



Kutatóegyetemi Stratégia

Biotechnológia, egészség- és környezetvédelem

Kiemelt kutatási terület

2010. november 2.



„Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen”
TÁMOP-4.2.1/B-09/11/KMR-2010-0002
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Készítette:

Antal Péter (Bioinformatika)

Jobbágy Ákos (Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában)

Jobbágy Andrea (Környezeti károk helyreállítása, szennyvíztisztítás)

Keglevich György (Környezetkímélő technológiák)

Marosi György (Integrált egészségvédelmi- és gyógyszer-technológiák)

Salgó András (Biogyógyszerek, biokatalitikus technológiák, bioanalitika)

Szarka András (A kiemelt kutatási terület vezetője)

Tömösközi Sándor (Élelmiszer, mezőgazdasági és ipari biotechnológia)

Véleményezte:

Bánhegyi Gábor, egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem

Bedő Zoltán, MTA r. tagja, igazgató, MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet

Greiner István, igazgató, Richter Gedeon Nyrt.

Mandl József, MTA r. tagja, intézetigazgató egyetemi tanár, NEFMI Egészségügyi Tudományos Tanács vezetője



Tartalomjegyzék

0. Vezetői összefoglaló	5
1. Bevezetés	8
2. Helyzetkép	11
2.1. Biogyógyszerek, biokatalitikus technológiák, bioanalitika	15
2.1.1. Kiemelt nemzetközi trendek, K+F irányok, következtetések	15
2.1.2. Versenytársak, partnerek azonosítás, tevékenység elemzés (nemzetközi/EU/regionális/hazai szintek).....	16
2.1.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltétel rendszerének elemzése	16
2.2. Élelmiszer, mezőgazdasági és ipari biotechnológia.....	18
2.2.1. Kiemelt nemzetközi trendek, K+F irányok, következtetések	18
2.2.2. Versenytársak, partnerek azonosítása, tevékenységük elemzés	22
2.2.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltételrendszerének elemzése.....	22
2.3. Bioinformatika	24
2.3.1. Kiemelt nemzetközi trendek, K+F irányok, következtetések	24
2.3.2. Versenytársak, partnerek azonosítás, tevékenység elemzés	25
2.3.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltétel rendszerének elemzése	25
2.4. Környezetkímélő technológiák – környezetterhelés csökkentése, szennyezés megelőzése	26
2.4.1. A kiemelt terület nemzetközi trendjei, K+F fejlődési irányok, következtetések	26
2.4.2. Együttműködő partnerek azonosítása	26
2.4.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltételrendszerének elemzése.....	27
2.5. Környezeti károk helyreállítása, szennyvíztisztítás	28
2.5.1. Nemzetközi trendek	28
2.5.2. Versenytársak/partnerek.....	29
2.5.3. A BME jelenlegi tevékenysége.....	29
2.6. Integrált egészségvédelmi- és gyógyszertechológiák.....	31
2.6.1. A terület nemzetközi trendjei.....	31
2.6.2. Versenytársak, potenciális együttműködő partnerek	31
2.6.3. A BME jelenlegi tevékenysége, feltételrendszere	32
2.7. Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában.....	33
2.7.1. Nemzetközi trendek	33
2.7.2. Versenytársak/partnerek.....	33
2.7.3. A BME jelenlegi tevékenysége.....	34
3. SWOT analízis	35
4. Jövőkép, vízió	36
5. A stratégiaalkotás alapelvei	37
6. A kiemelt szakmai területek fejlesztési stratégiája	38
6.1. Biogyógyszerek, biokatalitikus technológiák, bioanalitika	38
6.2. Élelmiszer, mezőgazdasági és ipari biotechnológia.....	41
6.3. Bioinformatika	45
6.4. Környezetkímélő technológiák (környezetterhelés csökkentése, szennyezés megelőzése)	47
6.5. Környezeti károk helyreállítása, szennyvíztisztítás	49

6.6.	Integrált egészségvédelmi- és gyógyszer technológiák.....	52
6.7.	Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában.....	54
7.	Innovációs potenciál és erőforrások fejlesztése	56
7.1.	Humán erőforrásigény, annak biztosítása.....	56
7.2.	Infrastrukturális feltételek fejlesztése.....	58
7.3.	Tudományos eredmények hasznosítása	61
7.4.	Külső ipari és intézményi kapcsolatrendszer	63
7.5.	BME Kiemelt kutatási területeinek kapcsolatrendszere (Belső kapcsolatrendszer, innovációs mátrix).....	65
8.	Forrásigény, finanszírozás, pénzügyi terv	66
8.1.	A tervezett fejlesztések költségeinek becslése	66
8.2.	A lehetséges források azonosítása, tervezése, kapcsolódás a nemzeti/EU/nemzetközi támogatási/együttműködési rendszerekhez.	67
8.3.	A forrásszerzés képességének fejlesztése	68
9.	Ütemezés.....	69
10.	Monitorozás.....	70
11.	Hatáselemzés	71
12.	Fogalomtár.....	72
13.	Forrásdokumentumok	74



0. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A **biotechnológia** vitathatatlanul a XXI. század legdinamikusabban fejlődő tudományterületeinek egyike.

Mi áll ennek a dinamizmusnak a hátterében?

Az ipari fejlődés gondoskodik egyre magasabb szintű életminőségünkről. A technikai vívmányok adta lehetőségeket azonban csak akkor tudjuk élvezni, ha **EGÉSZSÉGI** állapotunk is minél magasabb szintű.

A biotechnológia a hozzá kapcsolódó partnerterületekkel (egészség- és környezetvédelem) ezt az igényt hivatott minél jobban kiszolgálni.

Hogyan?

1. A megelőzés terén gondoskodik

- arról, hogy mindenki a számára legmegfelelőbb, egészségét leginkább támogató, biztonságos ételmszerhez jusson (**személyre szabott diéta, ételmszerbiztonság**)
 - az igényeinek megfelelő mennyiségű ételmszer, ételmszer alapanyag álljon rendelkezésre (**agrár-biotechnológia**)
 - a káros anyagoktól mentes, egészséges környezetről, melyet a termékek környezetkímélő technológiákkal történő előállításával (**zöld kémia**), környezetbarát termékek fejlesztésével, a melléktermékek hasznosításával, illetve a termelődő szennyezőanyagok minél hatékonyabb eltávolításával biztosíthatunk (**környezeti biotechnológia**)
2. A betegségek minél **korábbi, hatékony diagnosztikájával** a pontos diagnosztikát követő **személyre szabott terápiával**, melybe a pácienseket is bevonja.

Ez elképzelhetetlen,

- szelektív, érzékeny, nagy áteresztőképességű analitikai, diagnosztikai, képalkotó eljárások nélkül
- a kapott eredmények hatékony feldolgozása (**bioinformatika**) nélkül
- célzott gyógyszermolekulák, hatóanyagok támadáspontjának jóslása és ismerete nélkül
- a gyógyszermolekulák hatékony szintézise, biotechnológiai úton történő előállítása nélkül (**ipari biotechnológia**)
- a molekulák hatékony kisserelése, formulálása (**nanobiotechnológia**) nélkül
- az idősödő és/vagy gyengébb egészségi állapotú emberek otthoni ápolását segítő **műszerek, infokommunikációs** eszközök segítsége nélkül

Mindezt figyelembe véve nem csoda, hogy a biotechnológiai szektor – örvendetes módon a magyar biotechnológiai szektor is – robbanásszerű fejlődésen ment keresztül az elmúlt két évtizedben. Az Európai Unióhoz 2003 után csatlakozó országok közül a magyar biotechnológiai ágazat mind minőségi, mind mennyiségi oldalon kitűnik. A klasszikus környezetvédelmi és (gyógyszer)ipari alszektorok idősebb, konszolidáltabb alszektorok, és inkább piaci fázisban vannak. Ezek piaci mutatói jóval meghaladják a fiatalabb és inkább kutatás-innovatív fázisban

levő, döntően kisebb méretű vállalatokkal reprezentált egészségügyi és bioinformatikai alszektorokat. Néhány év alatt az országban működő biotechnológiai K+F vállalatok száma tízről mintegy száztízre nőtt. Továbbá fontos tényező, hogy a biotechnológiai ipar erősen export-orientált, termelésének háromnegyedét külföldön értékesíti.

Mindezek alapján bátran kijelenthetjük, hogy a magyar ipar egyik potenciális kitörési pontja lehet a biotechnológiai ágazat. Ez a nagy iramú fejlődés természetes módon a magyar technológiai felsőoktatásra legalább két módon hat. Igény merül fel

1. az iparral együttműködő, az ipar alap- és alkalmazott kutatási illetve innovációs igényeit kiszolgáló központokra.
2. megnövekedett számú szakember képzésére.

A Műegyetem természettudományos, alap és alkalmazott kutatással foglalkozó kutatócsoportjai gyakorlatilag a Biotechnológia fent felsorolt teljes spektrumát lefedik. Így jó alapját képezhetik egy Biotechnológia, Egészség és Környezetvédelmi kutatásokkal foglalkozó egyetemi kutatóhálózatnak, amelyben az egymással együttműködő, egymást kiegészítő kutatócsoportok, egymásra szinergikusan hatva hatékonyabb magasabb szintű kutatással, illetve rokon területre is rálátó, magas szintű tudással rendelkező szakembergárda képzésével járulhatnak hozzá a terület fejlődéséhez.

A BME Biotechnológia Egészség Környezetvédelmi területen 2010-ben indított kutató(egyetemi) programja ennek megfelelően a következő hangsúlyos elemekből áll:

- A Műegyetem biotechnológiai kutatása aktuális, jövőbe mutató kutatási területekre fókuszál. Így például már ezen fejlesztések eredményeképpen megjelenik a molekuláris biológia, biotechnológia az egyetemi kutatási főirányok között. Ezáltal az alkalmazott területek elméleti támogatása megerősödik, a fejlesztések határfoka várhatóan megnő.
- Az egyetemi kutatások harmonizálása révén az átfedő kutatások száma csökken, viszont az egymást kiegészítő, egymásra épülő kutatások száma megnő. Az egyetem kutatócsoportjai között új együttműködések alakulnak ki, a meglévők tovább erősödnek. Az egyetem kiemelt kutatási területei között is kezdettől fogva folyamatos az együttműködés.
- Központi egyetemi kutatási magok (core facility) jönnek létre, ahol magas szintű szakterületi tudás, infrastruktúra található. Így például az új molekuláris biológiai laboratórium segít lefedni az egyetem ezen területtel kapcsolatos kutatási igényét, támogatását.
- A jövőben kiemelt figyelmet szentelünk a hazai és külföldi kapcsolatok kiépítésére ápolására. Kiemelt hazai együttműködő partnereinknek tekintjük a Szegedi Biológiai Központ, a Mezőgazdasági Kutatóintézet, a Semmelweis Egyetem, az Eötvös Lóránd Tudományegyetem, valamint a Corvinus Egyetem partner tanszékeit, kutatócsoportjait.

- Különös hangsúlyt fektetünk az egyetemen, vagy az egyetem közreműködésével kifejlesztett eljárások alkalmazásba történő átvitelét. Így szoros együttműködésre törekszünk a nagy iparvállalatokkal és a terület kis és közepes vállalkozásaival
- Egy kutatóegyetemen nem kaphat másodlagos szerepet az oktatás. Így törekszünk a korszerű technikák, eljárások mihamarabb oktatásba történő bevezetésére, a témalaboros, tudományos diákkört végző hallgatók kutatásba történő bevonására.
- A jövő szakembereinek képzése során fontos szerepet szánunk a megfelelő gyakorlati (ipari) tapasztalatok megszerzésének.
- Mindezen célok kizárólag úgy érhetők el, hogy a kutatókat/oktatókat megfelelő szakudású adminisztratív segédszemélyzet segíti, így levéve a vállalkozóktól a pályázatokkal és kutatással és oktatással együtt járó adminisztratív terheket



1. BEVEZETÉS

Az emberiség a természettudományos és ipari fejlesztések következtében a XXI. század elejére számos problémával sikeresen megküzdött. A higiénia javításával, a védőoltások bevezetésével, és az antibiotikumok segítségével jelentősen csökkenteni lehetett a csecsemőhalandóságot, javult életminőségünk és megnőtt az emberek várható élettartama. Számos probléma azonban még megoldásra vár, vagy pont az ipari fejlődés újabb megoldandó feladatokat hozott létre.

Ilyen probléma többek között a Föld folyamatosan növekvő népességének élelmezése, tiszta ivóvízzel való ellátása, egészséges életkörülményeinek biztosítása.

Az elmúlt két és fél évtizedben bebizonyosodott, hogy az ipari és a mindennapi élet okozta környezetterhelés (károsanyag-kibocsátás) végzetes következményekkel járhat (globális felmelegedés, ózonpajzs elvékonyodása stb.). A felelős vezetők a huszonnegyedik órában hozták meg a szükséges óvintézkedéseket. A jelenkori környezetpolitikák és – stratégiák (nemzeti és nemzetközi szinten egyaránt) a hatékony környezetvédelem két lényeges feltételét, a műszaki-technikai hátteret és az ún. humán feltételeket (jogi-gazdasági szabályozás, oktatás-képzés, kutatás-fejlesztés) egyformán fontosnak tartják.

Fontos szereppel bír a **lakossági környezettudatosság** növekedése, annak az egyre erőteljesebb tudatosulása, hogy az egészséges környezet fontos és ehhez mindenkinek joga van. Ez az erő képes arra, hogy a környezetet szennyező gyártó termékeit a lakosság ne vásárolja meg. Másrészt, a környezeti hatástanulmányok, a káros hatások mérési és predikciós színvonalának növekedésével egyre több olyan jelenség kerül kimutatásra, ami a **szabályzók szigorodásához** vezet. Mindez **sarkallja a fejlődést**, új, költség-hatékony, környezetkímélő módszerek, illetve anyagok kidolgozására, azok különböző technológiák során történő alkalmazására, valamint a hulladékok újrahasznosítására.

A nemzetközi tendenciákat követve a BEK kutatási alprojekt esetében is fel kell vállalni a fenntarthatóság korszerű dimenzióiban való gondolkodást, muníciót adva a képzési-oktatási folyamatnak is. **Nagyon biztonságos és flexibilis tudásra van szükség** ahhoz, hogy a gyártói és az üzemeltetői ítélet biztonságos legyen a technológiák kiválasztásában, és természetesen fontos az is, hogy ezek a technológiák lehetőség szerint itthon kerüljenek kifejlesztésre. Mindebben **a BME szerepe döntő jelentőségű.**

A növekvő népességszám (Föld teljes népesség: 6,866,031,616 fő, 2010 szeptember 1. : <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpopinfo.php>) és az élelmiszernövények más ipari (pl.: bioüzemanyag) történő felhasználása miatt keresletük jelentősen megnőtt. A megnövekedett kereslet, valamint a klímaváltozás, időjárási szélsőségek miatt a jobb terméshozammal és nagyobb stressz-tűrőképességgel (pl.: szárazság, fagy) rendelkező növények iránti igény nagyobb, mint valaha. A termesztett növények védelme is kulcsfontosságú, melyet a korábban ismertett környezetvédelmi okok és szigorodó élelmiszerbiztonsági előírások miatt új még szelektívebb rovarellenes szerekkel kell megoldanunk.

A már említett örvendetes élettartam növekedés a fejlett iparú országokban hangsúlyosabban érezteti hatását. A várható élettartam emelkedésével nő az idősök részaránya a teljes népességen belül. A 60 év felettiak részaránya 2005 és 2050 között közel megduplázódik (2005/2050: Japán 26%/42%, Németország 25%/35%, Kína 11%/31%, USA 17%/26%). A társadalom egyénekre fordított egészségügyi kiadásait a lakosok életkora szerint rendezve erőteljes emelkedés mutatkozik 40 év (nők) – 50 év (férfiak) fölött.

Az 1000 főre jutó orvosok száma 2006-ban az USA-ban 2,3 Görögországban 4,4 Kubában 5,9 volt. Ez nem azt jelenti, hogy Kubában jobb az egészségügyi ellátás, mint az USA-ban, hanem azt, hogy az USA-ban, ebben a szektorban hatékonyabb a műszaki/technológiai segítség. Az egészségügyi költségek hatékonyabb elosztása kényszerítette ki Japánban is az otthoni egészségállapot figyelés és ellátás kiterjesztését. Magyarországon is hatékonyabb lehet az egészségügyi ellátás megfelelő mérnöki módszerek alkalmazásával. Nem véletlen, hogy az új Széchenyi tervben az egészségipar az egyik kiemelt terület. („Ez az ágazat az egyik legígéretesebb lehetőség a kitörési pontok között. Az orvosi technológiai szektor – nemzetközi rövid nevén medtech szektor – több pénzügyi válságot viszonylag könnyen átvészelt, az USA és Európa összesített statisztikái szerint 2007-hez képest a jelenlegi válság ellenére is 11%-kal nőtt a szektor teljes árbevétele, meghaladva a 289 Mrd USD összeget.”)

Az iparosodás kiváltotta környezeti állapot romlása fokozza a hajlamot a különféle betegségekre. A kor előrehaladtával a különféle demenciák (pl. Alzheimer kór) valószínűsége növekszik, a káros környezeti hatások miatt pedig a légúti megbetegedések (pl. asztma) valószínűsége nő világszerte. Napjaink további égető egészségügyi problémája a patogén baktériumok rezisztenssé válása a legerősebb antibiotikumokkal szemben is. E patogén baktériumok okozta fertőzésekben csupán az USA-ban évente több mint 19.000 ember hal meg, amely szám felülmúlja az AIDS-ben, Parkinson kórban, tüdőátulásban és gyilkosságok következtében elhunytak összesített számát. E betegségek legyőzésére egyre hatékonyabb gyógyászati terápia kifejlesztésére van szükség.

Az intenzív fejlesztés következtében azonban új veszélyek léphetnek fel, amelyek az új technológiák és hatóanyagok nem kellő ismeretéből fakadnak. A gyógyszerjelöltek utóbbi időben tapasztalható nagyfokú sikertelenségében a relatív hatástalanság mellett a gyógyszerbiztonsággal kapcsolatos problémák, aggodalmak is szerepet játszanak pl. a nanomedicina körébe tartozó új készítmények esetében. A gyógyszer-technológiák biztonságosabbá tételét a gyógyítás és egészségmegőrzés egyéb elemeivel integráltan kell kezelni. Ide tartoznak az új gyógyszerbeviteli módok, hatóanyag-leadó implantátumok, gyógyászati eszközök, de a munkaegészségügy, a biztonságtechnika, s a környezetvédelem egészségügyi vonatkozásai is (pl. a gyógyszerek hatása a környezetre), amelyeket a gyógyszer-technológiákkal párhuzamosan kell vizsgálni és fejleszteni. Az e területen elengedhetetlen integráció egyben jelenti az együttműködést az egyetemi stratégia többi irányával, így pl. a biotechnológia, nanotechnológia és az orvosi diagnosztika mérnöki módszereit fejlesztő tevékenységgel. Ez a szemléletmód eredményezhet döntő előrelépést az életminőségben.

A XXI. század emberének legfőbb kihívása tehát az élelmezési, egészségügyi és környezeti fenntarthatóság. Erre a hármas problémacsoportra igyekszik megoldási javaslatot adni a modern biotechnológia. Nem csoda, hogy a biotechnológiát a világ minden részén igen gyorsan fejlődő és ígéretes tudományterületnek tartják és méltán kapta a „reménység technológiája” nevet. Ettől kevésbé költői, de pontosabb definíciót ad a 32 fejlett ipari országot tömörítő OECD:

„A tudomány és a technológia alkalmazása élő szervezeteken, azok részein, termékein vagy modelljein azzal a céllal, hogy megváltoztassunk élő, vagy élettelen anyagokat tudás, termék, vagy szolgáltatások létrehozásáért.”



2. HELYZETKÉP

A biotechnológia eddig két intenzív korszakot élt meg. Mind a két korszakot a biotechnológia eszköztárának fejlődése idézte elő. Az elsőt a XIX, XX. század fordulóján az anyagcsere-utak leírása initiálta. A másodikat a XX. század végén elsősorban a rekombináns DNS technika és a köréje épülő technikai, bioinformatikai háttér váltotta ki.

A XXI. század elején a modern biotechnológia által alkalmazott eszközöket öt nagy csoportra bonthatjuk:

1. Molekuláris biotechnológia
 - 1.1. géntechnikák (DNS és RNS): genomika, farmakogenomika, génmérnökség, génterápia, vírusvektorok.
 - 1.2. fehérjetechnikák: proteomika, fehérjemérnökség, immunológia
2. Sejt és szöveti biotechnológia: sejt és szövetkultúrák, szövetépítés, embriómanipuláció.
3. Anyag feldolgozási biotechnológia: bioreaktoros fermentáció, biológiai kinyerés, biofiltráció, bioremediáció.
4. Bioinformatika: genomikai/proteomikai információk feldolgozása, komplex biológiai folyamatok (pl.: rendszerbiológia) modellezése
5. Nanobiotechnológia: nano/mikrogyártási módszerek alkalmazása a biotechnológiai alkalmazási területeken

Az eszköztár továbbfejlesztése, adaptálása rokon területeken kifejezetten kutatásintenzív területté teszi a biotechnológiát. Így nem csoda hogy kezdetben individuális kutatókhoz, intézetekhez kötődött a biotechnológiai ipar kialakulása, és mind a mai napig igen szoros a biotechnológiai ipar kapcsolata a kutatóintézetekkel. Az sem meglepő, hogy a biotechnológiai cégek a bevétel 40-50%-t visszaforgatják K+F célokra.

Az eszköztár fejlesztése és különböző célokra történő adaptálása számos tudományterület részvételét kívánja meg, a biotechnológia tipikusan multidiszciplináris. A legfontosabb tudományterületek a biokémia, genetika, információ technológia és a mérnöki tudományok.

Ezen eszköztár nyújtotta lehetőségek az élőlények gyakorlatilag teljes körét érintik. Nincsenek éles határok, gyakran előfordul, hogy egy humán gyógyászati célra kifejlesztett technika az agrár szektorban is (esetleg még jobban) használható. A biotechnológia szektorokra osztása, így nem az alkalmazott technikák, hanem a cél (a létrehozott termék) szerint történik. Természetesen, mint minden felosztás ez is önkényes és az egyes biotechnológiai szövetségek, társaságok felosztása kis mértékben eltér egymástól. Általában a következő területeket különböztetik meg:

1. Egészségügyi
2. Agrár
3. Élelmiszer
4. Természeti erőforrások

5. Környezetvédelmi
6. Ipari feldolgozás
7. Bioinformatika

A világ első három biotechnológiai nagyhatalmát (EU, USA, Japán) megvizsgálva elmondható, hogy a szektorok közül eltérő mértékben, de gyakorlatilag minden ország esetében az egészségügyi a domináns (1-3. táblázat).

1. táblázat. A biotechnológiai iparágak százalékos megoszlása ágazatonként (2006)

	Egészség- ügy	Mező- gazdaság	Élelm. és Italipar	Természeti erőforrások	Környezet	Ipari termelés	Bio- informatika	Egyéb
Lengyel- ország (2007)	100	-	-	-	-	-	-	-
Svéd- ország	88	5	-	-	5	2	-	-
Ausztria	80	3	8	-	-	5	4	-
Kanada (2005)	58	20	8	4	6	-	1	3
*Belgium (Flandria, 2007)	55	20	-	-	4	14	7	-
Belgium	53	9	8	2	9	11	7	1
Ausztrália	47	14	5	4	7	8	10	5
Német- ország (2007)	44	5	-	-	3	4	4	40
Dél-Afrika	39	37	4	4	6	-	1	9
Brazília (2007)	35	23	-	4	14	-	-	24
*Korea	32	3	23	-	15	6	6	15
Új-Zéland (2007)	22	18	17	-	8	15	12	8
Fülöp- szigetek	12	38	15	8	-	20	7	-

* Belgium (Flandria), “**Mezőgazdaság**” magában foglalja a “Élelmiszer és italipar” kategóriát is.

* Korea, “**Mezőgazdaság**” magában foglalja a “Természeti erőforrások” kategóriát is.

Forrás: OECD, Biotechnology statistics database, January 2009.

2. táblázat. A japán biotechnológiai piac alakulása 2001/2010-ben (egység: ¥ x 10⁹)

SZEKTOR	2001	2010	ÉVES NÖVEKEDÉSI RÁTA
Egészségügy	536	8,400	36%
Agrár-élelmiszeripar	367	6,300	37%
Bioeljárások	244	3,600	35%
Környezet-és erőforrásgazdálkodás	3	600	80%
Bioeszközök	140	3,100	41%
Bioinformatika	29	2,200	62%
Szolgáltatások+Egyéb	26	800	46%
Összesen	1344	25,00	38%

forrás: METI 2002

3. táblázat A biotechnológiai piac vezérágazatai és kulcstermékei

Szektor	Részesedés	Termék
Egészségügy	40%	Eritropoietin(EPO), Granulocita kolónia-stimuláló faktor (G-CSF), Monoklonális antitestek, Növekedési hormonok
Agrár-élelmiszeripar	27%	Kukorica, Funkcionális élelmiszerek, Különleges táplálkozási célú élelmiszerek
Bioeljárások	18%	Élelmiszeripari enzimek, Detergens
Bioeszközök	10%	Bioszenzorok, Analitikai eszközök
Bioinformatika	-	Bioremediáció
Szolgáltatások	2%	

A hagyományos egészségügyi ellátás a betegség tüneteinek megjelenésekor indul. A jellemző eljárás: vizsgálatok1 – diagnózis1 – terápia1 – vizsgálatok2 – diagnózis2 – terápia2 - A vizsgálatok a rendelőben/laborban/kórházban történnek. Az ellátás a betegségek tipikus lefolyását és a betegek passzív részvételét feltételezi. Az ilyen ellátást az öregedő társadalmak nem képesek fenntartani. A fejlett országok nagyobb súlyt fektetnek a megelőzésre és számítanak a páciensek aktív részvételére az egészségügyi ellátó helyeken kívül is.

A páciensek akkor képesek saját egészségük fenntartása érdekében aktívan közreműködni, ha ehhez megfelelő, szakértelmet nem igénylő eszközökkel látják el őket. Az

ilyen eszközök és mérési/kiértékelési módszerek fejlesztésére az egészségipar jelentős erőforrásokat fordít.

A megelőzés, a diagnosztika és a terápia is sokkal hatékonyabb, ha a lehetséges mértékig személyre szabott. Az ezt segítő eljárások kutatása/fejlesztése az egészségipar másik kiemelt területe.

A Műegyetem biotechnológia, egészség és környezetvédelmi stratégiájának készítésekor két dolgot kellett figyelembe vennünk: a nemzetközi irányvonalakat és a műegyetemi sajátosságokat, milyen területen tud a BME nemzetközi szinten megjeleníteni. A Műegyetem molekuláris biotechnológiai vonala gyengébb, műszerfejlesztési, gyógyszer-szintetikus, alkalmazott szennyvízkezelési vonalata az átlagnál erősebb. Ennek megfelelően a Műegyetem erre a területre specializálódott kutatóhálózatát hét szektorra bontottuk:

- 1. Biogyszerek, biokatalitikus technológiák, bioanalitika**
- 2. Élelmiszer, mezőgazdasági és ipari biotechnológia**
- 3. Bioinformatika**
- 4. Környezetkímélő technológiák – környezetterhelés csökkentése, szennyezés megelőzése**
- 5. Környezeti károk helyreállítása, szennyvíztisztítás**
- 6. Integrált egészségvédelmi- és gyógyszer-technológiák**
- 7. Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában**

Ahogy az korábban is említést nyert a biotechnológia több tudományág integrációjából létrejött, rendkívül szerteágazó terület. Így az általános helyzetelemzésen túl a következőkben szeretnénk ismertetni az egyes műegyetemi szektorok specifikus helyzetét.

2.1. Biogyógyszerek, biokatalitikus technológiák, bioanalitika

2.1.1. Kiemelt nemzetközi trendek, K+F irányok, következtetések

Napjainkra a genomika és proteomika eredményei rávilágítottak arra, hogy az emberek nem tekinthetők uniform élőlényeknek. Ez a biológiai különbség rendkívül fontos szerepet kap az egyes betegségek megfelelő terápiájának beállításakor, hisz a különböző egyének eltérően reagálnak a különböző gyógyszerekre, illetve az egyes gyógyszerek ugyanazon dóziséra. A következő években, évtized(ek)ben várhatóan analizálhatók lesznek a terápiák egyes páciensekre gyakorolt hatásának részletes eredményei. Így igen fontos szerepet kap a személyre szabott orvoslás, amely ma a terület feltétlenül egyik iránymutató trendje. Ha ugyanis pontosan megállapítható az adott páciens válaszreakciója az adott terápiára, akkor a páciensek esetében egyedileg beállíthatóak a terápiás protokollok (egyedi finomszabályozás válik lehetségessé). Ezen folyamathoz ma már rendelkezésre állnak a technikák, és a ezek nagyarányú felhasználása a fajlagos költségeket is csökkenti fogja. A személyre szabott terápiák óriási előnye a káros mellékhatások csökkentésének lehetősége.

A mellékhatások csökkentésének másik lehetősége, hogy magukat a sejteket bírjuk hatékonyabb mellékhatás ellenes stressz-adaptációra. A sejtek alkalmazkodóképességét tanulmányozva, esetleges fokozásuk révén lehetőség adódik, arra, hogy például gyógyszerek (xenogén stressz), vagy különböző endogén ártalmak (pl.: magas cukorszint következtében kialakuló ozmotikus, oxidatív stressz, vagy örökletes neurodegeneratív eltérések) következtében kialakuló stresszt csökkentsük. Így a sejt saját adaptációs védekező folyamatait használjuk fel ezek leküzdésére. Nem csoda, hogy igen intenzív kutatás folyik ezen a területen is.

Gyógyszeripari technológiai oldalon egyértelmű irányvonal, hogy az új gyógyszer-molekulák előállítása során egyre nagyobb arányban jelennek meg a biotechnológiai úton előállított komponensek, termékek. Ez nem csoda, hiszen a szelektív biokonverziós módszerek segítségével, új biokatalizátorok fejlesztésével nagy hatékonyságú, biospecifikus, nagyobb stabilitású, szelektív módszerek használhatók gyógyszer előállítási célokra. Egyre növekvő igény mutatkozik az ún. „bioszimiláris” termékek előállítására is.

Ez a biotechnológiai alapú gyógyszer, ill. hatóanyag előállítás egyre növekvő mértékben igényli új fermentációs módszerek, a gyógyszer előállítási folyamat ellenőrzésére és irányítására alkalmas módszerek fejlesztését. A bioanalitikai módszerek fejlesztése területén az új érzékelési mechanizmusok, a specifikus, nagy érzékenységű bioszenzorok és a mikroanalitikai módszerek és rendszerek fejlődése forradalmian gyors és előremutató irány. A nagy áteresztőképességű, hatékony analitikai eljárások lehetővé teszik a ténylegesen, vagy közel valós idejű elemzéseket nemcsak a gyógyszer előállítás, hanem az orvosi diagnosztikai területeken is, mely a személyre szabott terápia egyik kulcseleme, előfeltétele.

A stabilitás és hatékonyság növelésének egyik iránymutató vonala a különféle formulálási módszerek és anyagok fejlesztése.

2.1.2. Versenytársak, partnerek azonosítás, tevékenység elemzés (nemzetközi/EU/regionális/hazai szintek)

A személyre szabott terápia, stressz-adaptáció tanulmányozása területen alapvető partnereink az MTA SzBK Enzimológiai Intézete, az ELTE Biokémiai Intézete, az SE Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Patobiokémiai Intézete,

A biogyógyszer fejlesztés, előállítás épp a nagy hozzáadott érték és a piaci előny megőrzése miatt a kutatók/fejlesztők és gyártók/ipar rendkívül szoros és titoktartási kötelezettségekkel körülbástyázott területét jelentik.

A biogyógyszer fejlesztési területen alapvető partnereink a hazai gyógyszergyárak (Richter Gedeon Rt, EGIS Rt, Sanofi-Aventis Chinoin), és szoros együttműködést folytatunk az ellenőrzési és szabályozási folyamatokban alkalmazható műszerfejlesztések területén tevékenykedő vállalkozásokkal.

A bioanalitikai kutatás-fejlesztésekben az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézete, a SE Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Patobiokémiai Intézete valamint a BME Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszéke képezi együttműködéseink alapját. A résztvevő kutatócsoportok széles nemzetközi együttműködésekkel rendelkeznek, EU keretprogramokban, nemzetközi kooperációkban, hazai K+F programokban (Jedlik, Baross, stb.) OTKA kutatásokban rendkívül aktívak. Ipari kutatásaik révén jelentős K+F tapasztalattal rendelkeznek.

2.1.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltétel rendszerének elemzése

A BME tradicionálisan kiváló K+F kapcsolatokkal rendelkezik a hazai gyógyszergyárak tekintetében, és mint a hazai biomérnök képzés megalapítója (1974), és azóta is hazai első számú képzési központja kitüntetett helyzetben van. A BME által az elmúlt 30 évben kibocsátott biomérnökök ma a hazai gyógyszeripar „biotech” ágazatának fontos fejlesztői.

Ugyanakkor számolni kell a területen jelentős számban növekvő versenytársak megerősödésével. A terület különleges tulajdonsága hogy multidiszciplináris jellegéből fakadóan egyszerre igényli a gyorsan fejlődő „bio” területek (molekuláris biológia, mikrobiális genetika, molekuláris farmakológia stb.) és a szintén gyorsan változó műszaki területek (biotechnológiai műveletek és folyamatok, bioreaktorok, analitikai módszerek, mérés-technikai eljárások stb.) ismereteinek integrálását.

Az ilyen „integrált tudásfejlesztés nem csak a K+F feladatok megoldásához szükséges, az ipari partnerek részéről is óriási igény jelentkezik ezen ismeretek iránt.

Az alapvető tudásbázis és fejlődés készsége meg van a BME-n, azonban a humán erőforrás fejlesztése elsősorban a „bio” területek tekintetében alapvető fontosságú.

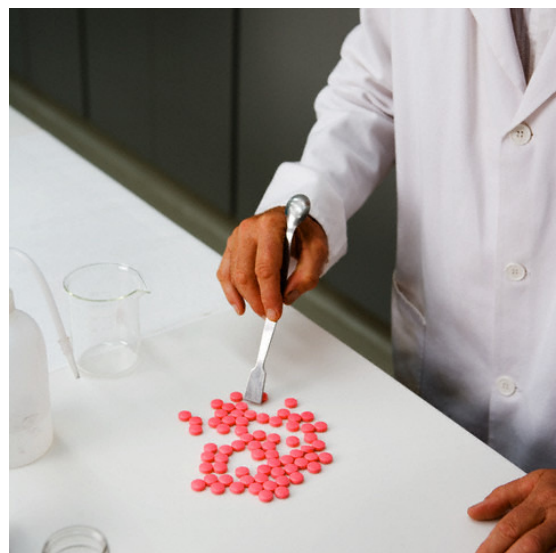
A humán erőforrás fejlesztést elsősorban a poszt dok és fiatal senior kutatók tekintetében tartjuk elengedhetetlennek.

A kutatási infrastruktúra fejlesztésében a verseny következtében szinte kényszer hogy a molekuláris genetikai, molekuláris biológiai terület folyamatosan megújuljon, a legújabb technikák elérhetőek legyenek, vagyis az infrastruktúra ezen része folyamatos fejlesztést igényel.

A fermentációs technológiai K+F terület alapvető infrastruktúrája rendelkezésre áll, a fejlesztés legfontosabb iránya a léptéknövelés megvalósításához szükséges „pilot scale” berendezések és eszközök telepítése.

Az analitikai terület alap infrastruktúrája rendelkezésre áll, ugyanakkor a nagy műszerpark folyamatos fejlesztése (LC-MS, MS-MS, NMR, XDS) a modern képképző eljárások és a valósídejű érzékeléshez szükséges eszközök bővítése elengedhetetlen.

A K+F eredmények hasznosítása az elsődleges nemzetközileg elismert publikációs tevékenységen túl sajnos kis hatékonysággal valósul meg. A konkrét termékek, eljárások, technológiák formájában történő hasznosítást támogatja néhány ipari partner vezetésével zajló nemzeti projektünk. Az eredmények iparjogvédelmi szempontból való hasznosítását azonban csak egy hatékony szervezeti struktúra kialakításával látjuk megvalósíthatónak.



2.2. Élelmiszer, mezőgazdasági és ipari biotechnológia

2.2.1. Kiemelt nemzetközi trendek, K+F irányok, következtetések

Az élelmiszerfogyasztás alapvető élettani igényeket elégít ki. Ilyen tekintetben az ún. „agro-food” szektor minden országban és közösségben speciális helyet foglal el a gazdasági területek között, a termelésbiztonság feltételrendszerének megteremtése stratégiai kérdés. Az érintett gazdasági területek profilját, hatékonyságát, jövedelmezőségét az elmúlt évtizedekben számos tényező jelentősen befolyásolta, illetve megváltoztatta.

- A klímaváltozás: A klimatikus viszonyokhoz, a környezeti stresszhez jobban alkalmazkodó növényfajtákra, és a kártevők/betegségek környezetkímélő kezelési módszereinek megoldására van szükség
- Megújuló energiaforrások: A gazdasági racionalitás mellett a növényi alapanyag felhasználásán alapuló energiatermelés élelmiszertartalékokra gyakorolt hatásai is ráirányították a figyelmet a komplex, környezetkímélő, a melléktermékek hasznosítását is magába foglaló feldolgozási és termék előállítási technológiák fejlesztésének és alkalmazásának fontosságára.
- Fehér biotechnológia: Az utóbbi években a kőolaj finomítók mintájára megalkották a „biofinomító” kifejezést, amely alatt olyan „bio-kombinát”-ot értenek, amely megújuló alapanyagokból állítja elő a technológia nyersanyagait és a szükséges energiát, hasznosíthatatlan melléktermékek keletkezése nélkül. Nyilvánvaló, hogy ilyen megoldások kidolgozása és alkalmazása tudás és tökekonzentrációt igényel.
- Élelmiszer ellátás biztonsága: A népességnövekedés és az ipari feldolgozás növekedése az élelmiszer alapanyag tartalékok drasztikus csökkenéséhez és a költségek növekedéséhez vezetett. Így a fejlettebb országokban is újra megoldandó kérdésként merül fel az élelmiszer ellátás biztonsága.
- Élelmiszerbiztonság: Fenntartása törvényi kötelezettség. Ugyanakkor a szükséges eszközrendszer nem minden esetben áll rendelkezésre. Ilyen terület például a civilizációs betegségnek számító allergia és érzékenység, ahol a klinikumtól az analízisen át a termékgyártásig számos terület tisztázásra vár.
- Az élelmiszerfogyasztás társadalmi funkciója: népbetegségek okainak azonosításával, illetve az ezek kezelésére fordított források nagyságrendjének elemzésével egyértelművé vált, hogy megelőzésük a humán értékek mellett társadalmi és gazdasági jelentőséggel is bír. Ebben a folyamatban a táplálkozás kulcsszerepet tölt be.

A mezőgazdasági és élelmiszeripari termék előállítás két további jellegzetességét is célszerű figyelembe venni a stratégiaalkotás folyamatában:

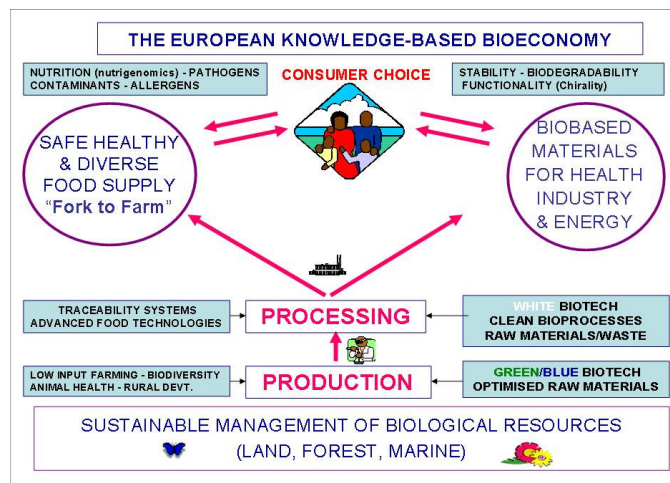
- Kis és középvállalkozások szerepe: részvételi arányuk minden más gazdasági szektorénál magasabb, ezért a szektor a foglalkoztatás biztosításában is jelentős szerepet játszik. A KKV-k tőkeereje, piaci alkalmazkodó képessége, a fejlesztés humán és infrastrukturális feltétele rendkívül korlátozott.

- Kutatás-fejlesztés és innováció iránya és jellege: ritka a nagy áttörést hozó, publikálható tudományos eredmény, szabadalmaztatható termék, nagy volumenben értékesíthető technológia vagy eljárás. Sokkal jellemzőbb a kis lépésekben történő fejlesztések sorozata, melyek hajtóereje az egyébként is kis jövedelmezőséget tartalmazó termelés költségeinek csökkentése és a sok esetben csak lokális fogyasztói igények kiszolgálása. Az élelmiszeripari innovációs háttér formálásakor a KKV szektor igényeit és lehetőségeit figyelembe kell venni.

Az országok, közösségek és a régiók kialakították a problémák kezelését célzó közép és hosszú távú általános és ágazati fejlesztési stratégiáikat, és elkészítették az azok végrehajtására vonatkozó megvalósíthatósági tanulmányokat. A projektben vázolt fejlesztési elképzelések megvalósíthatóságát döntően a hazai és az európai környezet befolyásolja, ezért a továbbiakban csak ezen stratégiák kapcsolódó irányait elemezzük.

Az EU alapvetői víziója a Lisszaboni Stratégia mentén a tudásalapú biogazdaság megteremtését fogalmazza meg (1. ábra). A stratégiai célkitűzések az alábbi kihívások kezelését célozzák:

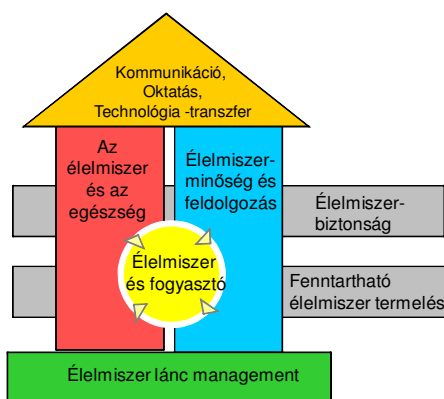
- Biztonságos egészségtámogató és jó minőségű élelmiszerek előállítása
- Fenntartható termelés, megújuló bionyersanyagok biztosítása a termék előállítás környezethatékonyságának biztosítása
- Az állati és növényi betegségek terjedésének megállítása, az élelmiszerfogyasztással kapcsolatos rendellenességek előfordulási gyakoriságának csökkentése
- Fenntartható és biztonságos mezőgazdasági termelés biztosítása, a klímaváltozás hatásainak kezelése.



1.ábra: A tudásalapú biogazdaság kialakításának modellje [8]

A célkitűzések megvalósításának támogatásához az EU 7. Keretprogramja az „Élelmiszer, mezőgazdaság és biotechnológia” tematikus programjában meghirdetett akciókban rendel forrásokat. Szintén a keretprogramon belül készültek el az EU harmonizált ágazati stratégiai is. A növénytermesztés fejlesztési irányait a „Plants for future” Európai Technológiai Platform Stratégiai Kutatási Terve jelöli ki. A élelmiszerágazat közép- és hosszú távú programját a „Food for Life” Technológiai Platform stratégiai dokumentuma és megvalósíthatósági tanulmánya

tartalmazza (2.ábra). A növényi alapanyag feldolgozásával kapcsolatos, illetve az ipari biotechnológiai fejlesztések vízióját és középtávú elképzeléseit az EU Fenntartható Kémia Platformjának *“Innovating for a Better Future”* című stratégiai anyagban, illetve az ez alapján kidolgozott megvalósítási tervben találhatjuk. Ennek egyik háttéranyagaként készült a fehér biotechnológia jövőjére vonatkozó elképzeléseket tartalmazó *“Industrial or White Biotechnology: A driver of sustainable growth in Europe”* kiadvány. Az EU stratégiaalkotás folyamata mentén megalakuló nemzeti platformok stratégiai anyagai is elkészültek, illetve készülnek. Projekthez közvetlenül kapcsolódó nemzeti platformok listáját az 1. táblázat tartalmazza.



2. ábra: Az Élelmiszer az Életért Európai Technológiai Platform víziójának teljesítéséhez szükséges fejlesztési területek ^[9]

Valamennyi EU és nemzeti stratégia elemzésénél láthatók a tematikus területek közötti jelentős átfedések, amely sokadszorra alátámasztja a kutatások multidiszciplináris jellegét, és az együttműködés fontosságát. Ezt a későbbiekben az egyetemi stratégia kialakításánál is alapvetésként kell kezelnünk. Ugyancsak horizontális elemként jelenik meg valamennyi anyagban a kutatási és innovációs feltételrendszer javítására, harmonizálására és hatékonyságának növelésére irányuló tevékenységek tervezése.

Biotechnológiai Nemzeti Technológia Platform
Mobilitás és Multimédia Nemzeti Technológiai Platform
Integrált Mikro/Nanorendszerek Technológiai Platform
Magyar Halgazdálkodási Technológiafejlesztési Platform
Az „élelmiszer az életért” Magyar Nemzeti Élelmiszer-technológiai Platform működésének megerősítése
Genomikai Nemzeti Technológiai Platform
NESSI-Hungary Szoftver és Szolgáltatások Nemzeti Technológiai Platform
eVITA Nemzeti Technológiai Platform működésének megerősítése
Fenntartható kertészet- Versenyképes Zöldségágazati Platform

1. táblázat: Innovációs Alapból finanszírozott Magyar Nemzeti Technológiai Platformok felsorolása (www.nkth.gov.hu)

Az idézet forrásokban kijelölt, a projektünk szempontjából releváns egyes fejlesztési irányok például:

- Az élelmiszertermelés számára elegendő, változatos és jó minőségű növényi alapanyagok fejlesztése és termesztése
- A fenntartható élelmiszertermelés. A gazdasági növekedés a környezetvédelem és a társadalmi hatások összehangolása
- Biztonságos növényi alapanyag termesztése, nyomon követése és ellenőrzése takarmány és élelmiszer előállítás céljából
- Egészségtámogató, illetve speciális fogyasztói csoportok igényeit kielégítő új növényi alapanyagok fejlesztése
- Élelmiszertermék és technológia fejlesztés
- Táplálkozástani kutatások
- Élelmiszerbiztonság
- Táplálkozás-egészség-életminőség kapcsolata
- Egészségvédelem: civilizációs betegségek (allergia, fertőző és daganatos betegségek); demográfia, egészségügyi kiadások növekedése

A kutatás-fejlesztési elképzeléseink megvalósíthatóságát alapvetően befolyásolja a jelenleg formálódó új nemzeti fejlesztési stratégia, melynek irányvonalait a társadalmi vitára bocsátott Új Széchenyi Terv vitairata tartalmaz. Önmagában a fejlesztési terv központi céljaként megfogalmazott foglalkoztatás bővítése, illetve a KKV-k versenyképességének fejlesztése találkozhat a mezőgazdasági és a élelmiszeripari területek modernizálásával. A teljesség igénye nélkül a projektünkben definiált szakmai célok elsősorban az alábbi nemzeti fejlesztési prioritásokkal hozhatók összefüggésbe:

- Egészségipar
 - o az egészségtudatos életmód feltételrendszerének kialakítása, melynek része a biztonságos és egészségesebb élelmiszerek termelése
 - o a gyógynövénytermesztés, ami együtt kell járjon a feldolgozási technológiák fejlesztésével
 - o zöld és fehér biotechnológia tudás intenzív húzóágazattá történő fejlesztése
 - o a területekhez tartozó K+F+I tevékenység javítása és az oktatás megerősítése
- Zöld gazdaság
 - o megújuló energiaforrások hasznosítása, amelyhez kapcsolható a mezőgazdasági alapanyagok, a megtermelhető biomassza komplex hasznosítása
- Tudásgazdaság-Tudomány, innováció, növekedés
 - o az egészségipar, mint húzóágazatnak minősített terület
 - o a mezőgazdaság és az ezzel kapcsolatos élelmiszeripar adottságainak jobb kihasználása
- Foglalkoztatás
 - o az élelmiszeripar fejlesztésének szükségessége, mint kiemelten nagy létszámú munkaerőt felszívó és KKV-t alkalmazó gazdasági szektor.

Következtetésként megállapítható, hogy a BME tudásbázisán megvalósítható élelmiszermezőgazdaság-ipari biotechnológiai orientációjú fejlesztési elképzelések harmonizálhatók a nemzetközi, Uniós és hazai középtávú fejlesztési stratégiák és az általában 5 éves időtávra szóló cselekvési programokban megfogalmazott szakmai irányokkal. Feladatunk az együttműködések és szakmai konszenzuson alapuló, a humán és infrastrukturális erőforrások hatékony kihasználását célzó, az érintett hazai és nemzetközi szakmai szereplőkkel („steakholder”, vállalkozók, K+F intézmények, állami szektor, nemzetközi szervezetek) egyeztetett részstratégiák és munkaprogramok kialakítása.

2.2.2. Versenytársak, partnerek azonosítása, tevékenységük elemzése

A projekt valamennyi területe önmagában is tudományterületek szoros együttműködését igényli. Az eddig kialakított kapcsolatokat inkább az együttműködés, mint a versengés jellemzi, és ezt a szemléletet a továbbiakban is igyekszünk fenntartani. Az alapkutatási jellegű témák, illetve kutatási irányok esetében meghatározó a nemzetközi és a hazai kutatóhálózatokkal történő együttműködés (pl. ELTE, MTA-MgKI, KÉKI, Semmelweis Egyetem, Szegedi Egyetem, Debreceni Egyetem, BOKU (Ausztria), Howard Hughes Medical Institutes, EMBL Hamburg (Németország), CSIRO (Ausztrália), FICHEM (Dánia)). Ezekkel a kutatóintézeteken értelem szerűen léteznek párhuzamosan művelt területek, egyes érzékeny ponton jelentkezhetnek érdekkülönbségek. Azonban inkább meghatározó az egymás kiegészítő területeken történő együttműködés, tudás és infrastruktúra használat. Projektünkben szereplő témák többségének akár középtávon is értékesíthető alkalmazás-orientált jellegét és innovációs potenciálját mutatja, hogy a fejlesztőintézetek mellett jelentős ipari/gazdasági kapcsolatrendszer is felmutatható. Ezek többnyire hazai vállalkozások (Ubichem Kft, Coopeintern Kft, Bidrog Berta Kft, Campden Kft, Gyermely Zrt, Kite Zrt, Labintern Kft, stb.), meghatározó részük KKV. A gazdasági partnerek nem csak a fejlesztési eredmények hasznosításában, hanem az igények közvetítésében is meghatározó szerepet játszanak. Ugyanakkor fejlesztési igényeik kiszolgálása szemléletváltást, megfelelő rugalmasságot igényel a K+F közösségtől. A nemzetközi jelenlétet, intézményekkel, cégekkel történő együttműködést erősíti a projekt tagjainak EU keretprogramokban történő részvétele is.

2.2.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltételrendszerének elemzése

Az agrárkémiai- és élelmiszeripari valamint az ipari biotechnológia orientációjú felsőoktatás bevezetésében és kutatási feltételek megalapozásában a BME kezdeményező szerepet vállalt. Az oktatási és kutatási tevékenységek sokszínűvé válásával, a tudományterületek fejlődésével, más intézmények bekapcsolódásával és profiljuk specializálásával a BME szerepe és súlya ezeken a területeken, hazai és regionális szinten jelentősen megváltozott, nyugodtan kimondhatjuk, csökkent. Azonban egyes, nagy hagyománnyal, tapasztalattal rendelkező, egyetemünk komplex műszaki, természettudományi és részben gazdasági humán és infrastrukturális adottságát előnyösen használni képes területek megtartása művelése és fejlesztése szükséges és lehetséges is. Megítélésünk szerint a VBK kémiai, biokémiai, molekuláris biológiai tudásbázisának műszaki szemléletű alkalmazása, kiegészülve a rendelkezésre álló vizsgálati/analitikai és technológiai

eszköztárral, illetve más karok/területek (informatika, gépészet, logisztika, nanotudományok, stb.) által kínált kompetenciákkal az országon belül, de a közép-európai szinten is egyedi adottságokat kínál egyes, multidiszciplináris tudást és komplex feltételrendszert igénylő fejlesztések megvalósításához. Meggyőződésünk, hogy a mai alapokon ilyen háttérrel kialakíthatóak olyan fejlesztési területek, melyeken a BME meghatározó, vagy vezető szerepet tölthet be.

A vázolt tématerületeken a BME csoportjai és együttműködő partnerei megfelelő tudásbázissal, vezető kutatói állománnyal és jelenlegi kutatások végzéséhez részben előregedett, de még használható épület és eszköz infrastruktúrával rendelkeznek.



2.3. Bioinformatika

2.3.1. Kiemelt nemzetközi trendek, K+F irányok, következtetések

Az ezredforduló egy tudománytörténeti korszakhatárnak is tekinthető, amikor a XX. század második felére jellemző adat-szegény és számítás-intenzív, szimulációs korszakot egy adat- és számítás-intenzív korszak váltotta fel. Az adatok mennyiségének exponenciális gyarapodása több tudományágban is bekövetkező jelenség, mint például részecskefizikában, asztrofizikában, orvosbiológiában, vagy neurobiológiában.

Az orvosbiológiai mérés technológia fejlődése az utóbbi két évtizedben lehetővé tette számos faj genetikai állományának (genomjának) megismerését és a gének működésének újabb és újabb aspektusára derült fény. A tudományos haladás ellenére azonban a személyre szabott medicina, azaz a személyre (genomra) szabott megelőzés, diagnosztika, gyógyszerek, és gyógykezelés jelenleg még mindig inkább csak lehetőség, mint realitás.

A biológiai adatok mennyiségének és dimenzióinak rendkívül gyors növekedése kikényszerítette, hogy az adatok elemzése elosztottan, az internet segítségével megy végbe, elosztott adat és tudásbázisok, nagyteljesítményű és nagy áteresztőképességű számítási szolgáltatások százainak a segítségével. Az egységesen „bioinformatikának” nevezett terület az adatelemzésnek, adatbányászatnak, a gépi tanulásnak, a tudásmérnökségnek, a mesterséges intelligencia-kutatásoknak, a számítógépes nyelvészetnek és az informatikának is húzóágazata, trend teremtője lett. Ez különösen igaz az ezek integrálását jelentő „intelligens rendszerek” kutatására és fejlesztésére, és a nagyteljesítményű és nagy áteresztőképességű bioinformatikai számítási szolgáltatások fejlesztésére.

A létrejött új kutatási paradigma, az e-science azonban hasonló számítási alapokat igényel, mint akár a modern, empirikus természettudományokat megalapozó matematikai alapok, a kalkulus vagy a matematikai logika. Ezekhez hasonlóan az egyes e-science-re támaszkodó tudományágokban az e-science fogalomrendszere bele fog fonódni a tudományágak gondolkodásmódjába, érvelési, sőt akár bizonyítási rendszerébe is, drasztikusan átalakítva azokat.

Mindazonáltal a nagy-áteresztő képességű módszerek színre lépése nem változtatta meg a biológia és az orvostudományok tudás gazdag voltát. Ez a tudás nyers megfigyelések tárházától indulva magába foglalja az akár automatizált adatelemzés generálta modelleket, a fogalmak önkéntelenül formált előfordulási mintázatait a világhálón és a szakirodalomban, a lektorált szakcikkben javasolt modelleket, a szakértők által épített tudásbázisokat, és a tankönyvbeli szaktudást. Az orvosi és klinikai felhasználás egyre növekvő súlya – az orvosi genomikai felerősödése - a bioinformatikában azonban nyilvánvalóvá tette, hogy a sok absztrakciós szint és sokféle szempont nem várt komplexitást jelent az adatok kiértékelésében. Azaz a nagy-áteresztő képességű módszerek modell-mentes volta felbecsülhetetlen nyereség mérés technikailag, de az adatok értelmezése során a modellkeresésnek az ára is hatalmas számítási és statisztikai komplexitás. Az ehhez kapcsolódó „transzlációs” kutatás és „transzlációs” szűk keresztmetszet az

egyik fő oka az elektronikus tárgyterületi tudás felértékelődésének a genom-utáni korban, mivel azt az ígéretet hordozza, hogy a sok szakértő által elosztottan létező tudás egységesíthető, fuzionáltható, és az adatelemzésben és – a modellmentes mérések után – a modellalkotásban automatizáltan felhasználható személyre szabott medicina fejlesztésének érdekében.

A bioinformatika világbeli és magyarországi helyzetének felmérésére két, több éves kutatás is irányult: a Biotechnológiai Nemzeti Technológiai Platform Bioinformatikai munkacsoportja és a Genomikai Nemzeti Technológiai Platform Bioinformatikai munkacsoportja. Az áttekintésekből a BME szempontjából a bioinformatika kutatási és K+F potenciálja kapcsán a következő magyarországi hiányosságok emelhetők ki országos szinten és élvonalbeli és EU élvonalbeli országokat megvizsgálva:

- Nemzeti bioinformatikai infrastruktúra hiánya.
- M.Sc. és Ph.D. szintű szinergikus bioinformatikai oktatás hiánya.

2.3.2. Versenytársak, partnerek azonosítás, tevékenység elemzés

Klinikai genomikai, genetikai kísérletek tervezése és kiértékelése kapcsán sokrétű kapcsolat alakult ki az SE Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézetével. Pszichogenetikai kutatások kapcsán az SE Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Patobiokémiai Intézetével és az ELTE-PPK, Pszichológiai Intézetével folynak közös kutatások. Farmakogenomikai kutatásokban pedig, az SE Szerves Vegytani Intézetével, és az SE Gyógyszerkutatási és. *Gyógyszerbiztonsági* Centrumával veszünk közösen részt. Nagyteljesítményű és nagyáteresztőképességű bioinformatikai számítási módszerek fejlesztése kapcsán a KFKI RMKI-val folynak közös kutatások.

Megalakulásától fogva munkakapcsolatban állunk a K.U.Leuven egyetem ESAT tanszékének bioinformatikai munkacsoportjával.

2.3.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltétel rendszerének elemzése

A BME-n bioinformatikához explicit módon kötődő kutatások a következők:

- Fehérje interakciós hálózatokat vizsgáló interdiszciplináris kutatások
- Titkosítási algoritmusok és adatvédelmi kapcsolatuk egészségügyi rendszerekben
- Adatbányászat, adattárház építés klinikai környezetben, egészségügyi ellátásban
- Fehérjemodellezés - Szerkezet és funkció
- Bioinformatikai kereső eljárások és cél-adekvát algoritmusok kidolgozása orvos-biológiai feladatokra
- Bioinformatikai adatgyűjtés, elemzés és értelmezés
- Bioinformatikai kísérlettervezés
- Bioinformatikai adatelemzés és értelmezés, személyre szabott gyógyászat

A fenti kutatások mellett természetesen számtalan alkalmazott bioinformatikai kutatás is folyik a kemoinformatikai és bioinformatikai módszerek használatának szükségessége miatt.

2.4. Környezetkímélő technológiák – környezetterhelés csökkentése, szennyezés megelőzése

2.4.1. A kiemelt terület nemzetközi trendjei, K+F fejlődési irányok, következtetések

A témával kapcsolatos fontos törekvések a veszélyes anyagok kiváltása a különféle iparágakban (1), környezetbarát szintézisek és feldolgozások kidolgozása és alkalmazása a szerves vegyipar főbb ágazatai, így a gyógyszer-, a finomkémiai-, a monomer és műanyag-, a textil és színezék-, valamint detergensipar számára, amikoris a zöldkémia 12 (és újabb 12) törvénye a kiindulási- ill. a támpont (2), sztereoszelektív szintézisek kidolgozása „chiral auxiliary”-k alkalmazásával és racém anyagok hatékony enantiomer szétválasztása pl. diasztereomer képzésen vagy. másodrenű aszimmetrikus transzformáción keresztül (3), környezeti hatásvizsgálatok bevonása a tervezésbe a vegyiparban és az építőiparban, anyag- és energiafelhasználás-optimalizálás, természetkímélő technológiák kidolgozása, valamint az építészeti környezeti károk korlátozása (4), a környezetünk szennyezőinek és a szennyezettség mértékének állandó (rendszeres) monitorálása on-line módszerekkel az EU-országokat behálózó mérőhelyeken ideértve az energetikai és különféle ipari gyártási technológiák véggáz tisztítási rendszereinek és berendezéseinek vizsgálatát és hatékonyabb működési feltételeinek biztosítását is (5), a levegő-, víz- és talajszennyezési határértékek alatti kibocsátások elérése (biológiai/biotechnológia módszerekkel is) (6), az újrahasznosíthatóság (recirkuláció) lehetőségét biztosító technológiák kidolgozása a különféle iparágakban (7), a különféle (vegyipari, építőipari és elektronikus) hulladékok kezelése különféle módokon, beleértve a biodegradációt (mikroorganizmusok és enzimek alkalmazásával) és mezőgazdasági hulladékok biomasszakénti hasznosítása (8), továbbá gazdaságtudományi szinten a hatékony környezetvédelem piaci impulzusainak a környezeti ipar gazdaságracionalizáló hatásainak feltárása, ágazati fenntarthatósági elemzések módszertanának fejlesztése, a fenntarthatóság szintjeinek, dimenzióinak és indikátorainak beazonosítása, lehetséges stratégiáinak kimunkálása (9), az éghajlatváltozás regionális hatásmechanizmusának elemzése és kis regionális modellezése (10).

A fenti trendek egyértelműen kiemelik számunkra a következő évek kutatási irányait, melyek kivétel nélkül „hálás” területek, és amelyekhez meg vannak az előzmények és az adottságok.

2.4.2. Együttműködő partnerek azonosítása

Nemzetközi szinten minden mértékadó egyetem foglalkozik „környezetbarát” projektekkel, különösen igaz ez a környező országokban lévő intézményekre. A téma szerteágazó mivoltából kifolyólag, mindenki más aspektusokkal foglalkozik, így igen jól kiegészítjük egymást. Kémiai területen konkrét külföldi kapcsolat azonban kevés van, ezeket mindenképp bővíteni kellene. A

gyógyszeripari innováció hatalmas nemzetközi verseny keretében folyik. Épp ezért különös hangsúlyt kap a budapesti gyógyszergyárakkal (Richter Gedeon NyRT, a Sanofi-aventis Chinoin, az EGIS-Servier) való kooperáció, melyek közül az adott témákban legintenzívebb a Richterrel való együttműködésünk. Hazai egyetemekkel is előfordulnak együttműködések a fenti területeken, pl. az ELTE TTK-val, a Pécsi Tudományegyetemmel.

Építőipari területen a nagyobb, K+F-be is investáló építőanyag-gyártással foglalkozó cégek (úrkutató laboratóriumok, úrkutatásra specializálódott cégek) környezetkímélő, fenntartható technológiákat támogató alapítványok, gazdasági szervezetek és intézmények, mint pl. a hasonló kutatási témákon dolgozó kutatóegyetemek és laboratóriumok (ENS de Cachan, Oxford University, University of California, University of Cambridge, Technical University of Athens, Technion, MIT, University of Seville) jönnek számításba.

Az egyetem elektronikai technológiákban kompetens egységei szorosan együttműködnek a „zöld elektronika” koncepciót megvalósító multinaconális cégek magyarországi gyártóival (Bosch, Continental, Flextronics, Jabil, National Instruments, Nokia, Sony) valamint a hazai tulajdonú cégekkel (Videoton, Hitelap)

A technológia és berendezés fejlesztés során hatékony együttműködésre törekszünk a légszennyezés szempontjából meghatározó kapacitású erőművekkel és üzemekkel.

A tématerület szakmai komplexitása miatt is szakigazgatási és gazdasági szervezetek, önkormányzatok, szakmai egyesületek, képzési és oktatási intézmények széles köre és hálózata munkálkodik az alprojekt által átfogott feladatok kutatásán és az eredmények gyakorlati realizálásán.

2.4.3. A BME jelenlegi tevékenységének, teljesítményének, erőforrásainak, kapacitásának, feltételrendszerének elemzése

A BME jelenlegi tevékenysége nemzetközi mércével mérve is figyelemreméltó az adott területen. A VBK Szerves Kémia és Technológia Tanszékén működő kutatócsoportok számos, nemzetközi szinten is elismert eredményt értek el. Évente több mint 20 nemzetközi folyóiratcikk, több könyv, illetve könyvfejezet születik, cikkeinket idézik. Jó néhány ipari alkalmazásba vett technológiát dolgoztunk ki, amelyek közül több szabadalmi oltalmat kapott külföldön is. A „szürkeállomány” rendelkezésre áll. A humánerőforrás tekintetében azonban – az elmúlt 12 évben foganatosított megszorító intézkedések következtében – a kritikus határt súroljuk. A VBK-t különösen sújtotta az elmúlt időszak egyetemi gazdasági politikája. Csak akkor tudjuk a kihívásainkat teljesíteni, ha fiatalíthatunk, ha új tehetséges kollégákat tudunk bevonni a kutatásba és az oktatásba. Az infrastruktúra alapvetően rendelkezésünkre áll, persze az is fejlesztendő. Az eredményeinket fel kell kínálnunk ipari partnereinknek hasznosításra, hogy élnek-e a lehetőséggel az már nem rajtunk múlik.

A kutatómunka feltételei az építőipari és elektronikus kutatások területén is kedvezőek, bizonyos területeken az utóbbi években elérték az európai vezető egyetemek színvonalát. A technológia- és berendezés-fejlesztés kutatómunka infrastrukturális és humán alapfeltételei biztosítottak, de ezek bővítése a munka színvonalas megvalósításához elengedhetetlen.

A BME oktatási szervezeti egységeinek jelentős része - lereagálva a tudományos, társadalmi és gazdasági kihívást - már jó ideje foglalkozik a BEK-alprojekt által átfogott témakör(ök) kutatásával és oktatásával - szakképzési szinten is. Ezek a munkálatok gyakran párhuzamosan folyn(t)ak, nem támaszkodván az egyetemi szervezeti és szakmai struktúrájából, meglévő

szellemi potenciáljából, szakmai kapcsolataiból adódó egyedülálló feltételekre. Ezek a feltételek szinte tálcán kínálják egy országos (nemzetközi) „hatókörű” *környezettudományi/fenntarthatósági tudományos műhely* rövid-távú megszervezésének lehetőségét, kiegészítvén, s egyben továbbfejlesztvén az egyetem már meglévő kutatási kapacitását. Azaz a téma művelése, s a szükséges szervezeti háttér megteremtése jelentős kohéziós potenciállal is bír a BME műszaki-, gazdasági- és társadalomtudományokat művelő karai/intézetei/tanszékei között. Ugyanakkor hazai viszonylatban hiánypótló is lenne.

2.5. Környezeti károk helyreállítása, szennyvíztisztítás

2.5.1. Nemzetközi trendek

Mindenekelőtt rá kell mutatni arra, hogy a témában kevésbé jártas kutatók számára talán egységesnek tűnő terület - éppen a súlyos gazdasági hatások következtében – **megfelelő anyagi forrásokkal rendelkezik** ahhoz, hogy a legkülönbözőbb kutatási irányoknak viszonylag nagy lehetőségeket teremtsen. Például egy megszorult gyártó, akinek fontos termékét a kedvezőtlen biodegradációs sajátosságok miatt betiltásra ítélik, akár millió USD nagyságrendű projekteket is finanszíroz a biológiai lebonthatóság bizonyítására. Ezzel magyarázható az, hogy a terület szakirodalma összességében gyakorlatilag felmérhetetlen, a **kutatás egymástól többnyire jól elkülönülő és viszonylag szűk területekre irányul**. Ezekben a szűk területeken **külön-külön megfogalmazható trendek** jelölhetők meg.

Ami **közös**, az alábbiakban foglalható össze:

A kutatás jelentős részben irányul **közvetetten vagy közvetlenül a gyakorlatra**, jelentős részben az ipar által finanszírozott ill. terméke itt találhat jövedelmező felhasználást. Esetenként részben vagy egészben titkos.

A **szennyező anyag** elimináció mellett fontos szempont a lehetőség szerinti **hasznosítás**.

A **biotechnológiai ill. azzal kombinált fizikai-kémiai eljárások** kiszorítják a hagyományos mérnöki eljárásokat.

Az alapkutatások elsősorban mikrobiológiai, genetikai, kémiai jellegűek.

Változatlanul elterjedt a **szimulációs modellek alkalmazása**, bár a fejlesztés már lecsengő trendet mutat.

A folyóiratokban vagy alapvetően újdonságnak mondható, inkább laboratóriumi szintű vagy számítógépes felfedezések (research) vagy a gondolatól a laboratóriumi kísérleteken át az ipari megvalósításban is bizonyított technológiák publikálhatók a legnagyobb eséllyel. Ez utóbbiak általában többéves munkát ölelnek fel, számos résztvevővel.

Az üzemi alapanyag, pl. szennyvíz változó, általában teljességében ismeretlen összetétele miatt sok az un. **modellkísérlet**, ahol az eredeti anyaghoz hasonlónak vélt, állandó vagy szándékosan változtatott összetételű kiindulási anyagot alkalmaznak.

2.5.2. Versenytársak/partnerek

A terület szerteágazó tevékenysége következtében nehezen jelölhető meg olyan kutató műhely, ahol valamennyi témában a világ élvonalába tartozó kutatók vannak. Inkább az a jellemző, hogy 1-1 tanszéken (Delft University of Technology, Dept. Biotechnology, Ghent University, Dept. Applied Mathematics, Biometrics and Process Control, stb.) van egy kutatócsoport, akik pl. az eleveniszapos szennyvíztisztítás szimulációs modellezésének megalkotásában jeleskednek. Sok esetben továbbá a **kutatóműhely nagysága inkább egy konkrét személyhez fűződik**, így pl. C.P. Leslie Grady Jr. a Clemson Univ. S.C. USA egyetemen, akinek kiválásával az adott tanszék vezető szerepe is megszűnhet az adott témában. Ennek valószínű oka az, hogy hatalmas anyagi haszonnal járó területeken, így pl. a feladathoz megfelelő bioreaktor elrendezés kialakításában egy **kitűnő ötlet sokszor szinte ingyen megvalósítható**.

Ezért rendkívül fontos a tudás megszerzése, ami általában széleskörű technológiai tapasztalattal is kell, hogy párosuljon. Az adott kutatásban elsősorban az analitikai berendezések, ezen belül a korszerű mikrobiológiai eszközök képviselnek jelentős anyagi értéket. **A kísérleti eszközök kialakítása többnyire nagyobb szellemi mint anyagi érték**, sok esetben akár szabadalmi jellegű, habár az adott területen nehezen védhető.

A nemzetközi viszonylatban vezető, innovatív tudású szakemberek főként az USA-ban, az észak-európai országokban (Dánia, Hollandia, Norvégia), bizonyos tématerületeken Dél-Afrikában, és nem utolsósorban Ázsiában vannak. Itt a japán kutatók mellett Singapore, sőt Dél-Korea is jelentős kutatási forrásokkal rendelkezik, az egyetemeiken oktatók nagy része az USA jeles egyetemein végzett és keresik az együttműködési lehetőségeket, többek között a nemzetközileg ismert hazai kutatókkal is. Egy-egy tématerületen azonban a legkülönbözőbb helyeken találhatunk világnagyságokat, így pl. a cseh Prague Institute of Chemical Technology-n, vagy az ausztráliai egyetemeken.

Hazai viszonylatban **a kutatóhelyek mellett nagyszámú kisvállalkozás is foglalkozik környezetvédelmi technológiákkal, sőt biotechnológiák alkalmazásával**. Ezek esetenként partnerei az egyetemi kutatóknak, így pl. előnyösen pályázhatunk közösen, máskor - és többnyire ez a helyzet - versenytársak is lehetnek, nemritkán a viszonylag olcsó „csodamódszerek” alkalmazásával. A velük való „küzdelemben” az innovációs forrás az egyetemek számára kétségtelenül jó lehetőséget hozott.

Más egyetemekkel ill. kutatóhelyekkel az együttműködés viszonylag ritka, inkább csak szórványos. Ennek oka részben az, hogy egymás minket esetleg jól kiegészítő tevékenységét nem ismerjük, másrészt az, hogy ezt nem értékeljük, végül pedig az, hogy az elosztható javakat féltjük.

2.5.3. A BME jelenlegi tevékenysége

Mindenekelőtt azt kell leszögezni, hogy **a BME-n a környezetvédelmi biotechnológia területén is elértünk olyan eredményeket, amiben világelsők vagyunk**, pl. glikogénakkumuláló mikroorganizmusok alkalmazása szénhiányos szennyvizek tisztítására.

Jócskán van természetesen fejlődni és fejleszteni valónk is, de semmiképpen sem állíthatjuk, hogy mindenképpen legalulról kellene felkapaszkodnunk.

Az viszont valószínűsíthető, hogy **az Egyetem által nyújtott lehetőségeket nem használjuk ki megfelelően ezen az interdiszciplináris területen.** Ennek okai alapvetően ez esetben is a fentiekben más kutatóhelyekre vonatkozóan elmondottakban rejlenek, különösen azokban az esetekben, amikor a tudás egymást elvileg átfedheti. Leghasznosabbban és leggördülékenyebben általában az egymást kiegészítő területek kutatói működhetnének együtt, ezek azonban esetleg nem is tudnak egymásról.

Megítélésünk szerint **a tudás alapvetően megvan a BME-n** ahhoz, hogy az adott tématerületen nemcsak hazai, hanem nemzetközi viszonylatban is új technológiákat dolgozzunk ki, és ahhoz is, hogy elvégezzük a meglévő rendszerek költségkímélő hatékonyságnövelését. **A humánerőforrás azonban mégsem elegendő** ehhez, mivel az oktató-kutatók komplex terhelése, ideértve természetesen a projektszerzést és adminisztrációt is, az elmélyült kutatómunkát általában nem teszi lehetővé.

Az **infrastruktúra tématerületünkön sokat fejlődött** - elsősorban az elnyert nagy projekteknek köszönhetően. Főként a „research”-jellegű kutatáshoz azonban szükséges volna olyan, általánosan és megfelelően olcsón hozzáférhető nagyberendezések beszerzése, ami az ilyen jellegű projektek vállalását és az eredmények publikálását megkönnyíti. A gyakorlatra irányuló **kutatási eredmények hasznosítása viszonylag jól megoldottnak** tekinthető, olykor talán túlságosan jól is sikerül. Részben az elektronikusan kiadott anyagok következtében gyakorta felmerülő problémát jelent a **szellemi termékek gátlástalan eltulajdonítása**, ami oktatási anyagok és kifejlesztett technológiák esetében egyaránt előfordul.

2.6. Integrált egészségvédelmi- és gyógyszer technológiák

2.6.1. A terület nemzetközi trendjei

Ezt az ágazatot a költségek rohamos növekedése és a végsőig kiélezett verseny jellemzi. E versenyben a távol-keleti országok jelentős gazdasági előnyben vannak a hagyományos technológiák területén, amellyel csak az innováció fokozásával lehet lépést tartani. A versenyhelyzet a jelenlegi gyártástechnológiák újragondolására készíti a gyártókat. A gyógyszer gyártóknak mindemellett még a gyógyszerhamisítás (counterfeit drugs) problematikájával is szembe kell nézniük. A hatóanyag fejlesztés eredményeként megjelenő új gyógyszerjelöltek esetében azonban oldhatósági, felszívódási és stabilitási kihívásokkal kell szembe nézni. A biohasznosulás hiányosságait a célba juttatás módszereinek fejlesztésével javítani lehetne, de a farmakológiai módszerek hiányosságai (pl. nem megfelelően formulált hatóanyagok vizsgálata) miatt sok a kárba vesző fejlesztés. A mérnöki pontosságot igénylő személyre szabott (a beteg korához, neméhez és életstílusához illeszkedő) gyógyszerterápia és egyes szervekre célzott terápia kifejlesztésében nagy szerepe van az orvosi nanotechnológiának. Ezek kifejlesztése és gyártása azonban a hagyományos gyógyszerfejlesztéstől eltérő technológiát, tudást, gyártási, minőségbiztosítási és engedélyezési folyamatokat igényel.

Az említett kihívások a gyógyszer-vegyész mérnöki szemléletet és ismereteket gazdaságilag meghatározó tényezővé teszik. A hagyományos ipari gyógyszerészet kiegészítése a „pharmaceutical engineering” eszköztárával a korábnál pontosabb, kvantitatív megközelítést és „mérnöki” (nano)technológia kidolgozását teszi lehetővé. A megvalósítás egyik fő kulcsa a hatóanyag- és készítménytechnológia integrált és reális műszaki szemléletének kialakítása. A BME szervezeti feltételei e stratégia megvalósításához különösen kedvező feltételeket teremtenek, de ez a potenciál még nincs teljesen kihasználva.

2.6.2. Versenytársak, potenciális együttműködő partnerek

Gyógyszervegyész, gyógyszerész, anyagmérnök oktatás számos a hazai és külföldi egyetemen folyik. Bár a mérnöki ismeretek fontos elemeit ezek is tartalmazzák, kifejezetten a gyógyszer-vegyész mérnöki szakterületre fókuszáló oktatás csupán a BME-n folyik, együttműködve a partnerintézményekkel (SE, MTA KK, Gyógyszergyárak stb.). A közép-európai régióra jellemző, hogy az egyetemi képzésben a fő hangsúlyt a hatóanyag-szintézisben járatos preparatív vegyészek, vagy a gyógyszer-tári gyógyszerészek, ill. polimer-technológusok képzésére helyezik. Gyógyszer-vegyész mérnöki képzést nyújtó fontosabb intézmények a következők: MIT: Chemical and Pharmaceutical Engineering Practice Program of the Chemical Engineering Department, New Jersey Institute of Technology: Pharmaceutical Engineering School, Beijing University of Chemical Technology: Pharmaceutical Engineering Master's degree programme, Banaras Hindu University, Institute of Technology, Department of Pharmaceutical Engineering, Graz University of Technology, Swiss German University: Pharmaceutical Engineering

programme, valamint a „Members of Globalization of Pharmaceutics Education Network (GPEN)” keretében a következő egyetemek: ETH Zurich, Uppsala University, Katholieke Universiteit, Leuven, Potenciális partnerek a közép-kelet európai régióban: Charles University, Hradec Kralove Krakow University Pharmaceutical department, University of Maribor Faculty of Chemistry and Chemical Engineering.

2.6.3. A BME jelenlegi tevékenysége, feltételrendszere

A BME-t adottságai és hagyományai arra predesztinálják, hogy a gyógyszermérnöki szemlélet vázolt hiányosságainak megszüntetéséhez vegyész/gyógyszermérnök szakemberek képzése, PhD munkák megvalósítása révén járuljon hozzá. Ennek alapját a nagy múltú gyakorlatorientált mérnöki oktatás során létrejött tudásbázis, a technológiai-analitikai infrastruktúra, a hagyományos szoros kapcsolat a gyógyszeriparral, akadémiai kutatóintézetekkel és a velük közös kutatási eredmények (pl. több száz szabadalom) adják. A BME Szerves Kémia és Technológia Tanszéki kutatócsoportokban kidolgozott, szabadalommal védett, ill. szabadalmilag független módszerrel előállított gyógyszerek (pl. Cavinton, Terbisil, Fluconazol, prosztanoid) együttes forgalmi értéke meghaladja az évi 34 milliárd Ft.-ot, s számos gyógyszer (pl. seleginine, tamsulozin, pregabalin, prosztaglandin intermedier, stb.) optikai izomerjeinek elválasztásával további sokmilliárd forintos árbevételt tett lehetővé a magyar gyógyszergyártó cégek számára.

A BME VBK-on a BSC szintű gyógyszer szakirányos vegyészmérnökképzésre épülve akkreditált MSc szintű Gyógyszervegyész-mérnök oktatás folyik, amelynek felépítése hasonló a Nyugat Európa és az Egyesült Államok egyetemeken folyó Pharmaceutical Engineering oktatáshoz. Ez a képzés kapcsolódik a kémiai és gyógyszerész diszciplinákhoz, de a mérnöki diszciplinákkal kiegészülve jeleníti meg egységes szakmaként a gyógyszerfejlesztést és- gyártást. A graduális képzésre szakirányú szakmérnöki tanfolyam ill. PhD tevékenység is épül.

2.7. Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában

2.7.1. Nemzetközi trendek

Az egészségügyi szolgáltatások ipari jellegűvé válnak. A relatíve olcsón kínált költséges beavatkozásokat akár más országokban is igénybe veszik. Hozzávetőleges árak a PWC felméréséből, 2007-ből: szívműtét USA: 50,000 USD, Thaiföld 14,250 USD, India: 4,500 USD, májátültetés: USA: 500,000 USD, Thaiföld 75,000 USD, India 45,000 USD. A beavatkozás és a felhasznált segédeszközök minőségében nincs jelentős különbség. Várható, hogy az egészségügyi szolgáltatások más területeken is ki fognak lépni a klinikai környezetből.

A paciensek bevonásával, otthoni környezetben történő megfigyelés aránya jelentősen nő. *Az AAL (ambient assisted living) eszközök kutatása-fejlesztése-gyártása önálló iparággá nőtte ki magát.* Ezen terület jelentősége tovább fog növekedni.

A személyre szabott egészségügyi ellátás előtt most nyílik meg az út. A gének vizsgálata lehetővé teszi a gyógyszerelés optimalizálását. A géntérkép elkészítése 2004-ben 3 milliárd dollárba került, 2006-ra ez 60 millió, 2007-re 1 millió, 2010-re 48 ezer dollárra mérséklődött. 2014-re a becsült költség 100 dollár. (IEEE Spectrum 2010) A géntérkép ismeretében jelentősen növelhető a gyógyszerelés hatékonysága. B. Munroe 2005-ben a gyógyszerelés hatékonyságát koleszterinszint csökkentők esetében 30-70%-ra, antidepresszánsok esetében 50-80%-ra, vérnyomáscsökkentők esetében 70-90%-ra becsülte. A neurológiai betegségekben szenvedők esetében az első évben a diagnózis és a gyógyszerelés mintegy 30%-ban hibás [10].

A személyre szabott egészségügyi ellátás otthon használható, egészségügyi szakértelmet nem igénylő eszközök (vérnyomásmérő, EKG, mozgásmennyiség elemző, stb.) *meglétét követeli meg.*

Az otthon, egyedül élők szellemi frissen tartása, közösségekbe való integrálása kommunikációs és informatikai eszközökkel jelentősen könnyíti ellátásukat.

2.7.2. Versenytársak/partnerek

Szinte minden orvosi műszergyártó kínálatában szerepelnek az egészségi állapot valamilyen szintű otthoni megfigyelésére alkalmas eszközök. Több multinacionális céggel ápol a BME partneri kapcsolatot az új technológiák megismerése, ill. közös kutatási projektek indítása céljából. A hazai gyártók közül érdemes megemlíteni hármat, amely cégekkel a BME hosszú idő óta közösen indít kutatási projekteket, és amelyek a BME-t kiemelt innovációs partnerként kezelik. Az Innomed Medical Zrt és az Elektronika 77 kft az orvosi műszerek gyártása és kifejlesztése terén működik együtt a BME kutatóival, a Mediso kft-vel pedig az orvosi képzőberendezések területén vannak a Műegyetemnek közös kutatásai.

A kutatásban/fejlesztésben a Semmelweis Egyetem munkatársaira számíthatunk.

Jó nemzetközi kapcsolatokkal rendelkezünk az International Federation for Medical and Biological Engineering (IFMBE) világszervezeten keresztül, amelynek korábban magyar elnöke volt, most az Administrative Councilnak van magyar tagja a Műegyetemről. Az IFMBE 55 tagegyesülettel rendelkezik, amelyen keresztül mintegy 120 ezer egyéni tagot integrál. A szakterületen aktív nemzetközi szervezetek közül meg kell említeni az International Federation of Automatic Control szövetséget, melynek a Technical Committee (TC) 8.2. Biological and Medical Systems nevű szakmai bizottsága foglalkozik az orvosbiológiai mérnöki témákkal. Ezen bizottságban a BME aktív képviselettel rendelkezik melynek eredményeként számos nemzetközi együttműködés indult többek között az Új Zéland-i University of Canterbury-vel, ill. a dán Aalborgi Egyetemmel.

Magyarországon van lehetőség a 'biomedical engineering' terület bővítésére. Az oktatásban jelenleg csak egyetlen mesterképzés van (ezt a BME a SE közreműködésével indítja). Európa más országaiban jóval több biomedical engineering képzés van, köztük sok alapképzés is. Például Olaszországban 15 BSc, 16 MSc és 7 PhD, az Egyesült Királyságban 3 BSc, 21 MSc 2 PhD, Csehországban 7 BSc, 7 MSc, 4 PhD programot indítanak. De még Örményországban is 1 BSc 2 MSc 1 PhD, Grúziában 1 BSc 1 MSc 1 PhD, Azerbajdzsánban és Moldovában is 1 BSc 1 MSc program van a Magyarországon elérhető egyetlen MSc programmal szemben.

2.7.3. A BME jelenlegi tevékenysége

A BME-n az ide kapcsolódó kutatások jellemzően kis csoportokban, egymástól elszigetelten folynak. Növelné a K+F hatékonyságát, és a Műegyetem pályázati esélyeit, ha szélesebb spektrumot átfogó konzorciumokat hozna létre. Elsősorban az AAL, az otthoni monitorozás és a személyre szabott egészségügyi ellátás területén látszik lehetőség a különböző szakértelmű kutatócsoportok együttműködésére.

3. SWOT ANALÍZIS

Erősségek	Gyengeségek
<ol style="list-style-type: none"> 1. különböző területeken meglevő kutatócsoportok megléte 2. innovációs készség 3. széles körű tananyag 4. határterületekről származó ismeretek, eljárások új körben való alkalmazása 5. a külföldi kutatóhelyekhez képest általában erősebb iparral való kapcsolat 6. mérnöki szemlélet a kutatásban és képzésben 7. ipari tapasztalatok 8. A BME kiváló kapcsolatokkal rendelkezik az akadémiai intézetek hálózatával 9. Kutatók és hallgatók szakmai elkötelezettsége, motiváltsága 10. szakirányú továbbképzés ipari szakemberek részvételével, gyorsan alkalmazkodva a változó igényekhez 	<ol style="list-style-type: none"> 1. a kutatócsoportok elszigeteltsége, a kutatóhelyek rivalizálása 2. Nem elegendő segítség a pénzügyi és adminisztratív munkában 3. nagyberendezések hiánya 4. emberi erőforrás ellátás (hiányzó poszt-doktor generáció) 5. elavult műszerek 6. a versenytársakhoz képest magas oktatási terhelés a kutatást háttérbe szorítja 7. a modern biotechnológiai módszereket ismerő oktatók/kutatók igen alacsony száma 8. e miatt hiányos biológiai, biotechnológiai képzés 9. a modern biotechnológiai műszerezettség teljes hiánya 10. nem elegendő a gyakorlati képzésre fordítható beruházás, infrastruktúra fejlesztés, pilot-scale berendezések installálására és működtetésére használható forrás 11. az oktatók technikai támogatása (asszisztencia) a versenytársakhoz képest hiányos/alacsonyabb szintű
Lehetőségek	Veszélyek
<ol style="list-style-type: none"> 1. tanszékek/karok határán átívelő csoportok/laboratóriumok létrehozása 2. a spin-off cégek kialakításának segítése hallgatók bevonása a kutatásba 3. külföldi együttműködések 4. szorosabb kooperáció az MTA intézetekkel 5. A vállalkozói szféra érdekeltté tétele az oktatás, kutatás fejlesztésében (pl. közös működtetésű laboratóriumok alapításában) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. lassú reagálás, amely a versenytársak előretörését eredményezi 2. a kutatások adminisztrációs terhei ellehetetlenítik a szakmai munkát 3. az eredmények nem megfelelő védelme, „eltulajdonítása” 4. a modern biotechnológia szinte teljes mellőzése versenyképtelenné teheti a BME-t a hazai és külföldi versenytársakkal szemben, kevésbé vonzóvá az ipari partnerek számára 5. a modern, molekuláris biotechnológia fejlesztésének további halogatása a BME-t végképp helyzeti hátrányba, lehetetlen helyzetbe hozza a biotechnológia területén

4. JÖVŐKÉP, VÍZIÓ

A XXI. század elején a biotechnológia már rég túllépett az utólagos empirikus tapasztalatszerzésen, egy előre pontosan tervezett és megkonstruált tudománnyá lett. Ehhez elkerülhetetlen, hogy – a Műegyetemen eddig érthetetlen okból mellőzött – modern biokémiai, molekuláris biotechnológiai eljárások számára a kutató közeget (műszerek, laborhátter) és humán erőforrást jelentős mértékben fejlesszük. Célszerű a biotechnológiai kutatások magas műszerigénye és költsége miatt központi laboratóriumokat létrehozni, ahol a kutatók a nagy műszereket közösen használják. Ezen technikák meghonosítása nélkül ma már a Világ egyetlen pontján sem beszélhetünk biotechnológiai kutatásról, fejlesztésről. Ez a molekuláris szinttől az ipari alkalmazásig történő építkezés lehet a BME nagy esélye.

Így elérhető, hogy a **BME** vonatkozó témakörben dolgozó **kutatócsoportjai jellegzetes arculattal rendelkezzenek**, témájukban illetve az adott témán belül egy-egy területen vagy bizonyos vonatkozásban **nemzetközileg is elismert szakértelmük legyen**. Fontos, hogy ezek a kutatócsoportok egymás munkáját megismerjék és elismerjék, egymással hosszabb-rövidebb időre **kutató konzorciumokat alkossanak**, amiben a különböző tudás és tapasztalat egymást jól kiegészítik.

Az együttműködés, tehát kulcskérdés. Fontos, hogy a BME tanszékei, karai egymással, de más hazai (SE, ELTE, DE, SzTE) és külföldi egyetemek, akadémiai kutatóintézetek (MTA SzBK, KKKI, MgKI), klinikák, egészségügyi centrumok szakértőivel, gyártó cégekkel, és képviselői szervezetekkel alakítsanak ki együttműködéseként konzorciumokat. Az ipari partnerek (gyógyszergyárak, biotechnológiai fejlesztőcégek, orvosi műszer fejlesztők) véleményét kikérve kell részben kialakítani kutatási és oktatási profilunkat. Ez a BME és a cégek közti szakmai kapcsolatot erősíti, a kiváló hallgatók számára pedig lehetőséget teremt az integrált képzésre, pl. már a BSc alatt hangsúlyosan az MSc-re készítjük fel, vagy az MSc tanulmányok már a PhD képzést készítik elő. Ettől a kutatási témától függetlenül, a BME általában nagyobb energiát fordít a kutatások pénzügyi/adminisztratív kezelésének segítésére, arra törekszik, hogy a témavezetők döntően a szakmai munkára koncentrálhassanak.

A cél, hogy olyan szakemberek kerüljenek az iparba, akik képesek az átfogó mérnöki szemlélet megvalósítására és ezáltal teszik a magyar biotechnológiai-, gyógyszer- orvosi műszeripart versenyképesebbé a nehezedő nemzetközi feltételek mellett is. Emellett e szakembereknek az oktatás-kutatás területén képessé kell válni az együttműködésre a többi hasonló nemzetközi intézménnyel. Így a régióban e területen az egyik meghatározó centrummá válhat egy együttműködésben megerősödő magyar oktatási és kutatási központ.

5. A STRATÉGIAALKOTÁS ALAPELVEI

A pályázatokat professzionálisan kezelő (pályázatfigyelés, pályázatírás, pénzügyi adminisztráció), a szakmai témavezetőket tehermentesítő egyetemi szervezet létrehozása a BME kutatásait általában is jelentősen segítené. Egyetemi szinten a ráfordítás jelentősen csökkenne, ha a témavezetők nem egyenként tanulnák meg az újabb és újabb szabályokat, hanem ezt egy szervezet végezné el. Ennek a szervezetnek a finanszírozása a felszabaduló témavezetői energia töredékéből megoldható.

A XXI. századra a kizárólagosan empirikus alkalmazott kutatás ideje lejárt. A műegyetem nagy lehetősége az egy helyen rendelkezésre álló természettudományos (alap) és műszaki (alkalmazott) tudás/kutatás megléte. Hatékony K+F+I kizárólag az elméleti/alapkutatások és az erre épülő alkalmazott kutatások egyformán komoly szintű művelése és kapcsolata/kapcsoltsága révén képzelhető el. Itt fontos az elméleti és alkalmazott kutatások egyetemi szintű (kiemelt kutatási terület) összehangolása. Ennek során ki kell választanunk azon területeket, amelyek egymásra épülnek több kar/tanszék kutatóit integrálják. (Pl.: vércukorháztartás modellezése, VIK IIT, cukoranyagcsere molekuláris biológiai vizsgálata, VBK ABÉT, hordozható szenzorok tervezése építése VIK ETT, algoritmusok készítése inzulinpumpákhoz VIK IIT). Ezek a kiemelt témák infrastrukturális és adminisztrációs támogatást kapnak a BME-től az első egy-két évben.

A stratégia ezen megvalósításával gyógyszerfejlesztési fronton alkalmassá válhatunk (a témák és tanszékek határain keresztül lépve) olyan komplex fejlesztési feladatok megoldására, amilyen például generikumok teljes kifejlesztése, gazdaságos, jól szabályozott gyártási eljárások megtervezése, racionális hatóanyag tervezés kémiai támogatása, gyógyszerhatóanyagok és intermedierek szelektív szintézise, ezek gyors, elsődleges biológiai tesztelése, új gyógyszerbeviteli módok, hatóanyag stabilizálási eljárások kifejlesztése, originális pl. nanomedicina típusú készítmények iparilag realizálható gyártástechnológiájának kidolgozása. Emellett nyitottnak kell maradni a teljesen új kutatási irányok, a jelenlegi megoldásoktól alapvetően eltérő ígéretes kezdeményezések felé is.

A kiemelt kutatások kiválasztásában természetesen más fontos tényezők is szerepet kell, hogy kapjanak. Az adott tématerületen vannak olyan kutatási irányok, amelyekbe rengetegen haladnak a világon. Nem biztos, hogy ezek azok, melyekbe nekünk is feltétlenül haladnunk kell. Ezen esetekben kétségtelenül lényeges lehet a technikai felszereltség, sőt egyéb, szubjektív tényezők is. Nemzetközi együttműködések keretein belül ezen nehézségek jelentős része áthidalható. Szintén nem célszerű elmennünk pl. a hazai szinten is intenzíven kutatott nanoipar környezeti/biotechnológiai vonatkozásai mellett (új anyagok a szenzorikában, kárcsökkentésre illetve a környezetbe kikerülő nanorészecskék igen összetett hatásának vizsgálata).

Ugyanakkor **vannak olyan problémák, melyek nálunk jellegzetesen és hangsúlyosan jelentkezők, és ezek megoldása nemzetközileg is figyelemfelkeltő, irányt mutat, megoldást szolgáltat.** Ide tartozik például az a kutatás, amit a szénforrás hiányos szennyvizek denitrifikációjának területén folytatunk.

Ezen **kutatási „hungaricumok” meglélése és a megoldások kimunkálása** ugrásszerűen növelhetné hazai és nemzetközi elismertségünket. Nyilvánvalóan támadhatnak olyan ötletek is, melyek kacsán alapkutatás indítható. Számos elismert műszaki felsőoktatási intézetben (MIT, Caltech, ETH Zürich) komoly molekuláris biológiai, biotechnológiai alapkutatások folynak. Lévén a BME a hazai mérnökképzés fellevegára, az alkalmazott, technológiai kutatások elismerése természetesen éppoly fontos.

6. A KIEMELT SZAKMAI TERÜLETEK FEJLESZTÉSI STRATÉGIÁJA

6.1. Biogyógyszerek, biokatalitikus technológiák, bioanalitika

A modern biotechnológia nyitányát a rekombináns DNS technika gyógyszeripari alkalmazása jelentette 1973-ban. Az elsőként előállított „biogyógyszert” a humán inzulint, azóta számos humán gyógyászatban alkalmazott fehérje, peptid követte. A biotechnológia lendületét a humán genom projekt 2000-es befejezése fenntartotta, sőt tovább fokozta. Egy gyógyszermolekula kifejlesztése, majd gyártásba vitele rendkívül komplex folyamat.

Az egész világon a biotechnológia kiemelten fontos (leghangsúlyosabb) területe a gyógyszeripari, egészségügyi biotechnológia (fejezet). A Műegyetemem számára ezért hangsúlyos cél, hogy az egyetem kutatói ezen komplex folyamat minél több lépésében képviseltessék magukat, hozzájárulnak fejlődéséhez.

A folyamat a potens gyógyszermolekula kiválasztásával kezdődik. A kezdeti lépések során fontos szerepet kap a kísérletes munka előkészítése, az enzimműködéseket befolyásoló molekuláris folyamatok modellezése és komplex vizsgálata.

A genomika és a proteomika fejlődésével a következő lépés a következő években várhatóan a terápiák egyes páciensekre gyakorolt hatásának részletes vizsgálata lesz. A személyre szabott terápiák óriási előnye a káros mellékhatások csökkentésének lehetősége. Ha pontosan megállapítható az adott páciens válaszreakciója az adott terápiára, akkor a páciensek esetében egyedileg beállíthatóak a terápiás protokollok (egyedi finomszabályozás válik lehetségessé). Ezen folyamathoz ma már rendelkezésre állnak a technikák, és ezek nagyarányú felhasználása a fajlagos költségeket is csökkenti fogja. Természetesen a fenti általános területen belül a Műegyetem kutatói egy szűkebb szakterületre a bél-, gége-, fej-, nyak-, emlő, és bélrendszeri tumorok kezelésében kiterjedten használt timidilát szintézis gátló terápiákra fókuszálnak.

A megfelelő támadáspont (és gyógyszermolekula) kiválasztását követően annak előállítása, vagy előállításának bizonyos lépései gyakran jóval hatékonyabban, szelektívebben oldhatók meg biológiai úton mikroorganizmusok vagy izolált enzimek segítségével szelektív biokonverzióval. Természetesen igen hangsúlyos feladatunk az organizmusok működési feltételeinek, a hatóanyag termelés (fermentáció) folyamatainak optimalizálása. A gyógyszer előállítási folyamat ellenőrzése és irányítása roncsolás-mentes, valós idejű vizsgálati módszerek, képalkotó és modellalkotási eljárások kidolgozását teszi szükségessé. A folyamatban, sőt már a nulladik lépés a megfelelő diagnosztika felállítása során komoly igény merül fel bioszenzorok, érzékelési mechanizmusok és mikroanalitikai módszerek, rendszerek fejlesztésére. Így a folyamat nem nélkülözheti szintetikus receptorok (ionoforok, aptamerek és molekuláris lenyomatú polimerek) fejlesztését új, molekuláris felismerést biztosító komponensek elállítását. A kifejlesztett bioanalitikai rendszerek ma már sok esetben nem csak a rendkívüli érzékenység és szelektivitás követelményeinek kell megfeleljenek, hanem biztosítaniuk kell a nagy áteresztőképességű analízis lehetőségét. Emellett homloktérbe kerültek a gyors, költséghatékony és jelölés nélküli integrált bioanalitikai platformok fejlesztése diagnosztikai célokra.

A biotechnológiai úton előállított hatóanyagok illetve termékek komplexitása, szerkezetazonosításuk nehézségei, gyakran gyenge stabilitásuk (ezáltal módosuló biológiai aktivitásuk) és potenciális immunreakcióik megnehezítik engedélyezésüket és felhasználásukat.

Hatékonyáguk és stabilitásuk megőrzésében, így a különféle formulálási módszereknek és anyagok fejlesztésének kiemelkedő szerep jut.

A gyógyszerek életútja azok lebomlásával ér véget. Számos gyógyszer lebomlása (biotranszformációja) során reaktív oxigénvegyületek keletkeznek, melyek káros melléktermékként károsíthatják sejtjeinket. Ez a folyamat még kifejezettebb a gyógyszerek (hatóanyagaik) esetleges túladagolása esetén. Erre jó példa az egyik legelterjedtebb gyulladásgátló, analgetikum az acetaminofen (pl.: Rubophen, Neo-Citran, Panadol stb. hatóanyaga) amely túladagolása esetén nagy mértékű oxidatív stresszt vált ki, amely különösen nagy mértékűt ölt a mitokondriumban, melynek következtében fokozódik a programozott és nem programozott sejthalál, kiterjedt szövetpusztulást eredményezve. A gyógyszer (túl)adagolás következtében létrejövő stressz helyzetet kis molsúlyú antioxidánsok kedvezően befolyásolhatják, tompíthatják. Így ezen aspektus vizsgálata is kiemelt szerepet kap.

Az elmúlt két, három évtized tudományos eredményei alapján a mitokondrium szerepe már jóval szélesebbnek mondható, mint az energia előállítás. Számos esetben igen komoly befolyása van a sejtek élettartamára, további sorsára. Jó eredményekkel kecsegtetnek a mitokondriális támadáspontú gyógyszerfejlesztések, mely területen növekvő intenzitással kívánunk részt venni. A mitokondriális területre koncentrált kutatásainkat a néhány éve felállított, a kutatóegyetemi program révén súlyponti laboratóriummá fejlesztett **Molekuláris bioenergetikai és sejtbioológiai laboratórium** adta keretek között még intenzívebbé kívánjuk tenni.

A laboratórium kiváló keretet ad növényi mitokondriális kutatásainknak is. Ezen a területen elsősorban az időjárás szélsőségei, valamint a szárazsággal sújtott területek növekedése okozta stressz és stresszadaptációs folyamatokat, valamint a mitokondrium szerepét ezen folyamatokban kívánjuk tanulmányozni.

A növényeknek két fő lehetőségük lehet ezen stressz helyzetek megoldására.

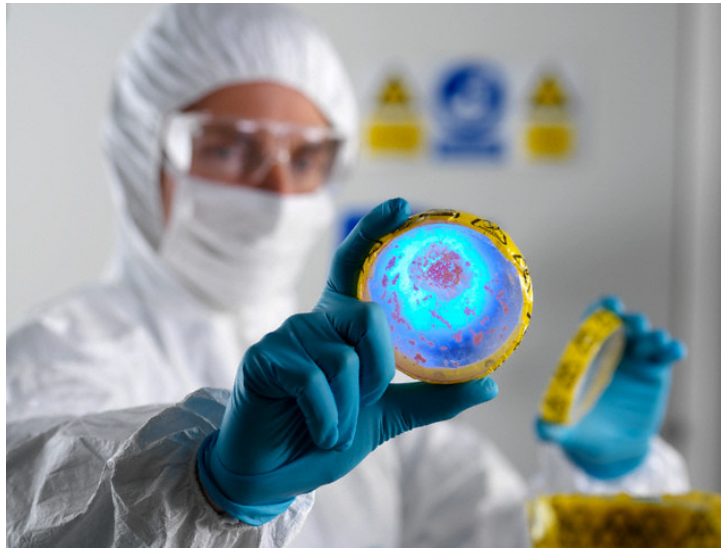
I. Az első lehetőség, hogy az elsődleges kiváltó ok a szárazság stressz révén létrejött ozmotikus stresszt kezeljék. Számos növény család fotoszintézisének elsődleges termékeként a monoszacharidok redukált formáit, polioloikat állít elő. Tanulmányozni szeretnénk a különböző cukrok, cukoralkoholok és a mitokondriális primer anyagcsere kapcsolatát. A mérések eredményei fontos információval szolgálhatnak a glukóz, fruktóz, szacharóz és szorbit mitokondriális anyagcseréjéről, ezen anyagok szerepéről a szárazság stressz elleni védekező folyamatokban. Információt nyerhetünk az említett szénhidrátok mitokondriális elsődleges anyagcseréjére gyakorolt hatásáról.

II. Az abiotikus stressz ellen történő védekezés második lehetősége a reaktív oxigénvegyületek ellen történő védekezés, valamint ezen vegyületek kiváltotta károsodások javítása. A védekezés második vonala olyan kis molsúlyú antioxidánsok folyamatos fogyasztásával, illetve regenerálásával jár, mint az aszkorbát, a glutation és a NADPH. A reaktív oxigénvegyületek eliminálása az abiotikus stressz elleni válasz egy igen fontos, mutánsvizsgálatokkal jól dokumentált komponense. Célul tűzzük ki a legfontosabb kis molsúlyú antioxidánsok (aszorbát, tokoferol, glutathion) mitokondriális anyagcseréjének megismerését, valamint stressz toleranciában betöltött szerepének felderítését.

Láthatjuk, hogy a gyógyszerfejlesztés mind alap, mind alkalmazott kutatási problémákat felvet. A gyógyszer célmolekulák kiválasztása, a biológiai rendszerekben megvalósítandó szelektív biokonverziók, az enzimműködést befolyásoló, a bioszelektivitáson alapuló kölcsönhatások, a biológiai rendszerek adaptációs, biotranszformációs mechanizmusainak feltérképezése originális

alapkutatásokat igényel. Ugyanakkor alapkutatásokat és innovációs célú, alkalmazott kutatásokat igényelnek a mérés-technikai, vizsgálati módszerfejlesztési és technológiafejlesztési területek.

A fent felsorolt területeken, a Műegyetemen már jelenleg is folyó alap és alkalmazott kutatásainkat a nemzetközi trendeknek megfelelően (COST CMST Action CM0701, EU FP7 HEALTH 2011.1.4-3, EU FP7 KBBE 2011.3.3-02, EU FP7 KBBE 2011.3.4-02) hangsúlyosabbá szeretnénk tenni.



6.2. Élelmiszer, mezőgazdasági és ipari biotechnológia

A külső és belső helyzetelemzés alapján projektünkben olyan témaportfóliót állítottunk össze, amely

- az agráriumban a növényi alapanyagok előállításának biztonságához;
- a növényi alapanyagok elsődleges feldolgozásban és a melléktermékek hasznosításában speciális, újszerű, technológiák kidolgozásához és alkalmazásához;
- az ipari biotechnológiában a növényi nyersanyagok és melléktermékek feldolgozásához, komplex hasznosításához kapcsolódó un. fehér biotechnológiai megoldások fejlesztéséhez és technológiai szintű megvalósításához;
- az élelmiszeriparban pedig emelt táplálkozási értékű és biztonságos élelmiszerek előállításához érdemben járulhat hozzá.

A növényi alapanyagbázis fejlesztési irányai közül az élelmiszerellátás biztonságát szintén meghatározó rovarkártevők elleni védekezés új módszereinek kidolgozásához szeretnénk hozzájárulni.

A jelenleg használatban lévő *rovarellenes hatóanyagok* hatásmechanizmusához képest egy alapvetően újszerű hatóanyag fejlesztést javaslunk. Az új hatásmechanizmus alapját azon megfigyeléseink képezik, melyek szerint a genomiális DNS uracil tartalma a teljes átalakulással fejlődő rovarokban jelentős módon eltér a többi élőlénytől. *Drosophila melanogaster* (ecetmuslica) modellszervezetben végzett kísérleteink alapján azt találtuk, hogy

- Az ecetmuslica genomiális DNS-ének uraciltartalma 500-2000/millió bázis értékek között mozog, ami nagyságrendekkel magasabb, mint más organizmusokban
- A genomiális uraciltartalom az egyedfejlődés során specifikus módon változik.
- A genomiális uracil metabolizmusát befolyásoló dUTPáz enzim RNS-interferencia alapú csendesítése a rovarok 100%-os letalítását okozta a bebábozódás során.

Munkahipotézisünk alapja a mezőgazdasági kártevő teljes átalakulással fejlődő rovarokban ezen útvonalak specifikus gátlása. Mivel az alapvető kísérletes bizonyítékok már rendelkezésre állnak, középtávon (<5év) indulhatnak a széleskörű kipróbálás (verifikáció) kísérletei. Hosszabbtávon (10 év) a magyarországi és regionális kísérleti eredményekre alapozva a gyakorlatban történő alkalmazás várható. A vázolt alkalmazott kutatási feladatok erős alapkutatási tevékenységre épülnek, mivel az újszerű mechanizmusok molekuláris biológiai alapjai is tisztázandók.

A növényi alapanyagok feldolgozásának számos lehetősége közül három terület kapacitását kívánjuk fejleszteni. Az un. *fehér biotechnológiai* a leginkább komplex és környezettudatos megoldási irányt jelenthet mind az elsődleges, mind a más termelési folyamatokból származó másodlagos és melléktermékek hasznosítása területén. Projektünk tudatosan nem foglalkozik az alternatív energiatermelés biotechnológiai megoldásaival, hiszen ez a BME Energetika KKT-hez tartozik. Sokkal inkább fókuszál a másodlagos és melléktermékek hasznosításának lehetőségeire. A jelenlegi fejlesztési irányokat meghatározta a szabadalmaztatott 1,3-propándiol enzimes előállításának kutatása A tejsavhoz kapcsolódó kutatások inkább a már meglévő technológiák fejlesztését célozzák, várhatóan szintén szabadalmaztatható formában. Ennek célja, hogy egy

esetleges hazai üzem saját technológiáját megalapozhassuk, illetve a beruházás megvalósulása esetén a tudásbázist és a szakember utánpótlást is biztosítani tudjuk. Emellett a jövőben olyan irányokba kívánnánk elmenni, amelyek alapvetően nem szintén nem követő K+F+I tevékenységet jelentenek. A fehér biotechnológia még rejt olyan lehetőségeket (még el nem csépett platform kemikáliák (propionsav, hidroxipropionsav, borostyánkősav, anaerob ecetsav stb) biotechnológiai úton történő előállítás, amelyek versenyképes saját fejlesztéseket jelenthetnének.

A *bionyersanyagok kíméletes elválasztása*, az ezzel kapcsolatos technológiai és módszertani fejlesztések szintén a komplex hasznosítási eljárások intenzíven fejlesztett területeihez tartoznak. A bionyersanyagok, illetve az esetleges hulladékok, melléktermékek a célkomponens mellett általában további értékes biológiai eredetű összetevőt is tartalmaznak, melyek kinyerése, illetve tisztítása érdekében szükséges speciális elválasztás technikai módszerek alkalmazása. A kinyert komponensek tovább hasznosíthatók, akár alapanyagként, vagy más művelet adalékanyagaként, esetleg biomassza alapú üzemanyaggyártás kiinduló vegyületeként. Az eljárásoknak a bionyersanyagok speciális tulajdonságai és a környezet védelme miatt kíméletes és célszerűen tiszta technológiai módszereknek kell lenniük. Ilyen tiszta technológiák közé sorolható a membrán szeparáció, amely vegyszerek hozzáadása nélküli tisztítási technológiát, elválasztási lehetőséget nyújt a bionyersanyagok kíméletes elválasztására és tisztítására. Kutatási témánk élelmiszer alapanyagok feldolgozási technológiájának adott lépéséből származó melléktermék, vagy hulladék, mint bionyersanyag további feldolgozását, azokból további értékes komponensek kinyerését tűzi ki célul. A membrántechnika, esetenként egyéb elválasztó művelettel kombinálva, az értékes komponensek kinyerése mellett alkalmas sterilizálásra is, amely meggátolja a bionyersanyagok befertőződését, és az értékes komponensek mikrobák általi lebontását. A fermentációt végző mikrobák kiszűrését is végezhetik membrános eljárással. Nemzetközi kutatások igazolják a membrános eljárások sikeres alkalmazását a biomasszából történő bioetanol gyártás során keletkező hulladékokra vonatkozóan. Azokból további értékes cukrok, fehérjék, keményítő is visszanyerhető. Amennyiben kísérleteink során megfelelő mennyiségű hasznosítható bionyersanyagot sikerül visszanyerni az egyes technológia lépések hulladékaiból, és minden gazdaságosan megvalósítható, akkor elképzelhető, hogy a kutatások alapján a termelő cégek is alkalmazni fogják a membrános eljárásokat. Eredményeinktől azt várjuk, hogy a hazai ipar számára is gazdaságilag és környezetvédelmi szempontból megfelelő, fenntartható eljárásokat és alkalmazásukhoz megfelelő szakértelmet tudunk biztosítani.

Elsősorban elsődleges növényi alapanyagok értékes komponenseinek kíméletes előállítását teszi lehetővé az ún. *szuperkritikus fluid extrakció*. Az anyag folyadék- és gázhalmazállapot közötti átmeneti állapota szuperkritikus fluidum, melynek tulajdonságai nagyon hasonlítanak a folyadék sajátosságaihoz. Kedvező tulajdonságai miatt elsősorban szén-dioxidot használnak, melynek oldóképessége más oldószerrel módosítható. A tervezett fejlesztések elsődleges célja a gyógynövények kíméletes extrakciójának megoldása. Kiválasszuk azokat az elsősorban hazai termesztésű növényi alapanyagokat, amelyekre egy szuperkritikus üzem telepíthető. Más kutatócsoportokkal és ipari partnerekkel kifejlesztjük azokat a termékeket (gyógyszerkészítmények, élelmiszer adalékok, kozmetikumok), amelyekben a szén-dioxiddal nyert kivonatok gazdaságosan felhasználhatók. A műveletek és folyamatok matematikai statisztikai eszközökkel történő modellezése és optimalítása, valamint a kapcsolódó analitikai fejlesztések is meghatározó elemként szerepelnek a fejlesztőmunkában. A fejlesztés

eredményeként középtávon (<5 év) a kéméletes eljárások fokozatos alkalmazásának bevezetése vizionálható. A gyógyászatban egyre nagyobb részt szakítanak ki a természetes alapú készítmények. A növekvő figyelem az ilyen technológiák, illetve termékek iránt indukálja a jogszabályok, illetve a hatósági hozzáállás megváltozását. A hosszabbtávú (>10 év) stratégiák a kéméletes új eljárások elterjedését feltételezik, így szuperkritikus extrakciós üzem és egyéb kéméletes eljárásokat alkalmazó technológiák indítása, a szakemberellátás és a K+F+I háttér biztosítása a Magyarországon és a régióban is indokoltnak látszik. A továbblépést az irodalomban már leírt, de a gyakorlatban még nem alkalmazott területek, (például kémiai és biokémiai reakciók megvalósítása szuperkritikus közegben, kristályosítás vagy a szuperkritikus kromatográfia) fejlesztése jelentheti.

A növényi alapanyag feldolgozás legnagyobb volumenű ágazata az élelmiszer előállítás, melyhez kapcsolódóan két fő fejlesztési irányt jelöltünk ki.

Egészségtámogató, magasabb táplálkozási értékű gabonaalapú malom, sütő és tésztaipari termékek fejlesztése, a speciális fogyasztói csoportok igényeinek figyelembe vételével. A témakör részben originálisnak tekinthető kutatási feladatok megoldását feltételezi:

- analitikai fejlesztések: a funkcionális minorkomponensek megbízható elemzésére és roncsolás-mentes, gyorsvizsgálati meghatározására
- nemesítési és agrotechnikai fejlesztések: a funkcionális komponenseket nagyobb mennyiségben tartalmazó gabonafajták kialakítására
- technológiai fejlesztések: új malomipari eljárások kidolgozása, az eddig humántáplálkozási célból nem használt frakciók kinyerésére. A kutatások pilot-plant léptékű fejlesztési háttérének megteremtése. Alternatív alapanyagok felhasználása.
- gabonaminősítő eljárások kidolgozása: Az új komponensek a malomipari termékek minőségének befolyásolják, a hagyományos minősítési módszerek alkalmazása csak korlátozottan lehetséges. A kutatás-fejlesztési feladatok elvégzése – különösen alapkutatás esetén- a szükséges mintamennyiség csökkentését is igénylik. Az új módszerek adaptálása mellett mikro-módszerek és készülékek fejlesztése is szükséges
- élelmiszeripari termékfejlesztés: funkcionális komponenseket tartalmazó malomipari, sütőipari és tésztaipari termékek kidolgozása.
- klinikai vizsgálatok: a funkcionális komponensek táplálkozástani hatásának igazolása, a fiziológias folyamatok vizsgálata, háttérének megértése
- élelmiszerbiztonsági fejlesztések
- Kapcsolódó alapkutatás: A technológiai minőség és a finom összetétel, illetve a genetikai háttér közötti kapcsolat vizsgálata, hozzájárulás a minőség predikciójának kidolgozásához.

Élelmiszerallergiához és –érzékenységgel kapcsolatos kutatások. Fókuszpontban a cöliákia.

- a rendellenességeket kiváltó komponensek kimutatására/meghatározására alkalmas immunanalitikai és fehérjevizsgálati módszerek fejlesztése, beleértve a nanotechnológiai alkalmazások potenciális lehetőségeinek kiaknázását.
- a módszerek érvényesítéséhez szükséges feltételrendszer kidolgozása: referenciaanyagok előállítása
- növény-nemesítési és élelmiszertechnológiai kutatások csökkentett veszélyforrást tartalmazó élelmiszer alapanyagok kidolgozására.

A fent vázolt feladatok tipikusan multidiszciplináris jellegűek, számos szakterület képviselőinek folyamatos együttműködését és kutatási infrastruktúrájának használatát igényli. Öt éves távlatban a vázolt technológiai és termékfejlesztési feladatok megoldása, valamint a kapcsolódó

alapkutatási jellegű egyes eredmények elérése várható. Középtávon célunk a vázolt gabonatudományi, táplálkozástani és analitikai területen regionális hatású kutatási, oktatási és szolgáltatási centrum kialakítása és működésének stabilizálása.



6.3. Bioinformatika

A 2. fejezetben összefoglalt helyzetkép szerint a bioinformatika fejlődését nagyban meghatározza a mérés technikák fejlődése, kitüntetetten egy sejt, egyed, faj, ökoszisztéma örökítőanyagainak teljes genetikai és epigenetikai meghatározása, de természetesen ide tartoznak a génexpressziós, proteomikai, metabolomikai mérések is. A mérési költségek csökkenésével azonban egyre inkább az adatok értelmezése kerül előtérbe, az adat és tudás fúzió kérdése, azaz a „transzláció” problémája, a személyre szabott medicina megvalósítása.

A BME bioinformatikai stratégiai kutatási tervét és fejlesztési stratégiáját is döntően a személyre szabott medicina fejlődésének támogatása határozza meg, ami vezető volta miatt a mezőgazdasági és ipari biotechnológiai informatikai igények figyelembevételét is lehetővé teszi. A bioinformatikai fejlesztési irányokat személyre szabott medicinán belül a mérés technikai és kísérlettervezési, illetve a transzláció két fejlődési iránya határozza meg, amelyben természetesen klasszikus bioinformatikai feladatok is helyet kapnak, mint például strukturális modellezés.

Az első célcsoportot a következő feladatok jelentik a kísérlettervezés segítése, adatok utófeldolgozása (például teljes genomösszeállítás), adatok minőségbiztosítása és begyűjtése (például biobankok és laboratóriumi információs rendszerek informatikai támogatása), adatok titkosságának és jogosultságainak megfelelő kezelése.

A másik nagy célcsoportot az adatok elemzése és értelmezése jelenti, amely bioinformatikai és kemoinformatikai adat- és tudásbázisok integrálását, orvosbiológiai szövegek kivonatolását, biomarker-kiválasztást, rendszerbiológiai modellezést, tudás- és számítás-intenzív statisztikai adatelemzés, orvosi protokollokat is magába foglaló döntéstámogatást, adatok nagyáteresztőképességű feldolgozása, nagyteljesítményű és nagyáteresztőképességű számítási erőforrások használatát is jelenti.

Ezeket az összetartozó irányokat a BME szintjén a következő módon tervezzük integráltan támogatni, ami követi az országos szintű Biotechnológiai Nemzeti Technológiai Platform Bioinformatikai munkacsoportjának és a Genomikai Nemzeti Technológiai Platform Bioinformatikai munkacsoportjának az ajánlását is:

- Bioinformatikai infrastruktúra („core facility”) megteremtése
 - Egyetemi és NIIF számítási infrastruktúrájára támaszkodva egy potenciálisan országos feladatokat is ellátó bioinformatikai-kemoinformatikai adat-tudás-számítás szolgáltató központ létrehozása, amely a következőket biztosítja
 - Lokalizált bioinformatikai adat és tudásbázisok,
 - Külső bioinformatikai szolgáltatások,
 - BME-s és itthoni fejlesztésű bioinformatikai szolgáltatások,
 - Speciális nagyteljesítményű és nagyáteresztőképességű számítási módszerekre metodológiák,
 - Adatbiztonság és titkosság ipari szintű, garantált biztosítása.

- M.Sc. és Ph.D. szintű bioinformatikai oktatás megteremtése.
 - Bioinformatikai kapcsolódású kurzusok szinkronizálása
 - A fentebbi pontban javasolt „bioinformatikai-kemoinformatikai adat-tudás-számítás szolgáltató központ”-ra támaszkodó laborok kidolgozása.

A bioinformatikai szolgáltató központ és az integrált oktatás megteremtése önmagában is lehetőséget ad az egyetemen belüli kutatások áttekintésére, kölcsönös megismerésére, a szinergiák kihasználására, és az együttműködések szintjének emelésére.

Az integráltság és hatékonyság további növelése érdekében mind a bioinformatikai szolgáltató központ és az integrált oktatás megteremtése során a fókuszpontban a személyre szabott medicina áll, a farmakogenomikától az orvosi döntéstámogatáson át a személyre szabott betegellátásig. Ez az integráló ív továbbá kapcsolódást biztosít a BEK-en belül több szektorhoz is, különösen a „Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában” szektorhoz, de más BME alprogramokhoz is, mint például az „Intelligens környezet és e-technológiák” alprojekthez.



6.4. Környezetkímélő technológiák (környezetterhelés csökkentése, szennyezés megelőzése)

A környezetkímélő technológiák kidolgozásában - a szintetikus szerves kémiai területen - sarokpont a zöldkémia 12 törvényének alkalmazása (atomhatékony-, oldószermentes-, katalitikus- és szelektív reakciók, stb.) ugyanis ezek mind a környezetünk szennyezésének minimalizálását tartják szem előtt. A rezolválási módszerek témakörén belül új típusú (diasztereomer só- és komplexképzéses) rezolválások és nem racém enantiomerkeverékek tisztítása, továbbá az alapvető szabályszerűségek kutatása, feltárása vezethet új eredményekre. Ezek megismerése révén új módszerek fejleszthetők és alkalmazhatók az életminőség javítása céljából gyártandó gyógyszerhatóanyagok szintéziseiben.

Fontos továbbá az energetikai és egyéb gyártórendszerek SO₂, CO₂ emisszió csökkentését megvalósító technológia és berendezés fejlesztés, működési paraméterek, valamint készülék méretek optimalizálása.

Az újrahasznosítás és hulladékkezelés szinte valamennyi iparágat (vegyipar, könnyűipar, élelmiszeripar, gépipar, villamos- (elektronikai) ipar, stb.) érinti. A fenntarthatóság és klímavédelem a gazdasági vonatkozásokon kívül földrajzi, fizikai és meteorológiai aspektusokkal is bír.

A környezetkímélő technológiák kidolgozása során cél a környezeti hatások csökkentése, minimalizálása. E cél elérésének korszerű eszköze az életciklus elemzés. Az új technológiák és eljárások életciklus elemzéssel történő vizsgálata számszerűen bizonyíthatja az új eljárások környezeti hatékonyságát, meghatározhatja további fejlesztési lehetőségek irányát.

Az építőiparon belül a kutatás fő célja a műtárgyak körében felmerülő egyes szerkezet típusok esetén olyan újfajta műszaki megoldások (anyagok vagy technológiák) alkalmazása, melyek versenyképessége és fenntarthatósága környezeti életciklus-vizsgálattal igazolható. A környezetvédelmi szempontokra alapozva a kitűzött célok a teljes életciklusra vonatkozó energiafelhasználás korlátozása; építéstechnológiák és építőanyagok modern minősítési és szabványrendszerének kidolgozása; az építőmérnöki létesítmények továbbfejlesztése az intelligens, a korszerű digitális technológiákat is alkalmazó szerkezeti rendszerek irányába; természeti katasztrófa esetén a károk enyhítésére alkalmas, gyorsan felállítható menedékek felállítása, infrastruktúra műtárgyak modern szerkezeti lehetőségeinek kifejlesztése; építőmérnöki szerkezetek építészeti-esztétikai kárának korlátozása.

Az elektronikai gyártmányok és gyártórendszerek kialakítása területén a fenntartható fejlődés követelményeinek megfelelően a stratégia három fő területre koncentrál: az ólommentes forrasztási technológiák fejlesztése (infraszugaras, konvekciós és gőzfázisú eljárások optimalizálása, energiatakarékos alternatívák feltárása), a biológiailag lebontható műanyagok alkalmazási lehetőségeinek tanulmányozása és az értékelő eljárások fejlesztéséhez történő hozzájárulás.

Közgazdasági értelemben fontos kérdés a fenntartható/környezetbarát fogyasztás. A tömeges fogyasztói döntéseknek jelentős környezeti következményei lehetnek, éppen ezért ezeket befolyásolni kell. A fenntarthatóság kistérségi-helyi programjai a fenntartható fejlődés szigorú értelmezésére épít, kis regionális-helyi szinten biztosítván a természeti-gazdasági-szociális követelmények és lehetőségek összhangját. A biológiai sokféleségre koncentráló környezetgazdaságtani értékelési módszertan azt jelenti hogy a biodiverzitás csökkenésével egyre

inkább előtérbe kerül a természeti tőke gazdasági értékelése, amivel feltétlenül foglalkozni kell a jövőben. A negatív externális hatások környezet-egészségügyi relációjának gazdasági értékelésével kapcsolatban célkitűzés a klímaváltozás egészségügyi kockázatainak feltérképezése és a károk csökkentési lehetőségeinek kidolgozása. Feladat továbbá a klímaváltozás közgazdasági összefüggéseinek elemzése.



6.5. Környezeti károk helyreállítása, szennyvíztisztítás

Az adott tématerületen kétségkívül a legjelentősebb feladat a **költség-hatékony szennyvíztisztítási technológiák kidolgozása**. Ennek során feltétlenül támaszkodnunk kell a BME széleskörű biotechnológiai potenciáljára, és korábbi, nemzetközi elismerést szerzett eredményeinkre. A spontán biodegradációs folyamatok kutatása elsősorban a szennyvíz csatornarendszerbeli megváltozásának leírása és előrejelzése szempontjából fontos, figyelembevéve azt is, hogy a csatornahálózatok bővítése hazánkban még mindig folyik. Ehhez a kutatási irányhoz kapcsolódik a **szennyvízminőség tisztítási technológia szempontjából elengedhetetlenül fontos felmérése ill. előrejelzése** is.

A bioreakciókat befolyásoló tényezők feltárásán alapuló, irányított biodegradációs folyamatok kifejlesztésébe **új, hatékony a szennyvízminőségnek és a tisztítási követelményeknek megfelelő tisztítási biotechnológiák kidolgozása** tartozik elsősorban. Ezen a területen nemzetközileg is élenjáró eredményeket értünk el a hazai körülmények között jellemző, szűkös szénforrású ill. szénhiányos szennyvizek tisztítási technológiájának kidolgozásában. Ugyancsak támaszkodhatunk korábbi eredményeinkre az eleveniszapos és biofilmes rendszerek ill. ezek kombinált optimalizálásának területén. A csatornarendszerbeli irányított biodegradációs folyamatok előidézésével pedig elnyomható a bűzképződés és a korrózió.

A szennyvíztisztítási technológiák kidolgozásában és megvalósításában is **támaszkodhatunk a BME kutatóinak széleskörű, egymást kiegészítő képzettségére és tapasztalatára**. Ez jól kamatoztatható a **tisztított szennyvíz és a tisztítást végző biomassza elválasztásában, a keletkező, ún. szennyvíziszap hatékony felhasználásra alkalmassá tételében**. A szennyvíztisztító telepek tisztítási hatékonyságát jelentős mértékben ronthatja, vagy javíthatja a tisztítási technológia utolsó műtárgyának, az iszapot eltávolító utóülepítőnek a leválasztási határfoka. A tisztítás beruházási és üzemelési költségeinek tekintélyes részét képezi az iszapkezelés és ezen belül az iszap víztartalmának csökkentése. A jelenlegi technológiai megoldás világszerte a bevált, de drága, energiaigényes, vegyszeres iszapkezelés és gépi víztelenítés. Ezen a területen elsősorban a gépészeti berendezések fejlesztése figyelhető meg. Kutatási stratégiánk elsődleges célja új megoldás ill. megoldások kidolgozása a pelyhek leválasztási hatékonyságának növelésére, a felúszás megakadályozására és a keletkező iszap magas víztartalmának jelenleginél olcsóbb, hatékony csökkentésére. Ezen belül ígéretes lehetőség a pelyhes szerkezetű lebegőanyagok leválasztási hatékonyságának növelése mágneses erőterrel mozgatott nano-részecskékkel.

Az ipari, elsősorban finomkémiai és gyógyszeripari technológiák fenntartható fejlődésének egyik alapja a keletkező **technológiai vizek költségkímélő kezelése, tisztítása, lehetőség szerint újrahasznosítása**. Ezen a tématerületen széleskörű tapasztalatokkal rendelkezünk a fiziko-kémiai és biológiai eljárások kidolgozásában és alkalmazásában, sőt ezek költségkímélő és hatékony kombinálásában is. Fontos kiemelni, hogy a magas szervesanyag tartalmú technológiai vizek napjainkban elsősorban a sokesetben környezetszennyező égetéssel kerülnek ártalmatlanításra, akkor, amikor ezekben lehetőség nyílhat a jelenleg széleskörben alkalmazott metanol denitrifikációs pótszénforrás legalábbis részbeni kiváltására a szennyvíztisztításban vagy akár a biogáztermelés hatékonyságának növelésére a szennyvíziszap rothasztása során. Az alkalmazott eljárások kiválasztása során mindenképp egy alkalmas

szelekciós módszer megalkotására van szükség annak eldöntésére, hogy az adott technológiai folyékony hulladék közvetlenül vagy csupán átalakítást követően hasznosítható-e biotechnológiai módszerekben. Előkezelésre elsősorban a desztilláció, sztrippelés, bepárlás, membrántechnikák ill. a nedves oxidációs módszerek használhatók jó hatékonysággal.

Környezeti és közgazdasági okokból is egyre **növekszik az igény a csapadékvíz hasznosítására**. A növekvő felszíni lefolyási hányad esetenként jelentős környezet terhelést jelent a befogadó talaj- illetve felszíni vizek (elsősorban a kisvízfolyások) számára. A belterületekről, közutakról lefolyó csapadékvizekben jellemző szennyezőanyagok (szerves- és tápanyagok, nehézfémek, TPH, PAH) forrásai között meghatározók a gépjárművek emissziói és az épített környezetben használt építőanyagok (pl. tetőanyagok). A csapadékvíz **minősége természetesen a hasznosítást is befolyásolja** (bakteriológiai szennyezettség, közvetlen toxikus hatások, bioakkumuláció). Ennek megfelelően fontos a csapadékvizek szennyeződés folyamatának megismerése, és ennek alapján a csapadékvíz hasznosítási lehetőségek feltárása. A cél olyan mérnöki módszerek kidolgozása, melyek a hazai környezeti és klimatikus viszonyok ismeretében lehetővé teszik a belterületi lefolyásból származó környezet terhelés számszerűsítését, és irányt mutatnak a csapadékvíz felhasználás módjaira a környezeti-közegészségügyi kockázatok figyelembe vételével.

A környezeti károk helyreállításának, fontos területe a **biológiailag aktív szennyezőanyagok szelektív kinyerése ill. eltávolítása a környezet különböző elemeiből**, így a talajból és a légtérből is. A nanoipar termelés-növekedésének és terjedésének, a fosszilis üzemanyagok tökéletlen égésének és a folyamatosan növekvő motorizációnak köszönhetően, a nanorészecskék folyamatosan kijutnak a környezetbe. A szerves szennyezők és a szén nanorészecskék vizes közegű kölcsönhatásainak korlátozott ismerete hátráltatja a szén nanorészecskék környezeti hatásainak tényleges megértését. A környezetben fellépő kölcsönhatásuk módosíthatja tulajdonságaikat. A talajban lerakódnak, felhalmozódnak. A körülmények megváltozásával mobilizálódnak és/vagy eleresztik a szennyezőket. Viselkedésük a környezetben ill. hatásuk a környezetre igen összetett és alig ismert. Diszpergáltságuk és felületkémiajuk alapvető környezeti és szorpciós viselkedésük szempontjából. Ezen a tématerületen jól kamatoztathatjuk azokat a széleskörű, nemzetközileg is elismert kutatási tapasztalatokat, amit a BME kutatói a fizikai-kémiai folyamatok feltárásában és modellezésében szereztek.

Az épített környezet és kulturális örökségünk részét képező műemlékeink a természetes folyamatok (fagyhatás, hóingadozás, stb.) mellett az antropogén környezeti hatások következtében is folyamatosan pusztulnak, melyek közül a **légszennyezés nagy mértékű mállást és elváltozást vált ki az épületekben**, amelynek egyik legszembetűnőbb formája a homlokzatok elfeketedése. Ez a hatás olyan mértékű lehet, hogy az esztétikai elváltozáson túl az épület stabilitását is károsan befolyásolhatja. A témával nemzetközi szinten korábbi EU projektek és a Stone Weathering and Atmospheric Pollution Network (SWAPNET) kutatócsoport is foglalkozik, amelyhez a BME kutatói is csatlakoztak. A károsodási folyamatok fizikai-kémiai hátterének jobb megismerésével a kőzetek és építőanyagok tönkremeneteli folyamatai modellezhetőek. A kutatások eredményeképpen **lehetőség nyílna** az épített környezetben a légszennyezés okozta környezeti **károk csökkentésére** és minimalizálására.

Általános nemzetközi tendencia a **biotechnológiai folyamatok matematikai szimulációs modellezése**, a környezetvédelmen belül a **környezeti károk terjedésének leírása**, a matematikai modellek alkalmazása a tervezésben, üzemeltetésben. A BME rendelkezik azzal a kutatói kapacitással, ami ezen az interdiszciplináris területen is a sikeres megvalósításhoz

vezethet. Tekintettel a nemzetközi kutatásban és alkalmazásban ismert számos létező eljárásra, szükségesnek mutatkozik a folyamatok leírására használt modellek összehasonlító elemzése, lehetőség szerint új, hazai körülmények között jól alkalmazható és nemzetközi érdeklődésre is számottartó eljárások kidolgozása.



6.6. Integrált egészségvédelmi- és gyógyszer-technológiák

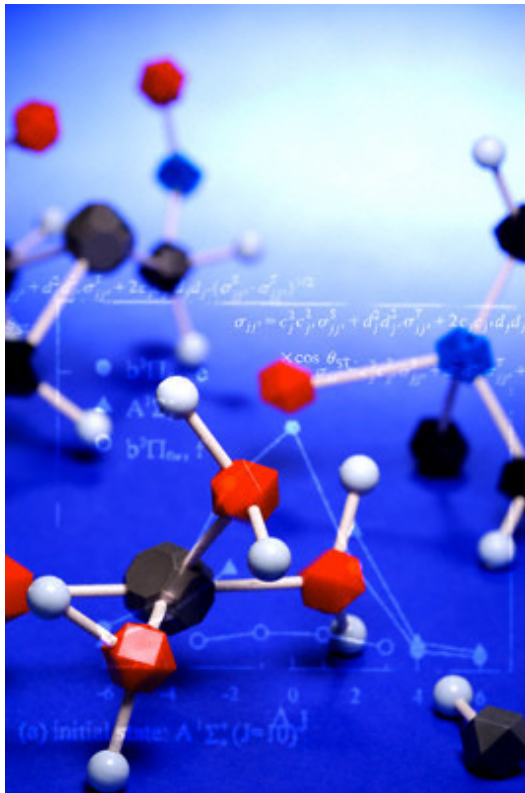
A gyógyszerfejlesztések két fő területe a **hatóanyagok** és a végső fogyasztásra szánt **készítmények** előállítása. A BME tanszékein folyó kutatások a két terület szoros integrációjára törekednek.

A fejlesztés első lépése a **racionális hatóanyagtervezés**, valamint annak **kémiai támogatására** gyógyszerhatóanyagok és intermedierjeik nagy szelektivitású szintézisével. A soklépéses szintézisek csaknem mindegyikében alkalmaznak elemorganikus reagenseket regio- és sztereoszelektív metallálási reakciókat, valamint olyan királis ligandumokat, ill. N-, O ill. P-heterociklusos reagenseket. Az egy vagy több kiralitáselemet tartalmazó hatóanyagok megfelelő sztereoizomerjeit nagy tisztaságban kell előállítani. A vezető felsőoktatási intézmények (pl. ETH-Zürich) oktatási-kutatási programjából kitűnik, hogy a nagy szelektivitású elemorganikus reakciók fejlesztése a következő két évtizedben a nemzetközi kémiai kutatások homlokterében lesz. A tervezett fejlesztés irányai a gyógyszeripari kutatási trendekkel is korrelálnak: pl. olyan új regio- és sztereoszelektív reakciók feltárása, amelyek alkalmazhatók az életminőség javítására gyártandó gyógyszerhatóanyagok szintéziseiben.

Új hatóanyagok fejlesztése mellett a gyógyszergyárak egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek a terápiás kockázat csökkentését, valamint a hatóanyag minél pontosabb célba juttatását szolgáló készítménytechnológiai innovációra (pl. FDA guidance 2004). A BME-n folyó **készítménytechnológiai és készítményanalitikai fejlesztések** a hatóanyag-szintézist követő fázissal, a kontrollált hatóanyag-kristályosítás, a morfológiai átalakulások, s a stabilizálás lehetőségeinek vizsgálatával kezdődnek. Ezen túlmenően energia hatékony, folytonos, oldószersegény technológiák kifejlesztése a cél, pl. **szabályozott hatóanyag-leadást megvalósító** nanostrukturált gyógyszerrendszerek (Csontos 2005), valamint hatóanyag-szállításra és -leadásra alkalmas rezponzív, nanoméretű gyógyszer-hordozórendszerek gyártásának megvalósítására (K. Ronaszegi 2005, N. Angyal 2007, Patyi G. 2009) E rendszerek a biokompatibilitás, ill. biodegradabilitás mellett a környezeti paraméterekre (hőmérséklet, a pH, a redox potenciál, fény, stb.) előre programozható módon - szerkezetük megváltozásával - válaszolnak (rezponzív anyagok). A testszövethez hasonló struktúrájú gél rendszerek fejlesztése az egyik fontos irányvonal e rendszerek területén, melyek közös tulajdonsága, hogy szövetbarát anyagként az élő szervezetben nem okoznak immunreakciót, így akár tartósan is testbe ültethetők. A nedves eljárásokon alapuló szol-gél technika szintén lehetőséget nyújt nanorészecskék, részecske kompozitok, hibrid (szervetlen-szerves) anyagok szabályozott vastagságú bevonatok előállítására (a szokottnál sokkal alacsonyabb hőmérsékleten). Intenzív kutatást tervezünk e rendszerek orvosi biológiai alkalmazásának meghatározására. A hatóanyagleadás szabályozásának további irányát mag-héj típusú (pl. biokompatibilis héjjal bevont) nanorészecskék előállítása jelenti, melyek célja hatóanyagok, ill. diagnosztikai nyomjelzők bejuttatása sejtek belsejébe (endocitózis), ill. átjuttatása a vér-agy gáton. A tervezett fejlesztések egyik eredményeként makromolekuláris hordozók fizikai, ill. kémiai kapcsolásával a hatóanyagok stabilizálása valósulhat meg a gyártás és tárolás során, valamint az élő szervezetben. A nyújtott hatóanyag leadás eredményeként megnő a hatóanyag felezési ideje a szervezetben, s nem naponta, hanem csak hetente, esetleg havonta kell beadni a készítményt. Az EU 7. keretprogramjának legújabb felhívásához kapcsolódva új készítménytechnológiai és vizsgálati módszerek együttes fejlesztését (theragnosztika) is tervezzük a személyre szabott terápiák

kidolgozásához vezető út fontos részeként. A technológiai fejlesztésekhez hozzátartozik a biztonságtechnika, és a minőségbiztosítás eszköztárának bővítése. Az in/on-line analitikai (pl. spektrometriás) módszerek módszereken alapuló gyógyszeranalízist a kemometria eszköztárával kombinálva hatékony módszerek kidolgozása történik az originális és generikus készítmények gyorsabb kifejlesztésének támogatására, a kritikus minőségi és mennyiségi paramétereinek meghatározására, valamint a gyógyszerhamisítások feltárására. Az analitikai módszerek fejlesztésének egyik fontos célja a hatékonyabb folyamatirányítási, és azt elősegítő szimulációs módszerek kidolgozása.

Az antibiotikumokkal szemben fellépő rezisztencia gyors megjelenése miatt kritikus kihívássá vált az **antibakteriális készítmények fejlesztése** is. Ebben a témakörben a nagy tisztaságú klórdioxid humán-egészségügyi alkalmazásainak bővítésére, valamint a gombás, bakteriális és vírusos fertőzések, gyulladásos betegségek esetén hatásosnak bizonyult nemesfém kolloidokra helyezük a hangsúlyt. A fő kihívást ezek hatásmechanizmusának tisztázása, valamint megfelelő hordozó rendszerek kidolgozása jelenti, ami a hatóanyag-leadás terápiás céloknak megfelelő szabályozását teszi lehetővé.



6.7. Mérnöki módszerek a gyógyászatban és az életvitel támogatásában

A gyógyászatban alkalmazott műszaki (mérnöki) módszerek egyidősek az orvosi módszerekkel. Nehéz – és felesleges is – meghúzni a pontos határvonalat a diagnosztikában és a terápiában alkalmazott mérnöki és orvosi eljárások között.

A fejlett országok egészségügyi ellátása a második világháborút követően jutott el arra a szintre, hogy érdemi javulást a műszaki berendezések tömeges alkalmazása hozhatott. Jellemző példa a szívritmus szabályozó (pacemaker) fejlődése. Első beültetésre 1958-ban került sor, az akkor 43 éves svéd (mérnök foglalkozású) paciensbe. A paciens további 43 évet élt, összesen 25-ször cserélték ki a szívritmus szabályozót – jellemzően azért, mert az éppen beültetett készülék elavulttá vált (nem azért, mert tönkrement).

Egy-egy új műszaki berendezés, vagy eljárás a megjelenésekor általában nagyon költséges, de ha alkalmazása tömegessé tud válni, akkor a költség nagyságrendekkel csökkenhet. Az emberi genom feltérképezése a 2004-es 3 mrd USD/genom értékről 2010-re 48 ezer USD/genom értékre csökkent, 2014-re a becsült költség 100 USD/genom! Ilyen áron már nem csak jelentős segítséget fog nyújtani a gyógyításhoz, hanem az erre alapozott kezelés olcsóbb lesz, mint a hagyományos.

Az élő szervezet modellezése igen nehéz feladat, de részrendszerek modellezése már jól halad, például az artériás véráramlás leírása az élettan, anyagtudomány és az áramlástan eszközeivel a valósághoz közeli eredményeket mutat. Ezen az úton el lehet jutni a perifériás és a centrális vérnyomás kapcsolatának feltárásához, amely segíti a hipertónia diagnosztizálását és kezelését, és támogatja a vérnyomás csökkentő gyógyszerek fejlesztését. A szervezet szabályozórendszereit izoláltan is csak jelentős egyszerűsítésekkel lehet modellezni, a több szabályozórendszer keresztkapcsolata pedig olyan bonyolult rendszert eredményez, amelynek kezeléséhez a jelenleg műszaki rendszerekhez alkalmazott eszköztár nem elégséges. Nem is beszélve az emberi agyról, amely központi vezérlőként irányítja a csatolt szabályozórendszereket: a mintegy 10^{11} ... 10^{12} agysejt, a sejtenkénti akár 10 ezer más sejthez történő kapcsolódással, ezen kapcsolatok átépülési lehetőségével szükségképpen csak jelentős egyszerűsítésekkel, makroszintű modellekkel kezelhető. Jól ismert a gyógyászatban a tipikus/atipikus módon jelentkező betegség kezelésében meglévő különbség. Részletes modell és az élettani folyamatokat jellemző igen nagyszámú érték mérése (lelet) nélkül a kezelés szükségszerűen a legfontosabb paraméterek alapján indul. Ezzel a betegek nagyobb része (neurológiai betegeknek kb. kétharmada) esetében helyes a kiinduló diagnózis, kezdődhet a kezelés. Ez nem jelenti azt, hogy az elsőként felírt gyógyszer hatásos lesz, vagy nem lesznek annak szedését lehetetlenné tevő mellékhatásai. Szükség lehet a gyógyszer cseréjére, az adagolás változtatására, a mellékhatásokat csökkentő újabb gyógyszer felírására. A nem tipikus módon jelentkező és a nehezen diagnosztizálható betegségek esetében hosszú idő (neurális betegségek esetében akár több év!) telhet el a helyes diagnózisig is.

A részletes modell hiánya miatt a diagnózis pontossága (jelkiértékelés) nem éri el azt a szintet, amelyet a paciensről rendelkezésre álló adatok lehetővé tennének. Az egyik leggyakrabban készített felvétel, az EKG, becslések szerint nagyjából annyi többlet információt tartalmaz még, mint amennyit jelenleg hasznosítunk belőle.

A fejlett társadalmak elöregedése fenntarthatatlanná teszi a hagyományos, rendszeres orvos-beteg találkozásokon alapuló egészségügyi ellátást.

A mérnöki módszerek alkalmazása a következő területeken járul hozzá a hatékony egészségügyi ellátáshoz:

- (a) a meglévő adatokból jelenleg nem hasznosított információ kinyerése,
- (b) meglévő mérési eljárások pontosságának, reprodukálhatóságának növelése,
- (c) új mérési eljárások bevezetése,
- (d) a betegek bevonása saját ellátásukba.

A nagy orvosi műszergyártó cégek (Siemens, GE Healthcare, Omron Healthcare, Philips Healthcare, stb.) egy-egy területen meghatározó befolyással rendelkeznek. Az általuk kínált berendezésekhez tartozó eljárások szinte szabványossá válnak.

A Műegyetem több tanszéke foglalkozik mérnöki módszerek egészségügyi alkalmazásával. Ezen a területen a világban általában egy-egy speciális eljárás vagy készülék fejlesztésére alakultak ki sikeres kutatócsoportok. Ezekben orvosok és mérnökök dolgoznak együtt, általában egy nagy céghez kapcsolódóan. Nem ritka, hogy a kutatási eredményeket beépítik ugyan a készülékekbe, de a részleteket nem publikálják. Tipikus példa az oszcillometriás vérnyomásmérés, ahol a szisztolés és a diasztolés nyomás mandzsettanyomás változásából történő megállapítására használt eljárások részleteiről a gyártók semmit sem hoznak nyilvánosságra.

A különböző, de hasonló speciális területeken aktív BME kutatócsoportok egymás eredményeinek megismerése útján új ötleteket kaphatnak, közös kutatási feladatokat tudnak megfogalmazni.

7. INNOVÁCIÓS POTENCIÁL ÉS ERŐFORRÁSOK FEJLESZTÉSE

7.1. Humán erőforrásigény, annak biztosítása

A korábbi fejezetekben megfogalmazott kutatási célok elérésének két igen komoly feltétele van:

1. a magas szinten képzett és megfelelően motivált kutatói állomány
2. a kor technikai igényeinek megfelelő műszerpark

A BME Biotechnológia, egészség környezetvédelem kutatói gárdája igen heterogén képet mutat. A hagyományos biotechnológiai vonal (fermentáció, szennyvíztisztítás) már komoly múlttal rendelkezik, jó nevet vívott ki magának szakmai körökben, a vezető kutatók általában gondoskodtak a megfelelő kutatói utánpótlásról. Szintén figyelemre méltóak az élelmiszer-tudományi terület kutatás fejlesztései, amelyek elsősorban a nemzetközi tendenciákhoz igazodó un. „health food” típusú termékek fejlesztését és az ezekkel összefüggő analitikai feladatok megoldására irányulnak, amelyhez szükséges kutató gárda alapjai rendelkezésre állnak. A molekuláris biotechnológiai területen a közelmúltban kezdődött el a szakembergárda kiépítése, a fejlesztéseknek köszönhetően intenzív munka indult be, de ezen a területen még akad fejleszteni való. Az egészségvédelmi terület gyógyszer-szintetikus iránya igen erősnek mondható a Műegyetemen. Az egyetemi kutatócsoportok komoly sikereket értek el ezen a területen és jelenleg is az ország élvonalához tartoznak. Az egészségvédelem mérnöki módszerekkel történő támogatása, szakemberek együttműködését igényli olyan területekről, amelyek műveléséhez a BME nagy hagyományokkal és széles körű kapcsolatrendszerrel rendelkezik. Szintén igen erős analitikai/bioanalitikai szakemberbázissal rendelkezik egyetemünk. A környezetvédelmi technológiák, zöldkémiai eljárások kutatása is nagy hagyományokkal bír, a terület szenior kutatói nemzetközi elismertséggel rendelkeznek. A vezető munkatársak igen komoly utánpótlás nevelő munkát is végeznek. Így mindhárom területen folyamatos a fiatal kutatók nevelése, kutatásba történő bevonása.

Természetesen minden területen cél a minél több fiatal, tehetséges kutató bevonása. A mennyiségi humán erőforrás fejlesztés eszköze – a jelenleg ismert költségvetési keretek között – a külső forrásbevonás lehet. Ez épülhet a megbízásos munkákra, de ki kell aknázni a vonatkozó pályázatok adta lehetőségeket is (pl. doktori ösztöndíjas, posztdoktori vagy fiatal kutatói foglalkoztatás).

Utóbbiak biztosabban tervezhető forrásokat adnak. A minőségi fejlesztés eszköze a motiváció. Ez jelenthet munkaköri előbbre sorolást, nem anyagi jellegű elismerést valamint az eredményes kutatási projektek adta forrásokból kiegészítő anyagi ösztönzést. Ezek kombinált alkalmazása a célszerű.

A kutatásra általában, de a BEK területén történő kutatás-fejlesztésre különösen igaz, hogy megfelelő színvonalon folytatni csak jó nemzetközi kapcsolatokkal lehet. Ez még akkor is igaz, ha bizonyos területeken jelentős kiugrási potenciált képviselnek a kutatási hungaricumok. Fontos, hogy a hazai kutatók minél gyorsabban reagáljanak a nemzetközi trendekre, ismerjék és

alkalmazásba vegyék a legmodernebb kutatási technikákat. A szakmai felkészültségen kívül ez jobb, stabilabb nemzetközi pályázati lehetőségeket is magában hordoz.

Fenti állítást igazolja az a tény, hogy a BEK-ben tevékenykedő kutatók nemzetközi tapasztalataikat több mint 12 különféle nemzetközi kutatási projektben (többségében EU V, VI és VII. keretprogram) szerezték meg.

A fiatal kutatók nevelésének egyik igen hatékony eszköze lehet a doktoránsok szemeszteráthallgatása más (külföldi és/vagy hazai) egyetemekre, kutatóintézetekbe. Igen fontos, hogy azok a tehetséges fiatalok, akikre a jövőben, mint kollégáinkra számítunk a kezdettől fogva be tudjanak illeszkedni a nemzetközi vérkeringésbe kapcsolódjanak be intenzíven a nemzetközi keretprogramokban zajló K+F munkákba. A fejlődés hatékony eszköze lehet a Műegyetemen végzett doktoránsok doktori védést követően neves külföldi egyetemekre, kutatóintézetekbe küldése. Ideális esetben kiutazásuk előtt már egyetemi státuszba kerülnek. A fiatal szakemberek 1-2 éves külföldi tartózkodást követően a külföldi technikákkal, tapasztalattal felvértezve hazatérnek. Így a fiatalok tudják, hogy számítanak rájuk, biztos a hazai hátterük, az egyetem pedig egy jó szakmai műhelyben képzett szakemberrel gazdagodik.

Ennek egy igen fontos kiegészítője lehet, hogy tehetséges külföldi kutatókat fogadunk néhány éves időtartamra, akik szintén megtermékenyítőleg hathatnak a Műegyetemen végzett kutatásokra és biztosítják a kutatócsoport/egyetem nemzetközi életben való hosszú távú részvételét.

Ennek a tevékenységnek fontos része a senior kutatók megfelelő külföldi (előadói/kutatói) aktivitása. Természetesen fontos, hogy hozzánk is megfelelő létszámban érkezzenek a nemzetközi élvonalhoz tartozó külföldi szakemberek. Ennek hatékony eszköze lehet nemzetközi szemináriumok, M.Sc., Ph.D. kurzusok szervezése.

Hasonló kurzusok ipari szakemberek bevonásával szintén fontos része lehet a kutatói utánpótlás nevelésének (és természetesen az iparral való minél közvetlenebb kutatómunkának).

Az ipari partnerek előadóként történő meghívása segíti az ipari trendek követését, oktatási bevonásuk pedig az oktatás gyakorlatorientáltságát biztosítja, ipari igényeket kielégítő minőségét emeli.

Ugyanakkor a Műegyetem szempontjából kiemelt fontosságú, hogy az iparral való kapcsolat fejlődési rendszerében jelenjenek meg az egyetem által ajánlott, az ipar speciális igényeit kielégítő, többnyire rövid ciklusú oktatási formák.



7.2. Infrastrukturális feltételek fejlesztése

A megfelelően képzett és motivált humán erőforrás mellett, a hatékony kutatáshoz nélkülözhetetlen a korszerű, megfelelő kutatási kapacitást biztosító laboratóriumi háttér.

A biotechnológia jelenleg tapasztalt fellendülésének háttérében a modern biotechnológiai eszköztár áll. Ez az eszköztár pedig a kiszolgáló műszerparkon nyugszik. Modern biotechnológiai kutatás tehát nem képzelhető el a megfelelő műszeres háttér nélkül. A műszerek igen komoly beszerzési költsége minden valamirevaló biotechnológiai kutatóközpontot/egyetemet arra sarkaltak, hogy a nagy értékű berendezések számára egy különálló, ún. közös használatú laboratóriumot vagy – hálózatot (angol kifejezéssel *core facility*) tartsanak fenn.

Ebben a szervezeti modellben a központi laboratórium különálló szervezeti egység, amelynek célja, hogy a legmodernebb eszközökkel és szakszerű személyzettel kiszolgálja az egyes kutatócsoportok igényeit. Az ilyen megoldás előnyei közül csak a legfontosabbakat kiemelve:

- költséges műszerek központi beszerzése (nagyobb esély a műszerek megvásárlására),
- csekély redundancia az eszközállományban, azok jobb kihasználtsága,
- nincs preferencia a partner tanszékek, kutatócsoportok között, így versenyhelyzet helyett a kooperációt erősíti,
- a partner tanszékek a laboratórium stabil háttérére mint kompetenciára hivatkozhatnak,
- hatékony üzemeltetés: szakértő, kizárólag a laboratóriumi feladatokat ellátó személyzet,
- átlátható működés

Ilyen modell működik például a Semmelweis Egyetemen (pl.: Microarray Core Facility, <http://www.dgci.sote.hu/microarray>), vagy a Szegedi Biológiai Központban (proteomikai, vagy funkcionális genomika laboratórium, http://www.szbk.u-szeged.hu/central_labs.php) melyek sikeressége követendő példaként szolgálhat más egyetemeknek, intézeteknek.

A TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 keretében a BEK területen végrehajtott labor és infrastruktúra fejlesztésekkel egy ilyen valós, és/vagy virtuális biotechnológiai egészségvédelmi, környezetvédelmi területen működő műegyetemi központi laborhálózat kialakítását tűztük ki célul.

Melynek főbb elemei a következők:

1. Molekuláris bioenergetikai, sejtbioológiai laboratórium (Ch. épület 3. emelet)

A beszerzés főbb elemei:

Ultracentrifuga: Nélkülözhetetlen biotechnológiai alampérem sejtfrakciók, membránfrakciók preparálásához. Mind a molekuláris biotechnológiai, mind az egészségvédelmi kutatások alappillére. Jelenleg az egész egyetemen nem található működőképes példány.

Sejttenyésztő kislaboratórium: állati és humán sejtek (**CO₂ inkubátor**), valamint növényi sejtek (**hűthető, fűthető rázóinkubátor**) fenntartására. Ezek mind jól kiegészítik, növelik a korábban megvásárolt műszerek kapacitását.

A jelenleg is rendelkezésre álló real-time PCR készülékkel az újonnan kialakítandó laboratórium megteremti az egyetemi alkalmazott biotechnológiai kutatásainak molekuláris hátterét.

A laboratórium fő kutatási területe:

A laboratórium fő profilja a növényi, humán és állati mitokondriális folyamatok vizsgálata. Ezek közül kiemelt hangsúlyt kapnak a mitokondriális oxidatív stresszel, mitokondriális támadáspontú gyógyszerekkel, illetve a mitokondrium ozmoregulációban játszott szerepével kapcsolatos vizsgálatok.

2. Élelmiszer és bio-analitikai laboratórium

A fejlesztés szerves része az eddigi közeli (NIR, FT-NIR) és közép tartományú (IR, FT-IR) infravörös spektroszkópiai fejlesztéseknek, amelyek széleskörű gyógyszeripari, élelmiszeripari és mezőgazdasági innovációkat és alkalmazásokat eredményeztek. A valós idejű, infra tartományú képalkotó (imageing) módszerek fejlesztése a gyógyszer innováció, előállítás, formálás, minősítés és hamisítás kimutatás céljait egyidejűleg szolgálják.

3. Alkalmazott biotechnológiai pilot laboratórium

A gabona feldolgozás nemzetközileg preferált új iránya a nyersanyagban található természetes eredetű bioaktív komponensek szeparációs úton történő dúsítása, a bioaktív komponensek célzott összetételű és funkcionális termékekben történő megjelenítése.

A beruházás a szeparációs műveletek fejlesztését, hatékonyságának javítását célozza.

4. Bioinformatikai központ

A bioinformatika vonalon vállalt bioinformatikai számítás-adat-tudás szolgáltató központ céljai a következők:

a. általános, standard bioinformatikai szolgáltatások bemutatása és/vagy biztosítása, mint például szekvenciaelemzés, motívumkeresés, filogenetikai elemzés, génexpressziós elemzés, genetikai asszociációs vizsgálatok esetén

b. tudásbázisok bemutatása és/vagy biztosítása, mint például gén ontológiák, klinikai ontológiák, gyógyszer adatbázisok, génszabályozási, fehérje-fehérje, fehérje-kismolekula tudásbázisok

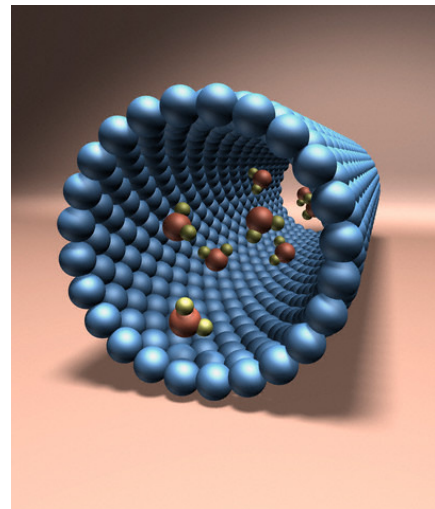
c. saját fejlesztésű és emiatt helyi támogatással, szorosabb együttműködéssel elérhető szolgáltatások biztosítása, mint például a genomikai kísérlettervezés, adatelemzés, és értelmezés területén

d. a ritka variánsos-újgenerációs szekvenálási korszakra való felkészülés jegyében egy speciális számítógép is hasznos volna, 128 GB feletti osztott memóriával, 16 feletti számítási maggal és 100TB feletti háttértároló kapacitással. A nagysebességű egyetemi kapcsolatot kihasználva ekkor lehetőség volna a 100GB-os nagyságrendű teljes genomszélességű asszociációs adatok és a TB-os nagyságrendű új generációs szekvenálási adatokat mozgatni, majd a központban, központi eszközökkel elemezni.

Ideális esetben a központi laboratóriumok egymás közelében helyezkednek el és nyitva állnak minden a szakterületet művelő szakember számára.

A központi laborok előhírnöke lehet egy **BME Biotechnológia, Egészség, Környezetvédelmi Laboratóriumi Hálózat**, amely eszközparkja hozzáférhető a projekt résztvevői számára. Ezáltal az egyetemen belüli kapcsolatrendszer, együttműködés és nem utolsó sorban az interdiszciplináris tárgyak oktatása is erősödhet.

Ez a fejlesztés megteremtené az alapjait egy olyan biotechnológiai, egészség, környezetvédelmi centrum létrehozásának, ahova a korszerű eszközpark koncentráltan telepíthető, és egy helyen elérhetővé válik az összes egyetemi és egyetemen kívüli felhasználó részére, és amely „szolgáltatásokat” képes nyújtani az ipar számára a K+F és oktatási területeken egyaránt.



7.3. Tudományos eredmények hasznosítása

A korábbi fejezetekhez hasonlóan az eredmények hasznosítása is rendkívül heterogén a Biotechnológia Egészség, Környezetvédelem kiemelt kutatási területen.

A molekuláris biotechnológia eredményei elsősorban alapkutatási eredmények: lehetővé teszik az élő szervezetek alaposabb megismerését, azok gyakorlati célú felhasználását, a felhasználás gazdaságosabb voltát. Így ezek gyakorlati felhasználása elsősorban hosszabb időtávon (10-15-20 év) lehetséges. Az alapkutatás jellegéből fakadóan viszont esélyesebb ezen eredmények komoly magas impakt faktorú nemzetközi lapokban történő közlése. Az alkalmazott biotechnológiai, környezetvédelmi és a gyógyászatot és az életvitelt támogató mérnöki kutatások elsősorban konkrét ipari problémák megoldását szolgálják, de legalábbis azok által iniciáltak, így ezek eredményei gyorsabb ipari felhasználást tesznek lehetővé, viszont éppen az esetlegesen feltárt nagyüzemi problémák ill. a gyakorlatorientáltság következtében publikálhatóságuk kisebb mértékű, az impakt faktorok pedig jelentősen alacsonyabbak lehetnek, mint a korábban említett elméleti területeken elért eredményeké. Az új termékek, eljárások és módszerek fejlesztése és alkalmazásaik közvetlen gyakorlati, piaci eredményekben manifesztálódhatnak.

Az elméleti területek számára nyújt komoly segítséget a bioinformatika eszköztára, így ezen a területen elért eredmények is közvetlen, vagy indirekten az elméleti biotechnológia eredményeit gazdagítják, felhasználási területe éppen ezért szorosan kapcsolódik (azonban nem teljesen azonos) annak felhasználásához.

Az egészségvédelmi témakör két fontos területe szintén alapkutatási és alkalmazott kutatási vonulatot is magában hordoz: a gyógyszer hatóanyagok előállításának elméleti alapokról építkeznek, azonban egy (gyakran) igen jól körülírható gyakorlati probléma megoldását célozza meg. Így kapcsolódik mind az alap, mind az alkalmazott kutatásokhoz és felhasználásukhoz.

Az orvosi célú műszerfejlesztés már inkább az alkalmazott területhez áll közelebb és adott diagnosztikai probléma megoldását célozza. Az életvitelt támogató általános keretrendszernek több olyan aspektusa is van (pl. elosztott rendszerek kommunikációja, adatbiztonság, adatvédelem, szakértő rendszerek, stb.) amelyek ezen alkalmazástól független kutatási és publikálási lehetőséget jelentenek.

Rendkívül fontos hozadéka lehet a műegyetemi BEK kutatóhálózat létrehozásának, hogy eltérő karok/tanszékek kutatói dolgozhatnak közösen egészen elméleti alapokról építkezve gyakorlati problémák megoldásán, ami fokozhatja a munkacsoportok együttműködési kedvét, javítva az innováció határfokát, az anyagi lehetőségeket és a publikálhatóságot egyaránt.

A gondosan mérlegelt és kiválasztott tématerületeken potenciálisan az eredményekkel nemzetközi szinten is értékelhető K+F+I láncok indíthatók illetve erősíthetők meg. Ez megteremti annak az alapját, hogy a BME kutatócsoportjai Európai Unió vagy más nemzetközi finanszírozású kutatások/konzorciumok részesei lehessenek.

Az innováció során kapott eredmények hasznosításának kiváló lehetősége az egyetemmel szoros kapcsolatban álló és maradó spin-off cégek létrejötte. Ezen vállalkozások elsődleges feladata, piaci körülmények között az egyetemi vagy egyetemhez köthető eredmények hasznosítása. A

szimbiózisnak köszönhetően az egyetem szintén hivatkozhat az általa létrehozott spin-off vállalkozásra.

Nem utolsó sorban az eredmények hasznosításának egyik legkézenfekvőbb területe az oktatás. A tudományos munkában megszerzett tapasztalatokat az oktatásban működő kollégák átadják a hallgatóknak, bevonják őket egy-egy részprobléma megoldásába, így versenyképes tudással ruházhatják fel őket. Ennek hatékony terepe a hallgatói önálló munka, amelyhez a mesterképzésben és a doktori képzésben az egymást kiegészítő kutatási profilú tanszékek közös feladatokat (kutatási témákat) hirdetnek meg, külső (ipari) partnereket is bevonva. Ezáltal a BME a területen érdekelt intézmények számára speciális tudással rendelkező fiatal kutatókat tud nevelni. A nemzetközi mércével mért kimagasló eredmények külföldi elismerést vívnak ki az oktatásban is, BSc, MSc és PhD képzésünk ennek megfelelően nemzetközi szinten is versenyképes lesz. Az oktatásban így az eredmények egészen hosszú távon hasznosulnak, megőrizve a BME elitegyetemi besorolását.

Az eredmények hasznosításának egy nagyon hatékony „kimenete” az egyetem és az ipar kapcsolatának erősödése, az ipari és oktatási érdekek szinergiájának javulása.



7.4. Külső ipari és intézményi kapcsolatrendszer

A BME széles körű együttműködést alakított ki a **Biotechnológia, egészség, környezetvédelem** kiemelt kutatási terület egy-egy témájához közel álló intézmények széles körével: akadémiai kutatóintézetekkel, multinacionális és hazai vállalatok kutatásfejlesztő egységeivel, hazai és külföldi egyetemekkel, kis- és közép vállalkozásokkal. Ezen együttműködések fenntartása és továbbfejlesztése minden résztvevő közös érdeke.

Az alábbiakban néhány olyan kiemelt együttműködő partnerünket soroljuk fel, akikkel kapcsolatunk hosszú múltra tekint vissza.

MTA SzBK Enzimológiai Intézete: A BME intenzív kutatási kooperációt tart fenn az intézettel új, terápiás célú antibakteriális és rákellenes szerek fejlesztését célzó valamint az enzimszerkezet és funkció összekapcsolását és vizsgálatát lehetővé tevő fejlesztésekben, amelyek végső célja gyógyszer hatóanyag innováció. Az együttműködés keretében közös metodikai és vizsgálati kooperáció valósul meg a fehérjék szerkezetkutatását célzó röntgen diffrakciós mérési területen.

MTA SzBK Növénybiológiai Intézete: Az intézet több kutatócsoportjával is tudományos együttműködésünk van, mely során a növényi mitokondrium stressz-válaszban betöltött szerepét vizsgáljuk (Zsigmond 2008). Az együttműködés keretében jelenleg is négy nyertes pályázat keretében folynak a kutatások.

MTA Kémiai Kutató Központ: A Műegyetem mindig is kapcsolatban volt a MTA KKKp-tal. Egyrészt szintetikus és anyagtudományi területeken volt együttműködés, másrészt a spektroszkópiás vizsgálatok történtek az intézetben jobb műszerezettségük miatt. Oktatási tekintetben folyamatos az együttműködés: rendszeresen dolgoznak TDK,s szakdolgozatos és szigorló hallgatók az Intézetben.

MTA MgKI: A BEK projektet megelőző több mint egy évtizedben a BME közös kutatás-fejlesztési projekteken (hazai és nemzetközi finanszírozással) működik intenzíven együtt az intézet klasszikus és molekuláris növénynevelési csoportjával elsősorban a gabonafélék genetikai potenciáljának hatékonyabb kiaknázása érdekében valamint speciális funkcionális tulajdonságokkal rendelkező élelmi nyersanyagok előállítására. Közös kutatás-fejlesztések folynak a minőségügyi területeken a klasszikus kémiai, reológiai és közeli infravörös spektroszkópiai módszerek, mérési metodikák fejlesztése céljából.

ELTE Növényélettani tanszék: A BME nemzetközi és hazai projekteken működik közre az intézettel elsősorban molekuláris biológiai alapú, speciális növénynevelési feladatok megoldásában, idegen faj eredetű gének kifejezésében, egyes gabonafélék tartalék fehérje összetételének és funkcionalitásának kedvező irányú megváltoztatásában.

Semmelweis Egyetem Orvosi Vegytani Molekuláris Biológiai Intézet: Az intézet több kutatócsoportjával is tudományos együttműködésünk van, mely során mitokondriális támadáspontú gyógyszerek tesztelését, fejlesztését végezzük. Fontos megemlítenünk a szénhidrát és antioxidáns anyagcsereutak vizsgálatával (Szarka 2007, Szarka 2008), valamint az oxidatív

fehérjefoldinggal kapcsolatos kooperációnkat. Fentiekén kívül fontos megemlítenünk az analitikai és diagnosztikai célú közös aptamerkutasunkat. Az intenzív együttműködésnek köszönhetően jelenleg is öt nyertes pályázat keretében folynak kutatások.

Richter Gedeon NyRt.: évtizedek óta fennálló gyümölcsöző kapcsolatunk van amely a gyógyszerhatóanyagok technológiájához (pl. intermedierek/végtermékek előállítása, szintézissorok optimalizálása ill. környezetbaráttá tétele, hatóanyagok reszolválása) és újabban készítmények technológiájához (formálási problémák, kompozitok) kapcsolódik. Konzorciális együttműködés is volt 3 évig a Richter és a BME VBK-a között. Hosszú ideje járnak ki a gyárba termelési gyakorlatra elsősorban a gyógyszeripari szakirányos hallgatók. Növekszik a Gyárban tevékenykedő hallgatóink létszáma TDK, szakdolgozatosok és diplomázók tekintetében. A BEK alprojekthez kapcsolódó új, rendkívül perspektívikus közös K+F valósul meg a biotech-alapú gyógyszer előállítás fermentációs folyamatainak fejlesztése és a folyamatok monitorozására és irányítására alkalmas spektroszkópiai módszerek kutatása és alkalmazása területén, valamint új kemometriai eljárások kutatásában.

EGIS NyRt.: hosszú idő óta együttműködés van a BME VBK-a és az EGIS-servier Gyógyszergyár között. Egyrészt új vegyületeket (esetleg szennyezőket) állítunk elő, másrészt készítménytechnológiai vonalon van együttműködés. A Szerves Kémia és Technológia Tanszéken egy EGIS-ből delegált kollega tevékenykedik évek óta, aki nagy hasznára van a közös kutatásoknak. A termelési gyakorlatoknak is nagy hagyománya van az EGIS-ben és hallgatók is dolgoznak egyéni feladatokon. Széleskörű a BME hosszú-távú együttműködése a gyógyszergyár K+F tevékenységében a klasszikus gyógyszerfejlesztési területeken, a farmako-kinetikai és más speciális analitikai, mérés-technikai fejlesztések területén. Mindkét fenti együttműködő gyógyszergyár széleskörűen veszi igénybe a BME oktatási szolgáltatásait a biotechnológiai területeken.

További partnerek: Az alább felsorolt mezőgazdasági és élelmiszeripari partnereink a növénynevelési, termesztési, élelmi nyersanyag előállítási és feldolgozási területek K+F feladatainak megoldásában működnek intenzíven együtt a BEK alprojekt csoportjaival (Szerencs Zrt., KITE Zrt., Abomill Zrt., Gyermely Rt., Cerbona Zrt., Proteus Gold Kft.). Szennyvíztisztítási területen stratégiai partnereink: Fővárosi Csatornázási Művek Zrt., Dunántúli Regionális Vízmű Zrt., MAVÍZ Magyar Víziközmű Szövetség

Az orvosi célú műszerfejlesztés területén is számos stratégiai partner azonosítható: Semmelweis Egyetem Klinikai Kísérleti Kutató- és Humán Élettani Intézet, 77 Elektronika, Innomed Medical Zrt, Mediso

7.5. BME Kiemelt kutatási területeinek kapcsolatrendszere (Belső kapcsolatrendszer, innovációs mátrix)

A Műegyetemen a biotechnológia, egészség, környezetvédelem (BEK) mellett a következő kiemelt kutatási területek kerültek nevesítésre:

- fenntartható energetika (FE)
- járműtechnika, közlekedés és logisztika (JKL),
- nanofizika, nanotechnológia, anyagtudomány (NNA),
- intelligens környezet és e-technológiák (IKT).

Ezek a kutatási területek számos téma esetében átfedik, kiegészítik egymást, így kiemelten fontos

- az átfedések azonosítása,
- az együttműködés intézményesítése,
- információs csatornák kialakítása.

A közös (átfedő) kutatás területek vonatkozásában a 8.1. ábrán látható K+F+I mátrix szolgál felvilágosítással, melyben feltüntettük azokat a témákat, ahol az egyes kiemelt kutatási területek résztvevőinek együttműködése célszerű.

FE: fenntartható energetika

JKL: járműtechnika, közlekedés és logisztika

NNA: nanofizika, nanotechnológia, anyagtudomány

IKT: intelligens környezet és e-technológiák

BEK: biotechnológia, egészség, környezetvédelem

Szennyezőanyagok környezeti hatásai, bioüzemanyagok, humánkomfort

Biokompatibilis és hatóanyagleadó bevonatok, (bio)kémiai érzékelés funkcionizált nanoszerkezetekkel

Egészségipari és egészségügyi alkalmazások, diagnosztikai műszerfejlesztés, bioszenzorok

8. FORRÁSIGÉNY, FINANSZÍROZÁS, PÉNZÜGYI TERV

8.1. A tervezett fejlesztések költségeinek becslése

A Műegyetemen a közeljövőben kialakítandó biotechnológia, egészség, környezetvédelmi laboratóriumi és együttműködési hálózatnak jelenleg csak néhány magja funkcionál. Az infrastrukturális fejlesztések költségigénye meglehetősen nagy és csak viszonylag nagy bizonytalansággal tervezhető. A bizonytalanság kézenfekvő, hiszen a gazdasági válságtól, a meglehetősen fluktuáló magyar valutától ez a terület sem függetleníthető. A fejlesztések/beruházások jelentős része pedig import műszereket jelent.

Igen komoly fejlesztésekre van szükség a – Műegyetemen eddig elhanyagolt területnek számító – molekuláris biotechnológia felzárkóztatására. E nélkül a terület nélkül ma már nem beszélhetünk biotechnológiai kutatásokról, fejlesztésekről. A jelenleg elindult folyamat lendületben tartása további fontos műszerbeszerzéseket, laborberuházásokat igényel. A jelenlegi laboratórium további fejlesztésének (géldokumentációs, előhívó készülékek, megfelelő nitrogénes mélyhűtő kapacitás, fehérjetisztító apparátusok, növényház, fitotronkamra, hiányzó bioanalitikai apparátusok stb.) költségigénye a 100-150 millió forintos nagyságrendbe tehető. Az infrastrukturális háttérrel együtt ezen a területen az átlagtól jelentősebb mértékben növekedni kell a kutatószemélyzet létszámának is. A jelenleg laza egyetemi hálózatként funkcionáló biotechnológia, egészség, környezetvédelmi kiemelt kutatási területen mintegy 80-90 kutató vesz részt a kutatásokban. Ennek mindössze 5%-a dolgozik a fent említett területen. A fejlesztési folyamat ütemének kívánatos mértéken tartása rövid/középtávon azt kívánja, hogy ez elérje, sőt meghaladja a 10%-os arányt. Ez éves szinten mintegy 15 millió forintos többlet terhet jelent a költségvetésben.

Az egészségvédelmi terület korábbi/jelenlegi sikerágazata a gyógyszerfejlesztés, gyógyszerkutatás területén is jelentős műszerpark (HPLC-MS kapacitás bővítése, infra imaging rendszer kiépítése stb.) és humán erőforrás frissítés indokolt ahhoz, hogy a terület fejlődésével lépést tudjunk tartani.

Szintén a jelenleg még válság-rezisztensnek mondható egészségügyi, védelmi terület fontos és a jövőben tovább fejlesztendő ágazata az orvosi műszerfejlesztési terület, mely komoly infrastrukturális és személyi fejlesztési igénnyel rendelkezik.

A környezetvédelmi terület az egészséges környezethez való igény/jog felismerésével igen komoly fejlődésen ment keresztül az elmúlt két évtizedben. Ezzel párhuzamosan kutatási eszközparkjában is markáns fejlődés következett be, mely az egyetemi eszközpark frissítését tette szükségessé

A kiemelt kutatási terület mindhárom részterületére elmondható, hogy fiatalok bevonását és a szenior kutatói gárda bővítése elkerülhetetlenné vált, mely magas költségterheket, mintegy 45-50 millió forintot ró éves szinten a költségvetésre.

8.2. A lehetséges források azonosítása, tervezése, kapcsolódás a nemzeti/EU/nemzetközi támogatási/együttműködési rendszerekhez.

A költségek becslésénél már csak a források azonosítása hordoz magában több bizonytalanságot. Ez a minden területen, minden helyzetben meglévő bizonytalanság az elmúlt két évben, a gazdasági válság világméretűvé válásával csak tovább fokozódott. A mostani világgazdasági válság jelentős hatást gyakorolhat a biotechnológiai iparágra is. Az elmúlt néhány hónap alatt majdnem tucatnyi tőzsdén jegyzett biotechnológiai cég összeomlásának lehettünk tanúi az amerikai egyesült államokban. Várhatóan a jelenlegi helyzetben jelentősen megnő az egyesülések és felvásárlások száma.

Számos elemző véleménye szerint a pénzügyi válság a gyógyszer-, illetve a biotechnológiai ipart kevésbe fogja érinteni, mint a hagyományos iparágakat. Ezen a területen ugyanis a fejlesztési projektek piacosítása meghaladja a tíz évet, továbbá az emberi egészség nem elodázható költség, mint az új autó vásárlása vagy a lakásfelújítás. Mindazonáltal a korai stádiumban levő, igen kockázatos új fejlesztésektől, melyek elsősorban kockázati tőkét igényelnek, mindenképpen lassulást varunk, és jelenleg is kivárást tapasztalunk.

A biotechnológia, egészség, környezetvédelem kiemelt kutatási terület tervezett fejlesztéseinek forrásai az alábbiak lehetnek:

- Hazai pályázatok;
- Nemzetközi pályázatok;
- Ipari megrendelések teljesítése;
- Költségvetési támogatás.

A gazdasági világválsággal mind a négy forrás bizonytalanná és kiszámíthatatlanná vált. Mind a hazai, mind a nemzetközi pályázatok száma, mértéke visszaesett az utóbbi két esztendőben. Ígéretes tendencia, hogy az európai közösség és a hazai döntéshozók is a kutatás, fejlesztés felgyorsításában, támogatásában látják a válságból kivezető egyik utat.

Az iparvállalatok szintén kutatás, fejlesztési lépéskényszerbe kerültek (ennek jó példája a Richter NyRT által indított debreceni zöld mezős biotechnológiai üzemfejlesztés). Ezen fejlesztési hullámra mindenképpen komoly hangsúlyt kell fektetnie a Műegyetem biotechnológia, egészség, környezetvédelem kiemelt kutatási terület kutatóinak.

A költségvetési támogatások mértéke nagyjából a másik három faktórral együtt változik, hiszen a biotechnológia kiemelt terület, de a költségvetés csak uniós és ipari forrásokból tudja a területet támogatni.

Egy igen jó példa lehet a biotechnológia, egészség, környezetvédelem kiemelt kutatási terület számára a már európai vezető élettudományi tudáscentrummá vált VIB (Flamand Egyetemközi

Biotechnológiai Kutatóintézet). Természetesen a flamand kutatók helyzetét megkönnyítette a biotechnológiai „szilikon völgy” létrehozásában, hogy arra a területre koncentrált számos iparvállalat is kutató, fejlesztő részlegét (pl.: Bayercrop, Glaxo Smith Klein). Ha figyelembe vesszük, hogy a közép-kelet európai régió biotechnológiai vezető állama vagyunk egy hasonló lokális kisebb biotechnológiai kutatóhálózat létrehozása Magyarországon (a BME részvételével) sem elképzelhetetlen.

Lássuk milyen pénzügyi struktúrával rendelkezik a VIB:

A 2008 évi teljes működési bevétele: 61, 628 millió Euró volt.

Ebből **szerződéses bevétel: 20,66 millió Euró (33,5%)**. Ennek durván két-harmada (13,072 millió Euró) ipari forrásból, 25%-a (5,541) millió Euró Európai Unió forrásból, kevesebb, mint 10%-a (1,717 millió Euró) pedig az általa működtetett bioinkubátorból származott.

A fennmaradó kétharmadnyi rész pályázati forrásból származott:

38,962 millió Euróval (63,2%) járult költségvetéséhez a Flamand kormány. 2,69 millió Euró pedig a nemzetközi pályázatokból származott.

Ezekhez a bevételekhez jött további 3,872 millió Euró a munkavállalói szociális biztonság révén kapott járulékfizetési kedvezmény révén, illetve 1,425 millió Euró a dolgozói adó egy részének visszaáramoltásából (Magyarországon adó 1%-a néven ismert forrás).

Láthatjuk, hogy az igen iparosodott és rendkívül fejlett biotechnológiai K+F környezetben is a kutatóintézet teljes bevételeinek mintegy 2/3-át az állami forrás jelenti. A vezető gazdasági nagyhatalmak kutatásfinanszírozására is nagyjából igaz ez a struktúra. Az állami tudományos támogató politika és anyagi szerepvállalás elengedhetetlen a megfelelő szinten működtetett kutatás, fejlesztés és ezeken keresztül a megfelelő szintű felsőoktatás kialakításához, működtetéséhez, szinten tartásához. Ez elemi érdeke, hisz ezen keresztül biztosítja az ipar jelenlétét, mely adóbevétellel és magasabb szintű foglalkoztatottsággal jár együtt.

8.3. A forrásszerzés képességének fejlesztése

A forrásszerzési képesség lényegesen akkor javítható, ha ezt dedikált egység(ek) segítik, s nem az effektív kutatókat terheli e feladat (is). Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a kutatóknak elsősorban a vezető kutatóknak – nem kell a pályázati lehetőségeket figyelni, az ipari és az intézményi kapcsolatokat működtetni/bővíteni, vagy éppen a kutatási megrendelési lehetőségeket – akár proaktív módon – feltérképezni. Az adminisztratív végrehajtást – pl. a kiírások előzetes szűrése, az ajánlatkészítés és a szerződés előkészítés hathatós támogatása, költségtervezés, elszámolások kezelése, stb. – viszont nagyrészt professzionális munkatársakra szükséges bízni.

A költségvetési plusztámogatások megszerzésének ügyében az egyetemi felső vezetésnek célszerű – lehetőségei szerint – eljárni.

9. ÜTEMEZÉS

Rövid (2 év)

Közép (5 év)

Hosszú (10 év) távú stratégiakészítés folyik

10. MONITOROZÁS

A BEK kutatásfejlesztési stratégia teljesülését meghatározott módszertan mentén követjük. Ez az eszköze egyúttal a stratégia rendszeres felülvizsgálatának és – ha szükséges – kiigazításának, korrekciójának is. A monitoring operatív eszközei az előrehaladást mérő indikátorok.

- A humán erőforrás,
- A kutatási infrastruktúra,
- A kutatási eredmények felhasználása és
- A kapcsolatok

fejlődésének ellenőrzésére. A célértékek elemzésére évente kell sort keríteni, amikor a BEK projekt vezetősége értékeli az eredményeket. Eltérés esetén meg kell vizsgálni az okokat, s meg kell határozni a korrekciós beavatkozásokat. Az is előfordulhat, hogy a célértékeket felül kell vizsgálni a külső környezet változása miatt.

A mutatók alakulásán felül rendszeresen követni kell a BEK K+F trendeket, hogy azok változásaira reagálni lehessen. A kapcsolódó tematikus finomhangolást az éves értékeléshez kapcsolódva kell elvégezni. Adott esetben a főirányok is módosíthatók. A stratégia egyes elemeiben történő változtatásainak hatásait a teljes dokumentumon át kell vezetni, továbbá a kapcsolódó kiemelt területekkel is egyeztetni szükséges.

A monitoring felelőse az alprojekt vezető, aki az értékeléshez szükséges adatokat az érintett kari felelősöktől, a szakmai vezetőtől, valamint a kidolgozásban résztvevő tematikus felelősöktől szerzi be. A beavatkozásokról, korrekciókról a BEK projektvezetés, mint testület dönt.



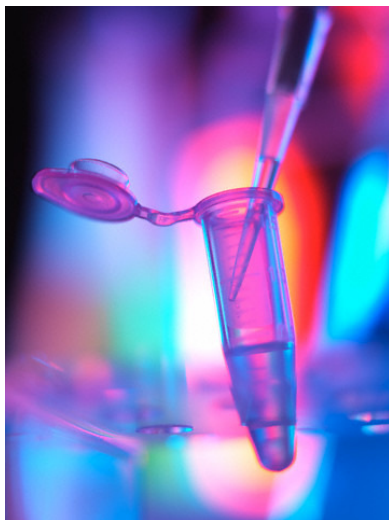
11. HATÁSELEMZÉS

A kutatási stratégia konzekvens végrehajtásának eredményeképp a szakterület kutatási tevékenysége kiszámíthatóbbá, tervezhetőbbé válik. Az összehangoltságnak, belső kommunikációnak és a csírájában már létező, de lényegesen összehangoltabbá, szorosabbá tett BEK laborhálózat révén csökkennek a párhuzamosságok, miközben a szervezeti egységek jobban építenek egymás kapacitásaira, készségeire. Az integrált, egységes fellépés, valamint a feladatok ésszerű allokálása/delegálása javítja a kutatási tevékenység hatékonyságát és hatásosságát, valamint a BME rugalmasságát a K+F piacon.

A kutatásban közreműködők motiváltsága javul, leterheltsége racionalizálódik, egyenletesebbé válik. Mindenki azt a feladatot végzi, amire a leginkább alkalmassá teszik a képességei. A felesleges műveletek (elsősorban az adminisztráció terén) visszaszorulnak. A kutatók „termelékenységé” összességében javul.

A művelt kutatási irányokban a BME hozzáadott értéket jelentő új termékeket (hatóanyag célpontokat, hatóanyagokat, eljárásokat, információs rendszereket, koncepciókat, műszereket stb.) dolgoz ki, korszerű ismeretanyagot állít össze és gondoz. Mindez a szakterület elismertségét is növeli a hazai és a nemzetközi gyakorlatban. Az ismerethalmaz az oktatásba is átkerül, ami mind a B.Sc., M.Sc., szakmérnöki és Ph.D. kurzusokat tudományosan megalapozottabbá, s egyúttal versenyképesebbé teszi.

A BME a BEK innovációs lánc több elemében is sikerrel és a nemzetgazdaság számára hasznosan képviselteti magát. Jelen van a fejlesztési koncepciók, stratégiák kialakításánál, pl. a gyógyszeripari biotechnológiában, orvosi műszerfejlesztés, vagy a bioanalitika területén. Új termékeket, eljárásokat alkot a környezetvédelem számára, amelyek aránylag gyorsan új megoldásokhoz vezetnek közép- és hosszabb távon. Intelligens információs rendszereket fejleszt a molekuláris farmakológia, biotechnológia számára, amelyek lehetővé teszik a személyre szabott terápia minél szélesebb körű alkalmazását.



12. FOGALOMTÁR

KKT	Kiemelt Kutatási Terület
JKL	Járműtechnika – Közlekedés – Logisztika
FE	Fenntartható energetika
IKT	Intelligens környezetek és e-technológiák
BEK	Biotechnológia, egészség- és környezetvédelem
NANO	Nanofizika, nanotechnológia, anyagtudomány
DNS	Dezoxiribonukleinsav
RNS	Ribonukleinsav
K+F	Kutatás+fejlesztés
SE	Semmelweis Egyetem
MTA	Magyar Tudományos Akadémia
OTKA	Országos Tudományos Alapprogramok
LC-MS	Folyadékkromatográfia tömegspektrometriás detektálással
MS-MS	Dupla tömegspektrometriás detektálás
NMR	Mágneses magrezonancia
XDS	X-ray Detector Software
ELTE	Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem
MTA-MgKI	MTA Mezőgazdasági kutatóintézet
KÉKI	Központi Élelmiszertudományi Kutatóintézet
MIT	Massachusetts Institute of Technology
Caltech	California Institute of Technology
VBK	Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar
BSc	Bachelor of Science
MSc	Master of Science
PhD	Doctor of Philosophy
EKG	Elektrokardiogram
VBK ABÉT	VBK Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszer-tudományi Tanszék
VIK	Villamosmérnöki és Informatikai Kar
VIK IIT	VIK Irányítástechnika és Informatika Tanszék
VIK ETT	VIK Elektronikai Technológia Tanszék
ETH Zürich	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
TPH	Összes alifás szénhidrogén
PAH	Policiklusos aromás szénhidrogének
NIR	Közeli infravörös
SzBK	Szegedi Biológiai Központ
FT-NIR	Fourier transzformációs közeli infravörös
KKT	Kiemelt Kutatási Terület
JKL	Járműtechnika – Közlekedés – Logisztika
FE	Fenntartható energetika
IKT	Intelligens környezetek és e-technológiák
BEK	Biotechnológia, környezet-, egészségvédelem

NANO	Nanofizika, nanotechnológia, anyagtudomány
KKT	Kiemelt Kutatási Terület
JKL	Járműtechnika – Közlekedés – Logisztika
FE	Fenntartható energetika
IKT	Intelligens környezetek és e-technológiák
BEK	Biotechnológia, környezet-, egészségvédelem
NANO	Nanofizika, nanotechnológia, anyagtudomány



13. FORRÁSDOKUMENTUMOK

„Urgently needed: new antibiotics” The Lancet, (2009) **374**, (9705) 1868).

COST CMST Action CM0701: Cascade Chemoenzymatic Processes – New Synergies Between Chemistry and Biochemistry

EU FP7 HEALTH 2011.1.4-3: Development and production of new, high-affinity protein scaffolds for therapeutic use.

EU FP7 KBBE 2011.3.3-02: Biocatalysis for chiral compounds

EU FP7 KBBE 2011.3.4-02: Towards a sustainable bio-industry - Biotechnology for renewable chemicals and innovative downstream processes

Magyar Biotechnológiai Szövetség; Biotechnológia Évkönyv 2009

Dr. Maurice Venning, Dr. Takao Yukawa; Biotechnology in Japan

Department of Biotechnology, Ministry of Science & Technology, Government of India; National Biotechnology Development

National Biotechnology Strategy for South Africa (2001)

Ian Langsdon, Nature Biotechnology Volume 28, Number 1, 5 (2010)

Saurabh Aggarwal; Nature Biotechnology, Volume 24, Number 6, 643 (2006)

Brady Huggett; Nature Biotechnology, Volume 28, Number 8, 793-810 (2010)

Willy De Greef, Europabio and Venture Valuation; Biotech in the New EU Member States: An Emerging Sector (2009)