj. mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa. Poglavlje arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti predstavlja uže područje i završnu fazu istraživanja s ciljem potvrđivanja hipoteze *H3 Fleksibilnost laboratorija određena je njegovom funkcionalno tehnološkom determinantom.*

Istraživanje je obuhvatilo analizu prostornih odnosa funkcionalnih sklopova laboratorijske zgrade (laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija, uredski prostori, zajednički prostori, tehnički prostori), te utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa kroz *Katalog odabranih primjera*. Katalog odabranih primjera obuhvatio je grafičku analizu primjera, te analizu prema sistematizaciji laboratorija i prema prethodno definiranim kriterijima za programiranje.

5.2 Kriteriji za odabir primjera

Istraživanje fleksibilnosti laboratorijskih prostora i arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti provodi se kataloškom obradom odabranih primjera *(PRILOG III Katalog odabranih primjera)*.

Primjeri obuhvaćaju laboratorije prirodnih znanosti (istraživanje iz područja prirodnih znanosti predstavljaju temeljna istraživanja; ono što je istraženo na primjeru laboratorija prirodnih znanosti može se primijeniti i na druge znanstvene discipline). Primjeri su odabrani prema tlocrtnoj organizaciji laboratorijske zgrade – dvotrakt ili trotrakt, te prema tlocrtnoj organizaciji samog laboratorija (jednostruki, dvostruki ili laboratoriji otvorenog tlocrta). Birani su pregledom relevantne literature i online baze podataka. Kataloškom obradom analizirano je 12 realiziranih primjera iz Europe i svijeta.

Odabrani primjeri čine heterogenu skupinu unutar kojih je moguće pratiti sličnosti i razlike prostorno-funkcionalnih sklopova i njihovih međuodnosa. Prilikom odabira primjera u obzir je uzeta i dostupnost dokumentacije i istraživačkih materijala za analizu. Neki od odabranih primjera su posjećeni i terenski dokumentirani. Sakupljene informacije sistematizirane su u *Katalogu odabranih primjera*.

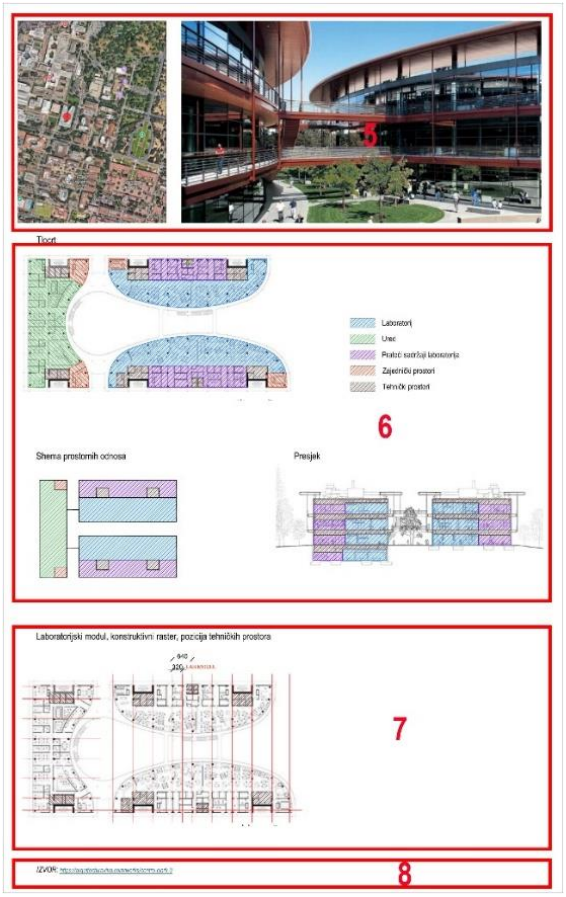
5.3 Objašnjenje kataloškog obrasca kao alata istraživanja

Odabrani primjeri analizirani su grafički, te kroz tabelarni prikaz relevantnih podataka.

Tabelarni prikaz se sastoji od općih podataka o zgradi, urbanističkih karakteristike, te karakteristika definiranih sistematizacijom laboratorija i kriterijima za programiranje (arhitektonski kriteriji i kriteriji održivosti).

Grafička analiza se sastoji iz dva dijela. U prvom dijelu su analizirani prostorno funkcionalni sklopovi laboratorijske zgrade i njihovi međusobni odnosi (laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija, uredski prostori, zajednički prostori) kroz analizu tlocrta i presjeka, te sheme prostornih odnosa. U drugom djelu je analizirana fleksibilnost laboratorijskih zgrada kroz analizu pozicije tehničkih prostora, laboratorijskog modula, konstruktivnog sustava i tlocrtne forme.

Primjeri obuhvaćeni *Katalogom odabranih primjera* u narednom poglavlju su obrađeni komparativnom analizom.



JAMES H. CLARK CENTER SVEUČILIŠTE STANFORD	02
autor	Foster&Partners
godina izgradnje	2003.
lokacija	Sveučilište Stanford, Kalifornija, SAD
namjena	laboratorij za biologiju i interdisciplinarna istraživanja
katnost	Po 3E
bruto površina	22 760 m2
tipološki razvrstaj	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekst	u istraživačkom institutu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade vrtić / zelene površine / trgovine / restorani	zelene površine, trgovine, restorani, sportski i kulturno sadržaji (unutar instituta)
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora	poluprivatni
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo privatno / javno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	nastavni i istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija (interdisciplinarna istraživanja)
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
fizička struktura laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima	ne
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran / pristup iz laboratorija / odvojen	pristup iz laboratorija
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	posredno (iz laboratorija)
instalacijska etaža	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~350 cm
svjetla visina uredskih prostora	-
prirodna rasvjeta laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna rasvjeta uredskih i zajedničkih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori	konferencijska dvorana, sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost energetski razred / certifikati LEED, BREEAM	-

Slika 48. Primjer kataloškog obrasca s istaknutim podatcima

Istraživanje je provedeno temeljem kataloške obrade prikupljenih podataka o odabranim primjerima kako bi se utvrdile sličnosti i razlike, te vrijednosti i nedostatci organizacije prostorno-funkcionalnih sklopova i njihovih međusobnih odnosa s ciljem potvrđivanja postavljene hipoteze. Kataloški obrazac organiziran je na isti način za svaki odabrani primjer kako bi se omogućila komparacija rezultata (Slika 48.).

Prikupljeni i analizirani podatci organizirani na način da su na desnoj strani opći podatci, urbanističke karakteristike, te karakteristike prema sistematizaciji laboratorija i karakteristike prema kriterijima za programiranje:

1. Opći podatci obuhvaćaju informacije o nazivu projekta, autoru, godini izgradnje, lokaciji, namjeni, katnosti, bruto površini, te tipološkom razvrstaju
2. Urbanističke karakteristike donose informacije o lokaciji, o dostupnosti usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade, o prometnoj pristupačnosti zgrade korisnicima, te o kontaktnom prostoru između zgrade i javnog prostora
3. Karakteristike prema sistematizaciji laboratorija donose informacije o vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, tlocrtnoj organizaciji laboratorijske zgrade, tlocrtnoj organizaciji laboratorija, te o laboratorijima s posebnim zahtjevima
4. Karakteristike prema kriterijima za programiranje obuhvaćaju arhitektonske kriterije i kriterije održivosti; kad arhitektonskih kriterija promatran je odnos laboratorijskog i uredskog prostora, odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija, dostupnost tehničkih prostora, instalacijska etaža, fleksibilnost laboratorijskih prostora, svjetla visina laboratorijskih i uredskih prostora, prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora, zajednički prostori, sadržaji otvoreni za javnost, te pristupačnost osobama smanjene pokretljivosti; kod kriterija održivosti promatrana je energetska učinkovitost zgrade kroz posjedovanje certifikata o održivosti

Na lijevoj strani su grafičke analize i izvori podataka:

5. U prvom dijelu grafičke analize (zona 5) prikazana je situacija, te fotografije eksterijera laboratorijske zgrade
6. Zona 6 obuhvaća grafičku analizu prostorno-funkcionalnih sklopova i njihovih međusobnih odnosa (laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija, uredski prostori, zajednički prostori) kroz analizu tlocrta karakteristične etaže i presjeka laboratorijske

zgrade gdje su jasno označeni prostorno-funkcionalni sklopovi; temeljem grafičke analize prostorno-funkcionalnih sklopova definirana je shema prostornih odnosa

7. Zona 7 obuhvaća grafičku analizu tlocrtne pozicije tehničkih prostora, laboratorijskog modula, te konstruktivnog rastera
8. U zoni 8 navedeni su izvori prikupljenih podataka i grafičkih materijala korištenih u kataloškoj obradi primjera

5.4 Arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti

5.4.1 Uvod

Giulio Carlo Argan u eseju *On Typologye of Architecture* **model** označava idealnu, univerzalnu strukturu ili koncept, dok **tip** predstavlja povijesno oblikovanu kategoriju koja proizlazi iz konkretnih društvenih i proizvodnih procesa.

Model predstavlja apstraktnu zamisao ili ideal koji ne ovisi nužno o materijalnoj izvedbi. Funkcionira kao uzor ili pravilo koje se može primijeniti na više različitih djela. **Model** se ne kopira doslovno, već se iz njega izvode različita rješenja. Argan ga opisuje kao svojevrsnu matricu.

Tip nastaje induktivno, svojevrsnim procesom redukcije kroz koji se različite formalne varijante i iskustva iz stvarnosti stapaju u zajednički korijen. (Argan, 1963.)

5.4.2 Komparativna analiza prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorijskih zgrada

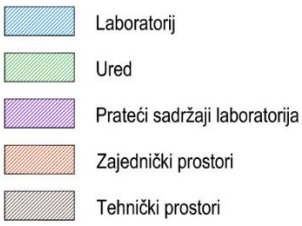
Odnos prostorno-funkcionalnih sklopova (laboratorij, prateći sadržaji laboratorija, uredski prostori, tehnički prostori i zajednički prostori) analiziran je kroz *Katalog odabranih primjera* grafičkom analizom tlocrta karakteristične etaže i presjeka laboratorijske zgrade.

Primjeri su analizirani prema tipologiji (linearna organizacija, centralna organizacija, organizacija u obliku češlja) i prema tlocrtnoj organizaciji (dvotrakt ili trotrakt). Promatrani su opći laboratorijski prostori, tj. opći prostorno-funkcionalni sklop, posebni zahtjevi pojedinih specijaliziranih laboratorija nisu se razmatrali.

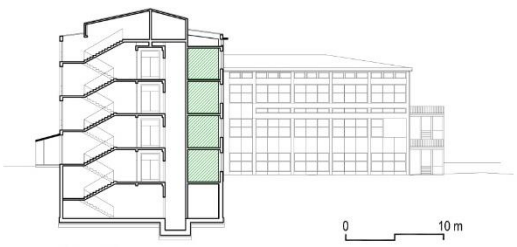
Temeljem grafičke analiza funkcionalnih sklopova laboratorijske zgade definirane su sheme prostornih odnosa, a temeljem shema prostornih odnosa definirani su teoretski modeli laboratorija prirodnih znanosti.

U nastavku istraživanja je komparativna analiza primjera, tj. komparativna analiza prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorijskih zgrada i shema prostornih odnosa čiji je cilj utvrđivanje modela laboratorija prirodnih znanosti. Modeli predstavljaju teoretski doprinos što je baza za buduće arhitektonsko djelovanje, a promatrat će se kao uzor koji se može primijeniti na različita prostorna rješenje. Definirani modeli proširuju postojeću perspektivu s ciljem postizanja što kvalitetnijeg prostora laboratorija i laboratorijske zgrade. Objašnjavaju prostorne odnose i procese korištenja zgrade, a ne njene oblikovne karakteristike.

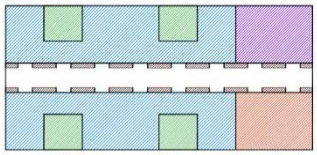
Katalogom odabranih primjera grafički su analizirani sljedeći prostorno-funkcionalni sklopovi[60]:



Tablica XVII. Komparativna analiza primjera – analiza prostorno-funkcionalnih sklopova

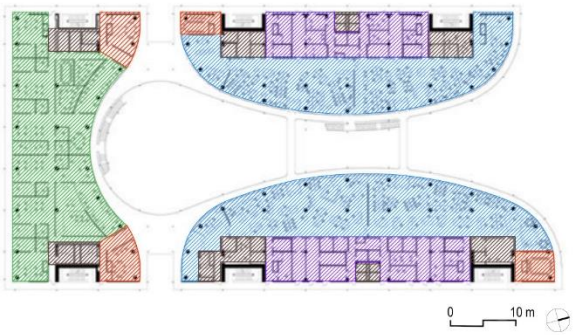
01 KRILO V, INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB	
 	**ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA** - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora – pristup u ured iz laboratorija - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz hodnika - Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno) - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – Direktno - Zajednički prostori – pristup iz hodnika - Tlocrtna organizacija - dvotrakt - Primarna zona (uz fasadu) – laboratoriji i uredi - Sekundarna zona (hodnik) – tehnički prostori / instalacije - Instalacijska etaža – ne

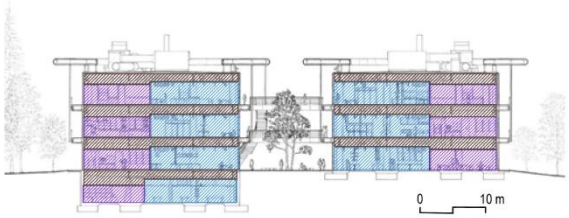
[60] Administracija se neće razmatrati u ovoj analizi zbog toga što nije direktno vezana za istraživačke aktivnosti, i ovisno o lokaciji laboratorijske zgrade (unutar kampusa ili u urbanom kontekstu) može se nalaziti izvan same laboratorijske zgrade.



SHEMA PROSTORNIH ODNOSA
- Organizacija oko središnje komunikacije - hodnika
- Laboratoriji s obje strane hodnika, pristup u urede iz laboratorija; u sredini tehnički i servisni prostori
- Prateći sadržaji laboratorija izdvojeni od laboratorija – pristup iz hodnika
- Tehnički prostori raspoređeni u tlocrtu

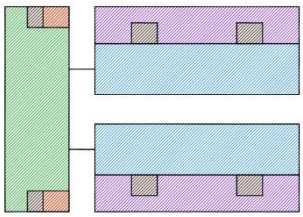
02 JAMES H. CLARK CENTER, SVEUČILIŠTE STANFORD





ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA
- Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
- Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija
- Dostupnost tehničkih prostora – iz laboratorija (posredno)
- Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno
- Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika

- Tlocrtna organizacija - dvotrakt
- Primarna zona (uz fasadu) – laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija i uredi
- Instalacijske etaža – ne



SHEMA PROSTORNIH ODNOSA
- Zoniranje - izdvojene prostorne cjeline

1. laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori (pristup u prateće sadržaje laboratorija i tehničke prostore iz laboratorija)
2. uredi i zajednički prostori

- Tehnički prostori grupirani u tlocrtu

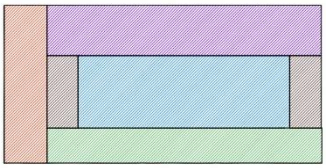
03 LIFESCIENCE BUILDNIG, SVEUČILIŠTE U WASHINGTONU





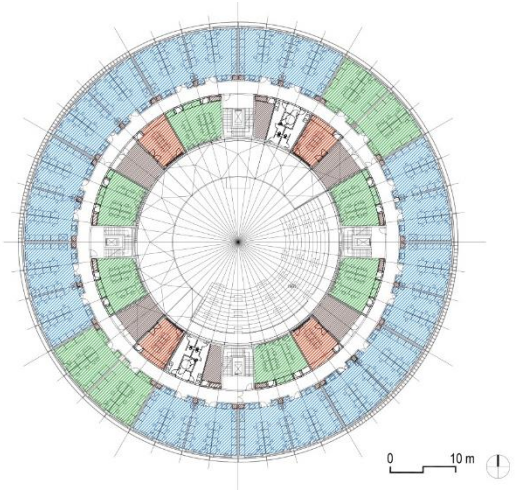
ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA
- Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
- Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija
- Dostupnost tehničkih prostora – iz laboratorija (posredno)
- Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – posredno
- Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika

- Tlocrtna organizacija - trotrakt
- Primarna zona (uz fasadu) – laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija i uredi
- Instalacijske etaža – da



SHEMA PROSTORNIH ODNOSA
- Zoniranje - zona s uredima, središnja zona s laboratorijima i zona s instrumentalnim sobama
- Tehnički prostori grupirani u tlocrtu

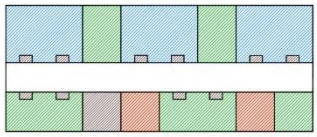
04 INOVACIJSKI CENTAR ZA BIO ZNANOSTI, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU





ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA
- Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
- Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija
- Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno)
- Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno
- Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika

- Tlocrtna organizacija - dvotrakt
- Primarna zona (uz fasadu) – laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija i uredi
- Instalacijske etaža – ne



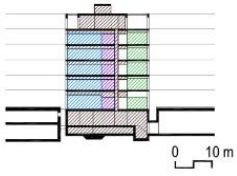
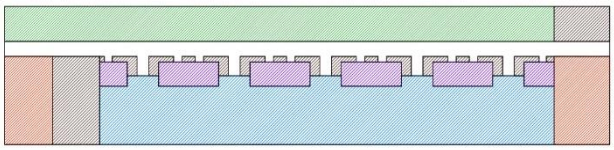
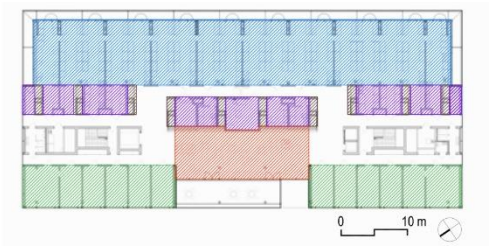
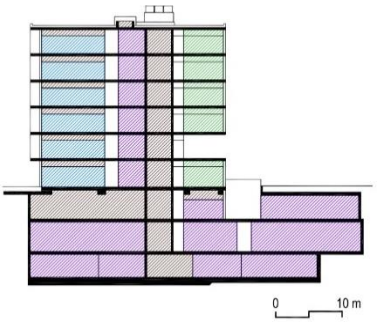
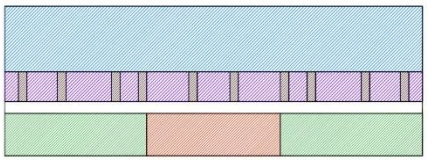
SHEMA PROSTORNIH ODNOSA
- Organizacija oko središnje komunikacije - hodnika
- Laboratoriji, uredi, prateći sadržaji laboratorija, tehnički prostori - u linearnom nizu
- Tehnički prostori raspoređeni u tlocrtu

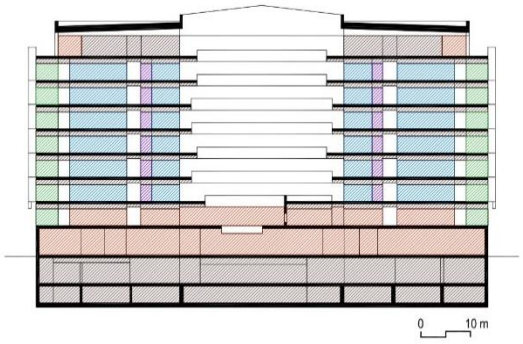
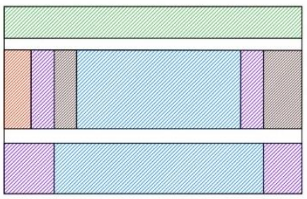
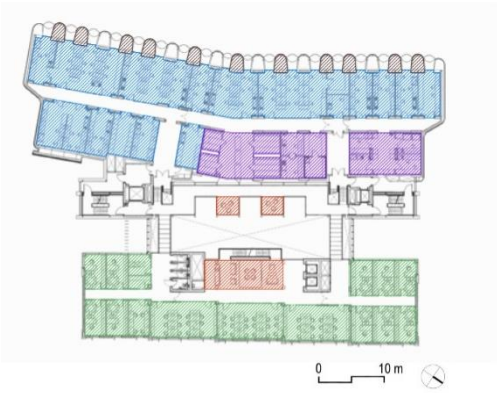
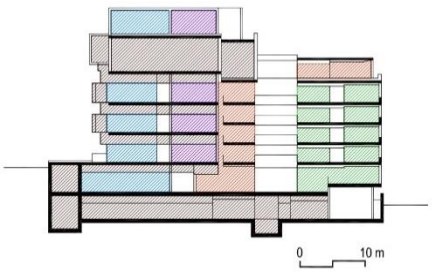
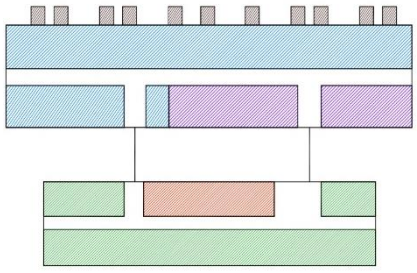
05 ZGRADA HCI, ETH ZÜRICH



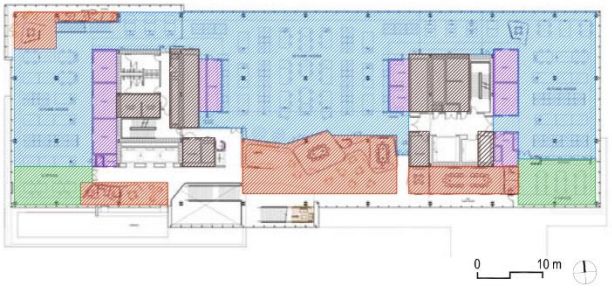
ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA
- Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
- Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup iz laboratorija
- Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno)
- Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu i grupirani u tlocrtu
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno
- Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika

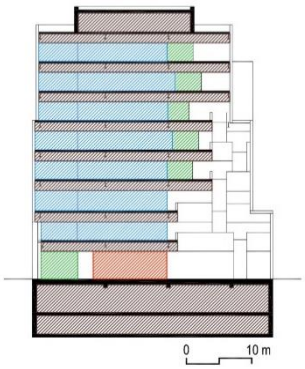
- Tlocrtna organizacija - dvotrakt
- Primarna zona (uz fasadu) – laboratoriji i uredi

	- Sekundarna zona (hodnik) – prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori / instalacije - Instalacijska etaža – da
	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** - Organizacija oko središnje komunikacije - hodnika - Laboratoriji s jedne strane hodnika, a uredi s druge strane hodnika; u sredini su servisni / tehnički prostori i prateći sadržaji laboratorija - Tehnički prostori raspoređeni u tlocrtu
06 ZGRADA HPL, ETH ZÜRICH	
	**ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA** - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija i iz hodnika - Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno) - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
	- Tlocrtna organizacija - trotrakt - Zona s laboratorijima, središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s uredima i zajedničkim sadržajima - Instalacijska etaža – da
	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** - Zoniranje - zona s laboratorijima, središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s uredima i zajedničkim sadržajima - Tehnički prostori raspoređeni u tlocrtu
07 BIOMEDICUM, STOCKHOLM	
	**ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA** - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija i iz hodnika - Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno) - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno i posredno - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno - Zajednički prostori – pristup iz hodnika - Tlocrtna organizacija - trotrakt - Zona s uredima, središnja zona s laboratorijima, pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s

	laboratorijima i pratećim sadržajima laboratorija - Instalacijska etaža – da
	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** - Zoniranje - zona s uredima, središnja zona s laboratorijima, pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s laboratorijima i pratećim sadržajima laboratorija - Tehnički prostori grupirani u tlocrtu
08 LIFESCIENCE BUILDING, SVEUČILIŠTE U BRISTOLU	
	**ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA** - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz hodnika - Dostupnost tehničkih prostora – iz laboratorija (posredno) - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno i posredno - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
	- Tlocrtna organizacija – dvotrakt - Zona s laboratorijima - organizacija oko središnje komunikacije – laboratoriji s tehničkim prostorima s jedne strane i laboratoriji i prateći sadržaji laboratorija s druge strane hodnika - Zona s uredima - organizacija oko središnje komunikacije – uredi s jedne strane i uredi sa zajedničkim sadržajima s druge strane hodnika
	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** - Zoniranje - izdvojene prostorne cjeline 1. laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori (pristup u prateće sadržaje laboratorija iz hodnika, pristup u tehničke prostore iz laboratorija) 2. uredi i zajednički prostori - Tehnički prostori raspoređeni u tlocrtu

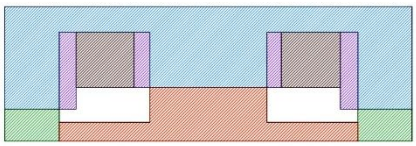
09 NOVARTIS, CAMBRIDGE





ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA
- Laboratorijski prostor integriran s uredskim prostorom
- Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija
- Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno)
- Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno
- Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika

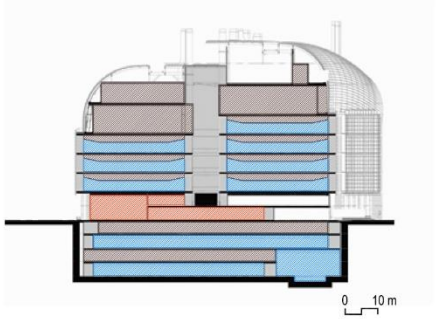
- Tlocrtna organizacija - trotrakt
- Zona s laboratorijima, središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s uredima i zajedničkim sadržajima
- Instalacijske etaža – da



SHEMA PROSTORNIH ODNOSA
- Zoniranje - zona s laboratorijima (dio ureda je integriran u laboratorije), središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s uredima i zajedničkim sadržajima
- Tehnički prostori raspoređeni u tlocrtu

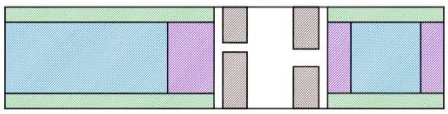
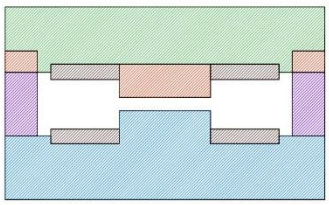
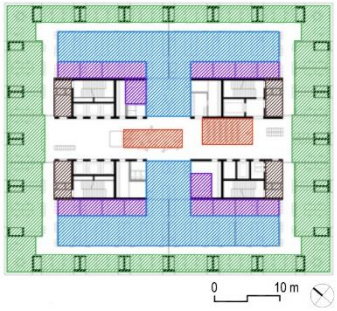
10 THE FRANCIS CRICK INSTITUTE, LONDON

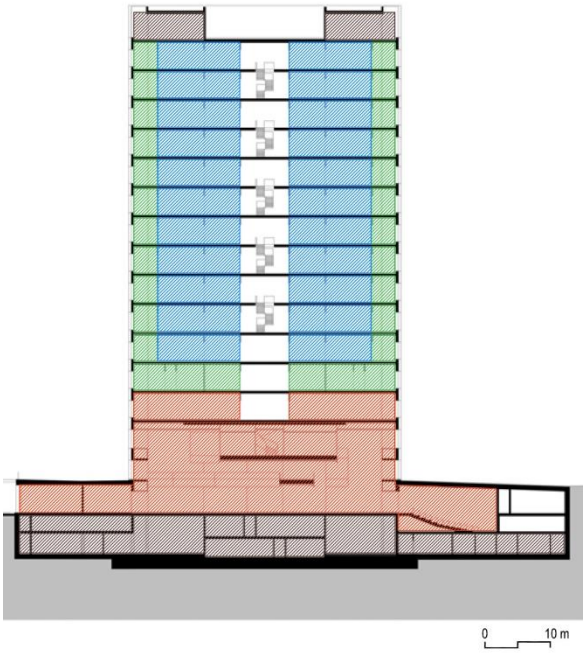
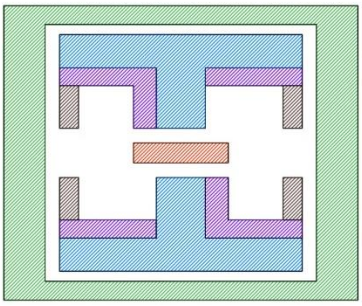




ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA
- Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
- Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija i iz hodnika
- Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno)
- Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora –posredno
- Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika

- Tlocrtna organizacija – trotrakt
- Zona s uredima, središnja zona s laboratorijima, pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s uredima
- Instalacijska etaža – da

	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** -Zoniranje - zona s uredima, središnja zona s laboratorijima, pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s uredima -Tehnički prostori grupirani u tlocrtu
11 PHYSICS GARDEN 3, BASEL	
	**ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA** - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz hodnika - Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno) i iz laboratorija (posredno) - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – direktno - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno i posredno - Zajednički prostori – pristup iz hodnika - Tlocrtna organizacija - trotrakt - Zona s uredima i zajedničkim prostorima, središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima i zona s laboratorijima - Instalacijska etaža – da
	
	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** - Zoniranje - zona s uredima, središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija, tehničkim prostorima, zajedničkim prostorima i zona s laboratorijima - Tehnički prostori grupirani u tlocrtu
12 BIOZENTRUM, SVEUČILIŠTE U BASELU, BASEL	
	**ODNOS PROSTORNO-FUNKCIONALNIH SKLOPOVA** - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija - Dostupnost tehničkih prostora – iz hodnika (direktno) - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – posredno - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno i posredno - Zajednički prostori – pristup iz hodnika - Centralna organizacija – kružna veza - Centralna zona sa zajedničkim sadržajima; od centra

	prema obodu zone sa tehničkim prostorima, zona s laboratorijima i pratećim sadržajima laboratorija, uz fasadu uredi - Instalacijska etaža – da
	**SHEMA PROSTORNIH ODNOSA** - Zoniranje – kružna veza, zona s uredima po obodu, središnja zona s laboratorijima, pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima - Centralna zona sa zajedničkim sadržajima - Tehnički prostori grupirani u tlocrtu

Osvrt na komparativnu analizu primjera

Analiza primjera je obuhvatila laboratorije prema tipološkom razvrstaju (linearna organizacija, centralna organizacija, organizacija u obliku češlja) i tlocrtnoj organizaciji (dvotrakt ili trotrakt). Analizom su istraženi odnosi prostorno-funkcionalnih sklopova.

Analiza pokazuje da tipološki razvrstaj i tlocrtna organizacija izravno utječu na prostorno-funkcionalni sklop, komunikacijske tokove, na tehnološku prilagodljivost, te na fleksibilnost laboratorijskih prostora. Primjerice, kod dvotrakta i linearne organizacije nema jasne podjele na prostorno-funkcionalne sklopove, a sukladno time ni podjele na „čiste“ i „nečiste“ prostore i komunikacije. Kod tlocrtne organizacije u formi trotrakta moguće je razdvajanje prostorno-funkcionalnih sklopova na zone čime se omogućuje lakša prilagodba promjenjivim zahtjevima istraživačkog procesa.

Analizom je utvrđena sljedeća organizacija prostorno – funkcionalnih sklopova:

- Linearna organizacija – dvotrakt i trotrakt
- Centralna organizacija

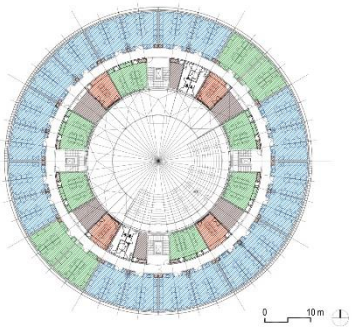
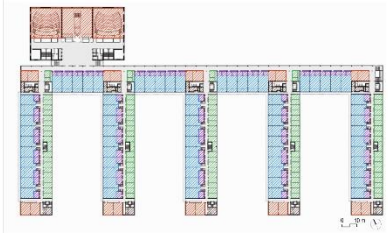
Analizom presjeka utvrđeno je kako se pojavljuju primjeri laboratorijskih zgrada s instalacijskom etažom ili bez instalacijske etaže.

Analiza prostorno-funkcionalnog sklopa na karakterističnoj etaži laboratorijske zgrade

Dvotrakt podrazumijeva tlocrtnu organizaciju u kojoj su laboratorijski sklopovi smješteni uz vanjske zidove s obje strane središnjeg hodnika (nizanje prostorija duž hodnika).

Unutar tlocrtne organizacije dvotrakta, analizom primjera utvrđena je sljedeća organizacija prostorno - funkcionalnih sklopova:

Tablica XVIII. Tlocrtna organizacija – dvotrakt

		
1	**2**	**3**

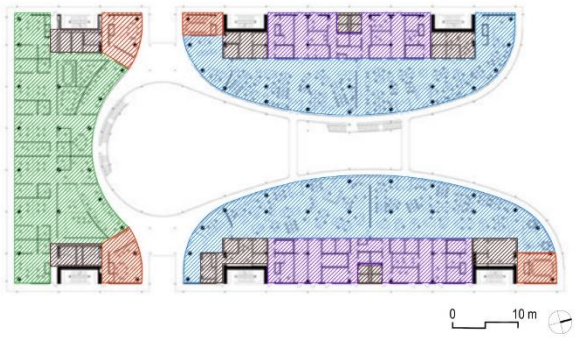
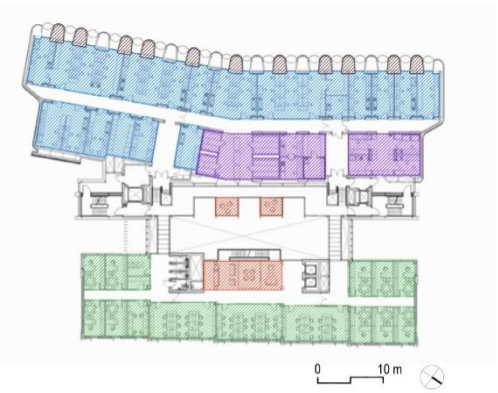
1. Nizanje laboratorijskih prostora - u primarnoj zoni uz vanjske zidove, s obje strane hodnike, smješteni su laboratorijski i uredski prostori, laboratorijski prostor odvojen je od uredskih prostora; u urede se pristupa iz laboratorija
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz hodnika
   - U sekundarnoj zoni, u hodniku su smješteni instalacijski šahtovi i tehnički prostori
   - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora – direktno

2. Tlocrtna organizacija bez zoniranja – nizanje prostorno – funkcionalnih sklopova uz središnji hodnik
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora i od pratećih sadržaja laboratorija

- Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
- Zajednički prostori – pristup iz hodnika
- Direktna prirodna osvijetljenost laboratorijskih, te uredskih i zajedničkih prostora

3. Zonska organizacija – laboratorijski i uredski prostori su na suprotnim stranama hodnika; laboratoriji i uredi su smješteni u primarnoj zoni, uz fasadu; u sekundarnoj zoni, u hodniku su smješteni prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori (zoniranje prostorno – funkcionalnih sklopova, ne i komunikacija)
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora i od pratećih sadržaja laboratorija; pristup je iz hodnika (u laboratorijski prostor, urede i prateće sadržaje laboratorija)
   - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno; na rubovima hodnika tehnički prostori su grupirani
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora – direktno

Tablica XIX. Tlocrtna organizacija dvotrakt – formiranje blokova

	
4a	**4b**

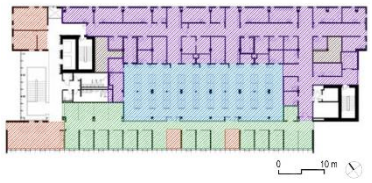
4. a) Formiranje blokova – izdvojeni blok s laboratorijskim prostorima od onog s uredskim i zajedničkim prostorima
   - Blok laboratorijskih prostora, pratećih sadržaja laboratorija i tehničkih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija

- Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz laboratorija – posredno
- Blok s uredskim i zajedničkim prostorima
- Prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora – direktno
- Odnos laboratorijskog i uredskog bloka po visini – jednaka visina etaže kod oba bloka

4. b) Formiranje blokova – izdvojeni blok s laboratorijskim prostorima od onog s uredskim i zajedničkim prostorima
   - Blok laboratorijskih prostora, pratećih sadržaja laboratorija i tehničkih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz hodnika
   - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz laboratorija – posredno
   - Blok s uredskim i zajedničkim prostorima
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora – direktno
   - Odnos laboratorijskog i uredskog bloka po visini – različita visina etaže kod laboratorijskog i kod uredskog bloka

Trotrakt podrazumijeva tlocrtnu organizaciju s dvostrukim hodnikom i središnjom zonom. Prostorije su orijentirane prema vanjskim zidovima, komunikacije se protežu uzduž objekta formirajući središnju zonu (zoniranje – tlocrt je podijeljen u zone).
Unutar tlocrtne organizacije trotrakta, analizom primjera utvrđena je sljedeća organizacija prostorno - funkcionalnih sklopova:

Tablica XX.. Središnja zona s laboratorijskim prostorom

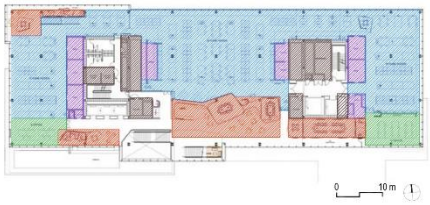
		
1	**2**	**3**

1. Središnja zona s laboratorijskim prostorom, s jedne strane su uredski prostori, a s druge strane prateći sadržaji laboratorija
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija
   - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu, dostupnost tehničkih prostora iz laboratorija – posredno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – posredno
   - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno

2. Središnja zona s laboratorijskim prostorima uz koje su grupirani prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori, s jedne strane su uredski prostori, s druge strane laboratorijski prostori
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija i iz hodnika
   - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora, uredskih i zajedničkih prostora – direktno

3. Centralna zona s laboratorijskim prostorima uz koje su grupirani prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori, s jedne strane su uredski prostori, s druge strane laboratorijski prostori
   - Laboratorijski prostor integriran s uredskim prostorom
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija
   - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora – direktno

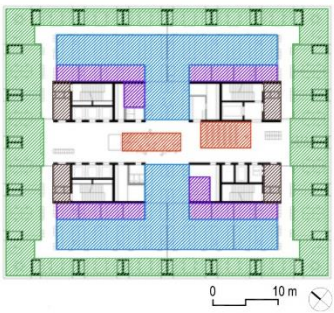
Tablica XXI. Središnja zona s tehničkim prostorima i pratećim sadržajima laboratorija

		
4	**5**	

4. Središnja zona s pratećim sadržajima laboratorija i tehničkim prostorima, s jedne strane su uredski prostori, s druge strane laboratorijski prostori
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija i iz hodnika
   - Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih, uredskih i zajedničkih prostora – direktno

5. Središnja zona sa zajedničkim i tehničkim prostorima, te pratećim sadržajima laboratorija, s jedne strane su uredski prostori, s druge strane laboratorijski prostori
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz hodnika
   - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih i uredskih prostora – direktno
   - Prirodna osvijetljenost zajedničkih prostora – posredno

Tablica XXII. Centralna organizacija – kružna veza



6

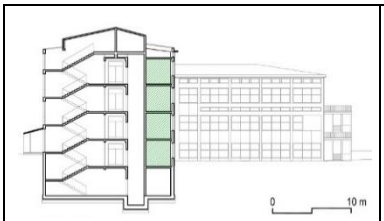
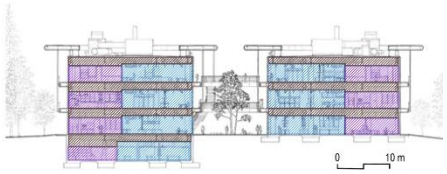
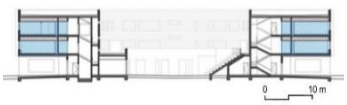
6. Centralna organizacija – kružna veza; centralna zona sa zajedničkim sadržajima (tlocrt je organiziran sa zajedničkim sadržajima kao centrom komunikacija); od centra prema obodu zona s tehničkim prostorima, zona s laboratorijima i pratećim sadržajima laboratorija, uz fasadu uredi)
   - Laboratorijski prostor odvojen od uredskih prostora
   - Laboratorijski prostor odvojen od pratećih sadržaja laboratorija – pristup u prateće sadržaje iz laboratorija
   - Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu; dostupnost tehničkih prostora iz hodnika – direktno
   - Zajednički prostori – pristup iz hodnika
   - Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora – posredno
   - Prirodna osvijetljenost uredskih i zajedničkih prostora – direktno i posredno

Analizom primjera istraženi su odnosi prostorno-funkcionalnih sklopova. Temeljem tlocrtne organizacije (dvotrakt ili trotrakt) prepoznaju se različiti prostorni odnosi funkcionalnih sklopova. Analizom primjera definirane su dvije osnove grupe koje će unutar sebe imati različite podgrupe: organizacija oko središnjeg hodnika i zoniranje (središnja zona sa sadržajima s jedne i druge strane).

Analiza prostorno-funkcionalnog sklopa u presjeku laboratorijske zgrade

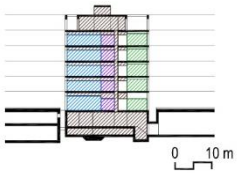
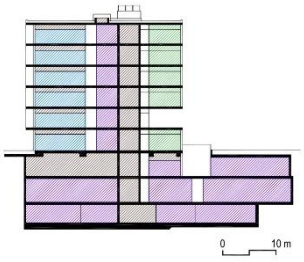
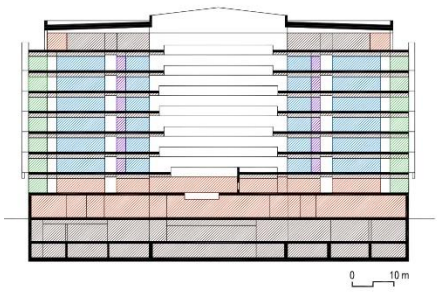
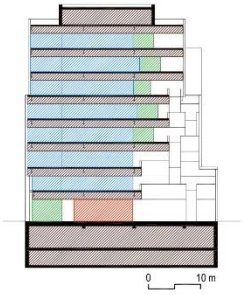
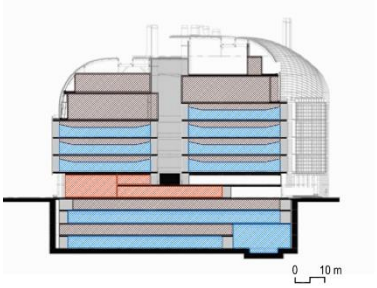
Analizom presjeka utvrđeno je kako se pojavljuju primjeri laboratorijskih zgrada s instalacijskom etažom ili bez instalacijske etaže.

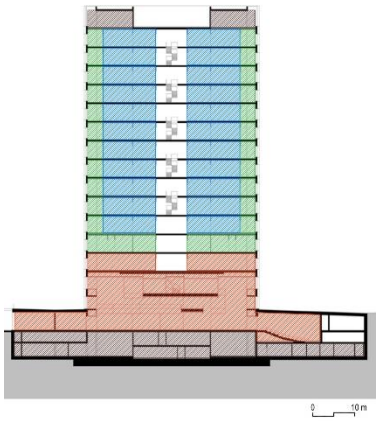
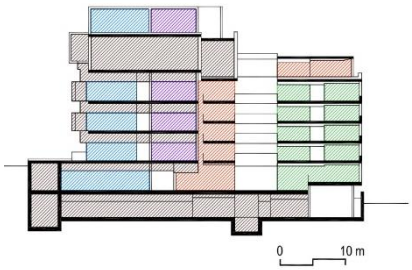
Tablica XXIII. Laboratorijske zgrada bez instalacijske etaže

		
1a	**1b**	**1c**

Laboratorijske zgrada bez instalacijske etaže (1a, 1b i 1c) prikladnija je za laboratorije s nižim stupnjem tehnološke zahtjevnosti; razvod instalacija se rješava unutar spuštenog stropa ili kroz vidljive stropne razvode. Ova prostorna organizacija nudi niže troškove izgradnje, ali može limitirati fleksibilnost prostora pri kasnijim prenamjenama.

Tablica XXIV. Laboratorijske zgrada s instalacijskom etažom

		
1	**2**	**3**
		
4	**5**	**6**

		
7	**8**	**9**

Laboratorijske zgrade s instalacijskom etažom (1-9) prikladnije su za laboratorije s višim stupnjem tehnološke zahtjevnosti. Instalacijska etaža povećava investicijske troškove i ukupnu visinu zgrade, no omogućuje održavanje, izmjene i nadogradnje tehničkih sustava bez prekidanja rada u samom laboratoriju.

Kod analiziranih primjera laboratorijskih zgrada s instalacijskom etažom (1-9) pojavljuje se sljedeća zoniranje po etažama:
- podrum – tehnički prostori i teška oprema
- srednje etaže – laboratorijski prostori (fleksibilni moduli)
- krovna etaža – tehnički prostori

Različiti tehnološki zahtjevi „čistih“ i „nečistih“ laboratorijskih prostora uvjetuju raspored etaža, visinu stropova i zoniranje instalacija. Nesrazmjer visina između uredskih i laboratorijskih prostora može predstavljati izazov pri organizaciji presjeka laboratorijske zgrade. Dok uredi zahtijevaju manju svijetlu visinu, laboratoriji traže znatno veći prostor zbog kompleksnih tehničkih sustava. Problem može nastati ako se uredi i laboratoriji nalaze na istoj etaži (jedan pored drugoga), gdje se cijela etaža podredi visini laboratorija, uredi postaju neekonomični za gradnju i grijanje/hlađenje, te mogu djelovati neproporcionalno. Jedno od mogućih rješenja je zoniranje po vertikali, gdje se zgrada u presjeku dijeli na uredski trakt i laboratorijski trakt, pa unutar volumena zgrade 3 etaže laboratorija odgovaraju visini od 4 etaže ureda (slika 9).

5.4.3 Definiranje arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti

Arhitektonski modeli izvedeni iz analize primjera konkretiziraju pravila, prostorne odnose i arhitektonska načela uočena analizom postojećih laboratorijskih zgrada. Karakterizira ih selektivnost i apstrakcija, ne predstavljaju fizički prikaz određene zgrade, već u prvi plan stavljaju koncept koji se analizira (odnos prostorno-funkcionalnih sklopova). Usmjereni su na odnose prostorno-funkcionalnih sklopova, a ne na zgradu kao objekt.
Kategoriziraju tipologiju analiziranih primjera što ih čini primjenjivim na nove projekte. Modeli su izvedeni iz analize primjera kroz strukturirani proces rastavljanja odabranih laboratorijskih zgrada na sastavne dijelove kako bi se prepoznale zakonitosti koje se mogu dalje primjenjivati. Služe za razumijevanje prostornih, funkcionalnih i tehnoloških rješenja.
Analitički dio je obuhvatio analizu prostorne organizacije (mapiranje odnosa između prostorno-funkcionalnih sklopova), te analizu geometrije i proporcija (raster, laboratorijski modul). Temeljem provedene analize izrađeni su dijagrami – sheme prostornih odnosa (konceptualni modeli). Prepoznata su temeljna načela koja su pretvorena u apstraktne modele koji više ne prikazuju konkretnu zgradu iz analize, već njena načela.

Kriteriji generiranja modela proizašlih iz analize primjera temelje se na prepoznavanju pravila koja utječu na postojeću arhitekturu, tj. na apstrakciji i transformaciji prostornih načela.
Kriteriji su grupirani u sljedeće kategorije:

- Prostorni kriterij – definiranje geometrijskih odnosa i proporcije (modularni sustav), prostorna hijerarhija (identificiranje glavnih i pomoćnih prostora, te njihov međusobni odnos), apstrakcija forme (svođenje složene laboratorijske zgrade na osnovne volumene)
- Funkcionalni i programski kriterij – zoniranje unutar volumena zgrade
- Strukturalni kriterij – konstruktivni raster i konstruktivni sustav

Modeli u znanstvenom kontekstu predstavljaju skup teorijskih pravila (govore o odnosu arhitektonske forme, tehnologije i znanstvenog istraživanja), definiraju tipološke zakonitosti (definiranje tipoloških konstanti kod suvremenih laboratorijskih zgrada), te omogućuju razumijevanje kako promjena parametara utječe na prostorno – funkcionalni sklop (koriste se podaci kako bi se predvidjela funkcionalnost i održivost laboratorijske zgrade).

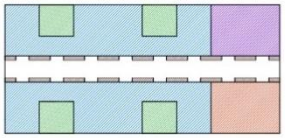
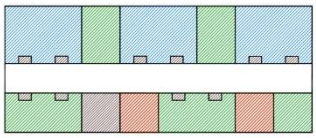
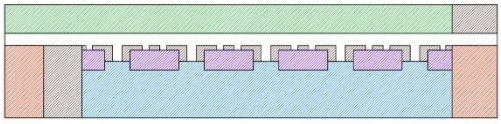
Temeljem analize shema prostornih odnosa definirani su i sistematizirani modeli laboratorija prirodnih znanosti. Analizirani su sljedeći prostorno-funkcionalni sklopovi:



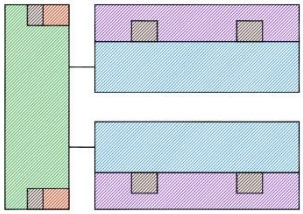
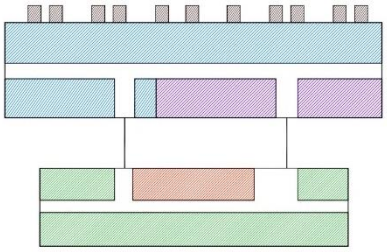
Sheme prostornih odnosa i arhitektonski modeli sistematizirani su na sljedeći način:

1. Organizacija oko središnje komunikacije – hodnika

Tablica XXV. Organizacija oko središnje komunikacije

		
1a	**1b**	**1c**

Tablica XXVI. Formiranje blokova – laboratorijski blok i uredski blok

	
1d	

1a – laboratoriji s obje strane komunikacije, pristup u urede iz laboratorija; tehnički prostori u sredini (u sekundarnoj zoni – u hodniku)

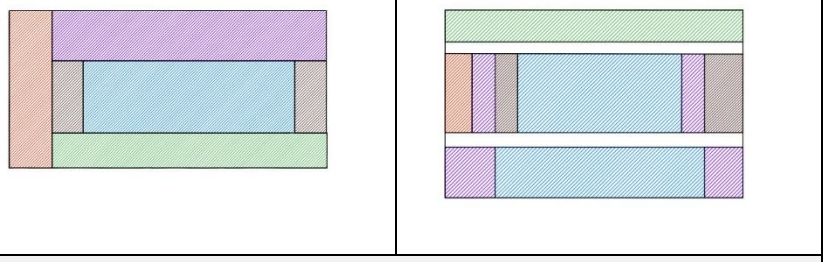
1b – prostorni sklopovi složeni u linearnom nizu s obje strane komunikacije – laboratoriji, uredi, prateći sadržaji laboratorija, tehnički prostori, zajednički prostori

1c – zonska organizacija oko središnje komunikacije – laboratoriji s jedne strane, a uredi s druge strane komunikacije; prateći sadržaji laboratorija i tehnički prostori u sredini (u sekundarnoj zoni – u hodniku)

1d – formiranje blokova – blok s laboratorijima i pratećim sadržajima laboratorija i blok s uredima i zajedničkim prostorima

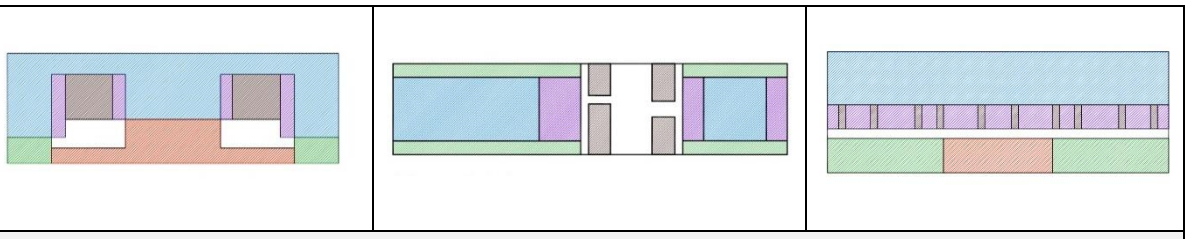
2. Zonska organizacija

Tablica XXVII. Središnja zona s laboratorijskim prostorom



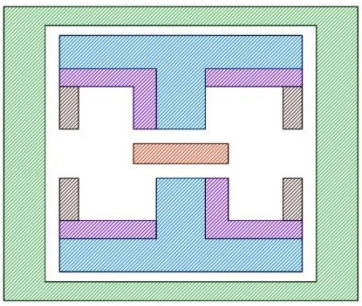
2a

Tablica XXVIII. Središnja zona s tehničkim prostorom i pratećim sadržajima laboratorija



2b

Tablica XXIX. Središnja zona sa zajedničkim sadržajima



2c

2a – središnja zona s laboratorijskim prostorom i tehničkim prostorima, u vanjskim zonama su uredi, prateći sadržaji laboratorija i zajednički prostori

2b – središnja zona s tehničkim prostorima i pratećim sadržajima laboratorija, u vanjskim zonama su laboratoriji, uredi i zajednički prostori

2c – središnja zona sa zajedničkim sadržajima; od centra prema obodu su zone s tehničkim prostorima, zona s laboratorijima i pratećim sadržajima laboratorija, uz fasadu su uredi

5.4.4 Zaključak

Laboratorijski prostori i prateći sadržaji laboratorija razlikuju se od uredskih i zajedničkih prostora po aktivnostima koje se obavljaju u tim prostorima, a slijedom toga i prema infrastrukturnim zahtjevima. Različiti tehnološki zahtjevi „čistih“ i „nečistih“ laboratorijskih prostora uvjetuju prostornu organizaciju zgrade kako u tlocrtu, tako i u presjeku (visina etaže i zoniranje instalacija). Analiza pokazuje da tipološki razvrstaj i tlocrtna organizacija izravno utječu na prostorno-funkcionalni sklop, komunikacijske tokove, na tehnološku prilagodljivost, te na fleksibilnost laboratorijskih prostora.

Temeljem daljnje analize prema shemama prostornih odnosa utvrđena su dva osnovna programska modela organizacije – organizacija oko središnje komunikacije – hodnika i zonska organizacija. Zonska organizacije omogućuje odvajanje laboratorijskih i nelaboratorijskih aktivnosti, tj. omogućuje odvajanje prostora različitih infrastrukturnih zahtjeva.

Kod organizacije oko središnje komunikacije u pravilu nema jasne podjele na prostorno-funkcionalne sklopove, dok zonska organizacija omogućuje odvajanje prostorno-funkcionalnih sklopova i zoniranje po vertikali što olakšava prilagodbu prostora promjenjivim zahtjevima istraživačkog procesa.

5.5 Fleksibilnost laboratorijskih prostora

5.5.1 Uvod

Modularnost i fleksibilnost osiguravaju da se prostor može rekonfigurirati ili ponovno koristiti tijekom vremena, što pridonosi održivosti, smanjujući otpad i potrebu za novom gradnjom. (Djukanovic et al., 2025).

Steven Groák u svojoj knjizi *The Idea of Building* opisuje adaptabilnost kao prostor koji se može koristiti na različite načine, uglavnom bez fizičkih promjena; adaptabilnost se temelji na pitanjima uporabe prostora. Fleksibilnost se postiže promjenom fizičke strukture zgrade (npr. spajanjem jedinica, njihovim proširenjem ili kliznim pregradama). Fleksibilnost se odnosi na unutarnje i vanjske, privremene i trajne promjene. (Groák, 1992, str. 15-17)

Fleksibilna arhitektura ima brojne prednosti – ostaje dulje u upotrebi, bolje odgovara svojoj namjeni, prilagođava se iskustvu i intervenciji korisnika, lakše koristi prednosti tehničkih inovacija, a ekonomski i ekološki je održivija (Kronenburg, 2005).

5.5.2 Definiranje parametara fleksibilnosti laboratorijskih prostora

Fleksibilnost laboratorijskog prostora omogućuje prilagodbu radnog prostora promjenama u laboratorijskoj opremi i tehnološkom procesu istraživanja.

Sukladno navedenoj definiciji fleksibilnost laboratorijskih prostora je definirana kao:

1. **Visoka razina fleksibilnosti** – jednostavna zamjena opreme, modularan razvod instalacija s unaprijed konfiguriranim sustavima koji omogućuju trenutačno spajanje, premještanje ili nadogradnju opreme
2. **Srednja razina fleksibilnosti** – zamjena opreme zahtjeva prilagodbu instalacija (novi razvod, zaštita od buke) i / ili nove pozicije pregradnih zidovi
3. **Niska razina fleksibilnosti** – zamjena opreme zahtjeva promjene u konstrukciji i građevinske zahvate; zamjena podrazumijeva nove zahtjeve za prilagodbom

U ovom istraživanju parametri za procjenu fleksibilnosti su sljedeći:

- Infrastruktura - Tehnički prostori
- Modularnost
- Konstruktivni sustav
- Tlocrtna forma

5.5.3 Određivanje fleksibilnosti laboratorijskih prostora prema sistematizaciji laboratorija

Fleksibilnost laboratorijskih prostora je promatrana na tlocrtnoj organizaciji laboratorija definiranoj sistematizacijom laboratorija *(Poglavlje 3.2.2 Sistematizacija laboratorija)*[61]:

Analiza primjera obuhvaća laboratorijske zgrade s modularnim laboratorijima, definiranim prema organizacijskoj shemi laboratorija kao jednostruki, dvostruki ili laboratoriji otvorenog tlocrta.

Laboratoriji orijentirani na strojeve ili opremu, gdje su veličine prostora određene oblikom, veličinom i brojem uređaja, opreme ili dijelova opreme, a ne brojem radnih mjesta neće biti obuhvaćeni analizom primjera. Njihova fleksibilnost već je definirana prirodnom opreme i

[61] Sistematizacijom laboratorija su obuhvaćeni *Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija* koji obuhvaćaju sigurnosne laboratorije s razinom zaštite BSL4. BSL4 laboratoriji imaju nisku razinu fleksibilnosti kako bi se zadovoljili svi sigurnosni uvjeti jer se u njima rukuje s opasnim i egzotičnim agensima koji predstavljaju visok individualni rizik od bolesti opasnih po život koji se mogu prenijeti aerosolnim putem i za koje ne postoji dostupno cjepivo ili terapija (Di Bernardinis et al., 2013. str. 198).

uređaja koji se koristi i određena je sistematizacijom laboratorija prema organizacijskoj shemi. (Tablica XXX. Fleksibilnost laboratorija orijentiranih na strojeve i opremu).

Tablica XXX. Fleksibilnost laboratorija orijentiranih na strojeve i opremu

FLEKSIBILNOST LABORATORIJA	LABORATORIJI ORIJENTIRANI NA STROJEVE I OPREMU
VISOKA RAZINA FLEKSIBILNOSTI	Računalno orijentiran laboratoriji
	Uređaji s mogućnošću jednostavnog repozicioniranja ovisno o potrebama istraživačkog procesa
SREDNJA RAZINA FLEKSIBILNOSTI	/
NISKA RAZINA FLEKSIBILNOSTI	Fiksni (zahtjevni) uređaji i oprema
	Uređaji sa zasebnom konstrukcijom (dilatirani od ostatka zgrade)
	Testni poligoni (cijela zgrada ili postrojenje je testni poligon)

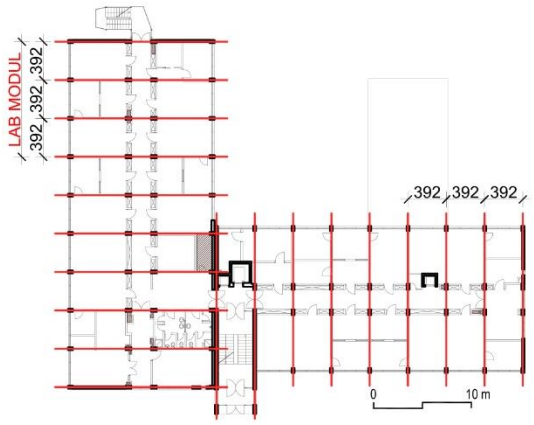
5.5.4 Komparativna analiza – ispitivanje ograničenja prostorne organizacije

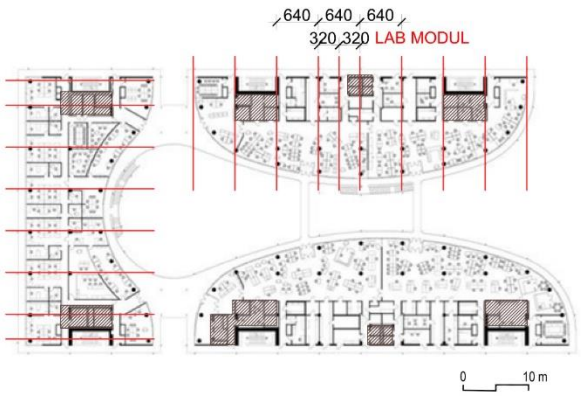
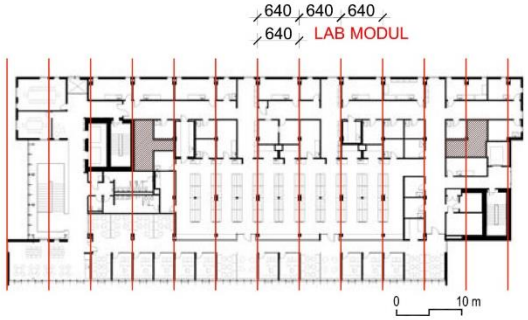
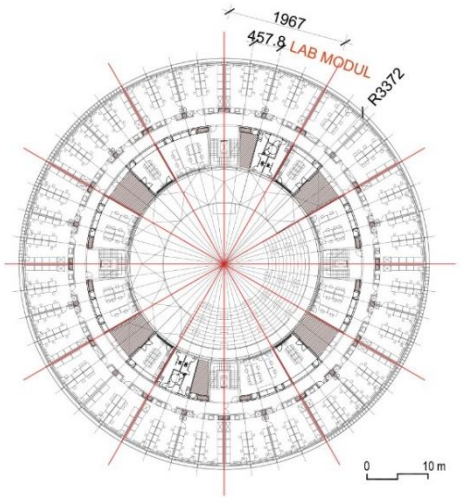
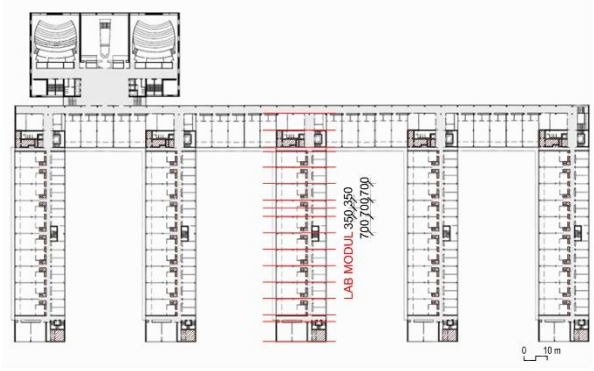
Ispitivanje ograničenja prostorne organizacije istraženo je kroz analizu laboratorijskog modula, konstruktivnog sustava i konstruktivnog rastera, poziciju tehničkih prostora u tlocrtnoj organizaciji, te tlocrtne forme.

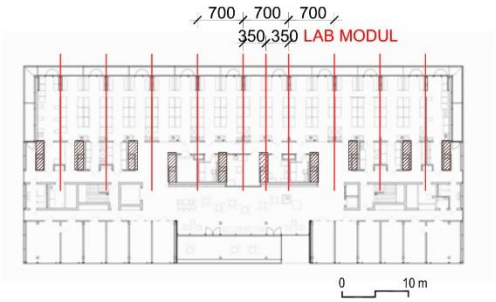
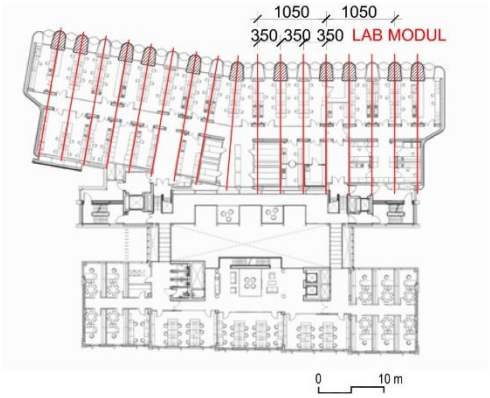
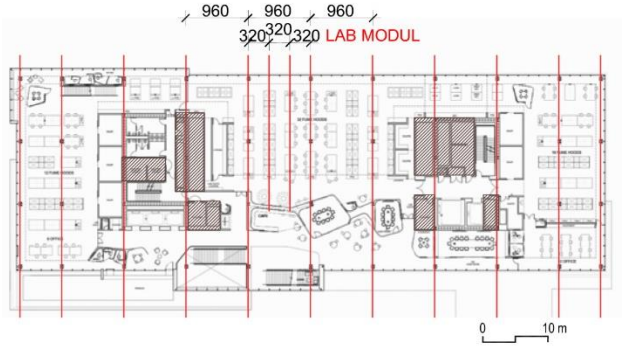
U poglavlju *3.3.5 Tlocrtna organizacija laboratorija* definiran je laboratorijski modul. Prihvatljivi pojedinačni moduli laboratorija variraju od 320 do 350 cm širine, a uobičajene dubine modula variraju od 610 do 1060 cm (DiBernardinis et al., 2013, str. 15).

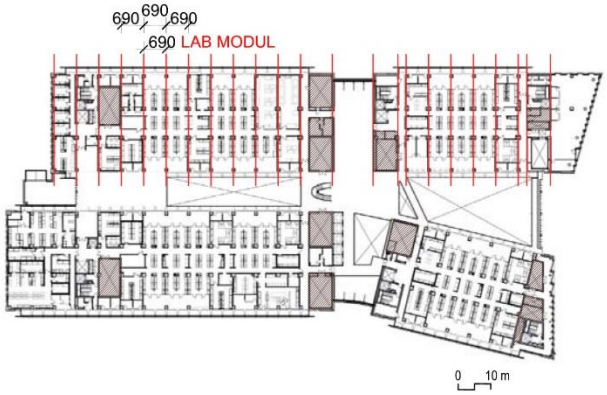
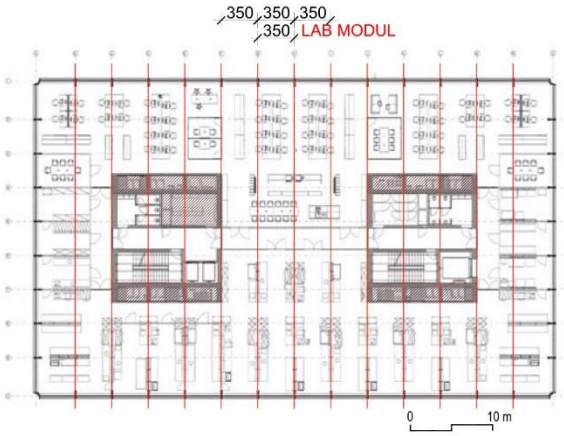
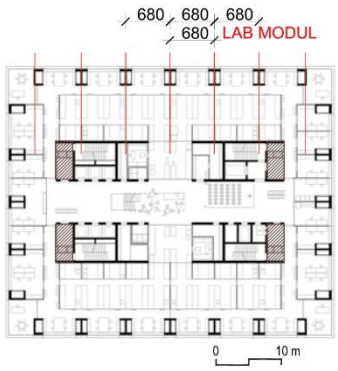
U nastavku je strukturirana arhitektonska i konstruktivna analiza na odabranim primjerima koja obuhvaća analizu pozicije tehničkih prostora, laboratorijskog modula u odnosu na teoretski modul, konstruktivnog sustava i konstruktivnog rastera, te analizu tlocrtne forme.

Tablica XXXI. Analiza konstruktivnog rastera, laboratorijskog modula, tehničkih prostora i tlocrtnih formi

01 KRILO V, IRB, ZAGREB		Laboratorijski modul – 3x392 cm Konstruktivni raster – 392 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – raspoređeni u pravilnom rasporedu u hodniku Instalacijska etaža – ne Tlocrtna forma - pravilna

02 CLARK CENTER		Laboratorijski modul – 320 cm Konstruktivni raster – 640 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – ne Tlocrtna forma – nepravilna
03 LIFESCEINCE		Laboratorijski modul – 640 cm Konstruktivni raster – 640 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna
04 BIOCENTAR		Laboratorijski modul – 457 cm Konstruktivni raster –1967 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu Instalacijska etaža – ne Tlocrtna forma – pravilna; kružna
05 HCI, ETH		Laboratorijski modul – 700 cm Konstruktivni raster –700 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna

06 HPL, ETH		Laboratorijski modul – 350 cm Konstruktivni raster –700 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna
07 BIOMEDICUM		Laboratorijski modul – 615 cm Konstruktivni raster –615 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori –grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna
08 LIFESCIENCE BRISTOL		Laboratorijski modul – 350 cm Konstruktivni raster –1050 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – raspoređeni u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna
09 NOVARTIS MIT		Laboratorijski modul – 320 cm Konstruktivni raster –960 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna

10 CRICK INSTITUTE		Laboratorijski modul – 690 cm Konstruktivni raster –690 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna
11 PHYSOCS GARDEN 3		Laboratorijski modul – 350 cm Konstruktivni raster –350 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna
12 BIOZENTRUM		Laboratorijski modul – 680 cm Konstruktivni raster –680 cm; skeletna konstrukcija Tehnički prostori – grupirani u tlocrtu Instalacijska etaža – da Tlocrtna forma – pravilna

U tlocrtnoj organizaciji analiziranih primjera vidljiva je dosljedna primjena laboratorijskog modula, što olakšava prilagodljivost laboratorijskog prostora budućim zahtjevima.
Konstruktivni raster odgovara veličini laboratorijskog modula ili je njegov višekratnik.
Pozicioniranje tehničkih prostora u pravilu prati logiku konstruktivnog rastera, što omogućuje optimizaciju razvoda instalacija. Tehnički prostori se pojavljuju kao grupirani u tlocrti ili su raspoređeni u pravilnom rasporedu.
U 10 od 12 analiziranih primjera pojavljuje se tlocrt u formi pravokutnika, jedan primjer ima kružnu formu, a jedan primjer ima nepravilnu formu.

Tablica XXXII. Komparativna analiza – ispitivanje ograničenja prostorne organizacije

	LABORATORSKI MODUL (cm)	KONSTRUKTIVNI RASTER – određen modulom	TEHNIČKI PROSTORI – grupirani u tlocrtu	INSTALACIJSKA ETEŽA	TLOCRTNA FORMA
		DA / NE	DA / NE	DA / NE	PRAVILNA / NEPRAVILA
01. KRILO V	3x392	da	ne	ne	pravilna
02. CLARK CENTER	320	da	da	da	nepravilna
03. LIFESCIENCE BUILDING, WASHINGTON	640	da	da	ne	pravilna
04. BIOCENTAR	457	da	ne	ne	pravilna
05. ZGRADA HCI, ETH	700	da	da	da	pravilna
06. ZGRADA HPL, ETH	350	da	ne	da	pravilna
07. BIOMEDICUM	615	da	da	da	pravilna
08. LIFESCIENCE BUILDING, BRISTOL	350	da	ne	da	pravilna
09. NOVARTIS, CAMBRIDGE	320	da	da	da	pravilna
10. THE FRANCIS CRICK INSTITUTE	690	da	da	da	pravilna
11. PHYSIC GARDEN 3	350	da	da	da	pravilna
12. BIOZENTRUM	680	da	da	da	pravilna

Osvrt na komparativnu analizu i ispitivanje ograničenja prostorne organizacije

1. Infrastruktura – tehnički prostori

Komparativnom analizom primjera utvrđena su dva principa tlocrtne organizacije tehničkih prostora:

- instalacije grupirane u tlocrtu ili
- raspoređene u pravilnom rasporedu po cijelom tlocrtu

Grupiranje instalacija (instalacije grupirane na 2 ili 3 mjesta u tlocrt) omogućuje veću fleksibilnost, te osigurava mogućnost rezerve za povećanje kapaciteta.

Kod nekih primjera primijenjena je instalacijska etaža što omogućuje jednostavnu horizontalnu koordinaciju instalacija, održavanje i izmjenjivost sustava (bez ometanje rada u laboratoriju i tehnološkog procesa istraživanja). Primjena instalacijske etaže također omogućuje veću fleksibilnost.

2. Modularnost

Prema literaturi prihvatljivi pojedinačni moduli laboratorija variraju od 320 do 350 cm širine, a uobičajene dubine modula variraju od 610 do 1060 cm (DiBernardinis et al., 2013, str. 15).

U analiziranim primjerima (8 od 11 primjera) pojavljuju se sljedeći moduli 320, 350, 640 (320x2), 690(345x2), 700(350x2).

U preostala tri primjera pojavljuje se modul od 615 cm, 457 cm (kružna tlocrtna forma) i 3x392 cm (uredski prostor unutar laboratorijskog modula).

Primjena laboratorijskog modula omogućuje modularno projektiranje instalacija i modularni namještaj, što posljedično osigurava veću fleksibilnost.

3. Konstruktivni sustav

Konstruktivni raster u analiziranim primjerima određen je veličinom laboratorijskog modula. Najčešće se pojavljuje raspon od 640-700 cm što omogućuje smještaj dvostrukog laboratorijskog modula unutra jednog konstruktivnog rastera.

Raspon do 315 do 360 cm odgovara jednostrukom laboratorijskom modulu, dok raspon od 960 cm omogućuje smještaj 3 laboratorijska modula unutar jednog konstruktivnog rastera.

Modularna skeletna konstrukcija omogućuje veću fleksibilnost.

4. Tlocrtna forma

Pravilne tlocrtne forme omogućuju veću fleksibilnost; što je tlocrtna forma nepravilnijeg oblika to je njegova fleksibilnost manja.

Pravilna tlocrtna forma omogućuje poziciju konstruktivnog sustava izvan uporabne zone tlocrta.

Zaključak

Fleksibilnost laboratorijskog prostora određena je opremom i uređajima, te prostornim uvjetima koje zahtijeva tehnološki proces istraživanja.

Posebni zahtjevi koji mogu imati značajan utjecaj na organizaciju laboratorija koji obuhvaćaju primjerice sigurnosne laboratorije s razinom zaštite BSL3 ili BSL 4 (biološka sigurnost) imaju nisku razinu fleksibilnosti kako bi se zadovoljili svi sigurnosni uvjeti jer se u njima rukuje s opasnim i egzotičnim agensima koji predstavljaju visok individualni rizik od bolesti opasnih po život koji se mogu prenijeti aerosolnim putem i za koje ne postoji dostupno cjepivo ili terapija.

Fleksibilnost laboratorija orijentiranih na strojeve ili opremu, gdje su veličine prostora određene oblikom, veličinom i brojem uređaja, opreme ili dijelova opreme, a ne brojem radnih mjesta, definirana prirodnom opreme i uređaja koji se koriti i određena je sistematizacijom laboratorija prema organizacijskoj shemi. Sukladno sistematizaciji, npr. *Uređaji sa zasebnom konstrukcijom (dilatirani od ostatka zgrade)* imaju nisku razinu fleksibilnosti, dok *Računalno orijentirani laboratoriji* imaju visoku razinu fleksibilnosti.

Fleksibilnost laboratorijskog prostora određena je mogućnošću prilagodbe radnog prostora promjenama u laboratorijskoj opremi i tehnološkom procesu istraživanja.

Sukladno navedenom, ispitivanje fleksibilnosti kroz *Katalog odabranih primjera* obuhvatilo je modularne laboratorije, gdje je ispitana tlocrtna pozicija tehničkih prostora, laboratorijski modul, konstruktivni raster i konstruktivni sustav, te tlocrtna forma. Temeljem komparativne

analize primjera obuhvaćenih kataloškim obrascem utvrđeno je kako je veća fleksibilnost omogućena grupiranjem tehničkih prostora u tlocrtu, primjenom instalacijske etaže, primjenom laboratorijskog modula i posljedično konstruktivnog sustav usklađenog s laboratorijskim modulom, te primjenom pravilnih tlocrtnih formi.

5.6 Zaključak

Poglavlje predstavlja uže područje istraživanja i bavi se definiranjem modela laboratorija prirodnih znanosti i utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora, te mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa.

Istraživanje je obuhvatilo analizu prostornih odnosa funkcionalnih sklopova laboratorijske zgrade (laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija, uredski prostori, zajednički prostori, tehnički prostori), te utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora (analiza laboratorijskog modula, konstruktivnog rastera i konstruktivnog sustava, pozicije tehničkih prostora i tlocrtne forme) i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa kroz *Katalog odabranih primjera*.

Analizom primjera istraženi su odnosi prostorno-funkcionalnih sklopova. Temeljem tlocrtne organizacije (dvotrakt ili trotrakt) prepoznaju se različiti prostorni odnosi funkcionalnih sklopova. Temeljem analize prostorno-funkcionalnih sklopova definirane su sheme prostornih odnosa, čijom su analizom dalje definirani modeli laboratorija prirodnih znanosti.

Komparativnom analizom su utvrđena dva osnovna modela organizacije – organizacija oko središnje komunikacije hodnika i zoniranje. Zoniranje omogućuje odvajanje laboratorijskih i nelaboratorijskih aktivnosti, tj. omogućuje odvajanje prostora različitih infrastrukturnih zahtjeva.

Fleksibilnost laboratorijskog prostora određena je mogućnošću prilagodbe radnog prostora promjenama u laboratorijskoj opremi i tehnološkom procesu istraživanja; određena je opremom i uređajima, te prostornim uvjetima koje zahtijeva tehnološki proces istraživanja. Temeljem komparativne analize primjera obuhvaćenih kataloškim obrascem utvrđeno je kako je veća fleksibilnost omogućena zoniranjem prostorno-funkcionalnih sklopova, tj. odvajanjem prostora različitih infrastrukturnih zahtjeva, te grupiranjem tehničkih prostora u tlocrtu, primjenom laboratorijskog modula i posljedično konstruktivnog sustav usklađenog s laboratorijskim modulom, te primjenom pravilnih tlocrtnih formi.

Istraživanjem je potvrđena hipoteza *H3 Fleksibilnost laboratorija određena je njegovom funkcionalno tehnološkom determinantom*.

6. RASPRAVA

6.1 Osvrt na ciljeve i hipoteze istraživanja

Arhitektura laboratorijskih zgrada kontinuirano se suočava s potrebama prilagodbe i promjene. Trendovi razvoja (automatizacija i robotizacija, interdisciplinarni timovi, otvaranje istraživačkih institucija društvenoj zajednici) utječu na prilagodbu metoda znanstvenog istraživanja što za posljedicu ima i zahtjeve za promjenu pristupa u oblikovanju, organizaciji i opremanju laboratorijskih prostora. Iz ovih zahtjeva proizlazi pitanje metodološkog okvira za programiranje koji bi obuhvatio sve sadržaje i kriterije koji utječu na prostorno funkcionalnu cjelinu. Također, postavlja se i pitanje u kojoj mjeri je laboratorijski prostor fleksibilan i može se prilagoditi suvremenim istraživačkim potrebama, te kakav je odnos programom predviđenog prostora i zgrade u korištenju, postoje li i gdje su problemi laboratorijskih zgrada u korištenju. Pitanje metodološkog okvira za programiranje i fleksibilnosti laboratorijskih prostora predstavljaju osnovna istraživačka pitanja koja su inicirala ovaj znanstveni rad. Dodatno, uvodna istraživanja su pokazala da širok spektar znanstvenih istraživanja nije sustavno obuhvaćen sistematizacijom laboratorija u literaturi, stoga je u sklopu ovog istraživanja predviđena i analiza, te dopuna postojeće sistematizacije kako bi se omogućio jasan i nedvosmislen pregled i podjela laboratorija.

Istraživanje je podijeljeno u dva dijela – šire i uže područje istraživanje. Šire istraživanje obuhvaća povijesni pregled razvoja laboratorija i sistematizaciju laboratorija. Temeljem sistematizacije laboratorija određeno je uže područje istraživanje koje obuhvaća kriterije za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja, te određivanje arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti. Postavljena su tri cilja istraživanja, zajedno s hipotezama, te su kroz rezultate istraživanja ostvarena sva tri cilja.

Prvi cilj šireg istraživanja bio je utvrditi u kojoj mjeri postojeća sistematizacija laboratorija odgovara spektru znanstvenih istraživanja, te predložiti dopunu i/ili novu sistematizaciju. Na temelju prvog cilja istraživanja proizašla je prva hipoteza:
(H1) Postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi ne obuhvaća sav spektar znanstvenih istraživanja.
Istraživanje je provedeno analizom literature, tj. analizirano je u kojoj mjeri postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi odgovaraju suvremenim istraživačkim potrebama. Rezultati istraživanja su pokazali kako postojeća sistematizacija omogućuje pregled i

sistematizaciju samo pojedinih laboratorija (najčešće se radi o laboratorijima prirodnih znanosti – kemija, biologija, fizika). Utvrđeno je kako je sistematizacija laboratorija prema *Heinkampu* (Heinekamp, 2015, str.3-12) najpotpunija jer obuhvaća sistematizaciju prema *vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, organizacijskoj shemi i zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije.* Odabrana sistematizacija je dopunjena prema načinu korištenja (dopunjeni su analitički laboratoriji s laboratorijima za procesnu analitiku i mjernim laboratorijima), znanstvenom smjeru (uz laboratorije za kemiju, biologiju i fiziku dodani su i drugi znanstveni smjerovi - tehničke znanosti, biomedicina i zdravstvo, te biotehničke znanosti) i organizacijskoj shemi (tlocrtna organizacija je dopunjena laboratorijima orijentiranim na strojeve i opremu).
Rezultatima ovog dijela istraživanja potvrđena je prva hipoteza (H1).

Drugi cilj ovog istraživanja bio je istražiti i redefinirati metodološki okvir programiranja laboratorija, te ustanoviti sveobuhvatne kriterije za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Na temelju drugog cilja istraživanja proizašla je druga hipoteza:
(H2) Poticajno radno okruženje laboratorijske zgrade nije rezultat samo kvalitete laboratorijskih prostora, već i programa pratećih sadržaja.
Istraživanje je obuhvatilo znanstveno-istraživačke sadržaje uz ispitivanje metodološkog okvira za programiranje laboratorijskih zgrada. Sastoji se iz dva dijela: analize smjernica za projektiranje laboratorija koja propisuju relevantna sveučilišta, te analize potreba i zahtjeva korisnika laboratorijskih zgrada, istraženih kroz intervjue s istraživačima. Daljnje istraživanje provedeno je komparativnom analizom zahtjeva proizašlih iz analize smjernica i zahtjeva korisnika laboratorijskih zgrada. Na temelju sistematizacije zahtjeva iz prve i druge skupine uspostavljeni su kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Analizom je utvrđeno kako su kriteriji uspostavljeni temeljem analize smjernica zahtijevali dopunu prema zahtjevima korisnika, i to u području socijalnih i društvenih zahtjeva, te je definirana nova grupa kriterija koja se odnosi na društvene kriterije.
Rezultatima ovog dijela istraživanja potvrđena je druga hipoteza (H2).

Treći i završni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi stupanj fleksibilnosti laboratorijskih prostora i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa, te definirati modele laboratorija prirodnih znanosti. Na temelju trećeg cilja istraživanja proizašla je treća hipoteza:

(H3) Fleksibilnost laboratorija određena je njegovom funkcionalno tehnološkom determinantom.

Istraživanje je provedeno kroz *Katalog odabranih primjera* koji je obuhvatio grafičku analizu primjera, te analizu prema sistematizaciji laboratorija i prema definiranim kriterijima za programiranje. Analiza primjera obuhvatila je laboratorijske zgrade s modularnim laboratorijima, definiranim prema organizacijskoj shemi kao jednostruki, dvostruki ili laboratoriji otvorenog tlocrta.

Grafička analiza je podijeljena u dva dijela; u prvom dijelu istraženi su prostorno – funkcionalni sklopovi laboratorijske zgrade (laboratorij, prateći sadržaji laboratorija, uredi, zajednički i tehnički prostori) i sheme prostornih odnosa, a u drugom dijelu laboratorijski modul, konstruktivni rastera, pozicije tehničkih prostora i tlocrtna forma.

Temeljem analize u prvom dijelu utvrđene su dvije osnovne grupe modela – organizacija oko središnje komunikacije i zoniranje; gdje je utvrđeno kako zoniranje omogućuje veću fleksibilnost. Daljnjom analizom utvrđeno je kako modularnost, grupiranje tehničkih prostora, te pravilne tlocrtne forme omogućuju veću fleksibilnost laboratorijskih prostora.

Rezultatima ovog dijela istraživanja potvrđena je treća hipoteza (H3).

6.2 Sinteza i interpretacija rezultata istraživanja

Sukladno provedenom istraživanju, rasprava o rezultatima dobivenim istraživanjem podijeljena je u tri dijela. Prvi dio istraživanja odnosi se na sistematizaciju laboratorija, drugi dio se odnosi na definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja, a treći dio na utvrđivanje stupnja fleksibilnosti i definiranje arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti.

Rezultati analize postojeće sistematizacije laboratorija pokazali su da postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi nepotpuna, te omogućuje pregled i sistematizaciju samo pojedinih laboratorija (najčešće se radi o laboratorijima prirodnih znanosti – kemija, biologija, fizika). Utvrđeno je kako je sistematizacija laboratorija prema *Heinkampu* najpotpunija jer obuhvaća sistematizaciju prema *vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, organizacijskoj shemi i zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije* (Heinekamp, 2015, str.3-12), ali i da zahtjeva određene dopune kako bi se omogućio jasan i nedvosmislen pregled laboratorija koji obuhvaća složenost i raznolikost suvremenih istraživanja.

Odabrana sistematizacija je dopunjena prema načinu korištenja (dopunjeni su analitički laboratoriji s laboratorijima za procesnu analitiku i mjernim laboratorijima), znanstvenom smjeru (uz laboratorije za kemiju, biologiju i fiziku dodani su i drugi znanstveni smjerovi - tehničke znanosti, biomedicina i zdravstvo, te biotehničke znanosti) i organizacijskoj shemi (tlocrtna organizacija je dopunjena laboratorijima orijentiranim na strojeve i opremu).
Predložena sistematizacija prema *vlasništvu*, *načinu korištenja*, *znanstvenom smjeru*, *području djelovanja* i *metodama rada*, te *zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije* obuhvatila je suvremena znanstvenih istraživanja i omogućila je jasan pregled laboratorija. Osnovna programska obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom definirana su daljnjom analizom literature, te kroz intervjue s istraživačima. Istraživanjem su definirana opća obilježja pojedinih laboratorija, njihov karakter i aktivnosti koje mogu obuhvatiti što predstavlja bazu za buduće arhitektonsko programiranje.

Rezultati istraživanje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja pokazuju da je poticajno radno okruženje rezultat programa svih sadržaja i kriterija koji utječu na prostorno funkcionalnu cjelinu. Rezultati komparativne analize smjernica koje propisuju sveučilišta razlikuju pet grupa zahtjeva laboratorijskih zgrada: opće smjernice, smjernice za infrastrukturu, tehnološke smjernice, sigurnosne smjernice i smjernice održivosti. Temeljem komparativne analize potreba korisnika (kroz intervjue s istraživačima) dopunjeni su zahtjevi definirani analizom smjernica, te je definirana nova grupa zahtjeva - socijalni i društveni zahtjevi koji osiguravaju interakciju znanstvenika i istraživača, te odmor i opuštanje.
Daljnjom analizom rezultata istraživanja zahtjeva definiranih smjernicama i zahtjeva korisnika utvrđene su sljedeće grupe kriterija za programiranje znanstveno – istraživačkih sadržaja:
arhitektonski kriteriji, infrastrukturni kriteriji, tehnološki kriteriji, sigurnosni kriteriji, kriteriji održivosti, te socijalni i društveni kriteriji. Iz navedenog je evidentno da je za funkcioniranje laboratorijskog prostora i laboratorijske zgrade nužno zadovoljiti čitav niz zahtjeva, a ovim istraživanjem standardni zahtjevi definirani smjernicama dopunjeni su socijalnim i društvenim zahtjevima, tj. socijalnim i društvenim kriterijima.
Kao rezultat provedenog istraživanja sistematizirane su suvremene potrebe i zahtjevi koji se stavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje i definirani su sveobuhvatni kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Sistematizirani kriteriji definiraju laboratorijsku zgradu kao složeni prostorno-funkcionalni sustav. Proširuju postojeću perspektivu s ciljem postizanja što kvalitetnijeg laboratorijskog prostora i same laboratorijske zgrade.

Rezultati analize arhitektonskih modela i fleksibilnosti laboratorija prirodnih znanosti pokazuju dva osnovna modela organizacije – organizacija oko središnje komunikacije hodnika i zoniranje. Analizom primjera istraženi su odnosi prostorno-funkcionalnih sklopova gdje su prepoznati različiti prostorni odnosi funkcionalnih sklopova i definirane su sheme prostornih odnosa, temeljem koji su dalje definirani modeli laboratorija prirodnih znanosti. Komparativnom analizom su utvrđena dva osnovna modela organizacije – organizacija oko središnje komunikacije hodnika i zoniranje. Zoniranje omogućuje odvajanje laboratorijskih i nelaboratorijskih aktivnosti, tj. omogućuje odvajanje prostora različitih infrastrukturnih zahtjeva, što u konačnici omogućuje veću fleksibilnost prostora.
Daljnje ispitivanje fleksibilnosti obuhvatilo je analizu laboratorijskog modula, poziciju tehničkih prostora, konstruktivnog rastera i konstruktivnog sustava, te tlocrtne forme. Komparativnom analizom utvrđeno je kako je veća fleksibilnost moguća grupiranjem tehničkih prostora u tlocrtu, primjenom laboratorijskog modula i posljedično konstruktivnog sustav usklađenog s laboratorijskim modulom, te primjenom pravilnih tlocrtnih formi.

6.3 Doprinos i primjena doktorskog istraživanja

Provedeno istraživanje predstavlja doprinos cjelokupnom proučavanju znanstveno – istraživačkih sadržaja i laboratorijskih zgrada općenito.

1. Sistematizacija laboratorija
2. Sinteza suvremenih potreba i zahtjeva koji se postavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje
3. Definiranje sveobuhvatnih kriterija za programiranje znanstveno – istraživačkih sadržaja
4. Definiranje karakterističnih obilježja i prostornih odnosa pojedinih modela laboratorija prirodnih znanosti
5. Utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora i mogućnosti prilagodbe novim funkcionalnim zahtjevima i potrebama istraživačkog procesa

6.4 Moguća daljnja istraživanja

Tijekom istraživanja uočene su teme vezane uz laboratorijske zgrade i istraživačke centre u širem kontekstu, koje izlaze izvan okvira ovog istraživanje, a koje bi bilo vrijedno istražiti. To se prvenstveno odnosi na tehnološke parkove i istraživanje urbanističkih kriterija za njihovo

planiranje, žive laboratorije i istraživanje kriterija za programiranje u socioekonomskom i urbanom kontekstu, te razvojne laboratorije kao generatore urbanog i/ili gospodarskog razvoja.

Definirani kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja mogu se proširiti istraživanjem ekonomskih kriterija. Kriteriji se odnose na fazu programiranja, a u daljnjem istraživanju moguće ih je sagledati u fazi projektiranja, korištenja ili prenamjene laboratorijskih prostora.

Uspostavljeni arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti mogu se dalje sagledati u fazi projektiranja i/ili rekonstrukcije laboratorijskih zgrada.
Nastavno na fleksibilnost laboratorijskih prostora istraživanje je moguće usmjeriti prema predgotovljenoj modularnoj izgradnji. Promjene u tehnološkom procesu istraživanja i zahtjevima opreme mogu zahtijevati uklanjanje zgrade ili njenog dijela u dobrom građevinskom stanju. Primjena predgotovljenih modula omogućila bi rastavljanje i preseljenje sustava ili dijela sustava na drugu lokaciju, čime bi se produžio životni ciklus zgrade.

7. ZAKLJUČAK

U prvom dijelu provedeno je pregledno istraživanje razvoja laboratorija i laboratorijskih zgrada kroz povijest. Istraživanjem je utvrđena uzročno-posljedična veza između evolucije znanosti, znanstvenih metoda i prostorne organizacije laboratorija. Evolucija znanstvenih disciplina utjecala je na arhitekturu laboratorijskih zgrada. Razvoj opreme, zahtjevi za infrastrukturom, te uvođenje sigurnosnih standarda uvjetovali su redefiniranje tlocrta. Uvođenje laboratorijskog modula i instalacijske etaže označilo je zaokret prema fleksibilnijem projektiranju. Nekadašnji izolirani radni prostori zamijenjeni su otvorenim tlocrtima koji potiču interdisciplinarnost i suradnju među istraživačima. Analiza razvoja arhitektonskog tipa laboratorijske zgrade definirala je prostorno – funkcionalne cjeline: laboratoriji, prateći sadržaji laboratorija, uredi, tehnički prostori i zajednički prostori; uz odvajanje laboratorijskih od nelaboratorijskih aktivnosti.

Šire područje istraživanja obuhvatilo je sistematizaciju laboratorija. Provedeno istraživanje pokazalo je da postojeća sistematizacija laboratorija u literaturi ne obuhvaća sav spektar suvremenih znanstvenih istraživanja. Ograničenja postojećih sistematizacija, koji su uglavnom usmjereni na pojedine skupine laboratorija (ili na njihova specifična obilježja), ukazala su na potrebu za definiranjem sveobuhvatnije sistematizacije. Predložena je nova, dopunjena

sistematizacija prema *vlasništvu, načinu korištenja, znanstvenom smjeru, području djelovanja i metodama rada, organizacijskoj shemi i zahtjevima u pogledu građevinske i sigurnosne tehnologije.* Rezultati su pokazali da predložena sistematizacija obuhvaća suvremena znanstvenih istraživanja i omogućuje jasan pregled laboratorija; čime je uspostavljen sveobuhvatan okvira za razumijevanje i uspoređivanje laboratorija.

U daljnjem istraživanju prikazan je pregled osnovnih programskih obilježja laboratorija obuhvaćenih sistematizacijom Programska obilježja su prepoznata kao polazište za programiranje laboratorija, odnosno za definiranje prostornih, funkcionalnih i tehničkih uvjeta koji proizlaze iz zahtjeva laboratorijskih aktivnosti. Uspostavljena je teorijska osnova za povezivanje sistematizacije laboratorija s njihovim programskim obilježjima i osnovnim arhitektonskim programom. Time se laboratoriji ne promatraju samo kao prostor namijenjen određenim znanstvenim disciplinama, nego i kao složeni sustav čija prostorna organizacija proizlazi iz međusobne povezanosti aktivnosti koja se provodi u laboratoriju, organizacije rada i tehničko – sigurnosnih uvjeta.

Temeljem sistematizacije laboratorija određeno je uže područje istraživanja koje se odnosi na znanstveno –istraživačke sadržaje i laboratorije prirodnih znanosti.

Uže istraživanje je usmjereno na definiranje kriterija za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Istraživanje je obuhvatilo analizu smjernica za projektiranje laboratorija koje propisuju sveučilišta, te analizu potreba i zahtjeva korisnika laboratorijskih zgrada.

Rezultati analize smjernica za projektiranje pokazali su pet grupa smjernica: opće smjernice, smjernice za infrastrukturu, tehnološke smjernice, sigurnosne smjernice i smjernice održivosti. Analizom je utvrđeno kako su kriteriji uspostavljeni temeljem analize smjernica zahtijevali dopunu prema zahtjevima korisnika, i to u području socijalnih i društvenih zahtjeva. Na temelju sistematizacije zahtjeva iz prve i druge skupine uspostavljeni su sveobuhvatni kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja: arhitektonski kriteriji, infrastrukturni kriteriji, tehnološki kriteriji, sigurnosni kriteriji, kriteriji održivosti, te socijalni i društveni kriteriji.

Istraživanjem je utvrđeno kako je za funkcioniranje laboratorijskog prostora i laboratorijske zgrade nužno zadovoljiti čitav niz kriterija. Uključivanjem socijalnih i društvenih kriterija laboratorijska zgrada se promatra kao prostor koji nije namijenjen samo provedbi istraživačkih aktivnosti, nego i zadovoljavanju potreba korisnika. Provedenim istraživanjem sistematizirane su suvremene potrebe i zahtjevi koji se stavljaju na znanstveno-istraživačke sadržaje, te su definirani sveobuhvatni kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja. Definiranjem sveobuhvatnih kriterija izvedeni su opći koncepti za izradu arhitektonskog

programa laboratorijske zgrade. Time je uspostavljena teorijska i metodološka osnova za sustavno prevođenje zahtjeva u programske odrednice koje usmjeravaju organizaciju laboratorijskih sadržaja. Laboratorijska zgrada je promatrana kao kompleksni prostorni sustav, čije funkcioniranje ovisi o međusobnoj usklađenosti arhitektonskih, infrastrukturnih, tehnoloških, sigurnosnih, okolišnih i društvenih čimbenika. Definirani kriteriji predstavljaju teoretski doprinos i proširuju postojeću perspektivu s ciljem postizanja što kvalitetnijeg laboratorijskog prostora i same laboratorijske zgrade. Također, izvedeni opći koncepti predstavljaju doprinos razvoju metodološkog pristupa kojim se zahtjevi suvremenih znanstvenih istraživanja mogu sustavno povezati s prostornim, tehničkim i korisničkim obilježjima laboratorijskih zgrada.

Završno poglavlje ovog istraživanja odnosi se na definiranje arhitektonskih modela laboratorija prirodnih znanosti i utvrđivanje stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora. Istraživanjem su identificirani odnosi između prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorijskih zgrada, definirane su sheme prostornih odnosa i izvedeni arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti. Komparativnom analize izdvojila su se dva osnovna modela: organizacija oko središnje komunikacije - hodnika, te organizacija utemeljena na zoniranju. Daljnjim istraživanjem ispitivan je odnos između prostorno-funkcionalne organizacije i stupnja fleksibilnosti laboratorijskih prostora. Rezultati su pokazali da fleksibilnost proizlazi iz organizacije prostorno-funkcionalnih sklopova i njihovog odnosa prema infrastrukturnim i tehnološkim zahtjevima. Istaknuta je važnost zoniranja, kojim se omogućuje razdvajanje laboratorijskih i nelaboratorijskih aktivnosti, tj. razdvajanje prostora s različitim infrastrukturnim zahtjevima, što pridonosi većoj prilagodljivosti prostora. Time je fleksibilnost definirana kao svojstvo laboratorijske zgrade koje proizlazi iz koordiniranog odnosa prostorne organizacije, tehničke infrastrukture i konstrukcije. Definirani modeli omogućuju prepoznavanje tipoloških obilježja koje proizlaze iz zahtjeva znanstveno-istraživačkog rada. Njihova vrijednost je u klasifikaciji postojećih načina organizacije, te u mogućnosti primjene utvrđenih načela pri razmatranju funkcionalnosti i prilagodljivosti laboratorijskih zgrada.
Istraživanjem je proširena teorijska i metodološka osnovu programiranja i projektiranja laboratorijskih zgrada. Definirani modeli omogućuju sustavnije sagledavanje prostornih odnosa i organizacijskih načela, dok utvrđeni čimbenici fleksibilnosti pružaju osnovu za razmatranje dugoročne funkcionalne prilagodljivosti. Njihovom zajedničkom primjenom omogućuje se cjelovitije razumijevanje odnosa između prostorne organizacije, tehnoloških zahtjeva i znanstvenih aktivnosti, te se uspostavljaju polazišta za projektiranje laboratorijskih zgrada.

Popis grafičkih prikaza:

Slika 01. Shematski prikaz plana istraživanja, izvor: autor, 2025.

Slika 02. Laboratorij alkemičara, izvor: https://ethos.lps.library.cmu.edu/article/id/450/ (11.05.2026.)

Slika 03. Nastavni laboratorij 1864. god., Sveučilište Greifswald, izvor: (Morris, 2015, str. 147)

Slika 04. Predavaonica i laboratorij 1830., Sveučilište Pennsylvanija, Medicinski fakultet, izvor: (Morris, 2015, str. 75)

Slika 05. Liebigov laboratorij, izvor: https://www.dpma.de/english/our_office/publications/milestones/brandswithhistory/liebig/index.html (11.05.2026.)

Slika 06. Zgrada kemijskog instituta, Bonn, 1903., izvor:(Morris, 2015, str. 184)

Slika 07. Kemijski laboratorij 1961., Zgrada kemije, Sveučilište Stanford, izvor: (Morris, 2015, str. 299)

Slika 08. NMR uređaj 1961., Zgrada kemije, Sveučilište Stanford, izvor: (Morris, 2015. str. 299)

Slika 09. Industrijski laboratorij (kemijski) u laboratorijskoj zgradi WB u kompleksu Waalre tvrtke Philips, Eindhoven, Nizozemska, 1970., izvor: (Haas, Wadman, 1970)

Slika 10. Shema proširenog Nat.Lab.-a 1926., izvor: (De Vries, 2005, str. 53), obrada autor

Slika 11. Nat.Lab 1930-ih, izvor: (De Groot, 1951)

Slika 12. Kompleks Waalre, 1968., Laboratorijske zgrade WB i WY, izvor: (Haas, Wadman, 1970)

Slika 13. Model kompleksa Waalre, 1968., (Haas i Wadman, 1970)

Slika 14. Shema Visokotehnološkog kampusa Eindhoven danas, izvor: (Haas, Wadman, 1970) i (https://hightechcampus.com/campus-map/ (27.03.2025.)), obrada autor

Slika 15. Shematski prikaz prostorno-funkcionalnih sklopova laboratorijske zgrade, izvor: autor, 2026.

Slika 16. Tipološki razvrstaj laboratorijskih zgrada, izvor: (Braun, Gromling, 2005, str. 49), obrada autor

Slika 17. Uraniborg, izvor: https://depic.ai/entity/Uraniborg (20.04.2026.)

Slika 18. Libaviusov laboratoriji, pogled i tlocrt, izvor: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34178581/ (20.04.2026.)

Slika 19. Zgrada Fiziološkog instituta u Leipzigu, izvor: https://ethos.lps.library.cmu.edu/article/id/450/ (22.04.2024.)

Slika 20. Laboratorijski pult, Sveučilište u Leipzigu, 1868., izvor: (Morris, 2015, str. 156)

Slika 21. Kemijski laboratorij, Eidgenossische Technische Hochschule (ETH), Zurich, 1905., izvor: (Morris, 2015, str. 150)

Slika 22. NMR uređaj, Zgrada kemije, Sveučilište Oxford, 2013., izvor: (Morris, 2015, str. 327)

Slika 23. Krilo III, Institut Ruđer Bošković, izvor: (Radolović et al., 2018)

Slika 24. Shema presjeka s instalacijskim šahtovima u hodniku, izvor: (Dahan, 2000, str. 101)

Slika 25. Shema presjeka s instalacijskim šahtovima na pročelju, izvor: (Dahan, 2000, str. 102)

Slika 26. Richard Medical Research Laboratories, shema tlocrta, izvor: (Dahan, 2000, str. 105)

Slika 27. Salk institut, shema tlocrta, izvor: (Dahan, 2000, str. 110)

Slika 28. Salk institut, shema presjeka, izvor: (Dahan, 2000, str.111), obrada autor

Slika 29. HPLC, izvor: https://www.agilent.com/en/product/liquid-chromatography/hplc-fundamentals?srsltid=AfmBOoqcBqr1zRN3VDmOl9TCqPrHm8VrfwJGEbSIUaS1o0YbmJny-8nY (06.05.2026.)

Slika 30. NMR, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, izvor: autor, 2026.

Slika 31. Shema tlocrtne organizacije laboratorijske zgrade – trotrakt, autori N. Mlinar i S. Bašić, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

Slika 32. Dvostruki laboratoriji u tri glavna istraživačka područja: kemija, biologija, fizika, izvor:(Braun, Gromling, 2005, str. 38)

Slika 33. Shematski prikaz sistematizacije laboratorija, izvor: autor, 2024.

Slika 34. Kemijski nastavni laboratorij, Kemijski odsjek, PMF, Zagreb, izvor: autor, 2026.

Slika 35. Laboratorij za eksperimentalnu fiziku, akcelerator, IRB, izvor: autor, 2019.

Slika 36. Laboratorij za eksperimentalnu fiziku, eksperimentalna hala, IRB, izvor: autor, 2019.

Slika 37. Kemijski analitički laboratorij, izvor: https://www.hevs.ch/en/applied-research/research-institute-of-life-sciences/analytical-chemistry-202427 (27.05.2026.)

Slika 38. Razvojni laboratorij, pilot postrojenje, izvor: https://agungk47.wordpress.com/teaching-course/pilot-plant-laboratory/ (27.05.2026.)

Slika 39. Laboratorijski modul, izvor: (DiBernardinis et al., 2013, str. 67-68), obrada autor

Slika 40. Jednostruki laboratorij s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

Slika 41. Dvostruki laboratorij s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

Slika 42. Laboratorij otvorenog tlocrta s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

Slika 43 Kombinacija jednostrukog, dvostrukog i laboratorij otvorenog tlocrta s pripadajućim uredskim prostorom, izvor: autor, 2026.

Slika 44. Laboratorij za tehničku mehaniku, Istraživački centar Borongaj, Građevinski fakultet, Zagreb, 2022., autori: D.Dvornik i T.Peraković, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

Slika 45. Laboratorij za eksperimentalnu fiziku, IRB, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

Slika 46. Laboratorij s podnim pričvrsnicama za repozicioniranje i fiksiranje opreme, Istraživački centar Borongaj, Građevinski fakultet, Zagreb, 2022., autori: D.Dvornik i T.Peraković, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

Slika 47. Računalno orijentiran laboratorij, Istraživački centar Borongaj, Građevinski fakultet, Zagreb, 2022., autori: D.Dvornik i T.Peraković, izvor: arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

Slika 48. Primjer kataloškog obrasca s istaknutim podatcima

Popis tablica:

Tablica I. Povijesni pregled razvoja znanstvenog istraživanja (prema Schemel et al, 2020)

Tablica II. 1. Opće smjernice

Tablica III. 2. Smjernice za infrastrukturu

Tablica IV. 3. Tehnološke smjernice

Tablica V. 4. Sigurnosne smjernice

Tablica VI. 5. Smjernice za materijale

Tablica VII. 6. Smjernice za laboratorije s posebnim zahtjevima

Tablica VIII. 7. Smjernice za održivost

Tablica IX. Zahtjevi istraživača – korisnika laboratorijskih prostora

Tablica X. Zahtjevi istraživača – korisnika koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Tablica XI. 1. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – opći zahtjevi

Tablica XII. 2. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika –infrastrukturni zahtjevi

Tablica XIII. 3. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – tehnološki zahtjevi

Tablica IVX. 4. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – sigurnosni zahtjevi

Tablica XV. 5. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – zahtjevi održivosti

Tablica XVI. 6. Zahtjevi programskog karaktera definirani smjernicama i zahtjevima korisnika – socijalni i društveni zahtjevi

Tablica XVII. Komparativna analiza primjera – analiza prostorno-funkcionalnih sklopova

Tablica XVIII. Tlocrtna organizacija – dvotrakt

Tablica XIX. Tlocrtna organizacija dvotrakt – formiranje blokova

Tablica XX. Središnja zona s laboratorijskim prostorom

Tablica XXI. Središnja zona s tehničkim prostorima i pratećim sadržajima laboratorija

Tablica XXII. Centralna organizacija – kružna veza

Tablica XXIII. Laboratorijske zgrade bez instalacijske etaže

Tablica XXIV. Laboratorijske zgrade s instalacijskom etažom

Tablica XXV. Organizacija oko središnje komunikacije

Tablica XXVI. Formiranje blokova – laboratorijski blok i uredski blok

Tablica XXVII. Središnja zona s laboratorijskim prostorom

Tablica XXVIII. Središnja zona s tehničkim prostorom i pratećim sadržajima laboratorija

Tablica XXIX. Središnja zona sa zajedničkim sadržajima

Tablica XXX. Fleksibilnost laboratorija orijentiranih na strojeve i opremu

Tablica XXXI. Analiza konstruktivnog rastera, laboratorijskog modula, tehničkih prostora i tlocrtnih formi

Tablica XXXII. Komparativna analiza – ispitivanje ograničenja prostorne organizacije

Popis literature:

Abi Saad, E. i Agogue, M. (2024.) 'Living Labs in science -industry collaborations: Roles, design and application patterns ', *Technovation,* 135, Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2024.103066

Akao, Y. (2004). *Quality function deployment: Integrating customer requirements into product design.* New York; Productivity Press

Almaamory, A.T. i Al Slik, G. (2021.) 'Science and Technology Park as an Urban Element Towards Society Scientific Innovation Evolution', *1st International Conference on Engineering Science and Technology (ICEST 2020),* Dostupno na: 10.1088/1757-899X/1090/1/012119

Argan, G. C (1963.) 'On typologie of Architecture', *Architectural Design*, 33, str. 564-565

ASHRAE (2015.) *Laboratory Design Guide Planning and Operation of Laboratory HVAC Systems.* 2.izd., Atlanta: ASHRAE

Bašić, S., Mlinar, N. (2015.) *Urbanističko-arhitektonska studija – koncept prostornog razvoja i razmještaja znanstveno-istraživačkih sadržaja unutar cjelokupnog kompleksa Instituta Ruđer Bošković.* Zagreb: Svučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Zavod za arhitekturu

Bašić, S., Vezilić Strmo, N., Sladoljev, M. (2019.) 'Pametni gradovi i zgrade', *Građevinar,* 71(10), str. 949-964, Dostupno na: https://doi.org/10.14256/JCE.2733.2019

Blyth, A., and Worthington, J. (2010) *Managing the brief for better design.* (2.izd), London: Routledge

Boersma, F.K. i De Vries, M.J. (2008.) 'Transitions in industrial research: the case of the Philips Natuurkundig Laboratorium (1914.-1994.)', *Business History,* 50(4), str. 509-529, Dostupno na: https://doi.org/10.1080/00076790802106786

Bolf, N. (2021). 'Mjerna i regulacijska tehnika: Napredak u procesnoj analitičkoj tehnologiji', *Kemija u industriji*, 70(7-8), str. 476-479. Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/file/379949

Braun, H., Gromling, D. (2005.) *Research and Technology Buildings – A Design Manual.* Berlin: Birkhauser – Publishers for Architecture

Brooks, H. (1994.) 'The Relationship Between Science and Technology', *Research Policy,* 23(5), str.477-486, Dostupno na: https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)01001-3

Brunsko, Z. (1995.) 'Tehnološki parkovi i njihova uloga u gospodarskom razvoju' *Ekonomska misao i praksa,* 4(2), str. 321-334, Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/222060

Bucchi, M. i Neresini, F. (2008.) 'Science and Public Participation' u Hackett, E.J., Amsterdamska, O., Lynch, M., Wajcman, J. (ur.) *The handbook of science and technology.* 3.izd., Cambridge: The MIT Press, str. 433-448

Cherry, E. (1999.) *Programming for Design: From Theory to Practice.* New York: John Wiley&Sons

Chesbrough, H. (2012.) 'Open Innovation', *Research Technology Management,* 55(4), pp. 20-27, Dostupno na: https://www.jstor.org/stable/26586624

Coleman D.C. (2010.) *Big Ecology: The Emergence of Ecosystem Science.* Berkley and Los Angeles: University of Clifornia Press

Dahan, F. (2000.) *Laboratories: a guide to planning, programming and design*. New York: W.W. Norton & Company Ltd.

De Groot, W. (1951.) 'Scientific Research of Philips Industries from 1891.-1951.', *Philips Technical Review,* 13(1/2), str. 3-47, Dostupno na: https://www.worldradiohistory.com/Archive-Company-Publications/Philips-Technical-Review/50s/Philips-Technical-Review-1951.pdf, Pristup: 30. ožujka 2025.

De Vries, M.J. (2000.) 'Industrial Research and Development Labs: How They Inform Science and Technolgy Curicula', *The Journal of Technolgy Studies,* 26(1), str. 64-70, Dostupno na: DOI: 10.21061/jots.v26i1.a.10

De Vries, M.J. (2001.) 'The History of Industrial Research Laboratories as a Resource for Teaching about Science-technology Relationships', *Research in Science Education,* 31(1), str.15-28, Dostupno na: DOI: 10.1023/A:1012610328351

De Vries, M.J. (2005.) *The 80 Years of Research at the Philips Natuurkundig Laboratorium 1914-1994. – The Role of the Nat.Lab at Phillips.* New York: Routledge

DiBernardinis L.J., Baum J.S., First M.W., Gatwood G.T., Seth A.K. (2013.) *Gudelines for Laboratory Design, Health, Safety and Environmental Consideration*. 4.izd. New Jersey: John Wiley & Sons

Djukanovic, M., Alegre, A., Teixeira Bastos, F. (2025.) 'Prefabricated Solutions for Housing: Modular Architecture and Flexible Living Spaces', *Buildings*, 15(862), Dostupno na: https://doi.org/10.3390/buildings15060862

Dorić, H., Bolf, N. (2018). 'Mjerna i regulacijska tehnika: Procesna analitička tehnologija', *Kemija u industriji*, 67(9-10), str. 466-469. Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/206390

Fishman M.C. (2017.) *Building a Home for Scientists.* Kösel, Altusried-Krugzell: Lars Müller Publishers

Forbat, J., Sahakian, M., Sentic, A. and A., 'Assessing processes and results of living labs: toward a general framework', *Sustainability: Science, Practice and Policy,* 21(1), str. 1-19, Dostupno na: https://doi.org/10.1080/15487733.2025.2526892

Fox, R. (2005.) 'The Context and Practices of Oxford Physics, 1839-77', u Fox, R. i Gooday, G. (ur.) *Physics in Oxford 1839-1939, Laboratories, Learning, and College Life.* New York: Oxford University Press, str. 24-79

Fuglsang, L. i Hansen, A.V. (2022.) 'Framing improvements of public innovation in a living lab context: Processual learning, restrained space and democratic engagement', *Research Policies,* 54(1), str. 1-12, Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104390

Gieryn, T. (2008.) 'Laboratory Design for Post-Fordist Science', *Isis,* 99(4), str. 796–802, Dostupno na: https://doi.org/10.1086/595773

Gooday, G. (2008.) 'Placing or Replacing the Laboratory in the History of Scinece', *Isis,* 99(4), str. 783-795, Dostupno na: https://doi.org/10.1086/595772

Gooding, D. (1989.) 'History in the Laboratory: Can We Tell What Really Went on', u James, F.A.J.L.(ur.) *The Development of the Lavoratory – Essays on the Place of Experiment in Industrial Civilisation.* New York: American Institute of Physices, str. 63-82

Griffin, B. (2005.) *Laboratory Design Guide.* 3. izd. (1.izd. 1998.) New York: Routledge

Groák, S. (1992) *The Idea of Building: thought and action in the design and production of buildings*, London: E & FN Spon

Gutterman, A. (2023.) 'Research and Development', *ResearchGate,* Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/374165839_Research_and_Development, Pristup: 25. ožujka 2025.

Griffin, B. (2005.) *Laboratory Design Guide.* 3. izd. (1.izd. 1998.) New York: Routledge

Haas, L.A. i Wadman S.S. (1970.) 'The Waalre complex of Philips Research Laboratories', *Philips Technical Review,* 31(5/6), pp 153-168, Dostupno na: https://pearlhifi.com/06_Lit_Archive/02_PEARL_Arch/Vol_16/Sec_53/Philips_Tech_ Review/PTechReview-31-1970-153.pdf, Pristup: 30. ožujka 2025.

Heinekamp, C. (2015.) 'Introduction: Laboratory Typologies', u Dittrich, E. (ur.) *The Sustainable Laboratory Handbook: Design, Equipment, Operation.* Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH&Co

Hershberger, R. (1999.) *Architectural Programming and Predesign Manager*. London: Routledge

Herth, A., Verburg, R., Blok, K. (2024.) 'The Innovation Power of Living Labs to Enable Sustainability Transitions: Challenges and Opportunities of On-Campus Initiatives', *Creativity and Innovation Management,* 39(2), str. 427-442, Dostupno na: https://doi.org/10.1111/caim.12649

Hoyningen-Huene, P. (2008.) 'Systematicity: The Nature of Science', *Philosophia,* 36(2), str. 167-180, Dostupno na: DOI:10.1007/s11406-007-9100-x

James, F.A.J.L. (1989.) 'Introduction', u James, F.A.J.L.(ur.) *The Development of the Lavoratory – Essays on the Place of Experiment in Industrial Civilisation.* New York: American Institute of Physices, str. 1-7

Kaji-O`Grady S., Smith C.L.. (2019.) *LabOratory Speaking of Science and Its Architecture.* Cambridge: The MIT Press

Kliment S.A., Watch, D.D. (2001) *Building Type Basics for Research Laboratories.* Zlibrary.to (online). Dostupno na: https://zlibrary.to/filedownload/building-type-basics-for-research-laboratories-0, Pristup: 14. studenog 2023.

Klein, U. (2008.) 'The Laboratory Challenge: Some Revisions of the Standard View of Early Modern Experimentation', *Isis,* 99(4), str. 769–782, Dostupno na: https://doi.org/10.1086/595771

Kohler R. E. (2002.) *Landscapes and Labscapes: Exploring the Lab – Filed Border in Biology.* Chicago: University of Chicago Press

Kohler, R. E. (2008.) Lab History: Reflections, *Isis,* Vol. 99, Issue 4, str. 761–768 Dostupno na: https://doi.org/10.1086/595769

Koružnjak, B. (2005.) *Analiza prostornih standarda znanstveno-nastavnih ustanova.* Zagreb: TIVA Tiskara Varaždin

Krauss, A. (2023.) 'Homo methodologicus and the origin of science and civilisation', *Heliyon*, 9(10), Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20237

Kronenberg, R. (2005.) 'Flexible Architecture: The Cultural Impact on Responsive Building', Open House International, 30(2), str. 59-65, Dostupno na: https://doi.org/10.1108/OHI-02-2005-B0008

Lecluyse, L., Knockaert, M. i Spithoven, A. (2019.) 'The contribution of science parks: a literature review and future research agenda', *The Journal of Technology Transfer,* 44(2)*,* pp. 595-95, Dostupno na: https://doi.org/10.1007/s10961-018-09712-x

Leminen, S., De Vita, K., Westerlund, M. i Ritala, P. (2024.) 'Places and spaces of collaborative R&D and innovation: navigating the role of physical and virtual context', *R&D management,* 54(2), str. 201-2013., Dostupno na: https://doi.org/10.1111/radm.12663

Macheridis, N., Paulsson, A., i Pihl, H. (2020). 'The Humboldtian ideal meets employability? University teachers and the teaching–research relationship in marketized higher education' *Industry and Higher Education*, 34(5), str.303-311.,
Dostupno na: https://doi.org/10.1177/0950422219898371

Martin, J.D. (2024.) 'The Age of Industrial Laboratories' u Crease, R. P. (ur.) *Between Science and Industry: Institutions in the History of Materials Research.* World Scientific Publishing, str. 153-171, Dostupno na: https://doi.org/10.1142/9789811284342_0007

Mayer, L. (1995.) *Design and planning of Research and Clinical Laborytory Facilities.* New York: John Wiley & Sons

McIntosh, M. A. (2025.) 'Search for Truth: A Brief History of the Scientific Method', *Brewminate*, Dostupno na: https://brewminate.com/search-for-truth-a-brief-history-of-the-scientific-method/, Pristup: 04. svibnja 2026.

Michener, W.K. (2015.) 'Ecological Data Sharing', *Ecological Informatics,* 29(19), pp. 33-44, Dostupno na: https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.06.010

Morris, P.J.T. (2015.) *The Matter Factory A History of the Chemistry Laboratory*. London: Reaktion Books Ltd

Morris, P.J.T. (2021.) 'The History of Chemical Laboratories: A Thematic Approach', *ChemTexts,* 7(21), Dostupno na: https://doi.org/10.1007/s40828-021-00146-x

Mowery, D.C. (1990.) 'The Development of Industrial Research in U.S. Manufacturing', *The American Economic Review,* 80(2), str. 345-349, Dostupno na: https://www.jstor.org/stable/2006598

Nicholas, T. (2009.) 'Spatial diversity in invention: evidence from the early R&D labs', *Journal of Economic Geography,* 9(1), str. 1-31, Dostupno na: https://doi.org/10.1093/jeg/lbn042

Nobelius, D. (2004.) 'Towards the Sixth Generation of R&D Management', *International Journal of Project Management,* 22(5), str. 369-375, Dostupno na: 10.1016/j.ijproman.2003.10.002

Norton, J.N. i Brouwer A.B. (2009.) 'The Planning, Design and Construction Process' u Hessler J.R. i Lehner, N.D.M. (ur.) *Planning and Designing Research Animal Facities.* London: Elsevier

OECD (2015.), 'Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development', *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, Paris: OECD Publishing, Dostupno na: https://doi.org/10.1787/9789264239012-en.

OECD (2025.) ' Embedding citizen science into research policy', *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, 175, Paris: OECD Publishing, Dostupno na: https://doi.org/10.1787/a1cfb1a8-en.

OECD (2026.) ' New expectations and demands from science: Rethinking research assessment frameworks ', *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2026/07, Paris: OECD Publishing, Dostupno na: https://doi.org/10.1787/0c685800-en.

Paice, A., Malakhatka, E. (2023.) 'Future Labs: Making the Future Tangible Today', u Carlton, T., Shaun, W., Cockayne, W.R. (ur.) *Inventing the Almost Impssible.* (ebook) Springer*,* str. . 81-94, Dostupno na: DOI: 10.1007/978-3-031-36224-8_8

Pithan, D. M. (2022.) *Corporate Research Laboratories and the History of Innovation.* New York: Routledge

Pevsner, N. (1997.) *A History of Buliding Types.* 5. izd.*,* New Jersey: Princeton University Press

Romme, A.G.L. (2017.) 'Toward the Blueprint of Campus-Based Ecosystems for Innovation', *Engineering Management Research,* 6(1), str. 84-89, Dostupno na: http://doi.org/10.5539/emr.v6n1p84

Radolović, E., Staničić, Ž, Knezović, M., Veršić, S., Lonjak Zlopaša, B. (2018.) *Konzervatorski elaborat – Institut Ruđer Bošković , Bijenička cesta 54, Zagreb*. Grad Zagreb – Gradski zavod za zaštitu spomenika

Romanowski, R. (2019.) 'The Nature of Innovation Management' u Romanowski, R. (ur.) *Managing Economic Innovations – Ideas and Institutions,* str. 6-21, Poznań: Bugucki Wydawnictwo Naukowe, Dostupno na: DOI: 10.12657/9788379862764

Schindler, S. (2023.) 'Justus von Liebig', *Chemistry,* 5(2), Dostupno na: https://doi.org/10.3390/chemistry5020071

Schemel, S; Carreau, M; DiMambro, J; Uerz, G (2020). *Future of Labs – Elements of a Future Scientific Research Ecosystem*, London: Arup, Dostuno na: https://www.arup.com/insights/future-of-labs/

Schmidgen, H. (2021.) 'The Laboratory', *Encyclopedia of the History of Science*, Dostupno na: https://ethos.lps.library.cmu.edu/article/id/450/, Pristup 03. svibnja 2024.

Skoog, D., West, D., Holler, F., Crouch, S. (2014.) *Fundamentals of Analytical Chemistry.* 9. izd. (1.izd. 1995.) Belmort: Brooks Cole

Smith Bailey M.M. i Lew J. (2009.) 'Master Planning and Animal Facility Location' u Hessler, J.R. i Lehner N.D.M. (ur.) *Planning and Designing Research Animal Facities.* London: Elsevier

Sofronievska, A., Cheshmedjievska, E., Stojcheska, D., Taneska, M., Gjorgievski, V.Z., Kokolanski, Z., Taskovski, D. (2026.) 'Understanding Living Labs: A Framework for Evaluating Sustainable Innovation', *Sustainability,* 18(1), Dostupno na: https://doi.org/10.3390/su18010117

Tripathi, D.K. (2024.) *Scale Up and Technology Transfer.* bspublications.net (online). Dostupno na: https://bspublications.net/book_detail.php?bid=1833 Pristup: 30. rujna 2025.

Urry, J. (2007.) *Mobilities.* Cambridge: Polity Press

Van Berkel, K. i Homburg, E. (2023.) 'The Joint Emergence of the Teaching-Research Laboratory and the Modern University: An Introduction', u Van Berkel, K. i Homburg, E. (ur.) *The Laboratory Revolution and the Creation of the Modern University 1830-1940.* Amsterdam: Amsterdam University Press, str. 13-32

Van der Voordt D.J.M., Van Wegen H.B.R. (2005.) *Architecture in Use.* London: Routledge

Venturi, R. (1999.) 'Thoughts on the Architecture of the Scientific Workplace: Community, Change and Continuity', u Galison, P. i Thompson, E. (ur.) *The Architecture of Science.* Cambridge: The MIT Press, str. 385-398

Wikerson, B. i Launde Trellevik, L.K. (2021.) 'Sustainability – oriented innovation: Improving problem definition through combined design thinking and systems mapping approaches', *Thinking Skills and Creativity,* 42, Dostupno na*:* https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100932

Zhang, X. i Cui, T. (2022.) 'Evolution Process of Scientific Space: Spatial Analysis of Three Groups of Laboratories in History (16th–20th Century) ', *Buildings,* 12(11), Dostupno na: https://doi.org/10.3390/buildings12111909

Žižlavský, O. (2013.) 'Past, Present and Future of Innovation Process', *International Journal of Engineering Business Management,* 5(3), Dostupno na: https://doi.org/10.5772/56920

Internetski izvori:

https://www.enciklopedija.hr/cla nak/znanost (19.03.2026.)

https://www.ebsco.com/research-starters/history/science (19.03.2026.)

https://tertiarygraphic.com/developing-institutional-and-national-policies-through-research-4/#:~:text=The%20history%20of%20natural%20sciences%20research%20exemplifies,shaped%20by%20technological%20advancements%20and%20interdisciplinary%20collaboration (21.04.2026.)

https://www.enciklopedija.hr/clanak/popper-karl-raimund (18.05.2026.)

https://opusproject.eu/openscience-news/understanding-the-open-science-movement-through-the-lens-of-history/ (04.05.2026.)

https://undsci.berkeley.edu/modern-science-whats-changing/ (04.05.2026.)

https://www.enciklopedija.hr/clanak/liebig-justus-von (18.05.2026.)

https://www.hightechcampus.com/ (12.10.2026.)

https://en.wikipedia.org/wiki/Triple_helix_model_of_innovation (12.10.2026.)

https://www.enciklopedija.hr/clanak/tip (15.04.2026.)

https://www.enciklopedija.hr/clanak/laboratorij (17.04.2026.)

https://www.zakon.hr/c/podzakonski-propis/50986/nn-38-2008-%282.4.2008.%29%2C-pravilnik-o-dobroj-laboratorijskoj-praksi (17.04.2026.)

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_01_3_69.html (12.03.2025.)

https://www.biocentre.hr/opci-uvjeti/ (06.02.2026.)

https://www.fsb.unizg.hr/?ztermo&lpm (14.10.2026.)

https://regula.hr/period-umjeravanja-opreme/ (14.10.2026.)

https://cekomng.hr/poslovne-mogucnosti/mjerni-laboratorij/# (14.10.2026.)

https://www.zeton.com/wp-content/uploads/2019/10/AICHE-AW-Understand-Pilot-Plant-Design-Specifications-May-2016-CEP.pdf (30.09.2025.)

https://casrai.org/guides/what-is-good-laboratory-practice (08.10.2026.)

https://www.eurolab.com.tr/hr/testler/gida-analizleri/glp-test-laboratuvari (09.10.2026.)

https://www.chromatographyonline.com/view/what-does-good-laboratory-practice-glp-mean (09.10.2026.)

https://www.kbc-zagreb.hr/centar-za-translacijska-i-klinicka-istrazivanja.aspx (07.10.2026.)

https://mef.unizg.hr/o-nama/ustroj/centri/centar-za-translacijska-i-klinicka-istrazivanja/ (07.10.2026.)

https://enciklopedija.hr/clanak/tehnika (07.03.2025.)

https://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/laboratory-design-guidelines.pdf (10.01.2024)

https://research.columbia.edu/sites/default/files/content/EHS/ProjectManagers/LaboratoryDesignGuideline2023.pdf (10.01.2024)

https://web.mit.edu/facilities/maps/DesignStandards/T10%20%20Lab%20Design%202022.pdf (10.01.2024)

https://www.ehs.harvard.edu/sites/default/files/ehs_design_guidelines.pdf (10.01.2024)

https://campusplanning.hms.harvard.edu/planning-design-construction/design-standards (18.12.2025.)

https://www.ehs.harvard.edu/ergonomics (09.02.2026.)

https://www.ed.ac.uk/health-safety/guidance/laboratories/general-laboratory-design-and-equipment (10.01.2024

https://ehs.stanford.edu/manual/laboratory-standard-design-guidelines (11.02.2026)

https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/laboratory-safety/laboratory-safety-manual/appendix-d (12.02.2026)

https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_09_105_1965.html (07.09.2026.)

https://www.egnaton.com/en/ (08.09.2026.)

https://www.usgbc.org/leed (08.09.2026.)

https://breeam.com/ (08.09.2026.)

https://www.dgnb.de/en (08.09.2026.)

https://www.dqsglobal.com/hr/certifikacija/esg-auditi (09.10.2026.)

Pojmovnik

Animalna platforma je specijalizirani i kontrolirani pogon za uzgoj, držanje i pokuse na laboratorijskim životinjama.

Arhitektonski tip formira se dedukcijom iz serije pojava. Nastaje kada postoji serija zgrada kod kojih je očita formalna i funkcionalna analogija. (Argan, 1963)

Čiste sobe prostori s kontroliranim unutarnjim uvjetima. Održava se iznimno niska razina čestica prašine i precizno se kontroliraju parametri poput temperature, vlage, tlaka i statičkog elektriciteta.

Digestor je specijalizirani zaštitni laboratorijski uređaj koji služi za sigurno izvođenje kemijskih eksperimenata, te za rad s opasnim, otrovnim ili zapaljivim materijalima. Ima snažan ventilacijski sustav koji usisava opasne plinove i pare i odvodi ih izvan prostora.

Dvotrakt je tlocrtna organizacija u kojoj se prostoje niže s dvije strane hodnika.

Eksperimentalna hala je laboratorijski prostor namijenjen provođenju istraživanja (npr. testiranje građevinskih konstrukcija i materijala u mjerilu 1:1).

Fleksibilnost omogućuje jednostavnu fizičku prilagodbu prostora promjenjivim potrebama korisnika tijekom vremena.

Gluha komora je prostorija potpuno izolirana od vanjskih zvukova i elektromagnetskih valova. Njezini zidovi, pod i strop upijaju gotovo 100% zvučnih valova i sprječavaju jeku i refleksiju. Obično je dilatirana od ostatka zgrade kako bi se spriječilo prodiranje vibracija iz tla i okoliša. (https://tehnicki.lzmk.hr/clanak/gluha-komora [07.09.2026.])

Instalacijska etaža služi isključivo za smještaj instalacija. Omogućuje horizontalnu koordinaciju instalacija i njihovo održavanje bez ometanja primarnog rada u laboratoriju. Obično se smješta iznad etaže s laboratorijima.

Instrumentalne sobe specijalizirani laboratorijski prostor namijenjen smještaju visokoosjetljive opreme. Služi kao kontrolirano okruženje kao bi se instrumenti zaštitili od vibracija, promjena temperature i onečišćenja.

Jednotrakt je tlocrtna organizacija u kojoj se prostoje niže s jedne strane hodnika.

Komunikacija (horizontalna i vertikalna) povezuje pojedine laboratorijske prostorno-funkcionalne sklopove. Horizontalnu komunikaciju čine hodnici, a vertikalnu stubišta i dizala.

Kultura stanica ***(stanična kultura)*** laboratorijska tehnika uzgoja živih stanica izvan organizma, tj. izvan njihovog prirodnog okoliša.

Laboratorij u širem smislu laboratorij je svako mjesto ili prostor u kojem se nešto istražuje, razrađuje ili doživljava, u užem smislu laboratorij je funkcionalno – organizacijska cjelina opremljena i uređena za provedbu eksperimenata i istraživanja.

Laboratorijski modul definiran je kao osnovna prostorna jedinica koja obično odgovara veličini laboratorija za dvije osobe, tj. jedan laboratorijski modul odgovara osnovnom radnom prostoru za jednog do tri laboratorijska korisnika. (DiBernardinis et al., 2013, str. 32)

Laminar je uređaj koji osigurava sterilno radno područje. Djeluje na način da usmjerava kontinuirani tok čistog zraka (preko HEPA filtera) sprječavajući kontaminaciju osjetljivih uzoraka.

Maseni sprektrometar je analitički instrument koji omogućuje precizno određivanje sastava molekule (identificira kemijske tvari u uzorku mjerenjem omjera mase i naboja njihovih iona).

Tehnološki park je urbanizirana cjelina koja povezuje industriju, javni sektor i visoko obrazovanje s ciljem poticanja inovacija i komercijalizacije znanstvenih istraživanja.

Pilot postrojenje je malo industrijsko postrojenje koje je namijenjeno testiranju novih tehnologija, procesa ili rješenje u manjom mjerilu od komercijalnog.

Potresna platforma (shaking table) je laboratorijsku ispitnu platformu za testiranje otpornosti građevine na potrese.

Reaktivni sustav (strong floor i strong wall) je specijalizirana masivna armiranobetonska konstrukcija koja se koristi u laboratorijima za ispitivanje potresne otpornosti građevina (konstrukcija može izdržati ekstremne sile i momente bez vidljivih deformacija tijekom mehaničkih ispitivanja građevinskih elemenata u punoj veličini).

R&D laboratorij – (Research and development- istraživanje i razvoj) usmjereni su na istraživanje novih tehnologija proizvoda, procesa ili rješenja, a razvili su se iz industrijskih istraživačkih laboratorija.

Trotrakt je tlocrtna organizacija s dvostrukim hodnikom i centralnom zonom.

Van de Graaf akcelerator je elektrostatički visokonaponski generator u kojem se električni potencijal stvara na račun mehaničkoga rada utrošenoga na trenje i prijenos električnih naboja. (https://enciklopedija.hr/clanak/van-de-graaffov-generator [08.09.2026.])

Valni kanal je dugi, uski bazen koji se koristi u specijaliziranim laboratorijima, služi za simulaciju, generiranje i proučavanje ponašanja površinskih valova na vodi.

Znanstveno – istraživački laboratorij je funkcionalno – organizacijska cjelina, s kontroliranim i standardiziranim uvjetima prostora, opremljena instrumentima i opremom koji udovoljavaju zahtjevima i potrebama eksperimenata i analitičke obrade istraživanja ovisno o polju kojem određeni laboratorij pripada.

Zračni tuš je specijalizirana komora koja se postavlja na ulazu u prostore s kontroliranim unutarnjim uvjetima (npr. čiste sobe, BSL laboratorije). Služi za uklanjanje nečistoća i prašine s odjeće prije ulaska u sterilni prostor i istovremeno sprječava ulazak zraka iz okolnog prostora.

Živi laboratorij karakterizira sudjelovanje korisnika u testiranju i validaciji novih rješenja, usluga ili proizvoda u stvarnom okruženju. Inovacije se ne razvijaju izolirano u laboratoriju, već u stvarnom okruženju.

Popis kratica

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

BAS – *Building Automation System*; sustav automatizacije zgrada je centralizirana računalna mreža koja automatski nadzire, kontrolira i upravlja mehaničkim i električnim instalacijama unutar zgrade

BMS –*Bulidnig Managemant System*; računalno upravljan sustav koji služi za automatsko nadziranje, kontrolu i optimizaciju svih tehničkih instalacija unutar zgrade

BSC - *Biological Safety Cabinet* ; kabinet za biološku sigurnost, ventilirani laboratorijski uređaj koji koristi HEPA filtere i kontrolirani protok zraka, služi za siguran rad s opasnim uzorcima i patogenima istovremeno štiteći korisnika, uzorak i okoliš

BSL I - IV – *Biosafety Level I-IV,* razine biološke sigurnosti I-IV, sigurnosni protokoli koji se koriste u mikrobiološkim i biomedicinskim laboratorijima; obuhvaćaju četiri stupnja zaštite BSL I (najniži rizik) do BSL IV (najviši rizik)

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*; međunarodni sustav za ocjenjivanje i certificiranje održivosti zgrada i infrastrukture

CE certifikat – *Conformité Européenne;* zakonska potvrda proizvođača da proizvod ispunjava sve ključne zahtjeve Europske unije za sigurnost, zdravlje i zaštitu okoliša

CERN - *Conseil européen pour la recherche nucléaire* (Europsko vijeće za nuklearna istraživanja); međunarodna institucija za nuklearna istraživanja (temeljna istraživanja na području fizike elementarnih čestica), najveći znanstveni laboratorij na svijetu

CNUS – *Centralni nadzorno-upravljački sustav*; računalno upravljan sustav koji služi za automatsko nadziranje, kontrolu i optimizaciju svih tehničkih instalacija unutar zgrade (međunarodno poznat kao *BMS sustav)*

DGNB – *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen;* međunarodni sustav za ocjenjivanje i certificiranje održivosti zgrada

EGNATON – *European Association for Sustainable Laboratories;* europsko udruženje posvećeno razvoju, planiranju i radu održivih laboratorija i istraživačkih ustanova

ESG certifikacija – *Environmental, Social, Governance Certification*; potvrda kojom neovisna organizacija ocjenjuje i dokazuje da poslovanje poštuje standarde zaštite okoliša, društvene odgovornosti i dobrog upravljanja

GLP –*Good Laboratory Practice*; skup smjernica koji osigurava pouzdanost, integritet i sljedivost podataka dobivenih u laboratorijskim ispitivanjima. (I Raić, osobna komunikacija, 7.srpnja 2025.)

GMP –*Good Manufacturing Practice*; obuhvaća sve aspekte proizvodnje, uključujući dizajn i održavanje opreme, kontrolu procesa, dokumentaciju i obuku osoblja. Cilj je osigurati da se lijekovi proizvode dosljedno, sigurno i u skladu s propisanim specifikacijama. (I Raić, osobna komunikacija, 7.srpnja 2025.)

ETH Zürich – *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*

GC-MS – *Gas chromatography–mass spectrometry*; tehnika analitičke kemije koja spaja dvije metode - plinsku kromatografiju i masenu spektrometriju

HPLC - *High-performance liquid chromatography*; visokoefikasna tekućinska kromatografija, napredna analitička metoda koja se koristi za razdvajanje, identifikaciju i kvantitativno određivanje kemijskih tvari u nekom uzorku

HVAC – *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* ; grijanje, ventilacija i klimatizacija

IRB – *Institut Ruđer Bošković*

LC-MS – *Liquid chromatography–mass spectrometry;* tehnika analitičke kemije koja spaja dvije metode - tekućinsku kromatografiju i masenu spektrometriju

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*; globalni sustav certificiranja zelenih zgrada

NMR - *Nuklearna magnetska rezonancija*

OECD - *The Organisation for Economic Co-operation and Development*

R&D - *Research and development*

Životopis autorice

Marija Džapo rođena je 1988. godine u Šibeniku gdje je 2007. maturirala u Gimnaziji Antuna Vrančića. Na Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirala je 2013. godine.

Od 2013. do 2019. godine zaposlena je kao stručni suradnik, a od 2019. do 2021. kao projektant – stručni savjetnik u Zavodu za arhitekturu na Arhitektonskom fakultetu gdje radi na stručnim projektima: urbanističko – arhitektonskim studijama, arhitektonskim projektima i projektima unutarnjeg uređenja.
U ožujku 2017. polaže stručni ispit u strukovnom području arhitekture.

U nastavi na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu sudjeluje na vježbama iz kolegija *Visokogradnje* Samostalne katedre za zgradarstvo kao honorarni asistent u ak.god. 2017./2018. i 2018./2019. Od 2021. godine zaposlena je kao asistentica na Građevinskom fakultetu na Samostalnoj katedri za zgradarstvo gdje sudjeluje u izvođenju nastave na kolegiju *Visokogradnje*. Godine 2022. upisuje doktorski studij Arhitektura i urbanizam na arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te je 2024. godine obranila temu doktorskog rada pod nazivom *Arhitektonski modeli laboratorija prirodnih znanosti – kriteriji za programiranje znanstveno-istraživačkih sadržaja* pod mentorstvom prof.art.dr.sc. Silvija Bašića. U znanstveno-istraživačkom radu bavi se temama znanstveno-istraživačkih sadržaja i laboratorijskih prostora.

Godine 2023. sudjeluje na znanstvenoj konferenciji u Splitu *Zajednički temelji 2023—uniSTem* s radom *Planiranje i programiranje istraživačkih prostora - modeli laboratorija prirodnih znanosti.* Iste godine sudjeluje na znanstvenoj konferenciji *Dan doktorata 2023*, Doktorskog studija Arhitektura i urbanizam s radom *Natural Science Laboratory Models – Criteria for Spatial Programming of Scientific Research Spaces*. Godine 2025. godine sudjeluje na znanstvenoj konferenciji u Rijeci *Zajednički temelji 2025 - 11. skup mladih istraživača iz područja građevinarstva i srodnih tehničkih znanosti* s radom *Nastanak i razvoj R&D laboratorija.*
Koautorica je preglednog znanstvenog članka *Research and Development laboratories – Program Evolution* objavljenog u časopisu *Horizon Publishing* 2026. godine.

PRILOG I

Analiza smjernica za projektiranje laboratorija

Analiza smjernica za projektiranje prema definiranim grupama

1. Smjernice za projektiranje – Sveučilište Yale

https://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/laboratory-design-guidelines.pdf (10.01.2024.)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- laboratorij odvojen od uredskih prostora - osigurati prostor za odmor osoblja u blizini laboratorija - osigurati garderobe laboratorijskog osoblja - osigurati izravne i neometane putove do izlaza iz svih dijelova laboratorija - prema potrebi osigurati više od jednog izlaza iz laboratorija
1.2 Ergonomija	- potrebno je osigurati dovoljno radnog prostora za zaposlenike; prostorni zahtjevi se trebaju temeljiti na broju zaposlenih, opremi, potrebnom slobodnom prostoru uz opremu (za održavanje, postavljanje i rad), te predviđenom rastu i promjenama tijekom vremena - potrebno je razmotriti prilagodljivost opreme kako bi se omogućila veća produktivnost i udobnost - potrebno je osigurati odgovarajuću osvijetljenost radnih mjesta
1.3 Održavanje	- potrebno je osigurati odgovarajuće razmake, pristupačnost i osvjetljenje za osoblje zaduženo za održavanje
1.4 Pristupačnost	/

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Vodovod i odvodnja	- sudoperi za pranje ruku obavezni su u svim laboratorijima - voda iz gradskog vodovoda se ne smije koristiti za hlađenje opreme ili prostora
2.2 Električne instalacije	- potrebno je maksimizirati broj odvojenih strujnih krugova kako bi se izbjeglo preopterećenje - osigurati uzemljenje utičnica na više strujnih krugova kako bi se smanjile potrebe za produžnim kablovima; uzeti u obzir predviđenu opremu i predviđeni budući rast - kada je to moguće, osigurati rezervno napajanje za opremu koja to zahtjeva - osigurati siguran pristup osoblju koje pregledava, prilagođava, održava ili modificira opremu pod naponom; slobodni prostor se ne smije koristiti za skladištenje
2.3 Opća ventilacija laboratorija	- potrebno je postaviti dovodne otvore za zrak dalje od potencijalnih izvora onečišćenja, uključujući odvodne kanale digestora - laboratoriji moraju biti na 100% ispušnim sustavima (bez recirkulacije zraka iz laboratorijskih prostora) - potrebno je projektirati i uravnotežiti sustave tako da su laboratorijske prostorije blago negativne (podtlak) u odnosu na hodnike i okolne prostorije - projektirani cilj je 8-10 izmjena zraka u prostoriji po satu za prostorije s korisnicima i 4-6 po satu za prostorije u kojima nije predviđen stalni boravak - dopuštene su smanjene stope izmjene zraka sukladno korištenju prostora radi uštede energije
2.4 Plinovi	<u>Fiksna detekcija plina</u> - u nekim slučajevima će biti potrebna fiksna detekcija plina zbog prisutnosti toksičnih ili zapaljivih plinova, te ako je izgledno da bi mogao biti nedostatak kisika u prostoru utvrditi je li sustav potreban i gdje bi trebali biti smješteni senzori i alarm

	Sustavi stlačenog (komprimiranog) plina - razvod plinskog sustava mora ispunjavati sve propisne zahtjeve - sva područja za skladištenje i korištenje plinskih boca moraju imati trajno pričvršćene mehanizme za sigurnost cilindara

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1 Lokalna ventilacija laboratorija	Kemijski digestori - digestore postaviti udaljene (1,8 m) od vrata, pješačkih koridora i dovoda zraka kako bi se smanjili štetni učinci turbulencija - većina digestora zahtjeva priključke vode, struje i odvodnju; prema zahtjevu korisnika može biti potreban plin i komprimirani zrak - radne površine i završna obrada mora biti otporna na kemikalije - električne utičnice se moraju nalaziti na vanjskoj strani digestora, ne smiju se stavljati unutra - rasvjeta mora biti lako dostupna s vanjske strane digestora kako bi se olakšala pravovremena zamjena - potrebno je kodirati i označiti digestore i odvodne kanale dosljednim, standardiziranim sustavom - kućišta digestora trebaju sadržavati ormariće za pohranu zapaljivih tekućina i ormarića za pohranu korozivnih kemikalija Nape za perklornu kiselinu - svi laboratoriji koji će koristiti zagrijanu perklornu kiselinu u procesu u kojem se pare perklorne kiseline ne kondenziraju (ili na neki drugi način ne pročišćavaju) kao dio procesa, ili oni koji koriste koncentriranu perklornu kiselinu (>72%), moraju biti opremljeni napom za perklornu kiselinu sa sustavom ispiranja - nape za perklornu kiselinu ne smiju se povezivati s napama koje ne sadrže perklornu kiselinu Plinski ormari i ispušna kućišta - svaki laboratorij u kojem su prisutni otrovni ili korozivni plinovi mora biti opremljen plinskim ormarićem ili ispušnim kućištem koje ispunjava zahtjeve NFPA 55 Fleksibilni odsis (ekstrakcijske ruke) - ruke za ekstrakciju za opću laboratorijsku upotrebu – odvodna cijev može biti 7,5-10 cm (3-4 inča) ovisno o primjeni - poklopci trebaju biti izrađeni od prozirne plastike osim ako nema zahtjeva za dodatnom kemijskom otpornošću; mogu biti kupolastog ili četvrtastog oblika, ovisno o primjeni Dimovodne nape bez kanala (bez odovoda) - ako je dopuštena, napa bez kanala mora ispunjavati sljedeće kriterije: proizvođač mora zadovoljiti i dostaviti dokumentaciju koja pokazuje da se jedinica može se koristiti s kemikalijama u predviđenim koncentracijama koje se koriste u laboratoriju, jedinica mora uključivati pouzdan sustav nadzora koji pokazuje proboj na 25% granične vrijednosti Skladištenje kemikalija - laboratorij treba sadržavati namjenski prostor za skladištenje kemikalija; to može biti u potpultnom ormariću u digestoru i / ili u samostojećem ormaru za skladištenje zapaljivih i korozivnih kemikalija Ormari za skladištenje zapaljivih kemikalija - moraju imati vrata koja se sama zatvaraju i zaključavaju - moraju biti označeni kako bi se utvrdilo jesu li ili nisu spojeni na ispuh - prag vrata mora biti podignut najmanje 5 cm iznad dna ormarića kako bi se zadržala prolivena tekućine unutar ormarića - ventilacija ormara za skladištenje zapaljivih kemikalija potrebna je samo tamo gdje će biti skladištenje otrovnih/akutno otrovnih kemikalija ili kemikalija neugodnih mirisa (ako su ormari za zapaljive materijale ventilirani, moraju biti u skladu s NFPA 30 i izravno spojeni na ispuh)

	Ormari za pohranu korozivnih kemikalija i tvari: - moraju imati vrata koja se sama zatvaraju i zaključavaju - ormar mora imati oznaku "Korozivno" - prag vrata mora biti podignut najmanje 5 cm iznad dna ormarića kako bi se zadržala prolivena tekućina unutar ormarića - možda će biti potrebna ventilacija ormarića
3.2 Laboratorijski otpad	U laboratorijskim prostorima treba osigurati dovoljno prostora za prikupljanje i skladištenje otpada uključujući suhi i tekući radioaktivni otpad, opasni kemijski otpad, te biomedicinski otpad. - u svakom laboratorijskom prostoru je potrebno osigurati prostor za kemijski otpad (kemijski opasni otpad se mora čuvati u prostoriji na mjestu nastanka ili blizu njega); također je potrebno osigurati prostor za sekundarno skladištenje (potrebno je odvojiti otpad po klasama opasnosti) - svaki kat treba imati predviđen prostor za skladištenje kutija za medicinski otpad ili aluminijska metalna kolica zajedno s prostorom za skladištenjem kutija, vreća i potrebnih etiketa za medicinski otpad - svaki laboratorij treba imati prostor za komunalni otpad
3.3 Zahtjevi laboratorijske opreme	Biološki sigurnosni ormari - Biosafety cabinets (BSC) - potrebno je osigurati priključak komprimiranog zraka i električne energije; poželjno je koristiti fleksibilne spojeve tamo gdje je to moguće kako bi se omogućilo ograničeno premještanje BSC-a - ne preporučuje se korištenje zemnog plina, ali je dopušteno na poseban zahtjev korisnika - ugradnja dalje od prometnih koridora, vrata, ventilatora, napa, ventilacijskih otvora, digestora i bilo kakvih drugih uređaja za obradu zraka koji bi mogao poremetiti njegov protok zraka - električna utičnica za BSC trebala bi imati namjenski prekidač za sprječavanje slučajnog isključivanja jedinice ako neki drugi uređaj preoptereti struji krug Hladnjaci i zamrzivači - laboratorijski hladnjaci su prikladniji nego hladnjaci namijenjeni za kućanstvo - hladnjaci i zamrzivači u kojima će se skladištiti zapaljive tekućine moraju biti predviđeni za skladištenje zapaljivih materijala - potrebno je prepoznati visoka toplinska opterećenja koja generira većina zamrzivača i treba ih smjestiti u skladu s tim; prostorije s hladnjacima mogu zahtijevati dodatno lokalno hlađenje
3.4 Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system)	/

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Tuševi za ispiranje očiju	- osigurati sigurnosne uređaje za ispiranje očiju i tuširanje u hitnim slučajevima (mlaka voda, udaljenost približno 17,5 m bez prepreka, aktivacija jednim pokretom unutar 1 sekunde, ispiranje oba oka istovremeno) - voda za ispiranje očiju u hitnim slučajevima mora biti pitka - tuševi za ispiranje očiju trebaju se nalaziti u svakom mokrom laboratoriju, uključujući laboratorije za kulturu stanica - sredstva za ispiranje očiju mogu biti montirana na umivaonik, samostojeća ili kombinirana s tušem - tuševi za ispiranje očiju moraju biti spojeni na odvod ili se mogu postaviti uz sudoper kako bi se omogućilo redovito testiranje - tuševi za hitne slučajeve moraju se nalaziti unutar laboratorija u kojima se rukuje korozivnim tvarima; u hodnicima treba postaviti dodatne tuševe za hitne slučajeve - tuš za hitne slučajeve treba biti smješten u obližnjim zahodima na svakom katu kad god je to moguće

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Vrata laboratorija i hodnika	- vrata bi trebala biti jednim dijelom ostakljena ili s otvorima kako bi se mogla promatrati unutrašnjost laboratorija - ulazna vrata laboratorija i unutarnja vrata laboratorija moraju imati mehanizam za automatsko zatvaranje - vrata na hodniku trebaju biti opremljena infracrvenim ili drugim automatskim sustavima otvaranja vrata kako bi se olakšalo kretanje materijala i kolica duž hodnika
5.2 Oznake na ulazu	- potrebno je osigurati standardne plastične držače znakova izvan vrata, za smještaj laboratorijskog znaka na vratima, uključujući sve unutarnje prostorije i pomoćne prostorije - potrebno je osigurati prostor za sigurnosnu stanicu blizu glavnih laboratorijskih vrata za telefon, aparat za gašenje požara, sigurnosne oznake i držače za sigurnosne naočale za posjetitelje
5.3 Zidovi i stropovi	- površine moraju biti glatke i lake za čišćenje, bez materijala koji sadrži azbest - ugradbena rasvjeta je prikladnija nego viseća, no treba izbjegavati postavljanje rasvjete izravno iznad laboratorijskih pultova - koristiti energetski učinkovitu rasvjetu kada je to moguće - otvaranje prozora je zabranjeno kako se ne bi poremetio rad sustava ventilacije, digestora i biološki sigurnosnih ormara
5.4 Podovi	/
5.5 Prozori	/
5.6 Namještaj	/
5.7 Radne površine	/

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 Laboratorij za kulturu stanica	- pod negativnim tlakom u odnosu na hodnike i okolne prostore - laboratorij je potrebno odvojiti od okolnih prostora vratima, po mogućnosti s otvaranjem prema unutra - podovi bez reški, podignuti sokl; podni prodori zabrtvljeni - sudoper za pranje ruku unutar prostorije, po mogućnosti blizu vrata - stropovi visoki najmanje 2,4 m, za smještaj biološki sigurnosnih ormara i inkubatora - izbjegavati postavljanje biološki sigurnosnih ormarića ispod otvora za dovod zraka - razvodni sustav za isporuku plina za BSL kabinete prema zahtjevima korisnika
6.2 Tamne sobe	- potrebno je osigurati dodatnu ventilaciju kako bi se snizila razina onečišćujućih tvari - za otpadne vode iz automatskih procesora filma potreban je sustav za izdvajanje srebra - automatizirani procesori za film ili fotografiju moraju biti registrirani za ispuštanje otpadnih vode; takva oprema također mora biti na servisnom ugovoru za redovito održavanje - cijevi za odvodnju trebaju biti većeg profila od standardne odvodnje koja se zahtijeva zbog povremenog opterećenja krutim tvarima i tendencije začepljena takvih instalacija
6.3 Laboratorij za lasere	- ako je laser klase 3B, minimalni zahtjevi su: znak upozorenja o laseru na vratima, barijera na ulazu kako bi se spriječilo izlaganje veće od maksimalno dopuštene izloženosti, držač za laserske zaštitne naočale (LPE) prije prolaska kroz barijeru na ulazu

	- ako je laser klase 4, uz sve zahtjeve klase 3B, minimalni zahtjevi su: osvjetljeni znak „Laser u uporabi“ na ulazu u laserski kontrolirano područje
6.4 Sobe za mikroskope	- ako mikroskop ima laser s otvorenom zrakom klase 3B ili 4 primjenjuju se gore navedeni zahtjevi - ako mikroskop ima potpuno zatvoreni laser klase 3B ili 4, mora imati natpis „Oprez: X – zrake“ na vratima
6.5 Laboratoriji s rendgenskom opremom	- ako se koriste sustavi s otvorenim snopom, iznad vrata mora biti odgovarajući svjetlosni znak opasnosti "Rendgen uključen" - ulaz u prostoriju mora biti kontroliran (pristup pomoću kartice)

7. Smjernice održivosti

	SMJERNICE
7.1 Općenito	/

2. Smjernice za projektiranje – Sveučilište Columbia

https://research.columbia.edu/sites/default/files/content/EHS/ProjectManagers/LaboratoryDesignGuideline2023.pdf (10.01.2024.)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- laboratorij odvojen od uredskih, zajedničkih i prostora s opremom - osigurati prostore za opuštanje i suradnju - minimizirati promet u zoni s uređajima osjetljivim na protok zraka (digestori i laminari) - tehnički prostori dostupni iz hodnika; planirati spremišta - fleksibilnost – modularni raspored instalacija, rasvjete i namještaja - planirati spremišta kao dio laboratorijskih prostora - korištenje prirodne rasvjete u laboratorijima - mehanička ventilacija (prirodna ventilacija nije dopuštena)
1.2 Ergonomija	- radne površine ergonomski prihvatljive - radni pultevi trebaju omogućiti sjedeći rad - maksimizirati dnevnu svjetlost; rasvjeta ravnomjerna preko cijele prostorije - uzeti u obzir maksimalno prihvatljive kriterije buke i vibracija pri odabiru opreme i sustava; uključiti odgovarajuće uređaje za kontrolu buke i vibracija
1.3 Održavanje	/
1.4 Pristupačnost	- postavljanje opreme, kemikalija, sigurnosne opreme, kontrolnih i operativnih mehanizama na visinu koja je dostupna iz sjedećeg položaja - najmanje jedan radni pult i jedan sudoper mora biti prilagođen zahtjevima pristupačnosti - zahtjevi obrazovnih programa su da laboratoriji budu u potpunosti pristupačni bez potreba za adaptacijom i prilagodbom

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Općenito	- razvod instalacija bi se trebao temeljiti na modularnom rasporedu - osigurati pouzdanost, maksimalnu operativnu fleksibilnost, održavanje i modifikacije sustava bez ometanja istraživanja - instalacije opreme i razvod instalacija trebaju biti projektirane tako da isključuju buku i vibracije (prijenos izvan referentnih granica)
2.2 Vodovod i odvodnja	- osigurati neutralizaciju kiselina i drugu obradu voda prije puštanja u javnu kanalizaciju - za zgrade se sustavom upravljanja zgradom (BMS) proces filtracije će biti osiguran daljinskim upravljanjem - zabranjena ja upotreba pitke vode za protočno hlađenje laboratorijske opreme
2.3 Električne instalacije	- laboratorij bi trebao imati dovoljan broj električnih utičnica kako bi se eliminirala potreba za produžnim kablovima i adapterima s više utičnica - količinu, vrste i lokaciju el. utičnica treba uskladiti s potrebama laboratorijske opreme i zahtjevima istraživača - laboratoriji i osjetljiva oprema ne smiju biti spojeni na isti mrežu kao veliki potrošači struje - napajanje rasvjete moraju biti neovisno o ostalim opterećenjima - rezervno napajanje smije se crpiti samo iz sustava distribucije el. energije u zgradi - mehanički i električni uređaji bi trebali biti lako dostupni s lokalnim isključivanjem

2.4 Opća ventilacija laboratorija	- svi laboratoriji trebaju imati mehaničku ventilaciju; otvaranje prozora nije dopušteno - laboratorijski ventilacijski sustavi moraju biti projektirani za rad 24/7, s najmanje 6 izmjena zraka na sat - animalne platforme moraju imati 10-15 izmjena zraka na sat - svi laboratoriji trebaju imati ispuh prema vani; projektirani za održavanje negativnog tlaka u odnosu na susjedna nelaboratorijska područja
2.5 Plinovi	- potrebno je fiksirati plinske boce u laboratoriju - broj cilindara mora biti primjeren broju uređaja - mjesto skladištenja mora biti osigurano od utjecaja visokih temperatura - plinske boce ne smiju se skladištiti nezaštićeno u hodnicima - potrebno je lokalno odsisavanje ispušnih plinova pojedinačnih vakuumskih pumpi

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1 Lokalna ventilacija laboratorija	/
3.2 Laboratorijski otpad	Opasni otpad - nije dopušteno skladištenje kemikalija ispod sudopera - skladištenje, uporaba ili ispuštanje zapaljivih plinova ili tekućina nije dopušteno u blizini izlaza - tekućinska kromatografija visoke učinkovitosti (HPLC) ili povezana oprema treba imati radno mjesto projektirano tako da se spremnici za otpad ne pohranjuju na pod Regulirani medicinski otpad - mjesta na kojima se regulirani medicinski otpad postavlja prije preuzimanja uključuju: zaštita okoliša i ograničeni pristup, održavanje u stanju bez truljenja (korištenjem hladnjaka), kontrola pristupa
3.3 Zahtjevi laboratorijske opreme	Digestori - trebali bi biti što dalje od ulaznih vrata i komunikacijskih puteva unutar laboratorija, te što dalje od dovodnih i ispušnih difuzora i drugih predmeta koji bi mogli biti izvod turbulencija - digestori bez ispuha nisu dozvoljeni - korištenje sudopera u digestorima nije dopušteno (ako je odobreno trebaju imati rubove iznad radne površine)
3.4 Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system)	- količina i vrsta točaka praćenja koje će se integrirati u BAS sustav će biti potvrđena s istraživačima - potrebno je osigurati nadzor okoliša i sigurnosni sustav za nadzor kritične opreme (npr. zamrzivači), te druge vrste opreme kako je navedeno u programu laboratorija - ovaj sustav mora biti povezan sa sustavom BAS za hitno alarmiranje

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Općenito	- upravljački uređaji za isključivanje komunalnih usluga trebaju biti smješteni izvan laboratorija Sigurnost – kontrola pristupa - potrebno je pregledati sigurnosne zahtjeve s glavnim istraživačem i voditeljem projekta - sveučilište koristi kontrolu pristupa kao dio sustava koji obuhvaća cijeli kampus (na ulazima u zgrade i u neke unutarnje prostore) Senzori za kisik Zaštita od radijacije Sigurnost lasera Elektromagnetska polja

4.2 Zaštita od požara	- u svim zgrada na Kampusu je potrebno osigurati sprinkler sustav <u>Protupožarni alarm</u> - potrebno je osigurati integrirani sustav vatrodojave, detekcije dima i sprinker sustava - detektori dima trebaju se predvidjeti u svim laboratorijskim modulima; trebaju biti adresabilni i samotestirajući <u>Aparati za gašenje požara</u> - trebaju se smjestiti u vanjske ormariće označene odgovarajućom oznakom - trebaju se nalaziti u blizini (unutra 3 m) glavnih ulaznih vrata - maksimalna udaljenost do bilo kojeg aparat za gašenje požara mora biti unutar 15 m
4.3 Laboratorijska jedinca	- ograničenje skladištenja: skladištenje zapaljive i eksplozivne tekućine unutar dopuštenih količina
4.4 Biološka sigurnost	Laboratorijski prostor za rad s biološkim materijalima mora sadržavati sljedeće: - samozatvarajuća vrata - sudoperi - lako čišćenje zidnih, podnih i radnih površina - radne površine vodonepropusne i otporne na toplinu, organska otapala, kiseline, lužine i druge kemikalije - laminari postavljeni na način da fluktuacija zraka u prostorije ne uzrokuje da rade izvan svojih parametara (smjestiti laminare dalje od vrata, jako prometnih laboratorijskih prostora i od drugih mogućih poremećaja protoka zraka)
4.5 Tuš za ispiranje očiju	- standard za ispiranje očiju

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Općenito	- akustika, održavanje i trajnost su osnovni problemi završne obrade za laboratorije - treba uzeti u obzir akustička svojstva pojedinih elemenata i završnih obrada pri izboru materijala i sustava - unutarnje završne obrade trebaju sadržavati malo ili nimalo hlapljivih organskih spojeva i trebaju omogućiti postizanje ocjene u energetskom i ekološkom dizajnu (LEED) - u laboratorijima s čestom uporabom kemikalija, sve završne obrade trebaju biti otporne na koroziju
5.2 Vrata laboratorija i hodnika	- vrata na ulazu u laboratorij trebaju imati protupožarno staklo, s automatskim zatvaranjem
5.3 Oznake na ulazu	- oznake laboratorija standardnim znakom za vrata laboratorija - prema potrebi postaviti dodatne sigurnosne znakove, u skladu s primjenjivim standardima
5.4 Zidovi i stropovi	- potrebno je odabrati materijale koji omogućuju normalno čišćenje i održavanje - potrebno je osigurati zaštitu zidova i kutova tamo gdje se redovito odvija promet kolica ili opreme - odgovarajuća akustika i pristup ispuhu i revizijskim otvorima trebaju biti primarni elementi prilikom odabira materijala za strop - potrebno je osigurati reviziju instalacija na stropu
5.5 Podovi	- podovi moraju biti ravni i protuklizni - mokri kemijski laboratoriji trebaju imati podne obloge otporne na kemikalije - podovi moraju imati najmanje 10 cm visok sokl
5.6 Prozori	- zaštita od sunca – standarda sjenila za zamračivanje prostorija mogu bit ručna ili motorizirana (filtriranje sunčeve svjetlosti – preporučuje se 1-3 % otvorenosti rolo zavjesa) - zatamnjivane prostorija u odnosu na solarne kontrole – solarne kontrole za podršku grijanja, hlađenja i ventilacije trebaju se uzeti u obzir i za vanjski i za unutarnji dio laboratorijskog prostora u novogradnji

5.7 Namještaj	- namještaj bi trebao biti modularan, raspoređen po standardnim mjerama
5.9 Radne površine	- radne površine moraju biti otporne ne kemikalije, glatke i jednostavne za održavanje - stražnji i bočni perimetar laboratorijskih stolova treba imati zaštitu od prskanja - prijelaz iz pulta za stajanje na visinu za sjedenje mora imati prijelaz radne površine kontinuirano otporne na kemikalije za mokre laboratorije - radne ploče od epoksidne smole su standard u biološkim i kemijskim laboratorijima

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 Prostorije s kontroliranim unutarnjim uvjetima	- prostorije s kontroliranim uvjetima mogu biti s konstantnom ili promjenjivom temperaturom, hladne ili tople prostorije - moraju biti smještene tako da se mogu vizualno pratiti izvan prostorije
6.2 BSL 2 laboratoriji	- svi laboratoriji u kojima će se koristiti biološki materijal moraju biti projektirani prema BSL2 zahtjevima
6.3 Instrumentalne sobe	- prostorije za skladištenje brojnih komada velike opreme (npr. zamrzivači, velike centrifuge) - zbog toplinskog opterećenja ove opreme vjerojatno će biti potrebno dodatno hlađenje - popis opreme razvijen kroz anketu projektnog tima definirat će prostorne i infrastrukturne zahtjeve za ove prostore
6.4 Niše za digestore	- digestori moraju biti postavljeni tako da strujanje zraka povezano s cirkulacijom zaposlenika u laboratoriju ne utječe negativno na odvod ispušnih plinova - trebalo bi razmotriti projektiranje izdvojenih niša za digestore izvan otvorenih laboratorijskih prostora, umjesto njihovog smještanja unutar samog laboratorija - centralno postavljanje ovih niša olakšat će dijeljenje i omogućit će smanjenje broja digestora
6.5 Laboratoriji za kulturu stanica	- održavanje sterilnih uvjeta korištenjem bioloških sigurnosnih ormara
6.6 Praonice	- mogu sadržavati jedan ili više autoklava, perilice posuđa; ledomate i drugu veliku opremu - zbog topline i vlage koju generira ova oprema vjerojatno će biti potrebno dodatno hlađenje i ventilacija
6.7 Čiste sobe	- prostori u kojima bi čestice mogle ugroziti proizvod rada - ove prostorije svoju "čistoću" postižu cirkulacijom velike količine obično HEPA filtriranog zraka - na ulazima mogu biti postavljene zračne komore pod pozitivnim tlakom
6.8 Laserske sobe	- ove prostorije mogu biti slične sobama za mikroskopiju/snimanje, ali mogu sadržavati složene nestandardne sklopove instrumenata uključujući laserske nizove - projektni tim treba dobiti od glavnog istraživača uvjete prostora, temperaturu, vlažnost, stabilnost, elektromagnetske i vibracijske zahtjeve, potrebne instalacije (npr.vakuum) i podatkovne usluge
6.9 Satelitski objekti za životinje	- u objektima za smještaj životinja treba se osigurati odgovarajuća stopa izmjena zraka, temperatura, kontrola vlažnosti, programabilni ciklusi svjetla / tame i posebne završne obrade podova i zidova
6.10 Gluhe komore	- to su prostori konstruirani kao „soba unutar sobe“ kako bi se osigurao prostor bez vibracija; mogu biti montažne ili izgrađene in-situ - posebna konstrukcija i završne obrade, posebna pozornost za ventilaciju i klimatizaciju i električne instalacije
6.11 Prostori za masenu spektrometriju	- maseni spektrometri mogu zahtijevati spajanje na jednog ili više inertnih plinova, često visoke čistoće - ovi instrumenti zahtijevat će ispuh plinova iz korištenih otapala

7. Smjernice održivosti

	SMJERNICE
7.1 Općenito	- Sveučilište Columbia predano radi na smanjenju svog otiska na okoliš

3. Smjernice za projektiranje – MIT (Massachusetts Institute of Technology

https://web.mit.edu/facilities/maps/DesignStandards/T10%20%20Lab%20Design%202022.pdf (10.01.2024.)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- osigurati prostore za jelo i piće izvan laboratorija - u laboratoriju moraju postojati odgovarajući ormari za pohranu reagensa i kemikalija (potrebno je odvojiti nekompatibilne materijale) - spremište bi se trebalo temeljiti na predviđenim količinama i praksi gospodarenja otpadom - koliko je moguće odvojiti laboratorijske i nelaboratorijske aktivnosti (mogući primjer je odvajanje ureda i laboratorijskog prostora; odvajanje različitih razina opasnosti staklenom pregradom uz izravan pogleda – omogućuje održivije i energetski učinkovitije rješenje grijanja i hlađenja i ventilacije) - stvaranje suradničkih zona izvan laboratorijskih prostora visokih rizika - poželjno je odvajanje laboratorijskog hodnika od drugih hodnika u zgradi - modularni sustav projektiranja (racionalno i ponavljajuće dimenzioniranje laboratorijskog namještaja) - minimalna veličina vrata 91 cm, potrebno je osigurati barem jedan otvor najmanje 107 cm kako bi se olakšalo kretanje oprema - hodnici izvan laboratorija trebaju biti široki najmanje 1,8 m za kretanje velike opreme i kolica - prolazi unutar laboratorija bi trebali biti min. 1,5 m - prilikom projektiranja laboratorija potrebno je uzeti u obzir potrebe laboratorija u pogledu skladištenja kemikalija (kemikalije treba skladištiti u kompatibilnim skupinama; potrebno je osigurati dovoljno prostora kako bi se osiguralo odvajanje nekompatibilnih skupina kemikalija) - zapaljivi materijali se trebaju skladištiti u ormarima za skladištenje zapaljivih tvari; neki laboratoriji su projektirani s prostorom ispod digestora za skladištenje zapaljivih materijala; laboratoriji s velikom količinom zapaljivih materijala može trebati dodatne ormare za skladištenje zapaljivih materijala - potrebno je osigurati ventilirano skladištenje hlapljivih otrovnih tvari i/ili tvari neugodnog mirisa (jedna od mogućnosti su ventilirani ormari za skladištenje zapaljivih tvari ili ventilirani ormari za skladištenje pod digestorima) - za kiseline je potrebno osigurati ventilirano skladište otporno na koroziju - hladnjaci i zamrzivači za skladištenje zapaljivih tekućina moraju biti projektirani, izgrađeni, odobreni i označeni u tu svrhu - može biti potrebno projektirati prostor za vaganje suhih kemikalija koje se može ventilirati (filtriranjem zraka ili ispušnim sustavom) - ako kriteriji projektiranja pokazuju da količine uskladištenih zapaljivih i gorivih tekućina premašuju dopuštene količine po kontrolnom području, potrebna je unutarnja prostorija za skladištenje ili odvojena prostorija (prostorija koja uključuje jedan ili dva vanjska zida)
1.2 Ergonomija	- laboratorijske radne stanice treba projektirati tako da odgovaraju rasponu tjelesnih dimenzija, te da se mogu koristiti - radni pultevi s računalima i mikroskopima mogu zahtijevati radne površine i stolce podesive po visini - u specijaliziranim prostorima s opremom kao što su autoklavi i praonice laboratorijskog posuđa s pokretnim utovarom, posebna pozornost mora se posvetiti tlocrtnoj organizaciji i svim nišama i/ili rampama potrebnim unutar prostora
1.3 Održavanje	/
1.4 Pristupačnost	- prilikom izgradnje novih ili obnove postojećih zgrada potrebno je ugraditi tuševe za ispiranje očiju i tuševe u slučaju nužde koji zadovoljavaju zahtjeve za pristup osoba smanjene pokretljivosti - svaki laboratorij koji služi studentima preddiplomskih studija mora imati barem jedan digestor i sudoper prilagođen osobama smanjene pokretljivosti

	- unutar laboratorija poželjno je odrediti pristupačnu stepenastu konfiguraciju laboratorijskog sudopera

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Općenito	- svi laboratoriji trebaju imati pristup telefonskoj komunikaciji
2.2 Vodovod i odvodnja	- laboratorijska otpadna voda mora se pročišćavati sustavom za pročišćavanje otpadnih voda - podni odvodi iz laboratorija trebaju se usmjeravati isključivo u sustav za neutralizaciju laboratorijskog otpada i kiselina u zgradi (potrebno je projektirati sustav za neutralizaciju laboratorijskog otpada i kiselina kako bi uzeo u obzir maksimalni dodatni protok od bilo kakvih tuševa za hitne slučajeve unutar područja sliva) - podni odvod treba biti opremljen košarom za kontrolu sedimenta i pijeska ili da se podni odvod ispušta kroz hvatač pijeska; ispuštanje više podnih odvoda u jedan hvatač pijeska je prihvatljivo
2.3 Električne instalacije	- moguće su situacije u kojima je potrebno osigurati rezervno napajanje (najčešći izvor rezervnog napajanja su dizel agregati) - prioriteti sustava u slučaju nestanka struje: 1. unutar laboratorija prioritet treba dati digestorima, dodatni prioritet treba dati sustavima za skladištenje opasnih plinova, otapala i kemikalija; opći laboratorijski ispuh može se koristiti kao dodatak za održavanje negativnog tlaka u laboratoriju 2. sustavi za praćenje plina 3. laminari i oprema s protokom opasnih ispušnih plinova 4. iznimno vrijedni uređaji za pohranu istraživačkih podataka (eventualno UPS rezervno napajanje, npr. zamrzivači)
2.4 Opća ventilacija laboratorija	- svaka unutarnja prostorija mora biti opremljena sustavom kontinuirane mehaničke ventilacije - mehanički ventilacijski sustav mora biti opremljen prekidačem za protok zraka ili drugom pouzdanom metodom kako bi se oglasio zvučni alarm u slučaju kvara ventilacijskog sustava i spojena na BMS (Building Management System) - ispušni plinovi iz prostorije moraju se ventilirati izravno izvan zgrade bez recirkulacije - potrebno je osigurati da su tlakovi zraka u laboratorijskim prostorima negativni u odnosu na hodnike i nelaboratorijska područja, osim čistih soba s pozitivnim tlakom
2.5 Plinovi	- nosači cilindara za plinske boce i niše za boce na smiju se postaviti na izlazima ili u javnim hodnicima - plinovi se ne smiju koristiti u prostorima kao što su hladne komore, tople komore i druga područja koja nemaju odgovarajuću ventilaciju - preporuča se da se boce čuvaju u ventiliranom prostoru zaštićenom od neovlaštenog pristupa (to može biti laboratorij koji ima pristup ključem ili karticom) - potrebno je obratiti pažnju na izračun ukupnog volumena zapaljivog plina koji će se koristiti i skladištiti u određenom laboratoriju i/ili kontrolnom području kako bi se osigurala usklađenost s građevinskom propisima - cilindre treba postaviti dalje od kotlova, radijatora, grijača i drugih izvora topline (temperature skladišnog prostora ne smiju prelaziti 49 °C ili biti ispod 0 °C) - ako je potrebno postaviti plinske boce u laboratoriju pored opreme kako bi se zadovoljile specifične znanstvene potrebe, na zidu je potrebno predvidjeti prostor za odgovarajući broj sigurnosnih pojaseva - boce je potrebno smjestiti u mehanički ventilirane ormare za plinske boce - plinski ormari trebaju se ventilirati prema preporukama proizvođača - boce zapaljivog plina moraju se skladištiti u dobro prozračenim prostorima

	- treba postojati odgovarajući smještaj za sigurno skladištenje komprimiranih plinova (boce trebaju biti pravilo osigurane; a u nekim slučajevima može postojati potreba za ventiliranim skladištenjem) - potrebno je osigurati odgovarajuću ventilaciju u prostorima gdje se koriste ili skladište kriogeni materijali
2.6 Temperatura	- istraživanje može zahtijevati strožu toleranciju u laboratorijskim prostorima nego u uredskim, konferencijskim i zajedničkim prostorima - u laboratorijima manje varijacije temperature mogu biti dopuštene kada se prostor na koristi (npr. kasno noću), ali treba paziti da se radi unutar parametara bilo koje opreme ili uzoraka u laboratoriju 24/7
2.7 Rasvjeta	- za osnovnu rasvjetu laboratorijskih stolova mogu se koristiti tehnike iskorištavanja dnevnog svjetla kako bi se uštedjela energija i smanjio odsjaj na radnoj površini - prostori za držanje životinja: programibilna rasvjeta koja se može prebacivati sa standardnog bijelog svjetla na crveno svjetlo

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1 Lokalna ventilacija laboratorija	- otpadni plinovi iz nekih analitičkih instrumenata (npr. plinski kromatografi) moraju biti ispušteni u vanjski dio zgrade putem nerecilkulacijskog laboratorijskog ispušnog sustava (otpadne plinove u laboratoriju treba ispustiti različitim metodama kao što su nape, kućišta, fleksiblini odsisi) - lokalna ventilacija je projektirana za specijalizirani laboratorijski proces - postoje različite vrste lokalne ventilacije koja može biti potrebna u laboratorijima (ovisno o vrsti procesa i kemikalijama koje se koriste) - uređaji koji koriste lokalnu ventilaciju obuhvaćaju sljedeće: 1. Ormari za skladištenje kemikalija za zapaljive i korozivne tvari 2. Lokalni fleksibilni odsis – koristi se rad s malim količinama niskotoksičnih otpala i ljepila na laboratorijskom pultu 3. Klasični otvoreni kanali – mogu poslužiti za odvod otpadnih plinova iz različitih laboratorijskih procesa, poput vakuumskih pumpi ili ispuha analitičkih instrumenata 4. Male nape u laboratoriju – mogu se koristiti za odvod topline iz sušilica staklenog posuđa, para otapala iz autosamplera plinske kromatografije, te emisija topline i plina iz atomskih apsorpcijskih peći (veličina nape ovisit će o dimenzijama opreme) 5. Plinski ormarići 6. Kućišta za specijaliziranu opremu – osigurana od strane proizvođača ili se može interno dizajnirati 7. Ispušne rešetke s prorezima – ugrađuju se prostore za boravak životinja radi lokalnog odsisavanja plinova tijekom anesteziranja i medicinskih postupaka 8. Lokalna ispušna ventilacija – u strojarnicama i u području zavarivanja
3.2 Laboratorijski otpad	- u istraživačkim zgradama mogu nastati tri vrste opasnog otpada: radioaktivni, biološki i kemijski <u>Niskoradioaktivni otpad</u> - potrebno je osigurati prostoriju blizu područja otpreme / prijema (utovarnog doka) za privremeno skladištenje radioaktivnog otpada i zaliha za program odlaganja radioaktivnog otpada - za obradu radioaktivnog otpada potreban je laboratoriji opremljen kemijskim digestorom <u>Regulirani medicinski (biološki) otpad</u> - za laboratorijske zgrade koje stvaraju veliku količinu biološkog otpada potreban je prostor za skladištenje otpada na svakom katu - potrebno je osigurati prostoriju blizu područja otpreme / prijema (utovarnog doka) za privremeno skladištenje biološkog otpada i zaliha za program odlaganja biološkog otpada

	- potrebno je nekoliko prostorija (strateški raspoređene po kampusu) za skladištenje potrepština koje se koriste u programu gospodarenja biološkim otpadom - u vivarijima je potrebno osigurati kapacitete u hladnjačama ili zamrzivačima za privremeno skladištenje i pripremu trupala za transport (ova prostorija treba imati podignuti pod i temperaturni senzor spojen na sustav upravljanja zgradom (BMS) radi automatskog alarmiranja u slučaju odstupanja) <u>Kemijski otpad</u> - u laboratorijima koji koriste kemikalije nastat će opasni kemijski otpad koji je potrebno privremeno skladištiti prije otpreme na konačno odlaganje - zbrinjavanje otpada unutar instituta odvija se kroz tri faze skladištenja: unutar laboratorija, na etaži, te u središnjem skladištu - opasni kemijski otpad mora se pravilno skladištiti na mjestu nastanka, tj. unutar laboratorija - potrebno je osigurati jedan skladišni prostor po katu za kemijski otpad (dostupan korisnicima kata – pristup karticama); ova prostorija treba pristup sigurnosnoj opremi kao što su tuševi za ispiranje očiju, tuševi za sigurnost, unutarnji sustavi za komunikaciju u hitnim slučajevima, prijenosni aparati za gašenje požara, sprinker sustav) - ovisno o vrsti i lokaciji predložene istraživačke zgrade potrebno je odrediti jedno glavno skladište za pakiranje i skladištenje otpada prije otpreme
3.3 Zahtjevi laboratorijske opreme	<u>Digestori i biosigurnosni ormari (BSC)</u> - položaj unutar laboratorija ključan je za performanse i sigurnost korisnika - za optimalan rad, digestore bi trebalo pozicionirati u krajnjim zonama laboratorija, kako bi se minimizirali utjecaju difuzora dovodnog zraka i izbjegla područja s učestalim kretanjem zaposlenika <u>Laminari</u> - dizajnirani su kako bi pružili zaštitu istraživaču i kako bi se osigurali sterilni uvjeti za rad s uzorkom <u>Nape za perklornu kiselinu</u> - korištenje zagrijane perklorne kiseline zahtijeva posebnu digestiju - nape trebaju imati vlastiti ventilator i ne smiju biti spojene na druge ispušne sustave koji nisu za perklornu kiselinu <u>Autoklavi</u> - trebali bi se nalaziti u ili blizu bioloških istraživačkih laboratorija (za obradu biooopasnog krutog otpada i za sterilizaciju istraživačkih materijala) - potreban je lokalni ispuh kako bi se uklonili mirisi, toplina i vlaga - napa treba biti postavljena iznad autoklava s ispuhom vani u skladu s NFPA 91 - pohrana dodatne sigurnosne opreme kanti, kolica itd. treba biti treba biti u blizini autoklava - autoklav bi trebao biti smješten tako da istraživači mogu prenositi materijale bez prolaska kroz javne prostore s velikim prometom
3.4 Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system)	/

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Općenito	- osigurati mehanizme za kontrolu pristupa laboratoriju - svi laboratoriji trebaju imati vrata s otvaranjem prema hodniku; vrata trebaju biti samozatvarajuća i zaključana kako bi se kontrolirao pristup laboratoriju (istraživačkim materijalima i informacijama) - svaki laboratoriji koji koristi opasne materijale (kemijske, biološke ili radioaktivne) treba sadržavati sudoper - laboratorijska vrata koja odvajaju laboratorijske prostore od nelaboratorijskih prostora moraju biti samozatvarajuća (automatsko zatvaranje)

4.2 Zaštita od požara	- ocjene otpornosti na vatru za unutarnje skladišne prostore trebaju ispunjavati minimalne zahtjeve NFPA30 - svi unutarnji skladišni prostori zapaljivih tvari trebaju biti opremljeni sustavom za detekciju požara - sprinkler sustav – unutarnji skladišni prostori zapaljivih tekućina moraju biti zaštićeni automatskim protupožarnim sustavom
4.3 Laboratorijska jedinca	/
4.4 Biološka sigurnost	/
4.5 Tuš za ispiranje očiju	- tuševi za hitno ispiranje očiju i sigurnosni tuševi moraju se ugraditi u sve laboratorije i druge vrste nelaboratorijskih radnih prostora ako uključuju sljedeće: 1. kemijski digestori, specijalizirana lokalna ventilacija, biosigurnosni ormari (BSC) 2. korištenje i skladištenje kemijskih i bioloških materijala 3. uređaji s otvorenim plamenom 4. prostori biosigurnosti (BSL) 1 ili više 5. prostori za uzgoj i držanje životinja označeni razinom biološke sigurnosti za životinje 1 ili više 6. prostori za životinje koji imaju opremu za pranje kaveza 7. prostori za čišćenje korozivnih tvrai, uključujući pranje laboratorijskog posuđa 8. radionice s opremom za obradu metala i drva 9. ostali nelaboratorijski prostori s gore navedenim vrstama izloženosti; uključujući prostore za neutralizaciju Ph, područja za punjenje baterija, operacije praskanja, područja s visokom koncentracijom prašine, radionice, glavna područja za akumulaciju opasnog otpada - potrebno je koordinirati lokaciju tuša za ispiranje očiju i tuševa u hitnim slučajevima s digestorima i odvodima kako bi smanjili mogućnost izlijevanja iz digestora u odvode - tuševi za ispiranje očiju u hitnim slučajevima trebaju se nalaziti unutar laboratorija što bliže glavnim vratima
4.6 Detekcija para plinova i tekućina	<u>Detekcija plinova</u> - praćenje plina može biti potrebno kada se planira upotreba visokotoksičnih, toksičnih, zapaljivih ili pirofornih plinova (spontano zapaljivih na zraku) - svi sustavi praćenja moraju izvještavati u kontinuirano nadziranu stanicu - vizualni i zvučni alarm mora biti prisutan unutar i izvan laboratorija s mogućnošću da hitne službe utišaju alarm - lokacija senzora plina temeljit će se na svojstvima plina i potencijalnim mjestima curenja - senzori se moraju nalaziti unutar 30 cm od poda za plinove teže od zraka i blizu stropa za plinove lakše od zraka - senzori okolnog zraka za praćenje otrovnih plinova bit će smješteni blizu visine zone disanja <u>Detekcija para zapaljivih tekućina</u> - cilj nadzora para zapaljivih tekućina na donjoj granici eksplozivnosti unutar laboratorijskog prostora ili skladišta zapaljivih tekućina je pravovremeno upozorenje djelatnika na pojavu potencijalne opasnosti - sustavi za praćenje moraju biti opremljeni zvučnim i vizualnim indikatorom alarma; signal alarma mora se prenositi na stalno dežurnu stanicu - senzori alarma smiju biti postavljeni najviše 30 cm iznad poda
4.7 Sigurnosne stanice	- „sigurnosne stanice“ se postavljaju na ulazu u laboratorij kod novih laboratorijskih zgrada - namjera je konsolidirati svu sigurnosnu opremu na lako razumljivom i prepoznatljivom mjestu kojem se može lako pristupiti i tijekom hitne situacije - stanica može uključivati sljedeće stavke: 1. kombinirana jedinica za tuširanje / ispiranje očiju od nehrđajućeg čelika za hitne slučajeve

	2. aparat za gašenje požara (ormarić) 3. prva pomoć 4. pribor za slučaj prolijevanja – ovisno o vrstama korištenih materijala 5. osobna zaštitna oprema 6. obavještavanje korisnika o statusu laboratorijske ventilacije 7. postavljanje oznaka opasnosti, standardnih operativnih postupaka u laboratoriju i drugih važnih informacija

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Općenito	- laboratoriji moraju biti projektirani tako da se omogući lako i temeljito čišćenje što uključuje ugradbene elemente kao što je npr. namještaj
5.2 Vrata laboratorija i hodnika	/
5.3 Oznake na ulazu	- na ulazu u laboratorij potrebno je postaviti digitalne zaslone za prikaz protoka zraka
5.4 Izlazi	/
5.5 Zidovi i stropovi	/
5.6 Podovi	- tepisi i prostirke koje se ne mogu lako čistiti nisu prikladni za istraživački laboratorij - u specijaliziranim prostorima s opremom kao što su npr. autoklavi, posebnu pozornost treba posvetiti odabiru podnih obloga (protukliznost) za prostor oko opreme koji može biti vlažan i mokar
5.7 Prozori	/
5.8.Namještaj	- laboratorijski namještaj treba biti čvrst i da se lako čisti; uključujući i tapecirane elemente - u laboratorijima se ne bi smjele koristiti tkanine od bioloških materijala; preferira se tvrda, neprozirna površina poput plastike jer se lako čisti i dekontaminira - razmaci između radnih kupa, ormara i stolova trebaju biti lako dostupni za čišćenje
5.9 Radne površine	- sve radne površine trebaju biti nepropusne za kemikalije i materijale koji se koriste u laboratoriju - radne ploče moraju biti nepropusne za vodu i otporne na kiseline, lužine, organska otapala i umjerenu toplinu

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 BSL 2 laboratoriji	- laboratoriji za biološka istraživanja moraju imati podtlak (negativan tlak u odnosu na okolne prostore), sa zrakom koji se kreće iz javnih prostora u laboratorij prema najkontaminiranijim ili visokorizičnim područjima - laboratorijski zrak ne smije recirkulirati u druge prostore i mora biti ispušten vani - trebali bi biti projektirani tako da se spriječi prodor insekata ili glodavaca, uključujući brtvljenje rupa za sprječavanje upada, a laboratorijski prozori moraju biti opremljeni mrežama za komarce - ovisno o istraživačkim i sigurnosnim potrebama laboratoriji mogu imati sljedeću opremu: biološki sigurnosni kabineti i autoklav <u>BSL 2 plus</u> - laboratorij mora ispunjavati sve zahtjeve BSL 2 laboratorija uz dodavanje specifičnih komponenti, postupaka i praksi BSL 3 laboratorija - vrata moraju fizički odvajati BSL 2 plus laboratorij od drugih istraživačkih i zajedničkih (javnih) sadržaja (laboratorij BSL 2 plus mora biti zasebna cjelina); ulazna vrata moraju biti samozatvarajuća; a vrata moraju imati

	ostakljenje kako bi se osoblje koje radi u BSL2 plus laboratoriju moglo vidjeti - laboratoriji BSL 2 plus ne smiju biti dostupni putem neosiguranih javnih hodnika; trebaju biti projektirani tako da su dostupni samo kroz drugi laboratorij niže kontaminacije - sudoper i tuš za ispiranje očiju trebaju biti u laboratoriju - potrebno je postaviti kutije za biološki otpad i zamrzivače bilo u predsoblju, bilo u laboratorijskom prostoru (kutije za biološki otpad ne smiju se skladištit unutar BSL 2 plus laboratorija, ali se mogu skladištiti u predsoblju) - potrebno je razmotriti skladištenje spremnika CO2 izvan BSL 2 plus laboratorija radi lakše zamjene - poželjno je imati pristup instalacijama koje opskrbljuju BSL 2 plus laboratoriji izvan laboratorija
6.2 Laboratoriji koji koriste radioaktivne materijale i opremu koja zrači	- prilikom projektiranja i izgradnje ovih objekata, ključni cilj je smanjiti izloženost zračenju na najmanju moguću razinu - laboratorijska vrata bi trebala imati mehanizme za automatsko zatvaranje; pristup svim vratima laboratorija trebao bi se kontrolirati čitačima kartica - objekti za zračenje koji imaju posebne zahtjeve: 1. postrojenja koja sadrže radioaktivni materijal 2. postrojenja koja sadrže uređaje za kontrolu zračenja 3. posebno regulirana postrojenja 4. postrojenja koja sadrže neionizirajuće zračenje
6.3 Objekti za radioaktivne materijale	- u zgradama u kojima će koncentracija radioaktivnog materijala biti visoka poželjno je formirati multifunkcionalni laboratorij gdje će biti izveden najveći dio pokusa s radioaktivnim materijalom i gdje će biti pohranjena zaliha radioaktivnog materijala - u laboratoriju je poželjno koristiti materijale koji se mogu lako dekontaminirati - pod bi trebao biti neporozan i bez reški - ako se koriste hlapljivi radioaktivni materijali, potrebne su nape s posebnom ventilacijom - u određenim laboratorijima može biti potreban sudoper - laboratoriji mora biti opremljen sustavom kontrole pristupa koji omoguće pristup samo ovlaštenim osobama - skladištenje zaliha (npr. ormari, ladice, hladnjaci, zamrzivači) moraju biti opremljeni mehanizmom za zaključavanje s ciljem sprječavanja neovlaštenog pristupa radioaktivnim materijalima - potrebno je predvidjeti odgovarajući prostor za spremnike za otpad
6.4 Laboratoriji s uređajima koji zrače	<u>Analitički rendgenski laboratorij</u> - potrebno je uzeti u obzir moguće veće opterećenje - napajanje većeg napona - potrebno je razmotriti analitičke rendgenske uređaje s konfiguracijom otvorenog snopa za integralnu zaštitu unutar zidova objekta, vrata i/ili izolacijskih barijera - možda će biti potrebno rendgensko svjetlo upozorenja na ulazu - laboratoriji mora imati sustav kontrole pristupa <u>Fluoroskopski dijagnostički rendgenski istraživački laboratorij</u> - obično je potrebno napajanje većeg napona - potrebno je uzeti u obzir integriranu zaštitu u zidovima, stropu i vratima - sustav kontrole pristupa u laboratorij - možda će biti potrebna upravljačka kabina za operatera s olovnim zidom / staklom za promatranje - na svim izlazima je potrebno postaviti blokadu i / ili svjetlo upozorenja - ako se nalazi u vivariju, prostorija može imati posebne zahtjeve za ventilaciju - laboratoriji mora imati sustav kontrole pristupa

7. Smjernice održivosti

	SMJERNICE
7.1 Općenito	- potrebno je sagledati sljedeće područja kako bi se utvrdile mogućnosti održivog projektiranja u nastajanju da se povećaju dugoročne uštede troškova i učinkovitost u korištenju prostora <u>Energija</u> - potrebno je uložiti napore u smanjenje broja digestora i biosigurnosnih ormara tamo gdje je to moguće - potrebno je ponuditi radnu rasvjetu i prekidače za svjetlo za opremu i lokalnu rasvjetu, s podsjetnicima za gašenje svijetla kada se ne koriste - uređaji za mjerenje opterećenja utičnica trebaju biti instalirani u cijelom laboratoriju kako bi se korisnici bolje informirali o energiji koju oprema troši - potrebno je razmotriti metoda za pružanje povratnih informacija korisnicima o sustavima zgrade i potrošnji energije - potrebno je razmotriti postavljanje hladnjača kako bi se smanjilo stvaranje topline unutar laboratorijskog prostora - potrebno je razmotriti zajedničko korištenje i konsolidaciju hladnjača na zajedničkoj lokaciji (dokazana je strategija za minimiziranje potrošnje energije za hlađenje; ova strategija također omogućuje maksimiziranje iskoristivog prostora unutar primarnog laboratorija) <u>Voda</u> - potrebno je razmotriti korištenje nožnih papučica kako bi se osiguralo da voda ne teče kada se korisnik udalji od sudopera - potrebno je pregledati energetski učinkovite autoklave kako bi se smanjila količina vode koju troši ova vrsta opreme <u>Oprema</u> - tijekom faze projektiranje potrebno istražiti zajedničke stanice za opremu, kao i raspored opreme po cijelom prostoru - potrebno je raspraviti o ugradnji mjernih uređaja za praćenje potrošnje vode i energije opreme ili senzora koji bi omogućili isključivanje opreme koja se ne koristi <u>Mogućnost skladištenja i dijeljenja kemikalija</u> - potrebno je razmotriti mogućnost skladištenja i dijeljenja kemikalija <u>Gospodarenje otpadom</u> - razmatranje gospodarenja otpadom na razini utovarne rampe, kao i pristup centralnim mjestima za prikupljanje na kampusu bit će ključni za uspješne mjere uštede troškova i smanjenje neučinkovitosti tijekom vremena <u>Integrirano suzbijanje štetočina</u> - u prostorijama gdje će se odvijati biološki ili životinjski rad, suzbijanje štetočina mora biti prioritet - prije početka radova, dobavljač usluga i projektni tim trebaju provesti pregled prostora na prisutnost štetočina kako bi se kontrolirali ili uklonili svi štetnici i zatvorile sve pristupne točke štetočina u prostor

4. Smjernice za projektiranje – Sveučilište Harvard

https://www.ehs.harvard.edu/sites/default/files/ehs_design_guidelines.pdf (10.01.2024.)
https://campusplanning.hms.harvard.edu/planning-design-construction/design-standards (18.12.2025.)
https://www.ehs.harvard.edu/ergonomics (09.02.2026.)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- projekt laboratorijske zgrade trebao bi predvidjeti prostore izvan laboratorija za pohranu i konzumaciju hrane - sudoperi za pranje ruku potrebni su u svakom biološkom istraživačkom laboratoriju (laboratoriji s višim stupnjem zaštite imaju specifične zahtjeve za sudopere)
1.2 Ergonomija	- laboratorijske stolice bi trebale imati naslon i oslonac za noge - potrebno je podesiti naslone za ruke da budu paralelni s podom i osigurati da noge udobno stanu ispod stola - tijekom mikroskopije potrebno je koristiti laboratorijske stolove i stolice s podesivom visinom
1.3 Održavanje	- laboratoriji trebaju biti projektirani za jednostavno čišćenje i dekontaminaciju (to uključuje ugrađene komponente kao npr. namještaj) <u>Suzbijanje štetočina u laboratorijima</u> - laboratoriji koji se bave biološkim ili nanotehnološkim istraživanjima, uključujući transgenične životinje / biljke, istraživanja čistih soba i istraživanja zaraznih bolesti, trebaju biti projektirani tako da eliminiraju člankonošce (uključujući grinje i insekte) ili druge najezde štetočina - kada se postavljaju spušteni stropovi, prostor spuštenog stropa mora biti zatvoren od ulaska glodavaca - vrata sa šupljom jezgrom koja vode u prostorije za životinje ne smiju imati otvore u podnožju koji bi omogućili ulazak miševa u šuplji prostor vrata - potrebno je svesti na minimum broj podnih odvoda i sudopera u objektu - odabrati kaveze za životinje koji sadrže zatvorene cijevi kako se člankonošci ne bi prenosili kolicima i kavezima po objektu
1.4 Pristupačnost	/

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Općenito	- tlak u prostoriji treba biti projektiran tako da se minimizira kretanje zraka iz laboratorijskih prostora s viskom potencijalnim onečišćenjem u područja s nižim potencijalnim onečišćenjem (npr. hodnici)
2.2 Vodovod i odvodnja	- sustav za prethodnu obradu industrijskih otpadnih voda treba biti projektiran za uklanjanje onečišćujućih tvari (taloženjem) i/ili obradu industrijskih voda do točke u kojoj otpadne voda ispuštene u sustav prikupljanja budu u skladu s odgovarajućom dozvolim za ispuštanje otpadnih voda Sveučilišta Harvard
2.3 Električne instalacije	/
2.4 Opća ventilacija laboratorija	- potrebno je 6 - 8 izmjena zraka na sat za laboratoriji u vrijeme korištenja - broj izmjena zraka manji od 6 ne preporučuju se tijekom razdoblja korištenja - broj izmjena zraka u prostoriji može se smanjiti na 4 izvan radnog vremena - potrebno je projektirati ventilaciju tako da zadovolji najmanje 20% povećanja potreba iznad projektiranih uvjeta laboratorija - ne preporučuje se korištenje sustava ventilacije s kontrolom po potrebi iz sljedećih razloga: koncentracije onečišćujućih tvari na lokacijama senzora ne koreliraju dobro s izloženošću na izvoru i mogu biti smanjene (lokalna ventilacija je preferirana metoda za kontrolu izloženosti); materijali i procesi

	se stalno mijenjaju pa bez obzira na senzor neke onečišćujuće tvari mogu ostati neotkrivene - mehanička ventilacija se preporučuje za sve uredske i konferencijske prostore - ispušni plinovi iz laboratorija ne smiju se recirkulirati, već se ispuštaju izravno u atmosferu (pročišćavanje je potrebno kako bi se zadovoljili standardi emisija u zrak) - ispušni kanali laboratorija moraju se održavati pod negativnim tlakom postavljanjem ventilatora izvan zgrade, po mogućnosti na najvišoj točki krova ili u tehničkom prostoru projektiranom za takvu upotrebu - svi ispušni ventilatori s ispuštanjem izravno u atmosferu moraju imati izolacijski prigušivač
2.5 Plinovi	<u>Skladištenje boca s komprimiranim plinom u laboratoriju</u> - boce se ne smiju skladištiti tamo gdje ometaju prolaze, izlazne puteve ili druga područja koja se obično koriste ili su namijenjena za siguran izlaz osoblja; gdje teški predmeti mogu udariti ili pasti na boce; u blizini dizala; na nezaštićenim robovima platforme <u>Projektiranje prostora za skladištenje plinskih boca</u> - prostorije za skladištenje plina označiti u skladu s NFPA 704 - boce skladištiti uspravno i sigurno ih pričvrstiti za stacionarni nosač - boce se ne smiju skladištiti u prostorima gdje su izložene zapaljivim tekućinama - boce čuvati na suhom, dobro prozračenom mjestu, dalje od plamena, iskri ili drugih izvora topline ili paljenja - prostor za skladištenje treba biti siguran od neovlaštenog ulaska
2.6 Temperatura	/
2.7 Rasvjeta	/

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1.Lokalna ventilacija laboratorija	- lokalna ventilacija potrebna je za kontrolu očekivanih kemijskih i / ili toplinskih emisija - važno je procijeniti sve mogućnosti korištenja lokalne ventilacije kako je navedeno u nastavku, budući da su to najučinkovitije metode za smanjenje rizika od izloženosti i potreba za hlađenjem (broj i veličina kemijskih digestora, plinski ormari, ventilirana kućišta opreme, nape za toplinu i /ili vlažna kućišta kao što su autoklavi, fleksibilni odsis) <u>Kemijski digestori</u> - svi digestori moraju biti opremljeni vizualnim indikatorom protoka i alarmima protoka - treba ugraditi visokoučinkovite digestore osim ako specifični čimbenici ne zahtijevaju veće brzine protoka (visokoučinkoviti digestori imaju aerodinamički profil i aerodinamički protok u i unutar digestora koji omogućuje - ne preporučuje se ugradnja sudopera u digestor <u>Digestori za radiologiju</u> - trebaju biti izrađeni od nehrđajućeg čelika <u>Nape za perklornu kiselinu</u> - svi laboratoriji koji će koristiti zagrijanu perklornu kiselinu u procesu u kojem se pare perklorne kiseline ne kondenziraju (ili na drugi način ne hvataju ili pročišćavaju) kao dio procesa moraju biti opremljeni ispiračem kiseline ili napom za perklornu kiselinu - nape za perklornu kiselinu se ne smiju spajati s napama koje nisu za perklornu kiselinu, osim ako se između nape i razdjelnika ne ugradi ispirač <u>Ormarići za plinove</u> <u>Lokalni fleksiblini odsis</u> - odsis može biti aluminijski s haubom od prozirne plastike

	- moraju biti opremljeni zapornim prigušivačem na pristupačnom mjestu koji se može uključiti kada protok ispušnih plinova nije potreban Nape - nape trebaju biti s teleskopskim, zglobnim ili fleksibilnim odsisom - rub nape trebao bi biti širi najmanje 7,5 cm izvan granica izvora topline Biozaštitni ormari - ormari klase II tipa B2 moraju imati potpuni odvod zraka
3.2 Laboratorijski otpad	Skladištenje biološkog otpada - skladišni prostor treba biti udaljen od pristupnih područja - veličina skladišnog prostora treba se temeljiti na broju laboratorija i količini otpada koju svaki laboratorij generira - prostor treba biti namijenjen skladištenju biološkog / biomedicinskog otpada - trebao bi biti dostupan ispušni sustav za odvođenje neugodnih mirisa - zidovi, podovi i strop trebaju imati površine koje se lako čiste i dekontaminiraju - prodori u zidovima, podu i stropu trebaju biti zabrtvljeni (nepropusni za glodavce i kukce) - vrata trebaju imati mogućnost zaključavanja - kontrolirana temperatura za skladištenje dijelova životinja i leševa - osigurati pristupačan prostor za pranje ruku i pristupačan ormar za pohranu materijala za čišćenje i dekontaminaciju Skladištenje kemijskog / opasnog otpada - sve laboratorijske zgrade moraju biti opremljene s barem jednim prostorom za akumulaciju kemijskog opasnog otpada koji je dimenzioniran da može skladištiti kemijski otpad iz zgrade tijekom odgovarajućih vremenskih okvira (90 dana za generatore velikih količina, 180 dana za generatore malih količina) - u zgradi bi trebalo biti dostupno servisno dizalo za premještanje opasnog otpada između katova - prostor mora biti pozicioniran tako da se osigura da su spremnici za otpad adekvatno odvojeni s odgovarajućim sekundarnim zatvaranjem - pod treba biti zabrtvljen kako bi se uklonile sve pukotine i praznine; a potrebno je postaviti i nasip ili drugu sekundarnu metodu zadržavanja kako proliveni materijal ne bi mogao izići iz prostorije - u prostoriji ne smije biti kanalizacijskih odvoda - digestor je potreban za skladištenje posebnog otpada visoke opasnosti koji može predstavljati opasnost od hlapljivosti - sustav ventilacije treba biti projektiran tako da se odgovarajući način riješe potencijalne emisije hlapljivih tvari (sustav treba biti samostalan tako se pare od izlijevanja u tom prostoru ne prenose na ostatak zgrade) - oprema za hitne slučajeve: oprema za gašenje požara, tuš za hitne slučajeve i ispiranje očiju; oprema za prolijevanje - vrata moraju biti protupožarna s pristupom karticom kako bi se spriječio ulazak neovlaštenih osoba - potrebno je osigurati prikladan i siguran radni prostor u blizinu, ali ne u skladištu kemijskog otpada; i koji ima zaseban pristup (poželjno je da se radni prostor nalazi u susjednoj prostoriji s prozorom kroz koji se može sigurno vidjeti skladišni prostor kako bi se procijenile potencijale opasnosti bez potrebe za pristupom skladištu)
3.3 Zahtjevi laboratorijske opreme	Digestori bez kanala - mogu se koristiti samo ako su procesi koje se provode unutar digestora vrlo repetitivni (koristi se ograničeni broj kemikalija pri istim koncentracijama s malo očekivanih promjena tijekom vijeka trajanja digestora) - moraju uključivati pouzdan sustav praćenja Biosigurnosni ormari - koriste se za sprječavanje izloženosti zaraznim materijalima putem zraka i kontaminacije sterilnih proizvoda tijekom manipulacija

	- postaviti dalje od vrata i mjesta s velikom frekvencijom prometa; dalje od opreme koja stvara vlagu ili pari, te dalje od prozora koji se mogu otvoriti ili otključati - ne smije se postaviti izravno ispod difuzora dovodnog ili povratnog zraka u prostoriju - ne smije se postaviti nasuprot kemijskog digestora - osigurati da prostorija ima mehanički ispušnu ventilaciju uz ispušnu ventilaciju koju osigurava biosigurnosni kabinet - novopostavljeni biološki sigurnosni kabineti moraju se testirati i certificirati prije upotrebe i pri svakom premještanju i popravku
3.4 Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system)	/

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Općenito	- laboratoriji koji koriste hlapljive opasne kemikalije moraju biti opremljeni gumbom za pročišćavanje i ventilaciju - moraju postojati mehanizmi za kontrolu pristupa laboratoriju - svi laboratoriji moraju imati vrata za odvajanje od javnih prostora; vrata moraju biti samozatvarajuća kako bi se kontrolirao pristup laboratoriju i istraživačkim materijalima i informacijama
4.2 Zaštita od požara	<u>Aparati za gašenje požara za osjetljivu elektroničku opremu</u> - potrebno je osigurati prijenosni aparat za gašenje požara s čistim hidrofluorougljikom u neposrednoj blizini osjetljive elektroničke opreme (npr. laserski rezači, čiste sobe itd.)
4.3 Laboratorijska jedinca	/
4.4 Biološka sigurnost	- biološki istraživački laboratoriji moraju imati usmjereni protok zraka prema unutra (trebaju biti pod negativnim tlakom) sa zrakom koji se kreće iz javih prostora u laboratorij prema najkontaminiranijim ili područjima visokog rizika - laboratorijski zrak ne smije se recirkulirati u bilo koji drugi prostor izvan laboratorija; mora se ispuhati prema vani
4.5 Tuš za ispiranje očiju	- svaki novoizgrađeni ili obnovljeni laboratoriji ili bilo koja prostorija koja se koristi u slične svrhe u kojoj se rukuje korozivnim tvarima ili zapaljivim tekućinama ili gdje se koriste uređaji s otvorenim plamenom, mora biti opremljena s jednim ili više tuševa za ispiranje očiju u hitnim slučajevima - radna područja i operacije koje mogu zahtijevati ove uređaje uključuju strojarnice, prostorije za biološki opasan otpad, područja za korištenje radioaktivnih materijala, lokacije sustava za neutralizaciju Ph, područja za punjenje baterija, operacije prskanja, područja s visokom prašinom, itd - oprema za ispiranje očiju i tuširanje u hitnim slučajevima mora biti dostupna unutar 10 sekundi, smještena na istoj razini kao i opasnost, a put kretanja mora biti bez prepreka koje mogu spriječiti njezinu neposrednu upotrebu
4.6 Detekcija para plinova i tekućina	- laboratoriji koji koriste visokotoksične plinove moraju biti opremljeni detekcijom plina i alarmima
4.7 Sigurnosne stanice	/

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Općenito	/
5.2 Vrata laboratorija i hodnika	/

5.3 Oznake na ulazu	/
5.4 Izlazi	/
5.5 Zidovi i stropovi	/
5.6 Podovi	/
5.7 Prozori	- zavjese ili platneni prekrivači nisu prikladni u istraživačkim laboratorijima
5.8 Namještaj	- laboratorijski namještaj treba biti čvrst i jednostavan za čišćenje i održavanje - tapecirani ili platneni prekrivači na bilo kojem namještaju nisu dopušteni - tvrde, neprozirne površine poput plastike su prikladnije jer se lakše čiste i dekontaminiraju
5.9 Radne površine	/

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 BSL 2 laboratoriji	/
6.2 Laboratoriji koji koriste radioaktivne materijale i opremu koja zrači	/
6.3 Objekti za radioaktivne materijale	/
6.4 Laboratoriji s uređajima koji zrače	/

7. Održivost

	SMJERNICE
7.1 Općenito	/

5. Smjernice za projektiranje – Sveučilište Edinburgh

https://www.ed.ac.uk/health-safety/guidance/laboratories/general-laboratory-design-and-equipment (10.01.2024.)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- prilikom projektiranja novih laboratorija treba voditi računa o tome da se osiguraju uredi odvojeni od glavnog radnog prostora laboratorija, i to, gdje je moguće, postavljeni između radnog prostora laboratorija i ulaza / izlaza - mora postojati dovoljno namjenskih sudopera za ruke; dodano na traženi broj sudopera, a ovisno o veličini i broju radnih mjesta u laboratoriju
1.2 Ergonomija	/
1.3 Održavanje	/
1.4 Pristupačnost	/

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Općenito	/
2.2 Vodovod i odvodnja	/
2.3 Električne instalacije	/
2.4 Opća ventilacija laboratorija	/
2.5 Plinovi	- sveučilišne zgrade moraju biti projektirane i opremljena tako da se sve plinske boce pod tlakom koje opskrbljuju zgradu mogu spojiti na postavljeni razvodnik izvan zgrade; plin pod tlakom je doveden u zgradu i u pojedinačne laboratorije - za skladištenje plinskih boca (punih i praznih) potrebno je ventilirano skladište, po mogućnosti na otvorenom - otrovni i/ili korozivni plinovi moraju se uvijek skladištiti zasebno; razdvajanje se u nekim slučajevima može postići izgradnjom pregradnih protupožarnih zidova - ne preporuča se pohranjivanje cilindara vani, na fasadu zgrade; cilindri trebaju biti pohranjeni u dijelu zgrade koji je posebno namijenjen za ovu namjenu, izrađen od materijala koji će imati odgovarajuću otpornost na vatru i eksploziju, odgovarajuću i primjerenu ventilaciju, sigurno osvjetljenje i odgovarajuću detekciju požara i/ili dima - sva skladišta plina i područja razdjelnika moraju biti sigurni i zaključavati se
2.6 Temperatura	/
2.7 Rasvjeta	/

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1 Lokalna ventilacija laboratorija	- lokalna ventilacija je inženjerski sustav kontrole za smanjenje izloženosti onečišćujućim tvarima u zraku poput prašine, magle, pare ili plina na radnom mjestu <u>Fiksni sustavi lokalne ventilacije</u> - ovi sustavi obično obuhvaćaju proces - hvataju tvar (npr. nerecirkulirajući digestori) ili ekstrahiraju na izvoru koji se potom ispuštaju u kanale pri

	čemu se onečišćujuća tvar odvodi i izbacuje u vanjsku atmosferu, obično pomoću ventilatora prema kraju sustava <u>Mobilni sustavi lokalne ventilacije</u> - ovi sustavi su obično samostalne jedinice s ugrađenim filterom koji „čisti“ kontaminirani zrak opasnog sustava ili procesa prije nego ga ispusti natrag u prostoriju (npr. recirkulacijski digestor ili mobilne filterske jedinice) - ove mobilne jedinice se obično mogu premještati između prostorija ili laboratorija
3.2 Laboratorijski otpad	/
3.3 Zahtjevi laboratorijske opreme	<u>Digestori</u> - potrebno je konzultirati korisnike o vrstama opasnih tvari s kojima će raditi jer će to imati utjecaj na materijale koji će se koristiti za unutarnju konstrukciju - najvažniji dio opreme koji se koristi za zaštitu laboratorijskog osoblja od izloženosti opasnim kemikalijama u laboratoriju je digestor - digestori se ne smiju postavljani na komunikacijskim putevima, uz vrata, uz otvorene prozore; izravno nasuprot otvorenog kraja laboratorijskog prostora u obliku slova U (u slučaju požara / eksplozije unutra digestora, radnici su zarobljeni u prostoru; a požar im je blokirao izlaz) - ventilator za odvod zraka mora biti uključen cijelo vrijeme kada se digestor koristi za eksperimente i kada sadrži hlapljive spojeve
3.4 Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system)	/

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Općenito	/
4.2 Zaštita od požara	/
4.3 Laboratorijska jedinca	/
4.4 Biološka sigurnost	/
4.5 Tuš za ispiranje očiju	- potrebno je postaviti na odgovarajući način jedinice za ispiranje očiju
4.6 Detekcija para plinova i tekućina	/
4.7 Sigurnosne stanice	/

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Općenito	/
5.2 Vrata laboratorija i hodnika	/
5.3 Oznake na ulazu	/
5.4 Izlazi	/
5.5 Zidovi i stropovi	- zidovi općenito trebaju biti glatki i obojeni sjajnom visokokvalitetnom bojom (vodootporna vinilna emulzija za lakše čišćenje) - i masivni i spušteni stropovi općenito su prihvatljivi u područjima općih / kemijskih laboratorija (izuzetak je kada se radi s radioaktivnim tvarima) - sve instalacijske prodore u zidovima i stropovima treba zabrtviti - svi rubovi na zidovima trebaju biti zabrtvljeni ili zavareni kako bi se spriječilo curenje prolivenih materijala

5.6 Podovi	- pod bi trebao biti prekriven materijalom nepropusnim za kemikalije i otporan na klizanje - sokl bi trebao biti podignut na zid do visine od oko 15 cm od poda
5.7 Prozori	/
5.8 Namještaj	- gdje god je to moguće potpultni ormarići i ladičari trebaju biti slobodnostojeći i pokretni kako bi se olakšalo čišćenje, posebno ako dođe do izlijevanja opasnih tvari - gornji dio klupa treba biti uzdignut na stražnjoj strani prema zidovima, te zabrtvljen silikonom ili drugim prikladnim materijalom
5.9 Radne površine	- radne površine trebaju biti glatke, tvrde i neupijajuće, te otporne na toplinu i kemikalije

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 BSL 2 laboratoriji	/
6.2. Laboratoriji koji koriste radioaktivne materijale i opremu koja zrači	/
6.3. Objekti za radioaktivne materijale	/
6.4. Laboratoriji s uređajima koji zrače	/

7. Smjernice održivosti

	SMJERNICE
7.1 Općenito	/

6. Smjernice za projektiranje – Sveučilište Stanford

https://ehs.stanford.edu/manual/laboratory-standard-design-guidelines (11.02.2026.)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- potrebno je odvojiti laboratorijske i nelaboratorijske aktivnosti - uredi i stolovi za pisanje trebaju se nalaziti izvan laboratorijskog prostora - potrebno je postaviti uredske zone blizu laboratorija, po mogućnosti unutar vidnog polja uz korištenje npr. staklenih stijena - poželjno je imati različite podne obloge u uredskoj i laboratorijskoj zoni - kada se radni stolovi nalaze unutar laboratorija, moraju biti bliže ulazu, a mokre laboratorijske klupe, digestori, biosigurnosni ormari i oprema koja koristi ili skladišti kemikalije, biološke i radioaktivne materijale moraju se nalaziti na suprotnoj strani laboratorija (to omogućuje laboratorijskom osoblju i posjetiteljima ulazak u laboratorij bez prolaska kroz zonu opasnih materijala) - zabranjeno je skladištiti ili konzumirati hranu u prostorima gdje se koriste i/ili skladište opasni materijali - svaki laboratoriji mora imati sudoper za pranje ruku (sudoper bi trebao biti smještan blizu izlaza) - police za skladištenje kemikalija ne smiju se postavljati iznad laboratorijskih sudopera - potrebno je osigurati dovoljno prostora (npr. ormari za skladištenje s pregradama) kako bi se nekompatibilne kemikalije / plinovi (otpadni i neotpadni) mogli fizički odvojiti i skladištiti - preporučuje se da se skladište otapala ne nalazi ispod laboratorijske digestorske nap - potrebno je osigurati ventilirane ormare s električnim utičnicama i zvučnom izolacijom za smještaj pojedinačnih vakuumskih pumpi tamo gdje se očekuje njihova upotreba - laboratorij mora imati prolaze širine min. 60 cm; glavni prolaz koji se koristi za izlaz u nuždi mora imati širinu od najmanje 90 cm - laboratorijski prolazi moraju biti projektirani širi od 60 cm tako da se čak i uz laboratorijske stolice i razne druge predmete uvijek održava razmak od 60 cm - laboratorijski pultevi ne smiju ometati pristup izlazu u slučaju nužde - potrebno je osigurati određeni prostor za smještaj laboratorijskih kolica (lokacija ne smije smanjiti širinu hodnika ili prolaza na širinu manju od propisane) - vrata laboratorija se trebaju otvarati u smjeru izlaza kako bi se olakšao izlazak iz laboratorija tijekom hitnih slučajeva - potrebno je osigurati dovoljno prostora za garderobe; tj. za presvlačenje osobne zaštitne opreme koja se koristi u laboratoriju - laboratorijska zgrada mora sadržavati odgovarajuće dodatne sadržaje za skladištenje i konzumaciju hrane, i za osobnu higijenu - potrebno je osigurati prostor za skladištenje boca komprimiranih plinova - projekt laboratorija mora uključivati jedan od sljedećih sustava skladištenja boca s otrovnim i vrlo otrovnim komprimiranim plinom: ventilirane plinske ormare/ispušne komore/ laboratorijske digestore ili odvojene ventilirane prostorije za skladištenje plina
1.2 Ergonomija	- namještaj mora biti u skladu s osnovnim ergonomskim zahtjevima - postavljanje visokih polica, posebno iznad laboratorijskih klupa, može stvoriti ozbiljne potencijale opasnosti, uključujući, ali ne ograničavajući se na ergonomska pitanja (prekomjerno posezanje iznad ramena i preko laboratorijskih klupa); izlijevanje i izloženost kemijskim, radiološkim ili biološkim agensima (npr. ispuštanje spremnika pri pristupu na visokim razinama)

	- laboratorijski prostor mora imati odgovarajuću prirodnu ili umjetnu rasvjetu kako bi se osigurala dovoljna vidljivost
1.3 Održavanje	- laboratoriji mora biti projektiran tako da se omogući jednostavno čišćenje i održavanje - prostori između klupa, ormara i opreme moraju biti dostupni za čišćenje i trebaju omogućiti servisiranje opreme
1.4 Pristupačnost	- vrata laboratorija moraju se automatski zatvarati; takva vrata koja se sama zatvaraju moraju se otvarati uz minimalan napor kako bi se omogućio pristup osobama smanjene pokretljivosti - potrebno je osigurati minimalno jedan digestor po katu prilagođen osobama smanjene pokretljivosti - potrebno je osigurati pristup za tuširanje i hitnim slučajevima unutar 10 sekundi od digestora prilagođenog osobama smanjene pokretljivosti

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Općenito	- potrebno je osigurati mehaničku kontrolu klimatizacije - laboratoriji se moraju održavati pod negativnim tlakom u odnosu na hodnik ili druga manje opasna područja - protok zraka trebao bi dolaziti iz područja niskog rizika, osim ako se laboratorij ne koristi kao čista ili sterilna soba - za određene primjene, poput čistih soba ili soba za kulturu stanica, mogu biti potrebni predprostori - čiste sobe koje zahtijevaju pozitivni tlak trebaju imati ulazna predvorja opremljena mehanizmom za zatvaranje vrata dok oboje vrata nisu otvorena istovremeno - sustavi opće ventilacije trebaju biti projektirani tako da se u slučaju nesreće mogu isključiti i izolirati radi zadržavanja radioaktivnosti - brzina protoka zraka u svakom kanalu treba biti dovoljna da se spriječi kondenzacija ili nakupljanje tekućina ili kondenzirajućih krutih tvari na stijenkama kanala
2.2 Vodovod i odvodnja	- cijevi za laboratorijske otpadne vode moraju biti odvojene od otpadnih voda u zgradi; a mjesto uzorkovanja se treba postaviti na lako dostupnom mjestu izvan zgrade - mjesto uzorkovanja treba biti tamo gdje se ispušta sav laboratorijski otpad iz zgrade, prije nego što se cijev za laboratorijske otpadne vode spoji na cijev za kućne otpadne vode
2.3 Električne instalacije	- laboratoriji bi trebali biti opremljeni odgovarajućim brojem električnih utičnica koje mogu zadovoljiti potrebe za električnom energijom s dodatnih 20-40% kapaciteta - u slučaju nužde, ulazak u laboratoriji može biti nesiguran, stoga bi prekidači za ključne električne uređaje trebali biti smješteni izvan laboratorija
2.4 Opća ventilacija laboratorija	- prostorije trebaju imati mehanički generiran dovod i odvod zraka - sve laboratorijske prostorije moraju koristiti 100% vanjskog zraka i trebaju ga odvoditi van; ne smije biti povratak iz digestora i laboratorijskog ispuha natrag u zgradu - opći laboratoriji koji koriste opasne materijale moraju imati najmanje 6 izmjena zraka na sat - ispušna ventilacija mora biti kontinuirana - neki laboratoriji mogu imati smanjeni protok zraka izvan radnog vremena - potrebno je pažljivo razmotriti ne samo trenutnu, već i buduću upotrebu laboratorija kako se budu mijenjale istraživačke potrebe (bez odgovarajuće ventilacije buduća upotreba opasnih materijala u prostor će biti ograničena ili će zahtijevati potencijalno skupo preuređenje) - zrak ispušten iz laboratorijskih radnih prostora ne smije prolaziti izvan kanala kroz druge prostore

2.5 Plinovi	- potrebno je osigurati automatski aktiviran glavni ventil za zatvaranje plina u zgradi prilikom potresa - pomoćni ventili za plinske i vakuumske vodove trebaju se nalaziti izvan laboratorija - za spajanje plinskih i drugih vodovodnih instalacija trebaju se koristiti fleksibilni priključci
2.6 Temperatura	/
2.7 Rasvjeta	/

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1 Lokalna ventilacija laboratorija	- lokalna ventilacija, osim digestora, mora biti projektirana tako da adekvatno kontrolira izloženost opasnim kemikalijama - po potrebi se može predvidjeti ispušni kolektor ili kolektori s priključcima na lokalni ispuh za prikupljanje potencijalno opasnih ispušnih plinova iz plinskih kromatografa, vakuumskih pumpi ili druge opreme koja može proizvesti potencijalno opasne onečišćujuće tvari u zraku - izvor onečišćujućih tvari mora biti što je moguće više zatvoren, u skladu s operativnim potrebama, kako bi se maksimizirala učinkovitost kontrole - nape trebaju biti označene kako bi se pokazalo na koji su ventilator ili ventilacijski sustav spojene
3.2 Laboratorijski otpad	- svi laboratoriji trebaju biti projektirani tako da se osigura privremeno skladištenje bioloških, radioloških i kemijskih tvari (otpadnih i neotpadnih) na temelju projekcija korištenja u laboratoriju - otpad je potrebno skladištiti u laboratoriju u kojim nastaje, a ne u centraliziranim prostorima za sakupljanje <u>Radioaktivni otpad</u> - potreban je odgovarajući prostor za radioaktivni otpad koji nastaje unutar laboratorija - radioaktivni otpad mora biti pravilno odvojen prema kategorijama vremena poluraspada <u>Biološki / medicinski otpad</u> - biološki opasan otpad mora se prije odlaganja smjestiti u odgovarajuće sekundarne spremnike - potrebno je predvidjeti dovoljno mjesta u laboratoriju za potrebne spremnike
3.3.Zahtjevi laboratorijske opreme	<u>Digestori</u> - digestori trebaju biti postavljeni dalje od aktivnosti ili objekata koji stvaraju strujanje zraka ili turbulencije (treba ih postaviti dalje od područja s velikim prometom, difuzora za dovod zraka, vrata i prozora koji se mogu otvoriti) - turbulencija zraka utječe na sposobnost digestora da ispuše kontaminirani zrak - preporučuje se da se digestori postavljaju više od 3 m od bilo kojih vrata ili ulaza (opasnost od požara ili incident s ispuštanjem kemikalija, koji mogu započeti u digestoru mogu blokirati izlaz čineći ga neprohodnim) - otvori digestora ne smiju se postavljati nasuprot radnim mjestima gdje će osoblje provoditi veći dio svog radnog dana, poput pulteva ili mikroskopskih klupa - stanica za ispiranje očiju / tuširanje u hitnim slučajevima mora biti unutar 10 sekundi od svakog digestora - ventilatori digestora trebaju biti spojeni na sustav napajanja u nuždi u slučaju nestanaka struje (kontinuirani rad ventilatora osigurat će kontinuirano ispuhivanje opasnih tvari) - nakon povratka napajanja, sustav mora nastaviti s radom, točno kao i prije, bez potrebe za ručnom intervencijom - postavljanje priključaka, kontrola i električnih uređaja izvan nape smanjuje potencijalne opasnosti od korozije i iskrenja

	- rasvjetna tijela trebaju biti fluorescentnog tipa i zamjenjiva izvan nape - ventili, električne utičnice i prekidači za komunalne usluge koje opslužuju digestore trebaju biti postavljeni na lako dostupnim mjestima izvan digestora (svi zaporni ventili trebaju biti jasno označeni)
3.4.Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system)	- preporučuje sa da laboratoriji imaju potpuno integrirani laboratorijski sustav upravljanja za kontrolu temperature, brzine ventilacije i tlaka u prostoriji - sustav upravljanja treba stalno pratiti količinu dovodnog i ispušnog zraka za laboratorijske prostore i regulirati protok kako bi se održao negativni tlak

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Općenito	- sva oprema koja zahtjeva sidrenje mora biti usidrena, poduprta i učvršćena za građevinsku konstrukciju (ova praksa sprječava pad ovih predmeta u slučaju potresa i osigurava da sigurnost nije ugrožena prilikom izlaska) - skladišni prostori za plinove moraju biti osigurani od neovlaštenog ulaska - ormari za pohranu zapaljivih tekućina ne smije se nalaziti u blizini izlaznih vrata, stubišta ili na mjestu koje bi ometalo izlaz - tlocrtna organizacija laboratorija mora osigurati smještaj ormara za pohranu zapaljivih tekućina dalje od otvorenog plamena ili drugog izvora paljenja
4.2 Zaštita od požara	/
4.3 Laboratorijska jedinca	/
4.4 Biološka sigurnost	/
4.5 Tuš za ispiranje očiju	- oprema za ispiranje očiju u hitnim slučajevima mora biti osigurana za sva radna područja gdje tijekom rutinskih operacija ili predvidljivih hitnih slučajeva oči zaposlenika mogu doći u kontakt s tvarima koje mogu uzrokovati ozbiljnu iritaciju ili trajno oštećenje tkiva ili je otrovna apsorpcijom - u svim radnim područjima gdje se rukuje otopinama formaldehida u koncentracijama većim ili jednakim 0,1 % mora biti osigurana oprema za ispiranje očiju s priključkom za hitne slučajeve - u svim radnim područjima gdje tijekom normalnog rada ili predvidljivih hitnih slučajeva dijelovi tijela mogu doći u kontakt s tvari koja je korozivna ili jako nadražujuća za kožu ili je otvorna apsorpcijom kože, mora biti osigurana oprema za tuširanje u hitnim slučajevima s priključkom za hitne slučajeve - laboratoriji i laboratorijski pomoćni objekti koji koriste i rukuju opasnim tvarima općenito će zahtijevati tuševe za ispiranje očiju i sigurnosne tuševe - oprema za ispiranje očiju i tuširanje u hitnim slučajevima mora biti na istoj razini kao i opasnost i dostupna za neposrednu upotrebu na mjestima do kojih ozlijeđenoj osobi nije potrebno više od 10 sekundi - put kretanja mora biti bez prepreka - ako su potrebni i ispiranje očiju i tuš, moraju biti smješteni tako da ih jedna osoba može koristiti istovremeno
4.6 Detekcija para plinova i tekućina	- potrebno je osigurati sustav za kontinuiranu detekciju plina za otrovne plinove - u prostorijama u kojima se skladište visokotoksični komprimirani plinovi potrebno je osigurati odobreni nadzorni sustav za detekciju dima
4.7 Sigurnosne stanice	/

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Općenito	/
5.2 Vrata laboratorija i hodnika	/

5.3 Oznake na ulazu	/
5.4 Izlazi	/
5.5 Zidovi i stropovi	- zidovi trebaju biti obojani perivim i neprozirnim bojama - drveni zidovi i podovi nisu prikladni jer mogu apsorbirati opasan i/ ili potencijalno zarazni materijal, posebno tekućine, što dekontaminaciju čini nemogućim
5.6 Podovi	- pod mora biti vodonepropusan, bez reški
5.7 Prozori	- ako laboratorij ima prozore koji se otvaraju, moraju biti opremljeni mrežama protiv insekata
5.8 Namještaj	- sav namještaj mora biti čvrst - laboratorijski pultevi moraju biti otporni na djelovanje kemijskih tvari i dezinficijensa (drvene i staklene ploče nisu prikladne) - laboratorijski namještaj mora imati glatke, neprozirne površine - namještaj ne smije biti postavljen na način koji otežava čišćenje prolivenih tekućina ili provođenje rutinskog održavanja
5.9 Radne površine	- sve radne površine (npr. radne ploče i pultevi) moraju biti nepropusni za kemikalije - radna ploča treba imati podignuti rub kako bi se spriječilo otjecanje na pod - radne ploče moraju biti iz jednog dijela kako bi se spriječila kontaminacija - prodori za električne, vodovodne i druge instalacije moraju biti potpuno i trajno zatvoreni

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 BSL 2 laboratoriji	- tlak zraka u laboratorijima i prostorijama za njegu životinja trebao bi biti negativan u odnosu na hodnik ili susjedna područja koja nisu laboratorijska; prostorije u kojima se nalaze imunokompromitirane životinje trebale bi imati pozitivan tlak u odnosu na susjedna područja - namjenske sterilne prostorije za kulturu tkiva trebale bi biti uravnoteženo neutralne ili blago pozitivne u odnosu na susjedna područja - autoklav treba biti opremljen napom ili drugim prikladnim načinom lokalne ventilacije - biološki sigurnosni kabineti (BSC) moraju se nalaziti dalje od vrata i drugih područja s velikim prometom, te izravno ispod ulaza za zrak
6.2 Laboratoriji koji koriste radioaktivne materijale	- pultevi u laboratorijima moraju biti sposobni podnijeti težinu potrebne zaštite za gama zrake - podovi i premazi moraju biti sposobni podnijeti gama zaštitu - kada je primjenjivo, olovna zaštita mora biti ugrađena u konstrukciju (ne temelju predložene vrste i količine radioaktivnih materijala) - prostori u kojima se koriste ili skladište radioaktivni materijali ili drugi izvori zračenja moraju biti opremljena sigurnosnim bravama kako bi se spriječilo uklanjanje ili korištenje od strane neovlaštenog osoblja - područja visokog ili vrlo visokog zračenja moraju biti opremljena sredstvima za sprječavanje nenamjernog pristupa i ograničavanje pristupa samo na ovlašteno osoblje (u nekim primjerima moraju se osigurati sredstva za praćenje razine zračenja u tim područjima) - zahtjevi za ventilaciju laboratorija koji koriste radioaktivne materijale ovise o vrstama korištenih materijala - objekti koji koriste radioaktivne plinove moraju biti opremljeni ventilacijom kako bi se koncentracije održavale ispod dopuštenih razina profesionalne izloženosti i kako bi se spriječilo istjecanje plina u susjedna područja

7. Smjernice održivost

	SMJERNICE
7.1 Općenito	/

7. Smjernice za projektiranje – Sveučilište Princeton

https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/laboratory-safety/laboratory-safety-manual/appendix-d (12.02.2026)

1. Opće smjernice

	SMJERNICE
1.1 Tlocrtna organizacija	- laboratorijski prostor treba biti fizički odvojen od uredskih prostora, prostora za sastanke i prostora za jelo - zaposlenici ne bi trebali prolaziti kroz laboratorijski prostor u kojem se koriste opasni materijali kako bi izašli u prostor koji nije laboratorijski - potrebno je razmisliti o vidljivoj odvojenosti laboratorijskih i nelaboratorijskih prostora, npr. s različitim podovima - za laboratorije koji koriste radioaktivne materijale prostori za jelo i piće trebaju biti fizički odvojeni i prikladno smješteni - potrebno je razmotriti projektiranje laboratorija na način koji omogućuje odvojeno korištenje radioaktivnih materijala od ostalih laboratorijskih aktivnosti - potrebno je osigurati dovoljan broj sudopera - ormari za skladištenje kemikalija trebaju biti čvrste, robusne konstrukcije; neki mogu zahtijevati ventilaciju - laboratoriji koji koriste korozivne tekućine trebaju imati dovoljno prostora za pohranu nisko pri podu; po mogućnosti u niskom ormarićima, poput onih ispod digestora - svi laboratoriji trebaju imati prostor za pohranu pribora i potrošnog materijala
1.2 Ergonomija	- radne površine, uključujući računalna područja, trebaju imati ergonomske značajke, poput prilagodljivosti, odgovarajuće rasvjete i rasporeda opreme
1.3 Održavanje	- laboratoriji prostori s autoklavima trebaju imati dovoljno prostora za pristup autoklavu i prostor iza njega za održavanja - trebalo bi imati dovoljno prostora za privremeno skladištenje materijala prije i nakon obrade - odvodnja autoklava treba niti projektirana tako da se spriječe ili svedu na minimum poplave i oštećenja poda
1.4 Pristupačnost	/

2. Smjernice za infrastrukturu

	SMJERNICE
2.1 Općenito	- uređaji za isključivanje komunalnih usluga trebaju se nalaziti izvan laboratorija
2.2 Vodovod i odvodnja	/
2.3 Električne instalacije	- laboratoriji bi trebali imati veliki broj električnih utičnica kako bi se uklonila potreba za produžnim kabelima i adapterima s više utičnica - razvodni ormari trebaju biti postavljeni na pristupačnom mjestu koje vjerojatno neće biti zaklonjeno - prekidači strujnog kruga trebaju biti postavljeni u blizini sudopera i vlažnih područja
2.4 Opća ventilacija laboratorija	- brzina ventilacije u laboratoriju treba osigurati minimalno 8-10 izmjena zraka na sat u vrijeme kad se prostor koristi i minimalno 6 izmjena zraka na sat u vrijeme kad se prostor ne koristi
2.5 Plinovi	- laboratoriji koji koriste komprimirane plinove trebaju imati udubljenja za pohranu boca i biti opremljeni uređajima za pričvršćenje boca
2.6 Temperatura	/

2.7 Rasvjeta	/

3. Tehnološke smjernice

	SMJERNICE
3.1 Lokalna ventilacija laboratorija	- potrebno je osigurati lokalnu ventilaciju instrumenata, plinskih ormara, ventiliranih ormara za pohranu ili drugih operacija koje zahtijevaju lokalnu ventilaciju - nape za perklornu kiselinu zahtijevaju konstrukciju od nehrđajućeg čelika, sustav za ispiranje i namjenski, izolirani ventilator - nape koje zahtijevaju filtere (kao npr. za radioizotope ili biološke materijale) trebaju biti projektirane i smještene tako da se filterima može lako pristupiti
3.2 Laboratorijski otpad	- potrebno je osigurati prostor unutar zgrade za sve potrebe centralnog skladištenja kemijskog, biološkog ili radioaktivnog otpada - potrebno je osigurati prostor za razne potrebne spremnike za prikupljanje otpada; ovisno o laboratoriju to može uključivati laboratorijski otpad, razbijeno staklo, oštre predmete, spremnike za recikliranje, rabljeno ulje, medicinski otpad i/ili radioaktivni otpad
3.3 Zahtjevi laboratorijske opreme	<u>Digestori</u> - digestori trebaju imati udubljene radne površine za kontrolu izlijevanja - položaj digestora, otvora za dovod zraka, prozora koji se mogu otvoriti, laboratorijskog namještaja i pješačkog prometa trebao bi poticati horizontalni, laminarni protok zraka u prednju stranu digestora, okomit na otvor digestora - digestori trebaju biti postavljeni dalje od vrata, a ne tamo gdje bi bili okrenuti jedan prema drugome preko uskog prolaza - svaki digestor mora imati uređaj za kontinuirano praćenje, kao što je magnetski mjerač (uređaj bi trebao pokazivati brzinu zraka ili statički tlak, a ne samo zvučni alarm) - dovod zraka treba biti postavljen dalje od digestora ili usmjeren dalje kako bi se izbjegle smetnje
3.4 Sustav automatizacije zgrade - BAS (buildnig automation system	/

4. Sigurnosne smjernice

	SMJERNICE
4.1 Općenito	- ulazi u laboratorij bi trebali imati mogućnost postavljanja plakata s informacijama o hitnim slučajevima i drugim znakovima upozorenja neposredno izvan laboratorija (npr. na vratima) - svaka vrata iz hodnika u laboratorij bi trebala imati prozor za pregled kako bi se spriječilo da se vrata otvore osobi s druge strane i kako bi se omogućio pogled u laboratorij u slučaju nesreće ili ozljede - aparati za gašenje požara, sigurnosni tuševi i tuševi za ispiranje očiju trebaju biti vidljivo označeni, posebno ako su udubljeni - laboratoriji bez prozora trebaju imati rasvjetu za hitne slučajeve - ploče s alarmnim signalima trebaju opisivati područje gdje se alarm aktivirao - spremnici kriogene tekućine trebaju biti postavljeni na način da se njihove kontrole ne mogu slučajno manipulirati i tako da se mogu osigurati kako bi se spriječio neovlašteni pristup - prostorije u kojima se ne mogu čuti evakuacijski ili drugi alarmi trebaju biti opremljene stroboskopskim svjetlom ili dodatnim alarmima
4.2 Zaštita od požara	- potrebe za skladištenjem zapaljivih tekućina treba unaprijed definirati kako bi laboratoriji imao mjesta za odgovarajući broj ormara za skladištenje zapaljivih tekućina

	- skladištenje zapaljivih tekućina nije dopušteno ispod razine tla ili u blizini izlaza - ormari za skladištenje zapaljivih tekućina ne smiju se prozračivati osim ako ne postoji potreba zbog mirisa ili pare - aparati za gašenje požara prikladni za kemikalije i opremu koja se koristi trebaju biti postavljeni blizu ulaza u svaki laboratorij
4.3 Laboratorijska jedinca	/
4.4 Biološka sigurnost	/
4.5 Tuš za ispiranje očiju	- laboratoriji koji koriste opasne materijale trebaju imati tuš za ispiranje očiju i sigurnosni tuš unutra 30 m ili 10 sekundi udaljen od područja upotrebe kemikalija - podovi ispod sigurnosnih tuševa trebaju biti protuklizni - sigurnosni tuševi mogu imati zavjese za privatnost, posebno u velikim laboratorijima ili u nastavnim laboratorijima
4.6 Detekcija para plinova i tekućina	- laboratoriji koji koriste visokotoksične plinove trebaju biti opremljeni alarmnim senzorima pare, i po mogućnosti sa automatskim sustavima za isključivanje
4.7 Sigurnosne stanice	/

5. Smjernice za materijale

	SMJERNICE
5.1 Općenito	/
5.2 Vrata laboratorija i hodnika	/
5.3 Oznake na ulazu	/
5.4 Izlazi	/
5.5 Zidovi i stropovi	/
5.6 Podovi	- mokri kemijski laboratoriji i tamne komore trebaju imati podove otporne na otapala
5.7 Prozori	/
5.8 Namještaj	/
5.9 Radne površine	- radne površine trebaju biti otporne ne kemikalije, lake za održavanje i čišćenje

6. Smjernice laboratorija s posebnim zahtjevima

	SMJERNICE
6.1 BSL 2 laboratoriji	- laboratoriji klasificirani kao razina sigurnosne zaštite 2 mogu zahtijevati dodatne sigurnosne mjere
6.2 Laserski laboratoriji	- laserski laboratoriji trebaju imati prekidač za hitno isključivanje postavljen u blizini ulaza u laboratorij kako bi se laser daljinski isključio - mnogi laseri zahtijevaju sustave za hlađenje vodom, pa trebaju prekidače strujnog kruga

7. Smjernice održivosti

	SMJERNICE
7.1 Općenito	/

PRILOG II

A/ Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 25.06.2025.

Ines Topalović Piteša, mag.ing.chem.ing (Altuim International)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Puno sredstava ide u smjeru laboratorija i istraživanja, no prilikom projektiranja, iz perspektive istraživača, primjećuje se određeni jaz između projektanta i korisnika.
   - Treba dobro razmisliti što će se raditi u određenom laboratoriju, tehnologija se brzo mijenja. Potrebno je dobro posložiti „work flow" - od zaprimanja uzorka, pripreme uzorka (može biti osjetljiva oprema), potom analize i/ili dijagnostike, te definiranja što dalje s uzorkom (npr. u farmaceutskoj industriji može postojati potreba za skladištenjem na milione uzoraka). Također, treba definirati i smjestiti uredske prostore u odnosu na laboratorije.
   - Kod tradicionalnog kemijskog inženjerstva bili su poznati procesi (npr. znali su se parametri kod generika i proizvodnje tableta). Danas imamo nove aplikacije, primjerice kod imunoterapije terapija je nešto što se proizvodi u bolnici. (bolnice bi mogle postati kao mala farmaceutska proizvodnja). Problem je što se ne zna kako ustaljene tehnologije primijeniti na nove, kako se prilagoditi novim procesima što otvara pitanje samog laboratorija – je li postojeći laboratorij dovoljan ili je potreban novi.
   - FDA agencija (i Europska EMA) za laboratorijske životinje bilježi da se godišnje 156 mil. laboratorijskih životinja koristi u istraživanjima. Kod novih terapija (može se primijeniti i u sektoru hrane i kozmetike) tendencija je da se koristi 3D biologija (organoidi i sferoidi; stanica se gleda u 3D-u – mini organ).
   - Tehnologija se brzo mijenja; prije cca 6 godina HPLC je bio „hightech", a danas proizvođači smanjuju „life cycle" instrumenata pa imamo novi instrument svake 2-3 godine.

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - U Hrvatskoj Institut za medicinska istraživanja IMI; zgrada je dovršena 2023. godine. Kompleksna tlocrtna organizacija, na jednom katu su laboratoriji koji rade s radioaktivnim materijalima, zatim tu je toksikologija, analiza plazme, krvi, seruma, uzgoj laboratorijskih životinja…
   - U svijetu laboratorijske zgrade farmaceutskih kompanija Merck i Roche.

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Sve veći naglasak se stavlja na primjenjivost. Prije je više bio naglasak na temeljnim istraživanjima, a sada se sve više gleda primjena (obično se traži da bude partner iz industrije). U istraživačkom procesu to znači npr. da si prije trebao razviti neku metodu, a sada trebaš dokazati da će ta metoda biti primjenjiva. Npr. HIM konceptualno se bavi istraživanjem mozga, a u suradnji sa Selvitom promatra se kako će se to primijeniti.
   - Naglasak na primjenjivosti stvara veći pritisak zbog rokova što znači da je bitan „work flow" (u nekim institucijama duplicira se oprema zbog optimizacije procesa).

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Problem današnjeg laboratorija je radna snaga; ne fali doktora znanosti već tehničara. Sve više proizvođača se fokusira na automatizaciju (smanjuje se mogućnost ljudske pogreške, istraživači se mogu baviti kreativnijim poslovima, veći je protok uzoraka). Također, ako postoji robot potrebno je postaviti laboratorijski setup.

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   - Sva oprema koja ide u laboratorij mora imati CE certifikat (EU).
   - Zeleni certifikati vezano za transport instrumenata i opreme.

- ESG certifikat bavi se okolišnim parametrima.
- Ovisno o laboratoriju – komercijalni podliježu nadzoru, kod istraživačkog se akreditira metoda.

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- Nije toliko bitan hardver nego softver (majka svega).
- „Audit trail“ – bilježi sve što netko radi.
- Serveri, cloud – ideja je povezati više različitih uređaja na jedan server (tehnologija radi za nas).

- **Sistematizacija laboratorija**
  - Dijagnostički laboratoriji u bolnicama, mogu koristiti analitičke uređaje
  - Analitički laboratorij – dobije se rezultat koji nema dijagnostičku svrhu
    Generalni termin koji može biti za razne sektore
    Kod analitičkog laboratorija se gleda uzorak i traži sastav (radi se ciljana ili neciljana analiza); uzorak se rastavi na proste faktore
    Kromatografija, fotogrametrija, kolorimetrija
  - Testni laboratorij (najčešće industrijski) – npr. testiranje u industriji materijala, može biti dio razvojnog laboratorija ili u kontroli kvalitete
    Ponekad se koristi i za analitiku
    U testnom laboratoriju gleda se ponašanje uzorka pod određenim uvjetima
    Npr. Doking – uređaj za razminiranje – gleda se kako se ponaša u određenim uvjetima

  - Lifescience – više obuhvaća molekularnu biologiju i biomedicinu nego samo biologiju

  - Laboratorij za sintezu – organska kemija, bavi se sintezom (glavni posao je sinteza novih spojeva, imaju digestore zato što koriste otapala); može biti i anorganska kemija

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 28.06.2025.

viši asistent dr.sc. Barbara Nikolić, univ.mag.biol.exp. (Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za animalnu fiziologiju)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Testovi ponašanja životinja (prostorije za bihevioralne testove); ispitivanja se vrše na štakorima
   - Uređaji – razne komore za bihevioralne testove, npr. open filed box, T labirint…
   - Postavi se često mijenjaju ovisno o vrsti i veličini eksperimenta – fleksibilnost; potrebna je priručna prostorija za skladištenje opreme
   - Poželjno je da je prostorija u kojoj se vrše bihevioralni testovi zvučno izolirana, opremljena s kamerama, te da je u blizini animalne platforme; također poželjna je dobra i nečujna ventilacija
   - Uzorci se uzimaju ovisno o cilju pokusa
   - 2. korak nakon bihevioralnog testiranja je uzimanje tkiva i organa (ovo se može smatrati pripremom uzoraka; može se obavljati u prostoru za pripremu uzoraka ili u višenamjenskoj prostoriji); u ovom koraku može sudjelovati tim ljudi, potreban je centralni radni pult bez uređaja, te zaseban pult s vagama
   - Nakon smrzavanja tkiva postoji određena fleksibilnost u smislu kada će se raditi neka od metoda; to se može obavljati u općem biološkom laboratoriju
   - Potom slijedi obrada pohranjenih uzoraka u biološkom laboratoriju opremljenom različitim uređajima ovisno o pokusu
   - Laboratoriji može biti jedna velika prostorija (open space) ili više manjih tematski povezanih (ovisno o istraživačkom procesu); u svakoj je potreban dio slobodne radne površine, hladnjak, sudoper, a u nekom slučajevima i digestor od veće opreme

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Laboratoriji su vezani na ustroj instituta i ovise o vrsti posla koje se obavlja
   - Postoje laboratoriji koji su dostupni svim istraživačima (svi mogu koristiti sve), samo je potrebno rezervirati termin; takav primjer imamo u Njemačkoj na Institutu za filziologiju - Charite
   - Poželjno je da postoje odsjeci, svaki tim ima svoje ormariće s opremom
   - Radni pultevi su smješteni centralno (podjela prema tipu posla; rubovi pulteva su rezervirani za timove), uz rub prostorije su smješteni hladnjaci
   - Primjer bolnice u Berlinu, instituta za fiziologiju (Charité–Universitätsmedizin Berlin), u laboratorijima u kojima se koristi formalin postavljeni su fleksiblni odsisi (pomične ruke) što omoguće fleksibilnost

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Tehnologija brzo napreduje, dolaze novi uređaji što zahtjeva novi / dodatni prostor i edukaciju radnika što često izostane
   - Neki stroj ako se ne koristi (npr. automatizirani robot za pipetavanje) može zauzimati dosta prostora
   - Potrebno je predvidjeti prostor za buduće uređaje jer će oni zauzimati sve više prostora
   - Potrebno je predvidjeti instalacije za buduće priključke (fleksibilnost instalacija; npr. ima situacija kada se nova ledenica nema gdje priključiti)

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Potrebno je odvojiti uredski od laboratorijskog prostora, no ovisno o timu i radnom procesu ponekad je potreban radni stol i računalo u laboratoriju; ponekad je lakše da se sjedi u labosu (za manje timove, ako je moguće)

- U Njemačkoj, na Institutu za filziologiju - Charite nije bilo uredskog prostora unutar laboratorija; od zajedničkih prostora postojala je kuhinja (hladnjaci s policama za hranu, perilice suđa); neformalna druženja u kuhinji; također postojala je i prostorija „silent room“ (mala bibloteka) za opuštanje znanstvenika
- Na PMF-u (biološki odsjek), od zajedničkih prostora, za sada postoji samo kuhinja
- Bilo bi dobro da postoji dvorišni zeleni prostor gdje bi se moglo izaći i predahnuti
- Za mlade znanstvenike je dobro da postoji prostor za neformalna druženja (sa kaučem), gdje nije sterilna atmosfera, da se ljudi mogu okupiti i razgovarati o svojim istraživanjima

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu

- Postoje standardi za rad sa staničnim kulturama, sa virusima, životinjama, radioaktivnim tvarima, mikrobiološki standardi…

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- Npr. u laboratorijima za staničnu kulturu trebaju biti kontrolirani uvjeti (mehanička ventilacija, ne smiju se otvarati prozori)
- Potrebno je voditi računa o ergonomiji, ima pokusa gdje se radi u stojećem položaju dulje vrijeme, pa je poželjno da se može sjesti

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 11.02.2026.

dr.sc. Dina Franić, univ. mag. biol. mol. (Hrvatski institut za istraživanje mozga -HIIM i Prehrambeno-biotehnološki fakultet)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Laboratoriji se bavi istraživanjima u području biokemije, i biotehnologije pri čemu kao modelni organizam koristi kvasac
   - Ime laboratorija– *Laboratoriji za biokemiju; metode za genetsku modifikaciju kvasaca*, uključuje PCR, gel elektroforezu, metode molekulskog kloniranja, genetičkog inženjerstva, fluorescentne mikroskopije itd.
   - Bitno je da su sterilni uvjeti; koriste se plamenici što nije najbolja varijanta
   - U laboratoriju postoji samo jedan laminar u kojem bi se trebala raditi genetska modifikacija u sterilnim uvjetima, kao i druga rukovanja staničnim kulturama no kako ima više ljudi ne mogu svi u svakom trenutno koristiti laminar
   - Genetska modifikacija, rukovanje stanicama i drugi eksperimenti koji zahtijevaju sterilne uvjete uglavnom se rade na radnom pultu (benchu) s plamenicima
   - U zgradi PBF-a nema mehaničke ventilacije u prostoru laboratorija
   - Laboratoriji na HIIM-u (Hrvatski institut za istraživanje mozga) imaju kontrolirane uvjete u prostoru i transformacija kvasaca se radila bez plamenika, no nakon potresa su počele kontaminacije kojih se bilo teško riješiti (kontaminacija podrazumijeva rast plijesni i bakterija iz zraka ili s osobe koja je njima rukovala na hranjivim podlogama)
   - Plamenici služe radi očuvanja sterilnih uvjeta, primjerice da se ne kontaminiraju podloge s mikroorganizmima iz okoline i zraka
   - U istraživačkom procesu se koristi i fluorescentni mikroskop (traži mračnu sobu); smješten je u mračnoj sobi. Bilo bi idealno kad bi takva soba imala ventilaciju (problem zato što mikroskop grije)
   - Na institutu CBM (Centre de Biophysique Moléculaire) u Francuskoj je postojao „facility" – zajednički sadržaj sa fluorescentnim mikroskopom; mikroskop je bio smješten u tamnoj sobi s ventilacijom

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Dobar primjer je (iz perspektive doktoranda) Institut za istraživanje mozga (HIIM), laboratoriji su bili ventilirani (kontrolirani uvjeti u prostoru) i s puno prirodnog svjetla (prozori su se mogli otvoriti na V)
   - CBM (Centre de Biophysique Moléculaire) u Francuskoj; dobar primjer su sadržaji sa zajedničkom opremom – „facility", postoji osoba koja je tu zaposlena i istraživač samo treba donijeti uzorak (od uređaja su tu bili mikroskopi, protočni citometar koji slika svaku stanicu pojedinačno – koliko je stanica velika, gustoću, granulaciju..)
   - Također, u CBM institutu je ispred svakih nekoliko laboratorija tuš za hitne slučajeve i aparati za gašenje požara, prije početka rada u laboratoriju potrebno je proći edukaciju za korištenje (na PBF-u postoji kanta s pijeskom ispod sudopera i aparati za gašenje požara)
   - Dobar primjer je i BioCentar, tu su također kontrolirani uvjeti u prostoru i ima puno prirodnog svjetla

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Mijenja se dosta toga
   - Na primjer, prije se puno radilo sa stanicama u monosloju, a sada se često rade organoidi koji što više sliče na organe, što zahtjeva promjenu uređaja koji se koriste i način na koji se te stanice sada uzgajaju

- Možda su danas istraživanja koja imaju „proizvod na kraju“, tj. primijenjena istraživanja prihvatljivija za financiranje, ali potrebno se baviti i temeljnim istraživanjima kako bi razumjeli određene procese i pojave
- U laboratoriju za biokemiju trenutno se odvijaju projekti sa svrhom biotehnološkog napretka u proizvodnji pojedinih suplemenata te razvoj novih biosenzora
- Na HIIM-u je bilo više temeljnih istraživanja, istraživali su se novi procesi u stanicama (kao i zašto stanice funkcioniraju na određeni način)

4. Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)

- Na institutu CBM u Francuskoj, bilo je više laboratorija u kojima je trebalo obaviti po dio istraživanja što je ponekad produžilo sam eksperiment, npr. na 2. katu je laboratorij za mikrobiologiju na 1. katu se rade određene analize, spremište potrošnog materijala je u podrumu
- Nije dobro da je sve centralizirano, možda bi bilo dobro grupirati laboratorije za određena istraživanja i osigurati više manjih spremišta po etažama
- Na HIIM-u i PBF-u je sve nadohvat ruke; spremište je uz laboratorij
- Treba voditi računa o ventilaciji i kontroliranim uvjetima u prostoru
- Problem je što tehnologija brzo napreduje, kupuju se novi uređaji, a predviđeni prostor to ne može pratiti
- Potrebno je predvidjeti prostore za odmor, druženje i opuštanje

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu

- Stalna temperatura i kontrolirani uvjeti u prostor su važni za eksperimente (ako se eksperiment radi na „benchu“ razlika u temperaturi utječe na rezultat)
- Mikroskop treba tamnu sobu
- U prostorima s frižiderima -80 je potrebna klimatizacija; ako je prevruće ne može hladiti na -80
- Na institutu u Frnacuskoj digestori su non-stop radili
- Ormarići s kemikalijama trebaju biti ventilirani

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- S napretkom tehnologije neke stvari se mogu napraviti puno brže
- Npr. stari uređaj za detekciju proteina nakon western blota nije mogao detektirati niže koncentracije proteina što izgleda kao lažno negativan rezultat, dok s novim uređajem se dobije puno više rezultata u puno manje vremena
- U bolnicama, u kliničkim laboratorijima, se koriste roboti (mogu pipetiraati)
- Možda to nije toliko za istraživačke laboratorije, više za dijagnostičke – kontinuirano ista metoda gdje robot može odraditi posao
- Na konferencijama su bili primjeri VR naočala koje se mogu koristiti za rad u laboratoriju, iako istraživač nije fizički prisutan u laboratoriju može razgovarati s kolegama koji su tamo prisutni

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb -Beč (online), 09.02.2026.

izv. prof dr.sc. Veronika Sunko, mag. phys. (Institute of Science and Technology Austria - ISTA)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Istraživanje materijala pri niskim temperaturama i visokim magnetskim poljima uz pomoć lasera
   - Niske temperature i visoka magnetska polja se postižu pomoću uređaja – kriostati (imaju super vodljive magnete)
   - Uzorci su vrlo mali, veličine par milimetara, oko njih su uređaji
   - Do niskih temperatura se dolazi uz pomoć helija; tj. pomoću kompresora kojeg je potrebno smjestiti u zasebnu prostoriju (grije i proizvodi buku)
   - U laboratoriji postoji prostor za cilindre pod tlakom
   - U laboratoriji postoje baterije s plinovima – helij, dušik i zrak; helij je bocama u laboratoriju (specijalizirani plin, dosta skup), dok za dušik i zrak postoji razvod kroz cijelu zgradu (u zgradi postoji spremište plinova)
   - Niske temperature su potrebne za postizanje visokih magnetskih polja (9 Tesla na mjestu uzorka)
   - Potrebno je označiti u laboratoriju gdje se osjeća veće polje od zemljinog; u fazi planiranja vidjeti gdje su drugi magneti u zgradi (da ne bude veliko magnetno polje)
   - Laseri su na optičkim klupama – jako težak i debeo stol; smanjuje vibracije; ispod su noge ispunjene zrakom pod tlakom pa noge lebde; laser je stolu s lebdećim nogama kao bi se smanjile vibracije
   - Jaki laseri mogu biti vrlo opasni; najbitnije je da su ljudi koji rade u laboratoriju obučeni za taj posao jer je nemoguće organizirati prostor da bude 100 % siguran
   - Laseri su jako delikatni, moraju biti na jako stabilnim plohama (prostor bez vibracija)
   - Dosta toga ovisi o tome koliko je zahtjevno istraživanje
   - U laboratoriju je nadtlak; prašina ide vani
   - Potrebna je stabilna temperatura i vlaga u prostoru (laseri su optimizirani za te uvjete)
   - Laboratoriji je na 3. katu i ne traži jako ekstremne uvjete
   - Veliki problem je vlažnost i temperatura u prostoru
   - Potrebna je fleksibilnost prostora – osigurati mogućnost promjene postava u slučaju da se promijene potrebe ili znanstvena pitanja
   - Laboratoriji je projektiran prema potrebama istraživačkog procesa

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Instutute of Science and Technology Austria – na ovim institutu su većinom novi laboratoriji, puno se gradi
   - Max Planck Institute Dresden – kriostati, magenti; zgrada je građena za taj tip istraživanja
   - Max Planck Institute Hamburg – laseri

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Mijenjaju se znanstven pitanja, potrebna je fleksibilnost laboratorija
   - Potrebno je mijenjati postav laboratorija (set-up); zahtjevi se vjerojatno neće mijenjati na građevinskoj osnovi
   - Ovdje se trenutno ne vidi neki model primjene umjetne inteligencije i robotike; možda su takve promjene vjerojatnije u kemiji gdje je više ručnog rada
   - Ovdje su projekti individualizirani i drugačiji; u manjem mjerilu
   - Ovdje je prisutan element kreativnosti i isprobavanje ideje

- Razlika između industrije i znanosti je to što u znanosti procesi nisu jasno definirani i isprobava se nešto drugačije

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Potrebno je osim laboratorijskih prostora stvoriti uvjete (prostore) gdje se ljudi mogu naći i družiti se; razmisliti što je ljudima ugodno da se mogu odmoriti
   - Npr. u zgradi postoji aparat s besplatnom kavom – jako bitno jer ljudi tamo dolaze
   - Drugi tip zajedničkih prostora je oprema koja se dijeli (postoje pravila korištenja)
   - Postoje sadržaji („facility“) s uređajima koji se dijele, za njih su zaduženi voditelji (tehničari i znanstvenici koji su tu zaposleni) , a za korištenje od strane drugih istraživača je potrebna prijava
   - Uređaji koji se kupuju se analiziraju mogu li se koristiti kao „facility“

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   - Cijeli institut je građen po načelima održivosti
   - Laseri – projektiranje laboratorija s laserima prvenstveno je usmjereno na implementaciju sigurnosnih mjera koje sprječavaju izravno izlaganje laserskim zrakama
   - Potrebna je zavjesa na vratima; određenog tipa materijala koji se neće zapaliti (fizička zavjesa)
   - Izvan laboratorija ja potreban znak na vratima da laser gori (crveno svjetlo)
   - U laboratoriju su s jedne strane stolovi; odvojeni su zavjesom od lasera
   - Kontrolirani ulaz u laboratorij – svi u grupi imaju pristup; iz tehničke službe također imaju pristup (ne smiju ući ako gori crveno svjetlo)

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   - Automatizira se dio posla (istraživački dio se sastoji od pokušaja i pogreške)
   - Ako se skupljaju podatci napiše se Python kod koji kontrolira uređaje
   - Kada se napravi zadovoljavajući postav može se prijeći na sakupljanje podataka
   - Svi uređaji su povezani s računalima

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 07.07.2025.

dr.sc. Irena Raić, mag.ing.chem.ing. (Pliva i Jadran-galenski laboratorij - JGL)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Istraživanje i razvoj aktivne supstance, kontrola kvalitete je odvojena. Istraživanje i razvoj aktivne farmaceutske supstance odvija se odvojeno od kontrole kvalitete, iako su oba procesa međusobno povezana u kasnijim fazama razvoja i proizvodnje
   - Sinteza, analitika (scale-up; razvoj od tikvica do pilot postrojenja) Pilotna faza (scale up – prijelaz iz laboratorijskih uvjeta u poluindustrijsko postrojenje, što zahtjeva specifične prostorne i tehničke uvjete.
   - Pliva – istraživački institut – zamišljen da bude istraživački; donji katovi kontrola kvalitete
   - (kontrola kvalitete proizvoda je povezana sa proizvodnjom), gornji katovi istraživanje i razvoj
   - Analitički laboratoriji (HPLC, LC, GC…) – prostorna rješenja bi se trebala razlikovati prema funkciji (odvojeni prostori za pripremu, prostori za analitičke uređaje).
   - Analitički laboratorij – support (pružaju podršku drugim odjelima)
   - Analitika u kontroli kvalitete (Analitika u kontroli kvalitete je integralni dio proizvodnog procesa, koristi validirane metode za identifikaciju, kvantifikaciju i karakterizaciju supstanci, u analitičkim laboratorijima se provjerava kvaliteta proizvoda) i analitika u istraživanju i razvoju (za razliku od analitike u kontroli kvalitete, analitika u istraživanju i razvoju je dosta fleksibilnija, koristi napredne tehnike za razvoj novih analitičkih metoda koje prate razvoj novih supstancija i formulacija).
   - Pliva radi generičke proizvode, istraživanje ide u smjeru onog što je na tržištu
   - JGL – generička firma – razvoj formulacija koje su na tržištu
   - U Hrvatskoj istraživanje je samo u Selviti (fokus na originalna istraživanja i razvoj inovativnih molekula).
   - Farmaceutska industrija prisiljava da budeš u korak s novim tehnologijama, regularna tijela (EMA, FDA, HALMED, itd) postavljaju sve strože zahtjeve za dokazivanje kvalitete, sigurnosti i učinkovitosti. Uvođenje novih tehnologija (automatizacija, robotika, itd) postaje nužno za konkurentnost na tržištu).
   - Nekada su jednostavne analitičke metode (npr. titracije, gravimetrija, itd) bile dovoljne za potrebe laboratorija, no danas je HPLC postao neizostavan alat u svakom farmaceutskom analitičkom laboratoriju. U suvremeno opremljenim laboratorijima standard čine napredne tehnologije poput GC-MS, LC-MS, UPLC, NMR-a te različitih spektroskopskih tehnika, koje omogućuju visoku preciznost, osjetljivost i pouzdanost u analizi farmaceutskih supstanci.

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Primjer BIOCENTRA na Borongaju, poseban naglasak stavljen je na organizaciju prostora, što je vidljivo u izdvojenoj pripremi uzoraka – ključnom segmentu svakog analitičkog laboratorija. U skladu s dobrim laboratorijskim praksama, prostor za pripremu uzoraka mora biti fizički odvojen kako bi se spriječila kontaminacija i osigurala točnost rezultata.
   - Također jedan od boljih primjera je i laboratorij Fakulteta biotehnologije i razvoja lijekova Sveučilišta u Rijeci.

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - U inozemstvu u farmaceutskoj industriji imamo razvoj ciljane terapije, temeljene na personaliziranoj medicini i molekularnoj dijagnostici. dok je u Hrvatskoj još uvijek prisutan razvoj generičkih lijekova kao posljedica tržišnih i investicijskih ograničenja.
   - Postoje brojna tehnološka rješenja koja optimiziraju rad laboratorija, a koja omogućuju da se rutinski i vremenski zahtjevni zadaci obavljaju brže i učinkovitije, čime se istraživačima ostavlja više vremena za analizu i interpretaciju rezultata.

- Ne može se svaki korak automatizirati (npr. sinteza u kemiji se ne može automatizirati, ali primjerice vaganje, pipetiranje, priprema otopina bi se moglo automatizirati)
- Potrebno je posvetiti pažnju projektiranju laboratorija – kako bi se osigurala funkcionalnost, sigurnost i optimalan tijek rada.

4. Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)

- U novoj zgradi Plive iz 2000. godine je lijepo (dva ostakljena krila), no laboratoriji su postali premaleni za sve nove tehnike i analitičke uređaje što je dovelo do problema poput pregrijavanja opreme, povećane razine buke i neadekvatne klimatizacije, što je uzrokovalo prekide u radu instrumenata i odstupanja u rezultatima analiza.
- Analitički uređaji su raspršeni na više lokacija – čime se povećava vrijeme analize i smanjuje učinkovitost rada.
- U staroj zgradi digestori nisu mogli zadovoljiti dovoljan broj izmjena zraka (čime je narušena sigurnost i kvaliteta rada s hlapljivim kemikalijama).
- Digestirani ormari za pohranu kemikalija – instalirano u laboratoriju zbog nedostatka postora (impovizacija, ujedno i potencijalno rizično rješenje)
- Rekonstrukcija svlačionice (unutar kompleksa PLIVE) – prenamjena svlačionice u novi laboratorijski prostor nije odrađena potpuno profesionalna - ako se nastojalo obratiti pažnju na sve tehničke i funkcionalne detalje, izvedba nije bila u potpunosti profesionalna, što je rezultiralo određenim ograničenjima u svakodnevnom radu. Ovaj primjer naglašava važnost bliske suradnje između projektanata i laboratorijskih operatera tijekom faze dizajniranja. Operateri, kao krajnji korisnici prostora, najbolje poznaju specifične potrebe i radne tokove unutar laboratorija te mogu pravovremeno ukazati na potencijalne probleme i prilagodbe koje će osigurati optimalnu funkcionalnost prostora.

Primjeri:

- Potrebno je osigurati dovoljan broj prskalica za oči (u slučaju polijevanja kemikalijama) na određeni broj zaposlenika
- Velika količina otpada (potrebno je dobro rješenja za odlaganje otpada); primjerice rukavice se ne koriste dva puta, kanistri za ubacivanje su bili u hodniku što nije dobro rješenje
- Ne smije se miješati organski i anorganski otpad

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu

- U farmaceutskoj industriji tehnološka oprema mora zadovoljiti stroge standarde kvalitete, sigurnosti i usklađenosti s regulativom. Ključni standardi uključuju:

  GLP (Good Laboratory Practice) – skup smjernica koji osigurava pouzdanost, integritet i sljedivost podataka dobivenih u laboratorijskim ispitivanjima.

  GMP (Good Manufacturing Practice) – obuhvaća sve aspekte proizvodnje, uključujući dizajn i održavanje opreme, kontrolu procesa, dokumentaciju i obuku osoblja. Cilj je osigurati da se lijekovi proizvode dosljedno, sigurno i u skladu s propisanim specifikacijama

  ISO norme – certifikacija prema međunarodnim standardima kao što su:
  ISO 9001 – sustav upravljanja kvalitetom
  ISO 14001 – upravljanje okolišem
  ISO 17025 – kompetentnost ispitnih i umjernih laboratorija

- Regulativa po pitanju tehnološke opreme - tehnološka oprema mora biti usklađena s nacionalnim i europskim zakonima. U Hrvatskoj, HALMED (Agencija za lijekove i medicinske proizvode) provodi

inspekcije i izdaje dozvole u skladu s pravilnicima o GMP-u, medicinskim proizvodima i prometu lijekova.

- Sva tehnološka oprema mora proći interne kontrole i validacije:
  IQ (Installation Qualification) – potvrda ispravne instalacije
  OQ (Operational Qualification) – potvrda funkcionalnosti
  PQ (Performance Qualification) – potvrda da oprema radi u stvarnim uvjetima
  Redovita kalibracija, preventivno održavanje i revizije su obavezne.

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- Tehnika svakim danom sve više napreduje, a laboratorijski prostori postaju „pametni“ zahvaljujući integraciji digitalnih rješenja.
- Kako bi pratili standarde tržišta potreban su dobra i kvalitetna softverska rješenja (u farmaceutskoj industriji ulaganje u neko novo softversko rješenje, uvelike ovisi hoće li neki taj ulog donijeti profit na kraju).
- Pametni laboratoriji koriste:
  - Senzore i uređaje za automatsko praćenje uvjeta poput temperature, vlage i tlaka
  - Softverske sustave za upravljanje uzorcima, opremom i podacima u stvarnom vremenu
  - Automatizirane instrumente koji smanjuju ljudske pogreške i ubrzavaju procese
  - Mrežnu povezanost koja omogućuje bolju suradnju i dostupnost informacija

  Takav pristup omogućuje veću preciznost, sigurnost i kontrolu kvalitete, uz optimizaciju troškova i resursa.

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 16.02.2026.

doc. dr.sc. Dyana Odeh, univ.mag.biol.exp., univ.spec.techn.aliment. (Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zavod za animalnu fiziologiju)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Mikrobiološki laboratorij - sve treba biti sterilno; potrebni su laminari (razina 2 ili 3, ovisno o vrsti patogena – BSC klasa II i III)
   - Potrebni su kontrolirani uvjeti u prostoru, prozori se ne smiju otvarati i klima nije dopuštena (mikroorganizmi se uvuku u klimu)
   - Mehanička ventilacija sa HEPA filterima
   - Koriste se plamenici, potreban je zemni plin
   - Za sterilizaciju je potrebno UV svjetlo (laminari su također s UV lampama)
   - Prostor treba biti sterilan; svaki dan se peru podovi, čiste se radne površine (bitno je omogućiti jednostavno čišćenje i održavanje)
   - Osigurati spremišta – ormariće za spremanje podloga za mikrobiologiju, zamrzivače i hladnjake
   - Prema akreditiranom laboratoriju mikrobiološki laboratorij se sastoji od tri prostorije:
     1.priprema podloga (autoklaviranje)
     2.priprema uzoraka
     3.inkubacija uzoraka
   - Potom je potreban prostor za završno autoklaviranje, a jedan dio uzoraka ide u infektivni otpad – osigurati spremink za infektivni otpad
   - Laboratorij za stanične kulture – slično kao kod mikrobiološkog laboratorija potrebni su laminari i sve treba biti sterilno
   - Inkubatori sa CO2 i kisikom – potrebno je osigurati spremišta za plinske boce
   - Pokusni prostor za životinje – eksperimenti na životinjama; potreban je veliki radni stol, sudoper s vodom, plin, plemenici i prostor za odlaganje kaveza
   - Anesteziološki aparati – predvidjeti odvod štetnih plinova iz aparata
   - Drugi laboratoriji je previđen za analize; potreban je radni pult sa sudoperom (za pranje ruku) i police s kemikalijama; taj radni pult mora imati dio gdje je moguće odraditi pripremu kemikalija, radni pult na kojem se radi priprema i pipetiranje uzoraka;
   - Potrebni su zasebni laboratoriji za:
     1.izolacija DNA ili RNA (važno je da ne bude kontaminacija)
     2.PCR
     3.postPCR
     -u sve tri prostrije je važno osigurati UV svjetlo, radne pultove
     4. zasebna prostorija za vaganje – važno je imati manju prostoriju za vaganje kemikalija koja bi treba imati antivibracijsku podlogu jer to utječe na vaganje posebice kod jako preciznih analitičkih vaga (to je važno i kod kemijskih laboratorija). Obično kada se važu kemikalije ne smije se imati mobitel u džepu jer i to isto utječe na vaganje. (U Centru za kulturu namirnica -CKN takve prostorije su dilatirane od ostatka zgrade kako se ne bi prenosile vibracije.)

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Dobar primjer je CKN - Centar za kontrolu namirnica na PBF-u; prostor je projektiran prema potrebama radnog procesa; laboratoriji i metode su akreditirani prema normama -ISO/IEC 17025
   - U Španjolskoj Universidad Miguel Hernández (u sklopu bolnice)

- Na Veterinarskom fakultetu u novim laboratorijima su odvojeni prostori za izolaciju DNA, PCR i postPCR

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Fokus je na istraživanje mikrobioma; npr. kako crijevna flora utječe na depresiju, kolitis, Alzheimerovu bolest i sl.
   - Istražuje se utjecaj probiotika na ublažavanje simptoma različitih bolesti (na PBF-u i PMF-u; PBF radi pripremu probiotika, PMF – istražuje utjecaj probiotika u liječenju)
   - Razvijaju se metode (inkapsulacija) kako dostaviti različite sojeve probiotika u ljudski organizam (kako dostaviti dobre bakterije u crijeva, a da ih pritom želučna kiselina na tom putu ne uništi)
   - Inskapsulacija nanočestica (nanokristali prirodnih spojeva) – izazove se tumor na miševima i onda se primjenjuju nanokristali koji pridonose povećanju njihove bioraspoloživosti i u konačnici biološke aktivnosti u svrhu liječenja tumora

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Problem to što prostor ne prati tehnološki razvoj i novu opremu (nema prostora za smještaj nove opreme)
   - Potrebno je osigurati fleksibilnost prostora
   - Na PMF-u nije postojala čajna kuhinja, ni prostor za odmor
   - Pojedini istraživači sjede u laboratoriju (trebalo bi osigurati uredski prostor izvan laboratorija
   - Nije kontroliran ulazak u laboratorij, problem jer može doći do kontaminacije stanica (u mikrobiološkom laboratoriju i laboratoriju za stanične kulture je bitno da ne dođe do kontaminacije jer se cijeli pokus mora raditi ispočetka)

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   - Potrebno je osigurati prostor za skladištenje plinskih boca
   - Uređaj za anesteziranje – treba osigurati odgovarajući ispuh plinova
   - HPLC uređaju su osjetljivi na uvjete okoliša
   - U prostorima za uzgoj životinja i pokusne životinje osigurati vlagu 50-60% (kontrolirano), temperatura 25 ◦C, te automatizirani ciklus 12-12 sati (svjetlo – tama)
   - Pokusne životinje se izdvoje iz uzgoja (iz nastambe), aklimatiziraju se na novi prostor 5-7 dana prije pokusa
   - Prostorije za bihevioralna testiranja (prostorije za ispitivanje ponašanja životinja) – potrebno je osigurati potpunu izolaciju od buke

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   - Postoji robot za automatsko pipetiranje; zamišljeno je kada ima 200-300 uzoraka koje treba pipetirati da to napravi robot

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 17.02.2026.

dr.sc. Nives Štrkalj, mag. phys. (ETH i Institut za fiziku)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Laboratoriji se bavi istraživanjem tankih filmova naprednih materijala u elektronici i sintezom materijala
   - Laboratorij je dio centra za napredne laserske tehnike
   - Promatra se struktura materijala; tj. promatraju se sintetička svojstva materijala
   - Potrebne su komore za sintezu materijala koje se zagrijavaju (metalna komora s vakuumom, potrebne se vakuumske pumpe)
   - Za sintezu se koriste plinovi kisik, dušik, argon; u zgradi postoji razvod plinova
   - Nakon sinteze slijedi promatranje filmova X-ray difrakcijom (40 kV, 30mA)
   - Nakon toga se gleda optika pomoću lasera - kraj njih su optički stolovi na nogama koje imaju prigušenje vibracija, na njima su optički elementi gdje se usmjeravaju laseri i očitavaju se informacije o uzorku
   - Svi uređaji su spojeni na računala i pomoću računala imamo sustav konverzije signala

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Infrastruktura je najbolja u Švicarskoj (ETHZ), laboratoriji su najbolji i imaju najviše novca za opremu, stalnu tehničku podršku, redovita održavanja
   - Zgrada Instituta za fiziku je nedavno obnovljena i sada su ovdje dosta dobri uvjeti

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Očekuje se da će se većina uređaja koristiti više od 10 godina
   - Mijenjaju se dodatne opcije; npr. difrakcija za niske temperature (dodaje se krisotat)
   - Veliki uređaji ostaju dulje, može biti dogradnja sa nekih dodatnih sredstava (bila je prilika za veliku obnovu, iz ERDF fonda, sa malim projektima dogradnja dodatnih sadržaja)
   - Kod optike je potrebna fleksibilnost da se mijenja oprema i postav
   - Bitno je da se može prići optičkim laserima sa svih strana, te da im se osigura stabilnost i kontrolirani uvjeti u prostoru

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Najvažnije je da je stabilan dotok električne energije, da nema prekida struje (može se dogoditi kvar na laseru ako se prekine dotok električne energije tijekom eksperimenta)
   - Ovdje na Institutu je uz utičnice osigurano rezervno napajanje (agregat koji se pokrene nakon 30 sek. od nestanka struje i UPS sustav)
   - U zgradi postoji CNUS - Centralni nadzorni sustav upravljanja (npr. ako treba u potpunosti zamračiti laboratorijski prostor za potrebe eksperimenta to se može napraviti iz centralne upravljačke jedinice)
   - Sada u zgradu je dobra infrastruktura, no problem je što nije planirana osoba koja će to održavati i koja će upravljati sustavom (trenutno sustavom upravlja jedan kolega znanstvenik, bilo bi dobro da je zaposlena jedna osoba na to mjesto koja razumije znanstvene potrebe)
   - Zgrada instituta je pametna, no nije pametna da sama odlučuje
   - U Švicarskoj (ETHZ) u uredu se mogla podešavati temperatura, no problem je ako su se senzori nalazili na suncu pa je hladilo u prostoru iako je već bilo hladno (ovisi gdje je postavljen senzor) ili ako su bila otvorena vrata alarm je pištao da ne smiju biti otvorena vrata

- Potrebno je osigurati prostore za odmor i druženje; bitno je za suradnju i razgovor o projektima i za zajedničko rješavanje problema
- U obnovljenoj zgadi instituta su dva takva prostora: velika kuhinja sa 10ak stolova, stolom za stolni tenis i pločom za pisanje i crtanje, te mala čajna kuhinja sa kaučem za druženje; ovi prostori su vrijedni i dosta se koriste

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu

- Potrebna je mehanička ventilacija; kod lasera je bitno da nema fluktuacije zraka i da je temperatura konstantna
- Oprema je osjetljiva i zahtjevna
- Sustav klasifikacije lasera – od 1 do 4- uvjetuje koja zaštitna oprema je potrebna
- Kod najviše klase cijeli postav je ne optičkom stolu koji se ograđen zidovima da se ne može pristupiti u visini vidnog polja
- Za sintezu materijala se koriste opasne kemikalije pa su potrebni digestori
- Rendgen je poprilično siguran, ne može se upaliti bez da se zatvori
- Postoji pravilnik vezano za sigurnost i potrebno je proći obuku prije početka korištenja
- U laboratoriju se koriste ukapljeni plinovi (dušik i helij), vraćaju se u centralni sustav – cirkularni sustav korištenja plinova

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- Uređaji nisu spojeni na sustav upravljanja zgradom
- CNUS – centralno upravljanje zgradom; svjetlo, temperatura, grijanje / hlađenje se može podešavati i u sobi
- Uređaji su spojeni na računala – ponekad se može od kuće nešto pokrenuti (remote kontrol)
- Pristup prostorima (uredima i laboratorijima) je kontroliran putem elektronskih kartica

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 18.02.2026.

dr.sc. Andrea Usenik, univ.mag.chem. (Prirodoslovno-matematički fakultet, Kemijski odsjek)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Laboratoriji je u sklopu Zavoda za fizikalnu kemiju
   - Uređaji – spektrofotometar (uređaj za analizu spektra elektromagnetskog zračenja, analiza obojanih stvari u UV području), florimetar, kalorimetri
   - Uređaji koji su vezani uz mjerenje vodljivosti – konduktometri (mali uređaji)
   - Potenciometri – mjeri se Ph
   - NMR – nuklearna magnetska rezonanca (3 uređaja); vezano uz jezgru molekula, ključni uređaji za strukturnu analizu
   - Viskozimetar – mora biti na stabiliziranoj plohi; problem u mjerenju ako nije stabilna ploha
   - Instrumenti moraju biti u kontroliranim uvjetima; osjetljivi instrumenti

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Nova zgrada Instituta za medicinska istraživanja (IMI); svi laboratorijski prostori su projektirani po najvišim radnim i sigurnosnim standardima; laboratoriji za rad s visokotoksičnim supstancama imaju posebne sigurnosne sustave (prostor pod podtlakom i zasebnim sustavom ventilacije i filtriranja zraka); na jednom katu je veliki open space multifunkcionalni laboratorij u kojem su smještene istraživačke grupe za rad na specifičnim projektima, vezanim za suradnju s gospodarstvom
   - Biocentar – laboratoriji s kontroliranim uvjetima u prostoru; analitički kemijski laboratoriji

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Novi uređaji su ekonomičniji (npr. trebaju manji volumen otopine nego neki stariji model) i brži
   - Od 2018. do 2020. je u sklopu projekata došlo dosta novih kapitalnih uređaja (mikroskop atomskih sila, uređaj za rendgensku difrakciju) i brojni manji instrumenti (kalorimetri)
   - Većina kapitalnih instrumenata nemaju neki ciklus trajanja, no svako popravljanje instrumenata rezultira lošijim performansama (softeverski i hardverski)

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Problem je što nije bilo prostora za veće instrumente, pa su prenamijenjeni postojeći prostori kako bi se smjestili ti instrumenti
   - Kod novih prostora korisnici se žale da su možda dobro zamišljeni, ali neke stvari nisu dobro izvedene (npr. digestori imaju dio za hlapljiva organska otapala za koji je potrebno predvidjeti ispuh)
   - U laboratoriju trebaju biti kontrolirani uvjeti, ako nisu osigurani ti uvjeti neće se instrument pokvariti, ali to će uzrokovati probleme u stabilnosti i preciznosti (instrument mora biti u stabilnim uvjetima)
   - Ovdje je problem što nije kontroliran ulaz (ljudi ulaze, izlaze), pa fluktuira temperatura; također problem i klima koja ima usmjereno puhanje prema dolje (sada su promijenjene klime pa pušu prema gore)
   - Nestanak struje uzrokuje problem, instrumenti bi trebali biti spojeni na UPS
   - Nestanak vode – uzrokuje probleme kod organske sinteze, sustava za deionizaciju vode (problem za provođenje eksperimenata)
   - Arhitektura zgrade (u smislu dostupnog prostora) – puno instrumenata je došlo nakon što je zgrada izgrađena i neka rješenje su napravljena ad hoc zbog nedostatka prostora
   - Problem je i što neki ljudi sjede u laboratoriju jer nema dovoljno uredskog prostora

- Jako je bitno da postoje prostori za odmor i opuštanje; trenutno ne jednom katu postoji mala čajna kuhinja (3x3 m2), svi ju koriste i velika je gužva
- Na nekim katovima su sobe za asistente jednim dijelom prenamijenjene u čajne kuhinje što nije najbolje rješenje, da netko sjedi pokraj aparata za kavu
- Bitno je da postoje prostori gdje se može nešto pojesti; laboratorijski prostori su kontaminirati i tu se ne bi smjelo unositi hranu i piće

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu

- U zgradi postoji razvod komprimiranog zraka, vakuuma i zemnog plina
- Drugi plinovi – dušik, argon, helij, vodik su u cilindrima u laboratorijima
- Tekući dušik se koristi za hlađenje instrumenata
- Instrumenti nisu opasni sami po sebi (NMR ima oklop nije aktivni magnet): opasnije je puštanje plinova, npr. kada se nešto radi s vodikom
- Potreban je senzor za prisutnost para organskih otapala i prisutnost zapaljivih plinova
- Mogu biti opasni i jednostavni kemijski eksperimenti zbog kemijskih reakcije
- NMR – zbog magnetizacje je bitno da ne ostane bez struje, te da ne ostane bez plinova za hlađenje (helij i dušik)

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- Na zavodu postoji robot za kristalizaciju; robot služi za pripravljanje elektrolita (kada se želi napraviti više slojeva na nekom materijalu onda roboti to rade)
- NMR autosampler – rotor sa 24 uzorka (automatizirani sustav)
- Difraktogram praha – napiše se što se želi i on to sam napravi (dobar za rutinske eksperimente)
- Kod kliničkih laboratorija postoje automatizirani sustavi za analizu krvi (ono što je prije tehničar radio ručno sada robot može sam napraviti)
- Npr. kod analize krvi se točno zna što se radi (svaki put je isto); a ovdje u istraživačkom radu potrebno je prilagoditi uvjete za analizu (npr. različiti su uzorci ili otpalo)
- Ovdje automatizacija zahtjeva input istraživača

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 22.02.2026.

dr.sc. Antonija Utrobičić, mag. phys. (CERN i Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - CERN – Laboratorij za razvoj plinskih detektora (GDD lab)
   - Veliki laboratorij, organiziran na način da postoje radni dijelovi za eksperiment / temu koju bi netko radio
   - Postoji 10 radnih jedinica; svaka jedinica se sastoji od velikog radnog stola s eksperimentalnim postavom razvijenim za određenu temu i stola sa računalom
   - Uz eksperimentalni postav (i uređaje) vezan je ormar da detektorima, plinski sustav, razvodi
   - Ormar se sastoji od metalne konstrukcije (okvira) u kojoj su smješteni elektronički uređaji za očitanje signala, uređaji za mjerenje, osciloskopi
   - Potrebno je osigurati dovoljno mjesta za pristup eksperimentalnom postavu i opremi za testiranje (stolac na kotačićima omogućuje lako prebacivanje od eksperimentalnog postava do računala)
   - Bitno je da je struja odvojena od plinskih instalacija
   - U laboratoriju se kanalice i plinovi spuštaju sa stropa do određenog postava
   - Kontrolirani uvjeti u prostoru (stabilna temperatura 21°C); oprema je osjetljiva, svi uređaji trebaju raditi na istoj temperaturi
   - Detektori za plin i požar (radi se sa zapaljivim plinovima)
   - U laboratorijima gdje je skupa elektronska oprema nema sprinklera (problem je voda)
   - Osvjetljenje – bitno je da je ima dovoljno svjetla, da se može raditi oko detektora, a bitno je i da se sve može zatamniti (potreban je mrak, tj. da se postav stavi u mrak, na CERN-u je bila mogućnost da se stave crne plohe oko postava)
   - Institut Ruđer Bošković – Laboratorij za fiziku elementarnih čestica (poluvodiči i plinski detektori)
   - Postoji razvod struje u kanalicama u visini radnog pulta (bitno da je dobro uzemljenje)
   - Plinovi – sintetski zrak u bocama
   - Oprema nema nekih posebnih zahtjeva za vibracijom; više su zahtjevi što se tiče elektroničkog šuma (ako netko ima mobitel vide se signali na osciloskopu; potrebno je staviti mobitel na „airplane mode)

2. **Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - CERN je jako dobar primjer
   - U blizini laboratorija je mala radionica ako nešto treba popraviti ili modificirati na detektoru i blizu je čista soba ako treba napraviti modifikaciju u čistoj radnoj okolini
   - Detektori su osjetljivi na prašinu, pa ako treba otvoriti detektor to se može napraviti u čistoj atmosferi
   - U čistoj sobi postoji centralni radni pult, a uređaji su sa strane (mikroskopi za optičku inspekciju detektora)
   - S jedne strane laboratorija je čista soba, a s druge strane je radionica; sve je dobro povezno
   - Dobro je i što se lako pristupa radnoj jedinici u laboratoriju

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Oprema jako brzo napreduje, svi uređaji su sada spojeni na računalo
   - Instrumentacija ja dosta napredovala
   - Bolja je kvaliteta uređaja (niža razina šuma, boje mogućnosti snimanja, veća kvaliteta podataka)
   - Uređaji su dosta skupi i imaju jako dobre performanse

- Veliki je napredak što se tiče snimanja podataka
- Moderniji uređaji s kojima je lakše raditi

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)**
   - Na CERN-u je sve dobro organizirano
   - U laboratoriju postoji više radnih jedinica i lako se komunicira s drugim kolegama
   - Izvan laboratorija je postojao prostor za sastanke gdje su se istraživači mogli družiti i diskutirati o svojim problemima; taj prostor je jako bitan za radnu atmosferu jer tu uvijek netko dođe (u laboratoriju je zabranjeno jelo i piće)
   - U kompleksu IRB-a postoji kafić, a inače se u ovom krilu (Krilo I) soba za sastanke koristi kao soba za druženje

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   - Potrebni su senzori za plinove i požar (u laboratoriju se koriste plinovi)
   - Kada se koriste radioaktivni izvori potreban je znak za korištenje
   - Također, kod visokog napona treba znak za korištenje (da se osigura da ništa ne bude izloženo i da bude sigurno)
   - Za lasere je potreban postav u mraku (da se svjetlost ne reflektira)
   - Potrebno je proći tečaj za zaštitu od zračenja i tečaj za rad s laserima prije početka rada na laseru
   - Kontrola ulaza - ulaz u laboratoriji s karticom (potrebno je dopuštenje za ulazak u određeni laboratorij)

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   - U ovim laboratorijima se još ne koriste roboti ni umjetna inteligencija
   - Roboti se možda primjenjuju kod sustava za zračenje
   - Laboratorij služi za razvoj detektora za moguće korištenje na akceleratoru; detektori se testiraju na akceleratoru (Mikromegas istraživanje – testiranje na akceleratoru) - fizika elementarnih čestica (fundamentalna znanost)

Intervjui s istraživačima – korisnicima laboratorijskih prostora

Zagreb, 04.03.2026.

Luka Drobilo, mag.ing.mech. (Fakultet strojarstva i brodogradnje, CRTA - Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Crta je laboratorij gdje se razvijaju robotske tehnologije i svi eksperimentalni postavi, robotske ćelije, linije koje se formiraju su u svrhu razvoja neke tehnologije ili rješenja vezano uz robote / liniju (to su robotski postavi, većina ih ima svoju bazu gdje robot, kontroler i elektro ormar formiraju cjelinu)
   - Roboti imaju svoju upravljačku jedinicu na kojoj se sve vrti i na koju robot mora biti spojen za napajanje na struju i upravljanje
   - Na tu jedinicu je spojen tech pendant (veliki robusni tablet preko kojeg se može ručno upravljati robotom)
   - Za pripremu i programiranje robota najčešće se koriti tech pendent na kojem su sigurnosni prekidači
   - Robot se može programirati offline na računalu, pa se samo program uploada na robota ili online na računalu koji je direktno spojen na robota i upravlja se s računala
   - Ili robot može biti integriran s više drugih uređaja povezanih u ćeliju (ćelija se formira kako bi se odradila određena operacija i za potrebe operacije se u nju integriraju različiti uređaji; robotska ćelija može biti samostalna jedinica, ili može biti dio proizvodne linije gdje će onda biti samo jedan od koraka u automatskom procesu proizvodnje); upravljanje je odvojeno s PLC*-om koji koordinira rad svih komponenti ćelije (preko PLC-a može direktno upravljati robotom)
   - Za ovakve robote ne treba neki dodatni tehnički prostor; robotu treba omogućiti dovoljno prostora za operativni rad i da se kraj njega smjesti upravljačka jedinica
   - Laboratorijski prostor je otvorenog tlocrta; dio prostora je s velikom, fiksnom opremom; a dio prostora je ostavljen prazan kako bi se u njemu mijenjao raspored opreme ovisno o potrebi istraživačkog procesa (mogućnost premještanja manjih robota , dok gabaritno i maseno veća oprema u pravilu stoji na mjestu); također, uz staklenu stijenu su smješteni radni stolovi namijenjeni studentima
   - Uredski prostori istraživača su izdvojeni, a od dodatnih sadržaja tu je i učionica, predavaona, čajna kuhinja i radionica
   - Od zajedničkih prostora tu je čajna kuhinja i vanjski prostor s pergolom gdje se po lijepom vremenu može sjesti i odmoriti; također u laboratoriji se ponekad zna postaviti stol za stolni tenis pa se može odigrati koja partija
   - Dosta je bitno da postoji neko mjesto gdje se može na miru sjesti i malo odmoriti i opustiti jer istraživači ponekad znaju biti cijeli dan u laboratoriju
   - Laboratoriji ima mehaničku ventilaciju; instalacije su vidljive na stropu i spuštaju se na određenim mjestima (struja, komprimirani zrak, voda, plinovi)
   - Laboratoriji i radione se projektiraju tako da na svim mjestima imaju izvode koji omogućuju prilagodljivost prostora potrebama (fleksibilnost laboratorijskog prostora)
   - Roboti mogu imati zahtjeve prostora u smislu volumena koji je potrebno za njih izdvojiti i u kojem (ako nisu kolaborativni) ljudi neće moć boraviti
   - Također, na robote se mogu postavljati neki posebni uvjeti ovisno o nekim ograničenjima ili zahtjevima prostora (možda moraju biti potpuno zabrtvljeni na svim spojevima da bi ih se moglo prati / dezinficirati, u uvjetima s puno čestica u zraku kao što su npr. ljevaonice ili lakirnice ih se redovito oblači da bi ih se zaštitilo, posebni uvjeti za eksplozivne atmosfere, posebne certifikacije za medicinsku primjenu i sl.)

- Što se tiče istraživačkog procesa prvo se definiraju ciljevi projekta (okvir unutar kojeg će se kretati projekt), zatim oprema i znanje (definira se ono što se može napraviti) i zatim se izrađuje prototip i u većini slučajeva se nakon prototipa ne ide dalje s razvojem (ne ide se od početka projekta do tržišta)
- Istraživači projekt – npr. kupi se postojeća verzija, gotovi robot koji se prilagođava (nova funkcija); puno je jeftinije i brže kupiti i upotrijebiti ono što već postoji, pa se vrijeme i pažnja mogu posvetiti konkretno temi koja je fokus razvoja/projekta; a drugi, možda i bitniji faktor je to što su kompetencije istraživačkih timova u pravilu dosta ograničene na neka uža područja, pa nemaju potrebna znanja, sposobnosti ni opremu razvijati sav alata ili opremu koje će trebati za razvoj proizvoda
- NERO (neurokiruški robot) – izrada robota od početka
- RONNA(robotska neuronavigacija) – postojala je robotska ruka (nadograđen je industrijski robot)

2. Primjeri (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)
- Uzor za projektiranje CRTE je bila KUKA – tvrtka iz Ausburga u Njemačkoj koja se bavi proizvodnjom robota i automatiziranih sustava
- Dobar primjer je na Sorbonni – Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique; tamo su uredi i laboratoriji u potpunosti odvojeni
- Institut ima tri razine: podrum, prizemlje i kat; prizemlje i kat su povezani u jednu cjelinu, s tim da je kat izveden kao galerija oko glavnog laboratorijskog prostora i tu su uredi i na prizemlju, i na katu
- Postoji i središnji prostor za prijem i odmor s nekoliko fotelja, te blagovaona i učionica
- U podrumu je više različitih laboratorija, te radiona (slično kao u Crti samo malo bolje opremljena)

3. Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja
- Velike su promjene u istraživačkom procesu, posebice kod aditivnih tehnologija i 3D printera
- Tu se unazad desetak godina dogodila prava revolucija i, iako su aditivne tehnologije područje samo za sebe, pristupačnost povoljnih 3D printera je imala jako velik utjecaj i na proces razvoja tako da se neke skice, ideje i brzi prototipovi mogu odraditi puno brže, moguće je zahvaljujući tome generirati više ideja i iteracija i generalno postupak razvoja je brži i jeftiniji
- Prilično je izgledno da će ih neke promjene imati u podlozi duboko učenje i AI koji će omogućiti neka nova otkrića i mogućnosti

4. Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (problemi laboratorija danas)
- Radni prostor je koncipiran kao open space što nije uvijek prikladno za visokokreativni posao; dodatni problem je što to nije klasični open-space pa ovdje osim zaposlenika ima jako puno opreme koja zuji i proizvodi buku
- Također radni stolovi su raspoređeni uz staklenu stijenu tako da gledaju direktno vani (nije u skladu sa zaštitom na radu)
- Sustav ventilacije je također malo problematičan, može biti ili grijanje ili hlađenje, no razvod instalacija na stropu je dosta dobro riješen (uredno složene instalacije), strop je obojan u crno, sve instalacije su vidljive
- Nedostatak fleksibilnosti laboratorijskog prostora zbog gabarita ili prirode opreme tako da se ne može micati kada se jednom postavi
- Predvidjeti instalacije za buduću opremu (nedostatak priključaka- struja, mreža, zrak i sl.)

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu
- Ako se koriste industrijski roboti onda oni dok rade, po standardima, moraju biti ograđeni – fizičkim ogradama ili optičkim ili sličnim barijerama koje zaustavljaju rad ako su prekinute
- Prva karakteristika kolaborativnih robota je da mogu raditi u istom prostoru s čovjekom

- Kolaborativni roboti mogu biti industrijski roboti s dodatnom sigurnosnom ili senzoričkom opremom i moraju raditi u određenim ograničenim uvjetima da ne bi bili opasni za čovjeka (imaju smanjene brzine; kolaboracija s čovjekom, ako robot osjeti silu koja nije predviđena on će se zaustaviti)
- Industrijski roboti ne bi smjeli biti slobodni u prostoru (CRTA ne zadovoljava taj standard)
- Bilo bi dobro da su uređaji priključeni na UPS, no roboti imaju sigurnosni sustav i gase se ako nestane struje
- UPS za cijeli labos je praktičan za nestanke struje, čisto da se sve ne isključi ili još bitnije kad se rade neki dugotrajni izračuni na radnim stanicama pa da se zbog nestanka struje sve ne izgubi

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   - Pitanje je koliko je robot pametan, a koliko dobro reagira; ako je nadograđen može predviđati, može uzeti primjere kao bazu (deep learning)
   - Pitanje je koliko je dobro nadograđen senzorima i programskim rješenjima koji će mu proširiti mogućnost djelovanja; ovdje treba uzeti u obzir namjenu i prihvatljivu cijenu zbog čega je velika većina robotskih sustava u primjeni vrlo "glupa" jednostavno zato što je jeftinije i zadovoljavajuće za potrebu
   - Roboti se teško snalaze u kaotičnoj, nestrukturiranoj cjelini
   - No, ovisno o tipu istraživanja, pogotovo kod pokusa koji se ponavljaju gleda se da se što više toga automatizira

**PLC – Programmable Logic Controller – koriste se za automatizaciju općenito, ne samo kod robota. To su robusna industrijska računala koja najčešće rade na nekoj nižoj razini logike. Koriste se u automatiziranim sustavima gdje će biti „mozak“ sustava koji povezuje i regulira svim ostalim sustavima. Može biti jedan, ili više njih, ako ih je više onda je jedan glavni koji koordinira svim ostalima. PLC prikuplja signale i govori uređajima što se može ili ne može, pokreće programe, procedure i sl. Ne upravlja direktno robotom, robot ima svoje upravljačko računalo, ali u pravilu bude dio industrijskog robota zbog koordinacije veze robota s raznim senzorima, uređajima i sl.*

PRILOG II

B/ Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Zagreb, 26.05.2023.

dr.sc. Radan Spaventi, dr.med. (Pliva)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   Pliva se sastojala iz dvije osnovne grupe: istraživanje i razvoj koje su prije bile povezane; tj. nije postojalo jasno razgraničenje među njima; ideja je bila da se s novim projektom te dvije grupe razdvoje (istraživanje – nove ideje, fleksibilno, metoda pokušaja i pogreške; razvoj – preuzete ideje pretvaraju u proizvod), stoga su formirana dva laboratorijska krila (ista u prostornom smislu) povezana mostovima i ulaznim halom.
   Multidisciplinrano istraživanje je zahtijevalo open space tlocrt (u početku je bilo psihološkog otpora korisnika).
   Tehnološka zgrada s instalacijskom etažom (važniji su aparati i kemikalije nego sama zgrada); možda bi za zgrade ovog tipa bili primjereniji kontejnerski modeli (institut i animalna platforma su za vrijeme izvođenja zgrade bili privremeno smješteni u kontejnerima).

2. **Uzori za izradu projektnog programa (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   Kompanija iz Velike Britanije je vodila projektiranje Plive (njihovi arhitekti), poznavali su nove trendove u istraživanjima i tehnološkoj opremi. Tim voditelja projekta iz Plive se sastojao od istraživača (znanstevnika) i strojara koji kasnije preuzima upravljanje zgradom.
   Arhitekti iz Hrvatske su bili potpora vezano za legislativu.
   Istraživači su bili na brojnim studijskim putovanjima u suvremenim istraživačkim centrima i laboratorijskim zgradama; među ostalim i GlaxoSmithKline u Veroni.
   Nova zgrada instituta je sagrađena 2005. godine i tada je to bio najveći institut koji se gradio u svijetu.
   Osnova ideja je bila da nova zgrada bude prva od sljedeće generacije, a ne zadnja od prethodne.

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   Automatizacija; mogući laboratoriji budućnosti: mali laboratoriji za pripremu uzoraka koji se onda nosi u veliki laboratoriji s robotima.

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (Što bi promijenili na projektu s današnjeg stanovišta)**
   Korisnici su se žalili zbog ventilacije i nemogućnosti otvaranja prozora.
   U protoku vremena se mijanjala tehnologija i prioriteti, pa su se mijenjali i labosi; no možda su laboratorijske zgrade trebale biti i fleksibilnije.

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   Kemijski laboratoriji su najsofisticiraniji, najvažnija tehnološka oprema su im digestori – oko njih se gradi (bitan je omjer m ' digestora po čovjeku). U kemiji se sve događa u digestoru (uređaji su u digestoru).

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   Automatizacija se često podcjenjuje, servisni prostori su nešto na čemu se najviše štedi, no oni bi mogli zauzimati i do 50% tlocrtne površine u budućnosti.

Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Zagreb, 22.05.2023.

dr.sc. Ranko Stojković, dr.med.vet. (Institut Ruđer Bošković, Va krilo - Animalna platforma)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   U animalnoj platformi sve ovisi o tehnologiji (samoventilirajući kavezi ili konvencionalni uzgoj), ovisi o tome što istraživači rade, hoće li biti samo jedna vrsta životinja ili više (glodavci, kunići, psi, mačke).

2. **Uzori za izradu projektnog programa (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   Prvenstveno se gledalo ono što znanstvenicima treba uz nadogradnju postojećeg sustava. Animalna platforma je programirana tako da se koristila najnovija tehnologija samoventilirajućih kaveza i ideja je bila da se omogući fleksibilnost tlocrta.
   Primjerice animalna platforma u Plivi je projektirana kao „soba"; sve se odvija na razini prostorije, dok se ovdje sve odvija na razni kaveza (u ovom sustavu u istoj prostoriji mogu biti različite životinje, npr. miševu i štakori, što prije nije bio slučaj).

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   U posljednjih 10-ak godina promijenio se dio s animalnim modelima – visokospecifične životinje. Nekada su se koristili konvencionalni modeli, dok se danas koriste GMO životinje (imunodeficijentne životinje) i smanjio im se broj
   Danas se gledaju etološke osobine, potrebe za smještajem, da životinje imaju društvo.
   Trend smanjenja broja životinja donio je lošije znanstvene rezultate, smanjenje nije samo po sebi cilj.

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (Što bi promijenili na projektu s današnjeg stanovišta)**
   Projekt kreće u realizaciju za nekoliko mjeseci, pa će se onda vidjeti eventualni nedostatci.
   Bitan je sustav ventilacije, da animalna platforma bude odvojena od ostatka zgrade, da se neki dijelovi animalne platforme mogu isključiti ako nema potreba za punim kapacitetom.

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   Postoje arhitektonski standardi vezano za veličine laboratorijskih prostora, prostor za uzgoj životinja, način dopreme istih, čisti i nečisti hodnik...
   Također postoje standardi vezano za veličinu kaveza, broj izmjena zraka u kavezima, infracrveno svjetlo.

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim"**
   Postoje kontrolirani uvjeti u prostoru, zračni tuš za ulazak, kontrola pristupa. Kod akademskih zajednica su problem sredstva i održavanje takvih sustava.

Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Zagreb, 22.05.2023.

dr.sc. Ivanka Jerić, dipl.ing.kem., voditelj projekta (Institut Ruđer Bošković, Va krilo – Zavod za organsku kemiju i biokemiju)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   Laboratoriji organske kemije su sintetski laboratoriji.
   U području organske kemije digestori su jako zahtjevni (u organskim laboratorijima digestori se nikada ne gase; veliki broj izmjena zraka), 90 % vremena se radi u digestoru.

2. **Uzori za izradu projektnog programa (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   Sveučilište u Oxfordu, zgrada kemije; tlocrtna organizacija u obliku trotrakta (uredi-hodnik-centralni laboratorijski prostor- hodnik-instrumentalne sobe).
   Sličnu tlocrtnu organizaciju ima i zgrada Plive iz 2005. godine.

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   Analitička oprema se brzo mijenja, no u organskoj kemiji nisu tako brze promjene (kemičar je kao kuhar, trebao bi osjetiti i pomirisati to što radi).

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (Što bi promijenili na projektu s današnjeg stanovišta)**
   Nema nekih posebnih zamjerki vezano za projekt. Predviđeni je određeni broj slobodnih laboratorija (za budući razvoj)

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   Uz organsku kemiju ide određena oprema; instrumentalne sobe su u pravilu predviđene slično po zahtjevima i tehnologiji.

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   Istraživački laboratorij nije certificiran. Akreditira se metoda, definirano je tko može raditi po toj metodi.
   Pametni sustavi su prisutni u analitičkim laboratorijima (automatizirani sustavi).

Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Zagreb, 03.06.2023.

Gordan Leskovar, dipl.ing.kem. voditelj projekta (Inovacijski centar za bio znanosti - Biocentar)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   Biocentar se sastoji iz dvije grupe prostora:
   - Rent a lab – prostor za najam laboratorija malim start-up-ovima koji se žele baviti znanošću (primarno lifescience); cca 20 laboratorija po 50 m^2 (po potrebi se mogu spajati); uredski prostori za najam
   - Centralni laboratorij sa certificiranom opremom i osobljem, primarno pružaju usluge na tržištu (zarada se ulaže u Biocentar i na taj način se pruža podrška start-upovima)
   - Infrastrukturni dio (priprema plinova, demi voda, neutralizacija otpadnih voda).

2. **Uzori za izradu projektnog programa (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Znanja o laboratorijskim prostorima su došla iz Plive (voditelj projekta i njegovi suradnici su iz Plive prešli u Bicro – Business Inovation Centre Croatia); Pliva je bila inkubator kadrova.
   - Slični inkubatori su postojali u Pragu i Beču (za razliku od Biocentra cijeli prostor je bio namijenjen najmu laboratorijskog prostora)
   - Projekt je financiran iz pretpristupnih fondova i dobro je prihvaćen od strane Europske komisije.
   - Trenutno je prostor pun i postoje liste čekanja.

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Velike su promjene u istraživačkom procesu, tehnološka oprema se brzo mijenja.
   - Primjerice uređaj Maldi -TOF (Bruker) koji je prije 10-ak godina mogao identificirati 5 000 proteina (danas ovaj uređaj nema više ni tehničku podršku) danas može identificirati 50 000 proteina.
   - Većina analitičke opreme se brzo mijenja.
   - Na studijskom putovanju (prilikom opremanja centra) u Baskiju, u Španjolskoj je u laboratoriju bio veliki uređaj DNA sekvencer, otprilike pola godine nakon toga pojavila se nova generacija uređaja koji se sada bio malo veći od kutije za cigarete, bio je besplatan i slao je podatke u cloud.

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (Što bi promijenili na projektu s današnjeg stanovišta)**
   - Pozitivan (iza projekta je stajala država, firma je d.o.o., dobit se ulaže u firmu).
   - Problematična je kružna tlocrtna forma, možda je takva forma neprimjerena za ovako tehnološki složenu zgradu (problem razvoda instalacija, fleksibilnost prostora; mogućnost pregrađivanja); poslovno nepraktična.

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   - U centralnom laboratoriju su 3 digestora, a u dijelu za najam je jedan digestor na 2 laboratorija
   - Svi laboratoriji su projektirani kao BSL2 (tada) i imaju mogućnost rada sa GMO; samo neki su imali AIR LOCKOVE za ulazak .

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   - Kontrolirani uvjeti u prostoru, nema miješanja zraka, upuhuje se 100% svježi zrak.
   - Automatski regulirani mediji (plinovi, deionizirana voda – voda bez minerala, jako agresivna, distribucija cijevima od rostfraja)

Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Zagreb, 25.05.2023.

dr.sc. Rozelindra Čož-Rakovac, dr.med.vet. (Institut Ruđer Bošković, CEKET – Centar za napredne KET tehnologije)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Istraživački proces: specifičan uzgoj – jedinica za modelne organizme- zebrafish (na njima se eksperimentira) – mokri laboratorij. Uzgoj je u akvarijima (rackovima); uz njih je potreban i sustav reverzne osmoze i dijelovi za mrijest, manipulativni prostor (radni pultevi), klimatizacija prostora i prigušeno svjetlo.
   - Jedinica za bioprocesno inženjerstvo (također mokri laboratorij) – uzgoj mikroalgi (ovisi o svjetlu i plinovima) u bioreaktorima; alge žive u vodi i hranjivim podlogama.
   - Ribe – modelni organizmi; alge – za stvaranje biomase i istraživanje bioaktivnosti (pomoćna sredstva u liječenju, nezasićene masne kiseline), mikroalge rade fotosintezu, može se dobiti biogorivo (može se proizvoditi biodizel)

   - Laboratorij za ispitivanje bioloških potencijala iz biomase i različitih organizama iz mora.
   - Prvi korak je kemijska karakterizacija uzorka biomase ili organizma iz mora, radi se ekstrakcija ili funkcioniranje. Analitički laboratorij za kemijsku karakterizaciju – predprostor za pripremu uzoraka, u drugom dijelu HPLC i GC-MS.
   - Drugi korak je analiza biološkog potencijala i aktivnosti, gleda se antimikrobno djelovanje (hoće li taj uzorak ubiti; aktivnost na bakterije, gljive, plijesan) – te se radi u mikrobiološkom laboratoriju.
   - Treći korak je analiza primjerice antidijabetičkog ili protuupalnog djelovanja (biotehnološki laboratorij), spektrofotometrijskim metodama.
   - Mikroskopska jedinica – dio za histologiju (lupe, mikroskopi); gledaju se uzorci – ima li poremećaja na tkivima (na zebricama).
   - Od pratećih prostora tu je jedinica za skladištenje uzoraka i jedinica za pripremu uzoraka, te jedinica za molekularne analize (PCR oprema).

2. **Uzori za izradu projektnog programa (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Uzor za izradu projektnog programa je bio histološki laboratorij Sveučilišta u Vancouveru.

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - Svakih 10-ak godina se uvodi novo istraživanje u labos. Mijenja se smjer istraživanja i tehnološka oprema, no ekspertiza ostaje. Prije 10-ak godina labos se bavio ribom, akvakulturom i bolestima; histološka istraživanja. Prije 8 godina dolazi do promjene smjera; sada se labos bavi ispitivanjem bioaktivnostima (ima li nešto toksični profil ili nema, više se ne gleda samo na bolest nego se gleda ima li nešto pozitivan utjecaj).
   - Screening ispitivanje koje otvara puno mogućnosti.

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (Što bi promijenili na projektu s današnjeg stanovišta)**
   - Projekt nije realiziran do kraja (realizirana je dogradnja). Problem je nedostatak prostora jer projekt povezuje kemiju, biologiju, molekularnu biologiju i histologiju za bioprospecting istraživanje iz organizama iz mora.

5. **Standardi vezani uz tehnološku opremu**
   - Tehnički prostori, prostori za pripremu vode, sterilizaciju, plinovi (u ormarima izvan kuće).

- Digestori (štiti prostor i korisnika, npr. kemija koja hlapi može izazvati eksploziju) u kemijskom laboratoriju i laminar (štiti uzorak i korisnika ako se radi s bakterijama) u mikobiološkom laboratoriju.

6. **U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“**
   - Postoje kontrolirani uvjeti u prostoru, UV svjetla u mikrobiološkom laboratoriju (kako se ne bi razmnožavali mikoorganizmi na radnim pultevima); pale se pri izlasku iz prostora i gase se prilikom ulaska u prostor. Bilo bi dobro da postoji mogućnost daljinskog upravljanja eksperimentima.

Intervjui s istraživačima – korisnicima koji su sudjelovali u izradi projektnih programa

Zagreb, 28.06.2023.

Prof. dr.sc. Ivančica Ternjej, dipl.ing.biol. (Prirodoslovno-matematički fakultet, BGG zgrada – Kompleks biološkog, geografskog i geološkog odjela)

1. **Istraživački proces i utjecaj tehnologije**
   - Nova zgrada (kolokvijalno BGG zgrada) obuhvaća 3 odsjeka PMF-a: biologiju, goelogiju i geografiju
   - Predviđen je zajednički dio za gostujuće nastavnike, depoi za uzorke: geološke zbirke, biološke zbirke – mrtve (npr. herbarij) i žive zbirke (npr. botanički vrt – zbirke biljnih vrsta ili životinje koje se drže radi promatranja zbog potreba ekologije – uzorkovanje iz prirode npr. endemične ribe, nije isto kao kod nastambe, držanje podrazumijeva određeni vremenski period pa se životinja vraća u prirodu, dok uzgoj podrazumijeva razmnožavanje.
   - Također je predviđena nastamba za pokusne životinje - animalna platforma, te uzgoj koji slijedi nastavu (glodavci, rakovi, kukci).
   - Animalna platforma je tehnološki dosta zahtjevna; potrebno je osigurati infracrveno svijetlo, ventilaciju, čisti-nečisti hodnik, karantenu, a u kavezima je životinjama potrebno osigurati zanimaciju (obogaćivanje životnog prostora). Uvjeti uzgoja definirani su Zakonom o zaštiti životinja; nastambu pregledava veterinarska uprava i izdaje certifikat na 5 godina.
   - Zakonom o zaštiti prirode su definirani certifikati za promatranje vrsta (autohtone ili invazivne vrste – npr. rakovi koji ugrožavaju naše rakove).
   - U zgradi je bio predviđen osnovni program koji bi se kasnije po potrebi dograđivao, iz tog razloga je jedan od imperativa bila fleksibilnost prostora.

2. **Uzori za izradu projektnog programa (zgrada u kojoj ste boravili, suvremeni trendovi u tehnološkom procesu, nova tehnološka oprema)**
   - Program se definirao kroz pitanja arhitekata (prof. Auf Franić i prof. Jošić) koji su izrađivali natječajni program; definirani su uvjeti za laboratorije, praktikume i ostale nastavne prostore.
   - Praktikumi – za botaniku trebaju plinove, izvode na stolovima, mikroskope..., za zoologiju trebaju sudopere i drobilice, odvod za tehnološku vodu...; definirane su njihove pozicije u zgradi i osvjetljenje.
   - Laboratoriji – definirani su tipovi laboratorija, primjerice laboratorij za istraživanje mora i slatkih voda je blizu depoa i garaže za terenska vozila zbog ispiranja uzoraka.
   - Definirani su posebni nastavni prostori – studentske zbirke (studenti u njima uče).
   - Veliki dio u prizemlju zauzimaju zbirke: biologija – mrtve zbirke (herbarij – prešane biljke + prostor za digitaliziranje zbirke i suhe zoološke zbirke – preparirane životinje), geologija – zbirke minerala i paleontološka zbirka (zbirka fosila) i geografija – kartografska zbirka (ormari za karte + uvjeti kao za arhive).

3. **Promjene u istraživačkom procesu u proteklih 10-tak godina i trendovi razvoja**
   - U laboratoriju za izolaciju DNA se više ne koristi etidij bromid.
   - Formalin se ne koristi za fiksiranje uzoraka (pogotovo manjih), sada se koristi apsolutni alkohol u koji se dodaje glicerol (da se sačuva genetski materijal). Alkohol lako hlapi pa se uzorci moraju pratiti (tehničar se brine o njima), a depoi moraju imati kontrolirane uvjete.
   - Novost su i pokusni laboratoriji za promatranje ponašanja životinja; bilježi se aktivnost.

4. **Korisnički stav prema projektu i potencijalni problemi danas (Što bi promijenili na projektu s današnjeg stanovišta)**
   - Projekt je ostao na razini natječajnog rada i idejnog rješenja.

- Zgrada je trebala zaokružiti PMF i u njoj nije bila predviđena studentska menza, prostor dekanata (sada u zgradi kemije), administracije i računovodstva; sada bi se vjerojatno i to uzelo u obzir plus što sada postoje uredi za nabavu i za projekte.
- Broj zaposlenih se povećao (u odnosu na 2014. god.) za cca 100 – 150 ljudi i trenutno je oko 800 zaposlenih, možda bi se sada planirala prateća infrastruktura kao što je vrtić za djecu zaposlenika.
- Vjerojatno bi se i dio za znanost (laboratoriji) drukčije definirao, tj. možda bi ti prostori trebali biti veći.

5. Standardi vezani uz tehnološku opremu

- Biologija je najzahtjevnija – digestori, skladištenje kemikalija (u podrumu), otpadne kemikalije – tehnološka odvodnja, plinovi, destilirana i deionizirana voda (mjestimično na pultevima), mikroskopi (u zamračenoj prostoriji), peći za spaljivanje (ispuh na krov zbog toplog zraka i plinova).
- Mikrobiološki laboratorij – lab za LENTI viruse
- Mikrobiološki laboratorij (BSL 2) je potpuno izoliran (mikrorganizmi imaju svoje zahtjeve) od ostatka zgrade: posebna ventilacija, prostor za sterilizaciju, kuhinja za kuhanje hranjivih podloga, laminari, čiste sobe za pokuse i za izolaciju.

6. U kojoj mjeri se laboratorijski prostor koji se koristi može smatrati „pametnim“

- Određeni prostori traže kontrolu pristupa i video nadzor, također bitno je i da zgrada bude energetski učinkovita.
- Uvjeti u zbirkama – nema vlage u herbarijima i prejakog svijetla (može utjecati na raspadanje uzoraka)
- Izložbeni dio – ormari, dio zbirke izložen je u hodnicima (hladno svjetlo, određene temperature i vlage)
- Soba za pokuse – zvučno izolirana (ispitivanje komunikacije među životinjama, npr. cvrčci) – soba je dilatirana od ostatka zgrade (zasebni temelji).

PRILOG III

Katalog odabranih primjera

Smjernice za čitanje kataloga

Katalog odabranih primjera predstavlja sveobuhvatni istraživački alat kroz koji je analizirano dvanaest primjera laboratorijskih zgrada. Kriteriji za odabir primjera navedeni su u poglavlju 5 *(5.2 Kriteriji za odabir primjera).*

U nastavku su navedeni podatci uneseni u obrazac s objašnjenjem mogućih rezultata.

URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE

1. **Lokacija**

Definira se smještaj laboratorijske zgrade. Razlikuju se sljedeći rezultati:

- U istraživačkom institutu ili u sveučilišnom kampusu

Smještaj laboratorijske zgrade unutar istraživačkog instituta (ili sveučilišnog kampusa) podrazumijeva oslanjanje na postojeće sadržaje unutar kampusa s ciljem optimizacije troškova, prostora i resursa. Umjesto ponavljanja postojećih sadržaja zgrada se integrira u postojeći sustav kampusa.

- U urbanom kontekstu

Pozicioniranje laboratorijske zgrade u urbanom kontekstu omogućuje njezinu integraciju u tkivo grada. Zgrada se oslanja na postojeću gradsku infrastrukturu (javni prijevoz) i sadržaje (npr. zelene i rekreacijske površine) čime se optimizira prostor i potiče otvaranje zgrade prema lokalnoj zajednici (npr. prizemlje s javno dostupnim sadržajima poput izložbenog prostora ili edukacijskog centra).

2. **Dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade**

Dostupnost usluga i pratećih sadržaja u laboratorijskoj zgradi ili u njezinoj blizini ima veliki značaj za zadovoljstvo zaposlenika, te za privlačenje i zadržavanje stručnjaka.

- Restoran i kafić

Ovi prostori mogu služiti i kao zone opuštanje i neformalnog druženja zaposlenika.

- Trgovine

Omogućuju zaposlenicima kupnju namirnica bez napuštanja kompleksa.

- Zelene površine

Unutarnji vrtovi, uređene krovne terase unutar zgrade ili zelene površine blizu zgrade mogu služiti kao zone opuštanja.

- Vrtić

Smještaj vrtića blizu zgrade olakšava svakodnevnicu i smanjuje stres zaposlenim roditeljima.

- Sportski sadržaji

Teretane, dvorane unutar zgrade ili veći rekreacijski kompleksi u blizini zgrade mogu služiti rekreaciji.

- Kulturni sadržaji

Blizina muzeja, galerija, knjižnica, multimedijalnih centara mogu služiti kao zone opuštanja.

3. Prometna pristupačnost zgrade korisnicima

Prometna pristupačnost zgrade ključna je za njezino sigurno i funkcionalno korištenje od strane različitih skupina (zaposlenici, posjetitelji, dostavljači, hitne službe). Promatrana je povezanost s javnim prometom, te pješački i biciklistički promet.

- Javni prijevoz

Integracija zgrade ili kampusa u lokalnu mrežu smanjuje pritisak na automobilski promet. Stanica javnog prijevoza (autobus, vlak ili tramvaj) na udaljenosti 5-10 min hoda od zgrade.

- Pješački i biciklistički promet

Odvojeni pločnici i biciklističke staze do same lokacije.

4. Otvoreni prostor - kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora

Otvoreni prostor predstavlja ključni kontaktni prostor koji povezuje laboratorijsku zgradu s javnim prostorom. Osigurava prijelaz između kontroliranog laboratorijskog okruženja u pristupačni javni prostor preko urbanističko-arhitektonskih elemenata: **atrij, poluatrij, pasaž, plato, šetnica**.

KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA

1. Vlasništvo

- Javno

Javni laboratoriji (na sveučilištima i institutima) uglavnom provode istraživanja u javnom interesu.

- Privatno

Laboratoriji industrijskih tvrtki i korporacija, te pružatelji usluga.

2. Način korištenja

- Nastavni

Služe za edukaciju u školama i na fakultetima, razlikuju se od istraživačkih jer se u njima održava nastava i obično imaju više radnih jedinica nego tipičan istraživački laboratorij.

- Istraživački

Istraživački laboratoriji se razlikuju ovisno o vrsti istraživanja (bilo da su u korporacijama, istraživačkim institutima ili na sveučilištima), tj. ovisno o znanstvenom smjeru.

- Analitički

Analitički laboratoriji koriste za odvajanje, identifikaciju i kvantifikaciju tvari, obično su dio šire slike u kojoj se analitički rezultat može koristiti (Skoog et al., 2014, str. 9)

- Razvojni

Razvojni laboratoriji služe za razvoj proizvoda i/ili razvoj i definiranje tehnologija i proizvodnih procesa (ako nešto od istraživanja ide prema proizvodnji treba proći razvoj i prilagodbu za industrijski proces).

3. Znanstveni smjer

- Prirodne znanosti

Matematika, fizika, geologija, kemija, biologija, geofizika, interdisciplinarne prirodne znanosti
Kemiju, biologija i fizika obuhvaćaju temeljna istraživanja u znanosti.

- Tehničke znanosti

Tehničke znanosti su primijenjene (praktične) znanosti koje primjenjuju teorijske temelje prirodnih znanosti.
Klasične tehničke znanosti su: graditeljstvo, strojarstvo, elektrotehnika.

- Biomedicina i zdravstvo

Biomedicina je grana medicine koja primjenjuje načela biologije i drugih prirodnih znanosti u kliničkoj praksi.
Temeljne medicinske znanosti, kliničke medicinske znanosti, javno zdravstvo i zdravstvenu zaštitu, veterinarska medicina, dentalna medicina, farmacija

- Biotehničke znanosti

Povezuju prirodne i tehničke znanosti.
Poljoprivreda, šumarstvo, drvna tehnologija, biotehnologija, prehrambena tehnologija, nutricionizam, interdisciplinarne biotehničke znanosti.

4. Tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade

- Dvotrakt

Tlocrtna organizacija u kojoj se prostoje niže s dvije strane hodnika.

- Trotrakt

Tlocrtna organizacija s dvostrukim hodnikom i centralnom zonom.

5. Tlocrtna organizacija laboratorija

- Jednostruki laboratorij

Jednostruki laboratoriji najčešće odgovara veličini jednog laboratorijskog modula.

Laboratorijski modul je definiran kao osnovna prostorna jedinica koja obično odgovara veličini laboratorija za dvije osobe, tj. jedan laboratorijski modul odgovara osnovnom radnom prostoru za jednog do tri laboratorijska korisnika. (DiBernardinis et al., 2013, str. 32)

- Dvostruki laboratorij

Dvostruki laboratoriji najčešće obuhvaća dva laboratorijska modula.

- Laboratorij otvorenog tlocrta

Laboratoriji otvorenog tlocrta sastoji se iz više laboratorijskih modula povezanih u otvoreni tlocrt.

- Laboratorij orijentiran na strojeve i opremu

Veličine laboratorija određena je oblikom, veličinom i brojem uređaja, opreme ili dijelova opreme, a ne brojem radnih mjesta.

6. Laboratoriji s posebnim zahtjevima

Laboratoriji koji se koriste za posebne funkcije, definirani programom kao npr. radioaktivni, patogeni, za kulturu tkiva, za smještaj životinje itd., ne smiju se smjestiti u višenamjenske opće laboratorijske prostore, već moraju biti namjenski izgrađeni (Griffin, 2005, str. 37).Određivanje specifičnih zahtjeva ne odnosi se samo na prostorije, već i na radna mjesta i na radne prostore.
U kataloškom obrascu nisu analizirani specifični zahtjevi pojedinačnih laboratorija, samo je evidentirano postoje li takvi laboratoriji unutar laboratorijske zgrade (**da/ne**).

KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE

ARHITEKTONSKI KRITERIJI

1. Odnos laboratorijskog i uredskog prostora

Uredski prostori povezani su s istraživačkim aktivnostima i radom u laboratoriju. Mogu biti integrirani u laboratorijski prostor ili izdvojeni od laboratorijskog prostora.

- Integriran

Uredski prostor unutar laboratorija.

- Odvojen

Uredski prostor u potpunost odvojen od laboratorija kao prostorna cjelina, može se vizualno povezati s laboratorijem. Pristup u ured je iz hodnika.

- Odvojen - pristup u laboratorij iz ureda

Uredski prostor odvojen od laboratorija kao prostorna cjelina; pristup u laboratoriji preko uredskog prostora.

- Odvojen - pristup u ured iz laboratorija

Uredski prostor odvojen od laboratorija kao prostorna cjelina; pristup u ured preko laboratorija.

2. Odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija

Prateći sadržaji laboratorija su funkcionalno povezani s laboratorijima.

- Integriran - pristup iz laboratorija

Prateći sadržaji su integrirani u laboratorijski prostor. Pristup pratećim sadržajima je iz laboratorijskog prostora.

- Odvojen - pristup iz hodnika

Prateći sadržaji su odvojeno od laboratorijskog prostora. Pristup pratećim sadržajima je iz hodnika.

3. Dostupnost tehničkih prostora / sustava

- Direktno (iz hodnika)

Pristupačnost tehničkih prostora iz hodnika i komunikacija omogućuje jednostavno održavanje, servisiranje i po potrebi izmjenjivost tehničkih sustava i instalacija (bez ometanje radnog procesa u laboratoriju).

- Posredno (iz laboratorija)

Pristupačnost tehničkih prostora iz laboratorija omogućuje održavanje, servisiranje i po potrebi izmjenjivost tehničkih sustava i instalacija uz moguće ometanje radnog procesa u laboratoriju.

4. Instalacijska etaža

Instalacijska etaža služi isključivo za smještaj instalacija. Omogućuje horizontalnu koordinaciju instalacija i njihovo održavanje bez ometanja primarnog rada u laboratoriju. Obično se smješta iznad etaže s laboratorijima.

U kataloškom obrascu je evidentirano postoje li instalacijska etaža u laboratorijskoj zgradi (**da/ne**).

5. Fleksibilnost laboratorijskih prostora

Fleksibilnost laboratorijskog prostora omogućuje prilagodbu radnog prostora promjenama u laboratorijskoj opremi i tehnološkom procesu istraživanja.

- Visoka razina fleksibilnosti

Jednostavna zamjena opreme, modularan razvod instalacija s unaprijed konfiguriranim sustavima koji omogućuju trenutačno spajanje, premještanje ili nadogradnju opreme

- Srednja razina fleksibilnosti

Zamjena opreme zahtjeva prilagodbu instalacija (novi razvod, zaštita od buke) i / ili nove pozicije pregradnih zidovi.

- Niska razina fleksibilnosti

Zamjena opreme zahtjeva promjene u konstrukciji i građevinske zahvate; zamjena podrazumijeva nove zahtjeve za prilagodbom

6. Svijetla visina laboratorijskih prostora

Prema *Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada NN 105/2020* minimalne svijetle visine radnih prostorija moraju iznositi:

- 3 m za prostorije u kojima su tijekom procesa rada prisutne fizikalne, kemijske odnosno biološke štetnosti
- 2,8 m za prostorije u kojima su pri radu ispunjeni zahtjevi u pogledu mikroklimatskih uvjeta, odnosno u kojima tijekom procesa rada nema štetnih fizikalnih, kemijskih odnosno bioloških štetnosti (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_09_105_1965.html)

7. Svijetla visina uredskih prostora

Prema *Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada NN 105/2020* minimalne svijetle visine radnih prostorija moraju iznositi:

- 2,5 m za prostorije predviđene za obavljanje administrativnih poslova

(https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_09_105_1965.html)

8. Prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora

Radni proces zahtjeva ravnomjernu rasvjetu preko cijele prostorije, uz mogućnost osiguranja prigušenog svjetla ili potpunog zamračenja kako bi se zadovoljili posebni zahtjevi tehnološke opreme ili istraživačkog procesa. Opći laboratoriji imaju zahtjev za osiguranjem prirodne osvijetljenosti.

- Direktno

Direktna prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora se postiže pozicioniranjem laboratorija na fasadu.

- Posredno

Posredna prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora se postiže preko uredskih ili zajedničkih prostora ili preko komunikacija; korištenjem transparentnih pregrada između uredskih i laboratorijskih prostora.

9. Prirodna osvijetljenost uredskih prostora

- Direktno

Direktna prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora postiže se pozicioniranjem uredskih prostora na fasadu.

- Posredno

Posredna prirodna osvijetljenost uredskih prostora postiže se preko zajedničkih prostora ili preko komunikacija; korištenjem transparentnih pregrada prema uredskim prostorima.

10. Zajednički prostori

Zajednički prostori se formiraju se s ciljem osiguranja uvjeta koji će istraživačima omogućiti druženje, opuštanje i suradnju: **sobe za sastanke, predavaonice, konferencijske dvorane, knjižnica, društvene prostorije (prostori za odmor), kafići.**

11. Sadržaji otvoreni za javnost

Sadržaji otvoreni za javnost omogućuju otvaranje zgrade prema lokalnoj zajednici (npr. prizemlje s javno dostupnim sadržajima poput izložbenog prostora ili edukacijskog centra).

U kataloškom obrascu je evidentirano postoje li sadržaji otvoreni za javnost (**da/ne**), te su evidentirani sadržaji su nabrojeni.

12. Pristupačnost

Elementi pristupačnosti osobama smanjene pokretljivosti određeni su propisima. koji se odnose na minimalne dimenzije komunikacija, uporabnih prostora, sanitarne prostore. U kataloškom obrascu je evidentirano postoje li elementi pristupačnosti (**da/ne**)**.**

KRITERIJI ODRŽIVOSTI

1. Energetska učinkovitost

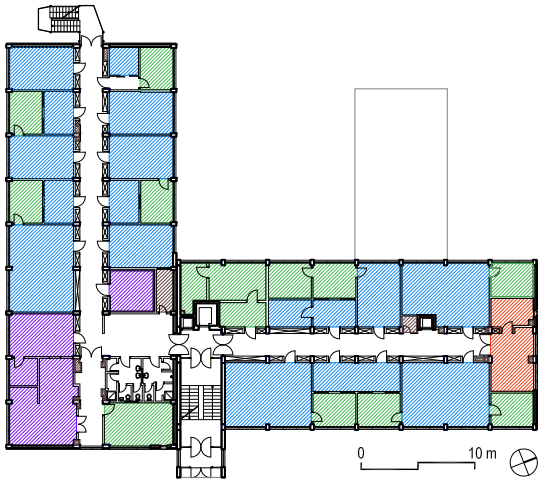
Sustavi certificiranja osiguravaju usporedivost i kvalitetu. Promatrani su certifikati **LEED**, **BREAAM i DGNB.**



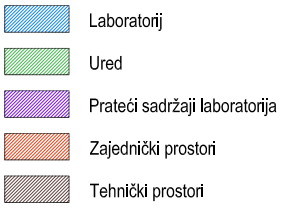
1. Situacija

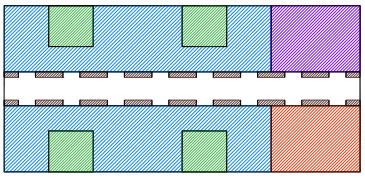


2. Pročelje

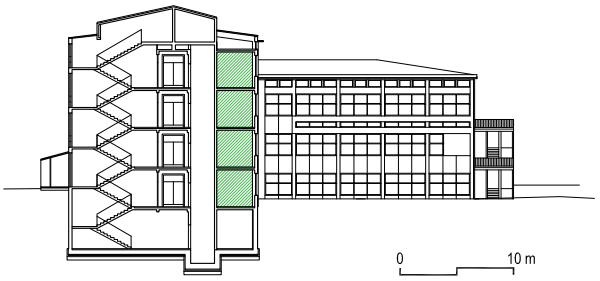


3. Tlocrt

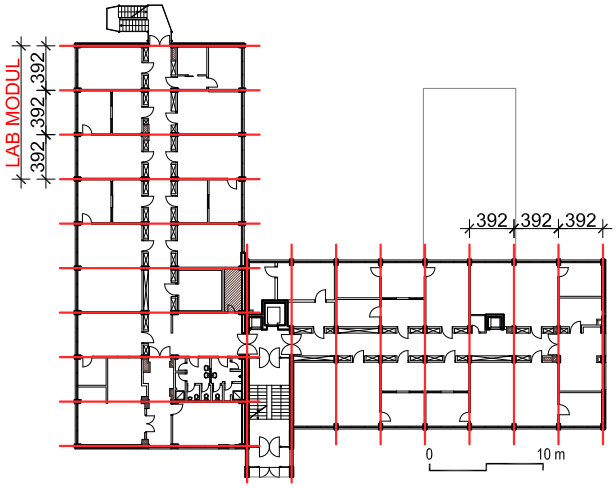




4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (23.08.2026.)
2,3,5,6 arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

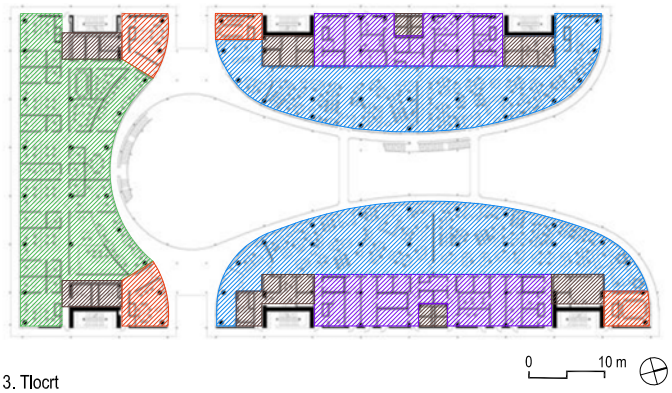
KRILO V INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB	01
autor	Boško Bajić
godina izgradnje	1990.
lokacija	Zagreb, Hrvatska
namjena	laboratorij za molekularnu biologiju i molekularnu medicinu
katnost	Po 3-4 E
bruto površina	4650 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearni tip
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u istraživačkom institutu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine i restoran (unutar instituta)
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	-
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	prirodne znanosti (biologija) i medicina
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	dvostruki laboratorij
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	da (BSL2 laboratorij)
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u laboratorij iz ureda / pristup u ured iz laboratorija	pristup u ured iz laboratorija
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz hodnika)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	srednja
svjetla visina laboratorijskih prostora	~315 cm
svjetla visina uredskih prostora	~315 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	knjižnica, dvorana za sastanke, čajna kuhinja
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-



1. Situacija

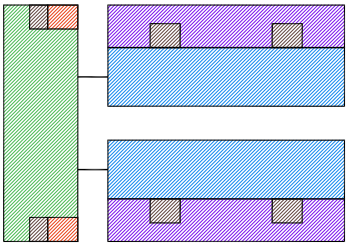


2. Pročelje

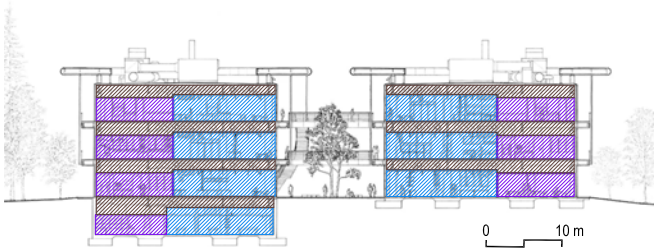


3. Tlocrt

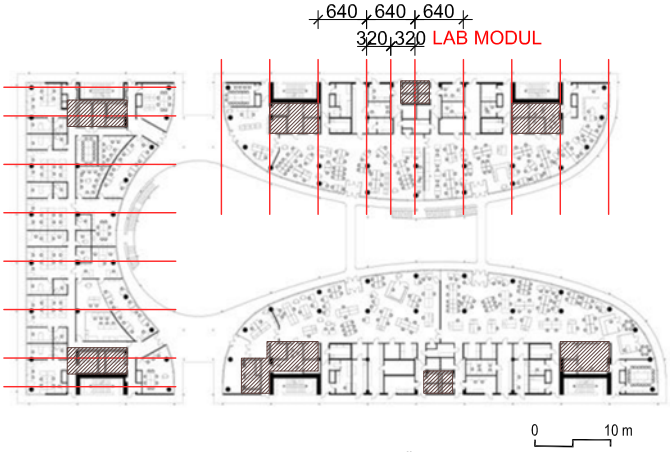
Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



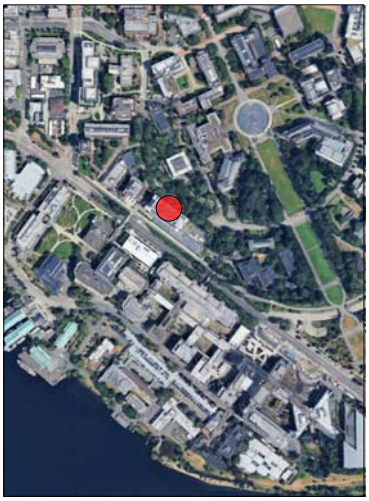
5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (23.08.2026.)
2,3,5,6 https://arquitecturaviva.com/works/centro-clark-0 (20.03.2026.)

JAMES H. CLARK CENTER SVEUČILIŠTE STANFORD, STANFORD	02
autor	Foster&Partners
godina izgradnje	2003.
lokacija	Sveučilište Stanford, Kalifornija, SAD
namjena	laboratorij za biologiju i interdisciplinarna istraživanja
katnost	Po 3E
bruto površina	22 760 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u istraživačkom institutu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine, trgovine, restorani, sportski i kulturno sadržaji (unutar instituta)
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	poluatrij
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	nastavni i istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija (interdisciplinarna istraživanja)
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	ne
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	integriran (pristup iz laboratorija)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	posredno (iz laboratorija)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~350 cm
svjetla visina uredskih prostora	-
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	konferencijska dvorana, sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-



1. Situacija

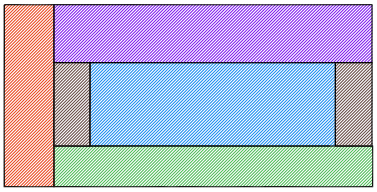


2. Pročelje



3. Tlocrt

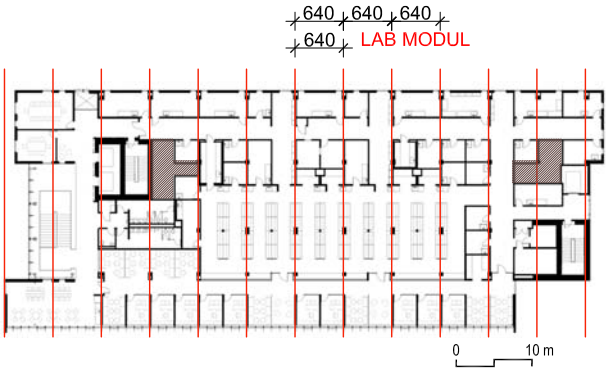




4. Shema prostornih odnosa



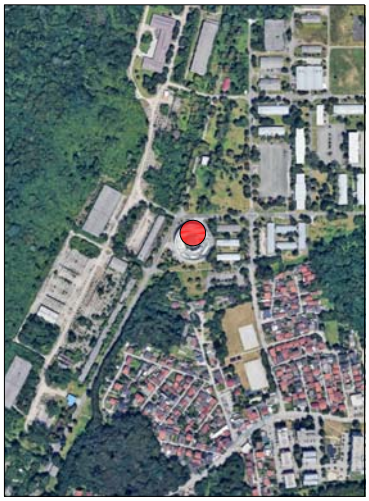
5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (23.08.2026.)
2,3,5,6 https://www.archdaily.com/912260/life-sciences-building-for-the-university-of-washington-perkins-plus-will (15.02.2026.)

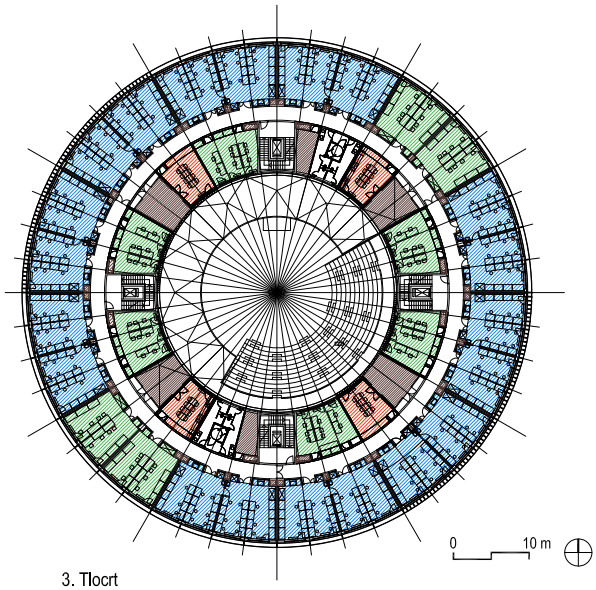
LIFESCIENCE BUILDNIG SVEUČILIŠTE U WASHINGTONU, SEATTLE	03
autor	Perkins&Will
godina izgradnje	2018.
lokacija	Sveučilište Washington, Washington, SAD
namjena	laboratorij za biologiju (lifescience)
katnost	Po 7E
bruto površina	19 230 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u urbanom kontekstu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine, trgovine, restorani
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	plato
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	nastavni i istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	trotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	animalna platforma
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI (FUNKCIONALNI) KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	integriran (pristup iz laboratorija)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	posredno (iz laboratorija)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~315 cm
svjetla visina uredskih prostora	~360 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	posredno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	predavaona, sobe za sastanke, kafić
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	staklenik, umjetnički zid, zelene površine, kafić
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	LEED - Gold



1. Situacija

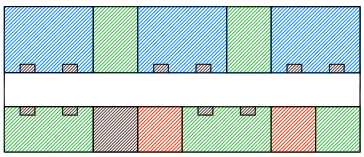


2. Pročelje

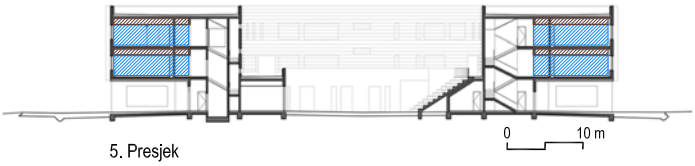


3. Tlocrt

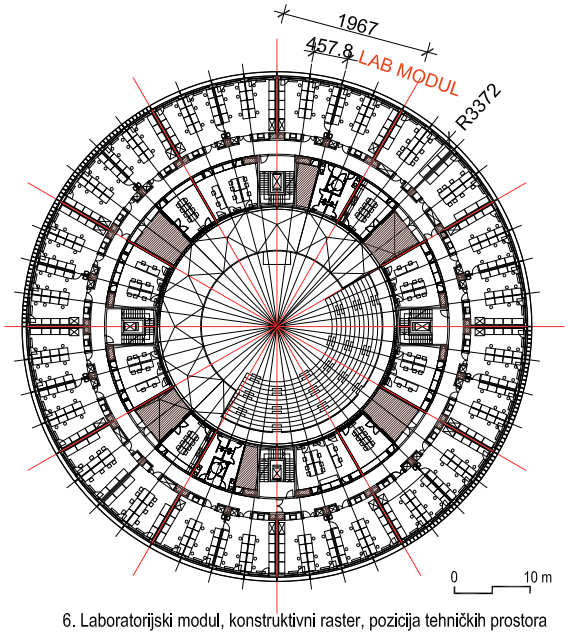
Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:

1 Google Earth (23.08.2026.)

2,5 https://vizkultura.hr/biocentar-na-kampusu-borongaj/(09.01.2024.)

3,6 arhiva Zavoda za arhitekturu, Arhitektonski fakultet

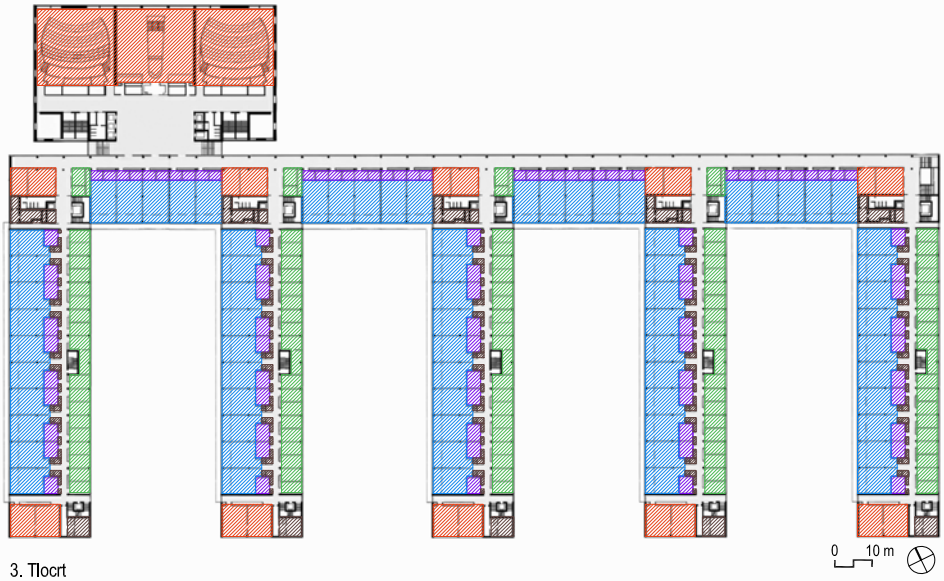
INOVACIJSKI CENTAR ZA BIO ZNANOSTI (BIOCENTAR) SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, ZAGREB	04
autor	Davor Katušić
godina izgradnje	2015.
lokacija	Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska
namjena	laboratorij za biologiju (lifescience)
katnost	3E
bruto površina	6 757 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u sveučilišnom kampusu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	-
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	atrij
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	Istraživački i analitički
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija
tlocrtna organizacija dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	dvostruki laboratorij
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	ne
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz hodnika)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	niska
svjetla visina laboratorijskih prostora	~275 cm
svjetla visina uredskih prostora	-
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	predavaonica, recepcija, društvene prostorije
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-



1. Situacija

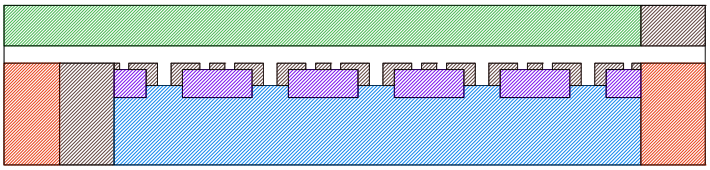


2. Pročelje

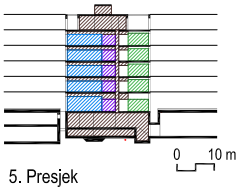


3. Tlocrt

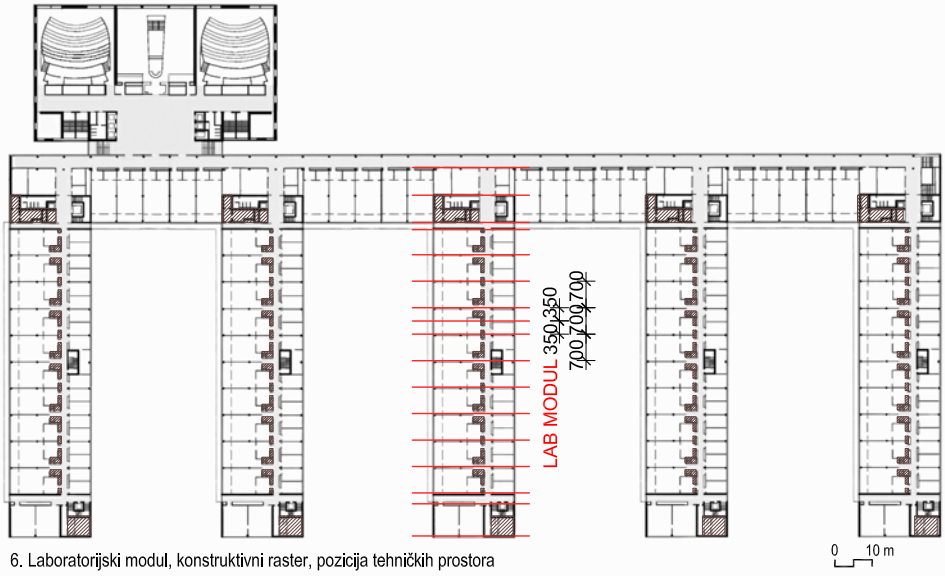
Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (23.08.2026.), 2 https://www.tagesanzeiger.ch/schweizer-unis-fallen-zurueck-aber-die-eth-zuerich-ist-europaeisch-top-556553418210 (20.03.2026.)
3, 6 https://arch.ethz.ch/en/news-und-veranstaltungen/news-kanal/2025/03/students-design-alternative-plans-for-the-campus-hoenggerberg-of-eth-zurich.html (05.04.206.)
5 autor prema https://www.space4science.com/eth-zurich-hci (12.05.2026.)

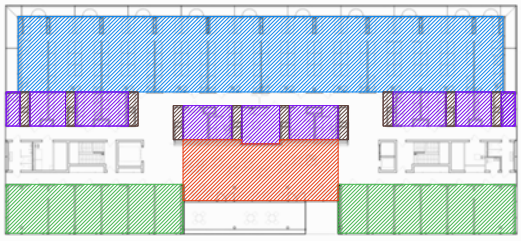
ZGRADA HCI SVEUČILIŠTE ETH, ZÜRICH (kampus Hönggerberg)	05
autor	Campi Pessina
godina izgradnje	2004.
lokacija	Zurich, Švicarska
namjena	laboratorij za kemiju i biologiju
katnost	Po 5E Pk
bruto površina	150 000 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	organizacija u obliku češlja
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u sveučilišnom kampusu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	poluatrij
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	kemija i biologija
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	dvostruki laboratorij
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	-
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	integriran (pristup iz laboratorija)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	srednja
svjetla visina laboratorijskih prostora	~280 cm
svjetla visina uredskih prostora	~315 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	konferencijske dvorane, sobe za sastanke, knjižnica
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-



1. Situacija

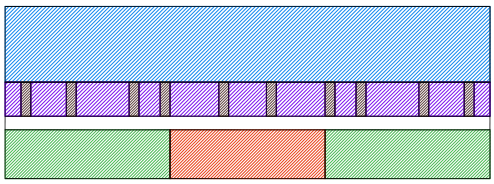


2. Pročelje

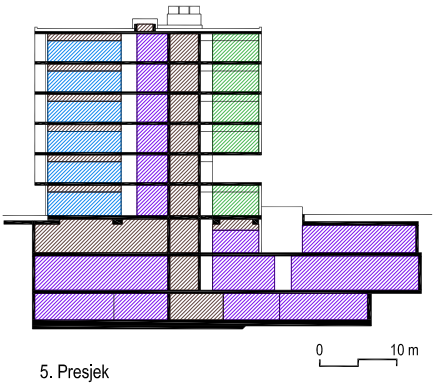


3. Tlocrt

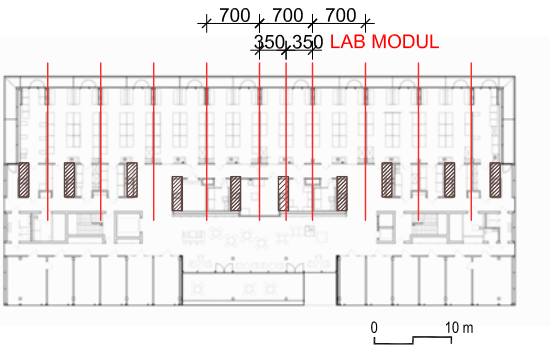




4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

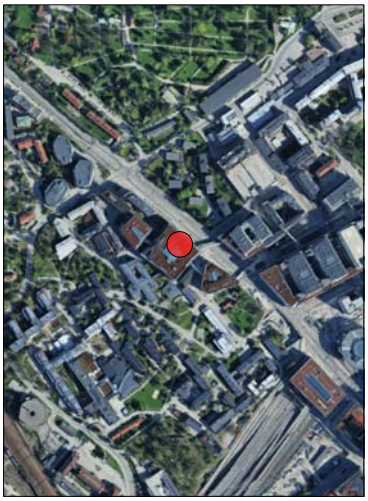
IZVOR:

1 Google Earth (23.08.2026.), 2 https://bau-referenzen.ch/projekt/30698/eth-neubau-hpl-life-science-platform (15.02.2026.)

3, 6 https://burckhardt.swiss/en/project/molecular-health-sciences-platform-eth-zurich/ (15.02.2026.)

5 autor prema https://www.space4science.com/eth-zurich-hpl (15.05.2026.)

ZGRADA HPL SVEUČILIŠTE ETH, ZÜRICH, (kampus Hönggerberg)	06
autor	Burckhardt + Partner
godina izgradnje	2012.
lokacija	Zürich, Švicarska
namjena	laboratorij za biologiju i medicinu
katnost	3Po 6E
bruto površina	21 920 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u sveučilišnom kampusu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica	-
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija i medicina
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	trotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	ne
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	integriran (pristup iz laboratorija)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	
svjetla visina laboratorijskih prostora	~280 cm
svjetla visina uredskih prostora	~280 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-



1. Situacija

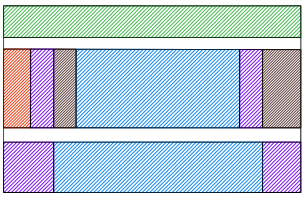


2. Pročelje

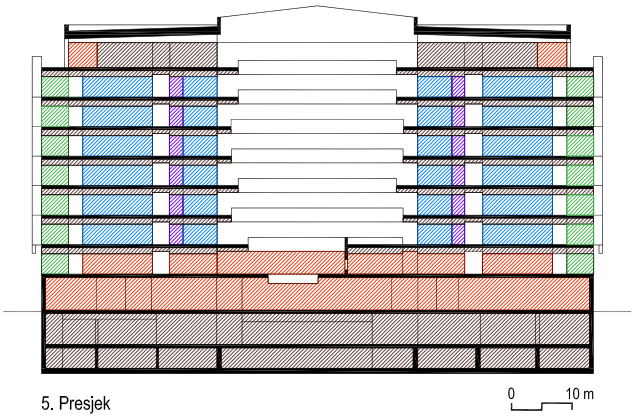


3. Tlocrt

Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



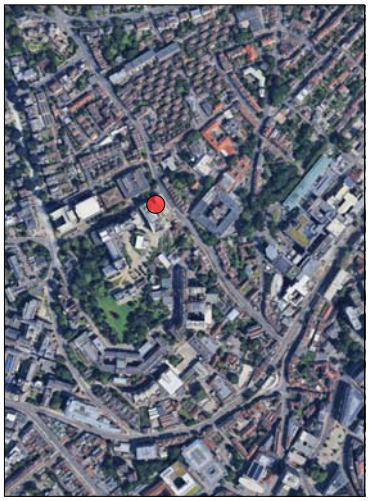
5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (23.08.2026.)
2, 3, 5, 6
https://www.detail.de/de_en/a-building-becomes-a-city-laboratory-centre-by-cf-moeller-34792?srsltid=AfmBOoo2qWWZQTAj2-Zs1DmrRiiPDcG5U1pzVpbHe0RJxGRALShDCLa6(17.3.2026.)

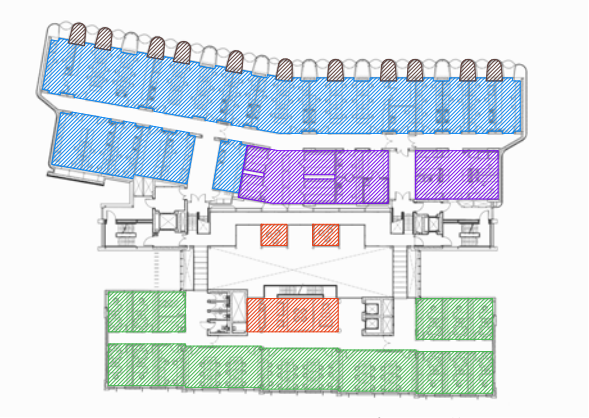
BIOMEDICUM KAROLINSKA INSTITUT, STOCKHOLM	07
autor	C.F. Møller
godina izgradnje	2019.
lokacija	Stockholm, Švedska
namjena	laboratorij za medicinu
katnost	2Po 9E
bruto površina	65 000 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	centralna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u sveučilišnom kampusu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica	atrij
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	nastavni i istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	medicina
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	trotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	dvostruki laboratorij i laboratorij otvorenog tlocrta
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	da
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz hodnika)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	srednja
svjetla visina laboratorijskih prostora	~280 cm
svjetla visina laboratorijskih prostora	~280 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	posredno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	kafić i izložbeni prostor
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	LEED Platinum



1. Situacija

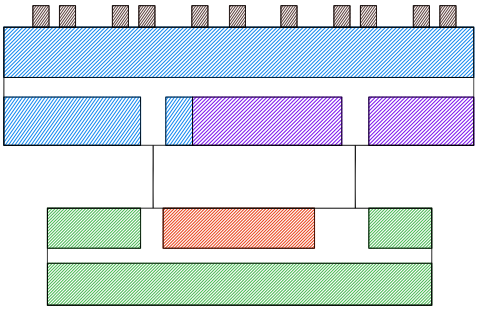


2. Pročelje

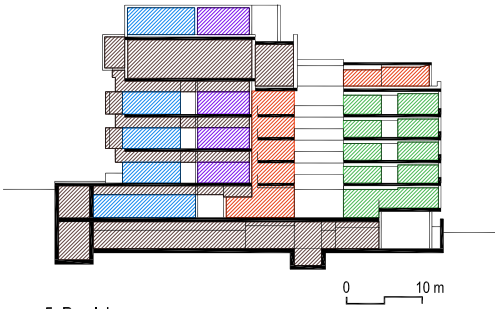


3. Tlocrt

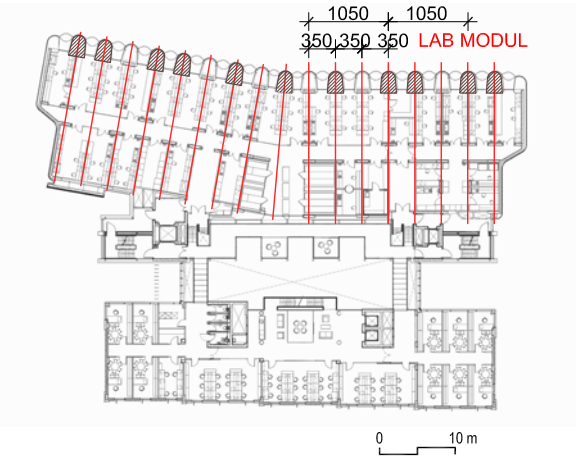




4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

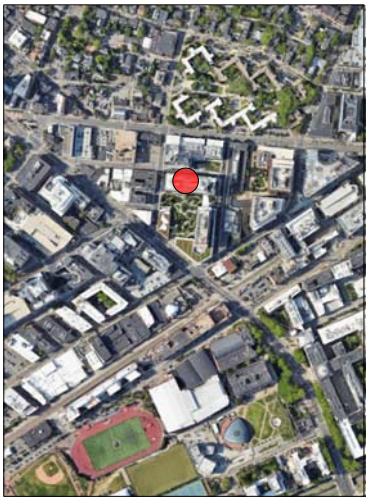
IZVOR:

1 Google Earth (25.08.2026.)

2, 3, 6 https://www.archdaily.com/618167/bristol-life-sciences-building-sheppard-robson (08.02.2026.)

5 autor prema https://www.space4science.com/bristol-university (12.06.2026.)

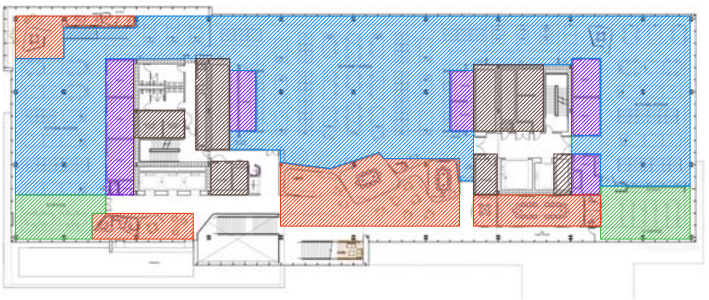
LIFESCIENCE BUILDING SVEUČILIŠTE U BRISTOLU, BRISTOL	08
autor	Sheppard Robson
godina izgradnje	2013.
lokacija	Bristol, UK
namjena	laboratorij za biologiju i medicinu (LifeScience)
katnost	Po 6E
bruto površina	13 500 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u urbanom kontekstu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine, trgovine, restorani
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	-
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	nastavni i istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija i medicina
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	da
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz hodnika)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	posredno
instalacijska etaža da / ne	da
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~280 cm
svjetla visina uredskih prostora	~250 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	atrij, sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	atrij
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	BREEAM Excellent rating



1. Situacija

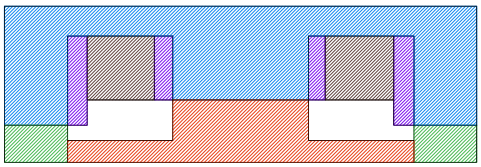


2. Pročelje

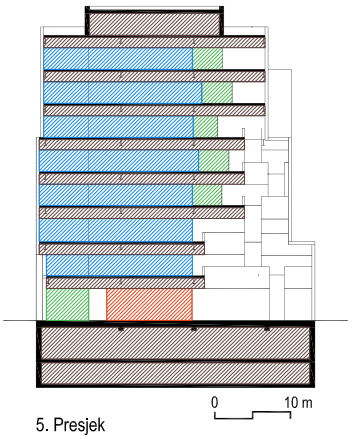


3. Tlocrt

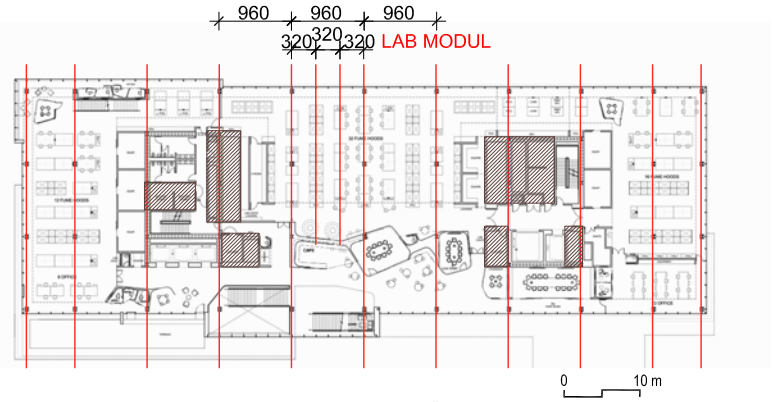




4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:

1 Google Earth (23.08.2026.)

2, 3, 6 https://www.theplan.it/award-2018-Education/novartis-institutes-for-biomedical-research--1 (20.02.2026.)

5 autor prema https://www.space4science.com/novartis-windsor (28.08.2026.)

LABORATORIJ ZA BIOMEDICINSKA ISTRAŽIVANJA NOVARTIS INSTITUT, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, SAD	09
autor	Toshiko Mori i Cannon Design
godina izgradnje	2015.
lokacija	Cambridge, Massachusetts, SAD
namjena	laboratorij za biotehnologiju
katnost	2Po 8E
bruto površina	26 477 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u istraživačkom kampusu (Novartis)
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz, pješački i biciklistički promet
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	plato
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	privatno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biotehnologija
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	da
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	integriran
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz laboratorija)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	da
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~280 cm
svjetla visina uredskih prostora	~280 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	prostori za odmor, sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	LEED Gold



1. Situacija

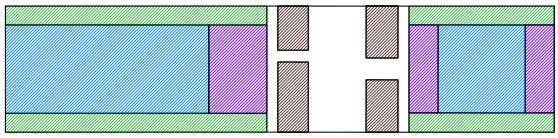


2. Pročelje

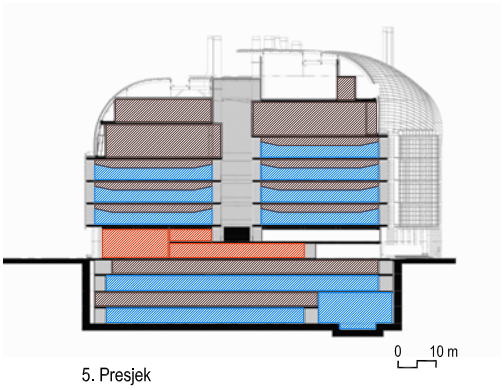


3. Tlocrt

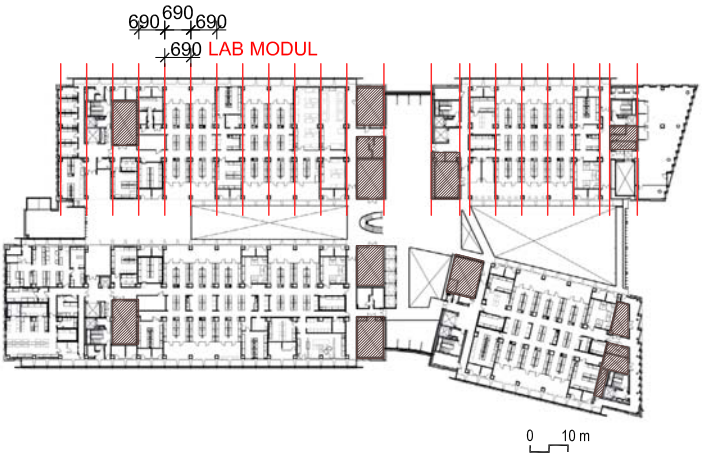
Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



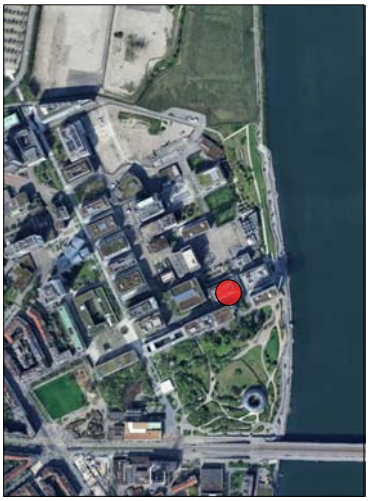
5. Presjek



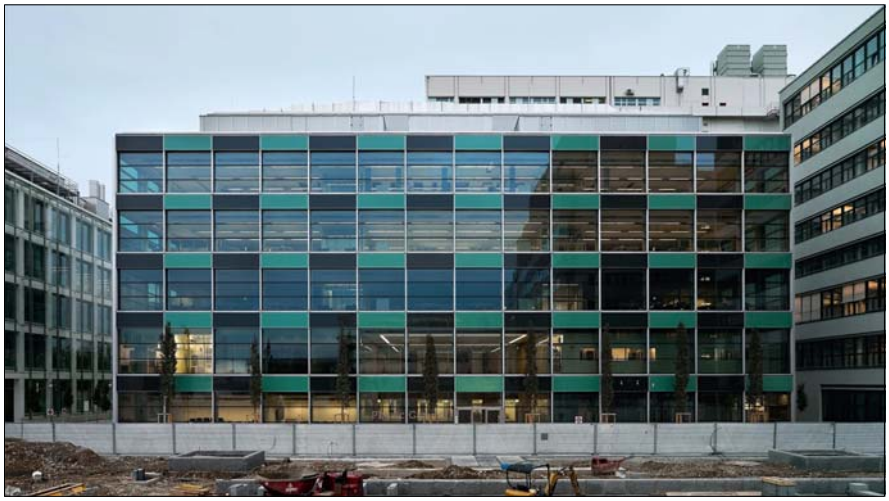
6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (27.08.2026.)
2 https://architecturetoday.co.uk/the-francis-crick-institute-radmat/ (12.04.2026.)
3,5,6 https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/francis-crick-institute-by-hok-with-plp (12.04.2026.)

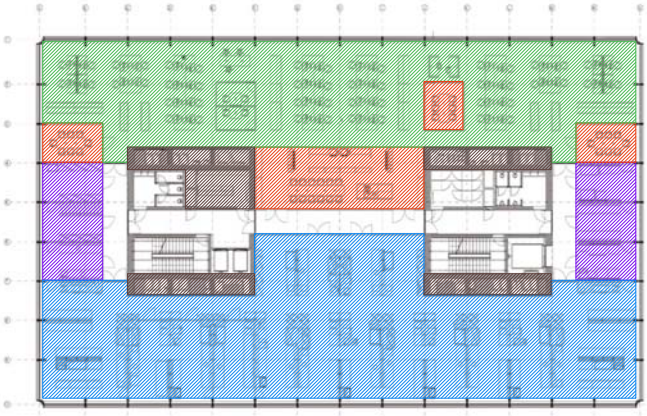
THE FRANCIS CRICK INSTITUTE LONDON	10
autor	HOK i PLP Architecture
godina izgradnje	2016.
lokacija	London, UK
namjena	laboratorij za biologiju i medicinu
katnost	4Po 6/7E
bruto površina	91 000 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekst	u urbanom kontekstu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	-
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija i medicina
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	trotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	da
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz hodnika)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	da
adaptabilnost (prilagodljivost i fleksibilnost) visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~300 cm
svjetla visina uredskih prostora	~300 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	posredno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	konferencijska dvorana, sobe za sastanke
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	BREEAM „Excellent“ certification



1. Situacija

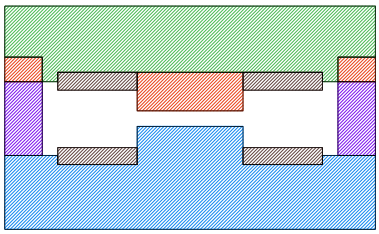


2. Pročelje



3. Tlocrt

Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (27.08.2026.)
2,3,5,6 https://arquitecturaviva.com/works/edificio-en-el-campus-novartis-3 (18.03.2026.)

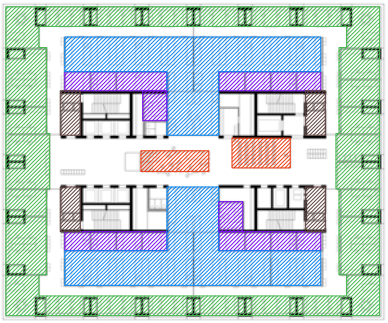
LABORATORIJSKA ZGRADA PHYSIC GARDEN 3 NOVARTIS INSTITUT, BASEL	11
autor	Eduardo Souto de Moura
godina izgradnje	2011.
lokacija	Basel, Švicarska
namjena	laboratorij za medicinu i farmaciju
katnost	2Po 5E
bruto površina	21 920 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	linearna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u istraživačkom kampusu (Novartis)
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	plato
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	privatno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	medicina i farmacija
tlocrtna organizacija dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	da
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	odvojen (pristup iz hodnika)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	posredno (iz laboratorija i uredskih prostora)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~320 cm
svjetla visina uredskih prostora	~320 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	direktno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	sobe za sastanke, čajna kuhinja
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-



1. Situacija

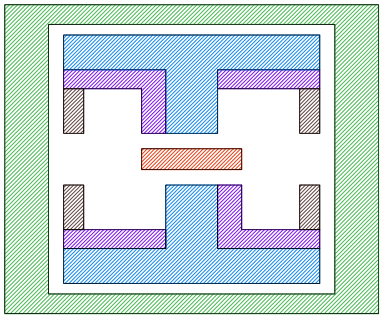


2. Pročelje

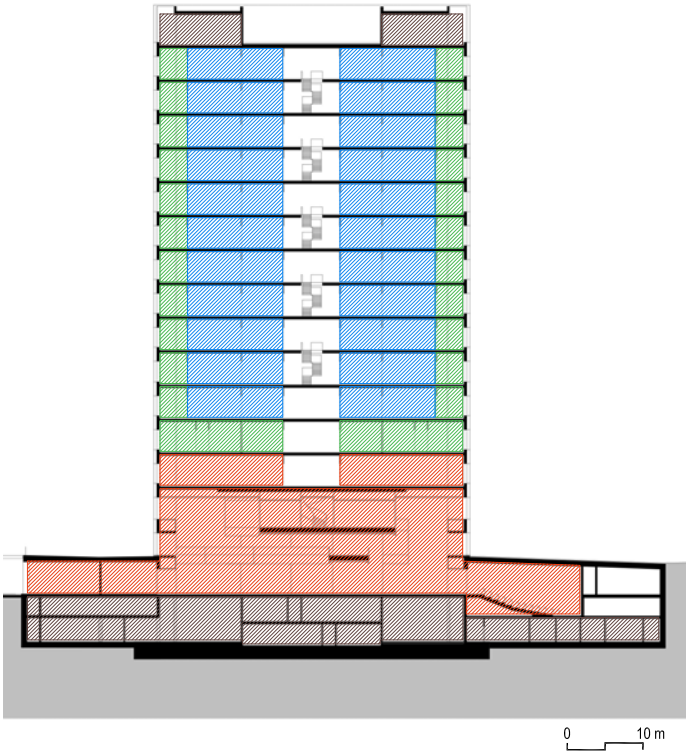


3. Tlocrt

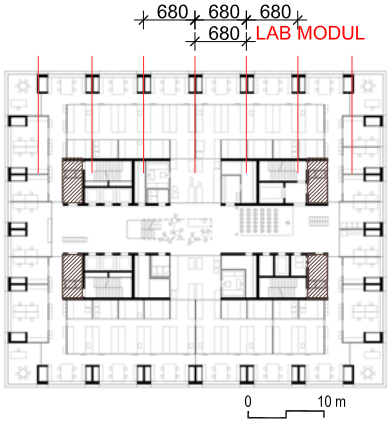
Laboratorij
Ured
Prateći sadržaji laboratorija
Zajednički prostori
Tehnički prostori



4. Shema prostornih odnosa



5. Presjek



6. Laboratorijski modul, konstruktivni raster, pozicija tehničkih prostora

IZVOR:
1 Google Earth (28.08.2026.)
2,3,5,6
https://www.detail.de/de_en/sixteen-column-free-storeys-biozentrum-at-basel-university-by-ilg-santer-architekten?srsltid=AfmBOoq8EmsBIg8GSWx3v-MX226mSJuO-88CHw3ZfnKdv0brFztPgaCp (18.04.2026.)

BIOZENTRUM SVEUČILIŠTE U BASELU, BASEL	12
autor	Ilg Santer Architekten
godina izgradnje	2021.
lokacija	Basel, Švicarska
namjena	laboratorij za biologiju
katnost	3Po 16E
bruto površina	23 400 m2
tipološki razvrstaj linearna organizacija / organizacija u obliku češlja / centralna organizacija	centralna organizacija
URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE	
lokacija u istraživačkom institutu ili sveučilišnom kampusu / u urbanom kontekstu	u sveučilišnom kampusu
dostupnost usluga i sadržaja u zgradi ili blizu zgrade restorani / trgovine / zelene površine / vrtić / sportski sadržaji / kulturni sadržaji	zelene površine
prometna pristupačnost zgrade korisnicima javni prijevoz / pješački i biciklistički promet	javni prijevoz
otvoreni prostor – kontaktni prostor između laboratorijske zgrade i javnog prostora atrij / poluatrij / pasaž / plato / šetnica / ostalo	-
KARAKTERISTIKE PREMA SISTEMATIZACIJI LABORATORIJA	
vlasništvo javno / privatno	javno
način korištenja nastavni / istraživački / analitički / razvojni	nastavni i istraživački
znanstveni smjer prirodne znanosti / tehničke znanosti / biomed. i zdravstvo / bioteh. znanosti	biologija
tlocrtna organizacija laboratorijske zgrade dvotrakt / trotrakt	dvotrakt
tlocrtna organizacija laboratorija jednostruki lab / dvostruki lab / otvoreni tlocrt / lab orijentiran na strojeve i opremu	otvoreni tlocrt
laboratoriji s posebnim zahtjevima da / ne	-
KARAKTERISTIKE PREMA KRITERIJIMA ZA PROGRAMIRANJE	
ARHITEKTONSKI KRITERIJI	
odnos laboratorijskog i uredskog prostora integriran / odvojen / pristup u lab iz ureda / pristup u ured iz laba	odvojen
odnos laboratorijskog prostora i pratećih sadržaja laboratorija integriran (pristup iz laboratorija) / odvojen (pristup iz hodnika)	integriran (pristup iz laboratorija)
dostupnost tehničkih prostora / sustava direktno (iz hodnika) / posredno (iz laboratorija)	direktno (iz hodnika)
instalacijska etaža da / ne	ne
fleksibilnost laboratorijskih prostora visoka / srednja / niska	visoka
svjetla visina laboratorijskih prostora	~400 cm
svjetla visina uredskih prostora	~400 cm
prirodna osvijetljenost laboratorijskih prostora direktno / posredno	posredno
prirodna osvijetljenost uredskih prostora direktno / posredno	direktno i posredno
zajednički prostori sobe za sastanke / predavaonica / konferencijska dvorana / knjižnica / društvene prostorije / kafić / ostalo	sobe za sastanke, čajna kuhinja, predavaonica
sadržaji otvoreni za javnost da / ne	ne
pristupačnost osoba smanjene pokretljivosti - da / ne	da
KRITERIJI ODRŽIVOSTI	
energetska učinkovitost certifikati LEED / BREEAM / DGNB	-