

Bioalan rakenteellinen kehittäminen

Yhteenveto

Tässä muistiossa kuvatun ohjelman päämääränä on Suomen biokeskusten toiminnan rakenteellinen kehittäminen tavalla, joka edistää biotieteitä ja biolääketiedettä ja niitä tukevia teknologiapalveluja valtakunnallisella tasolla sekä parantaa yhteistyötä alan toimijoiden välillä. Ohjelma yhdistää paikallisen osaamisen kansalliseksi tieto- ja taitovarannoksi, jonka pohjalta suomalaista biotiedettä voidaan koordinoitusti kehittää.

Biokeskus Suomen isäntäyliopistot ovat Helsingin, Kuopion, Oulun, Tampereen ja Turun yliopistot sekä Åbo Akademi. Keskuksen toimintaa kehitettäessä paneudutaan ensisijaisesti keskitettyihin teknologiapalveluihin ja toimintaympäristöihin. Biokeskus Suomen edistää toiminnallaan myös kansainvälistä tutkijankoulutusta, tutkijoiden urakehitystä ja tutkimustulosten hyödyntämistä.

Biokeskus Suomen hallintoelimet ovat isäntäyliopistojen rehtorien neuvosto, johtoryhmä ja johtaja. Biokeskus Suomelle kutsutaan lisäksi kansallinen neuvottelukunta, jonka tehtävänä on helpottaa yhteistyötä kaikkien sidosryhmien välillä. Näitä ovat mm. sektoritutkimuslaitokset, yliopistosairaalat ja teollisuuden edustajat. Biokeskus Suomeen voidaan hyväksyä uusia, tutkimuksen laatuvaatimukset täyttäviä jäseniä.

Biokeskus Suomi kehittää valtakunnallisia biotieteiden teknologiapalveluja, joiden valinta perustuu kansainväliseen arviointiin. Arviointi keskittyy laatuun, tieteelliseen erinomaisuuteen ja palveluja hyödyntävien tutkijoiden määrään. Näin vältetään päällekkäiset ja turhat investoinnit. Teknologiapalveluja voivat käyttää Biokeskus Suomen jäsenten lisäksi muiden yliopistojen, yliopistosairaaloiden, tutkimuslaitosten ja teollisuuden tutkimusryhmät.

Biokeskus Suomi kehittää yhteistyössä Suomen molekyyli lääketieteen instituutin kanssa biotieteiden keskitettyjä teknologiapalveluja erityisesti seuraavilla alueilla: bioinformaatiikka, biologinen kuvantaminen, genomilajuiset menetelmät, malliorganismit, proteomiikka ja metabolomiikka, kantasolut ja biomateriaalit, rakennebiologia ja biofysiikka, translationaalisen tutkimuksen teknologiat sekä virusvälitteinen geeninsiirto ja soluterapia. Erityistä huomiota kiinnitetään uusiin teknologioihin niiden saamiseksi ilman viiveitä maamme biotieteellisen tutkijayhteisön käyttöön.

Ohjelmassa ehdotetaan Biokeskus Suomelle myös uusia toimintoja, joilla pyritään edistämään kansainvälistä tutkijankoulutusta, lahjakkaiden nuorten ryhmänjohtajien urakehitystä, kansainvälisten asiantuntijoiden rekrytointia teknologian avainalueille sekä tutkimustulosten kaupallista hyödyntämistä.

Biokeskus Suomi on erinomainen malli maamme muiden tieteenalojen rakenteelliselle kehittämiselle ja se voisi myös olla esimerkki optimoitaessa muiden Euroopan maiden biotieteiden alan resurssien käyttöä. Biokeskus Suomen kehittämät teknologiapalvelut parantavat maamme biotieteen tutkijayhteisön mahdollisuuksia hyötyä tulevista Euroopan laajuisista tutkimusinfrastruktuurihankkeista. Ohjelma parantaa myös Biokeskus Suomen mahdollisuuksia rekrytoida kansainvälisiä huippututkijoita globaaleilta työmarkkinoilta.

Summary

The purpose of the program described in this document is to restructure and develop the functions of the biocenters in Finland to advance biosciences, biomedicine and the relevant technology platforms at the national level as well as to promote collaboration among the partners and other stakeholders in this field. It aims at combining the local expertise into a nation-wide knowledge base, in order to facilitate restructuring and development of the Finnish bioscience in a coordinated fashion.

The operation of Biocenter Finland (host universities are the Universities of Helsinki, Kuopio, Oulu, Tampere, and Turku, and the Åbo Akademi University) will be developed with the main focus on technology platforms and other research services. Biocenter Finland will also promote international researcher training, research career development, and utilization of research results.

The governance of Biocenter Finland will consist of the Rectors' Council with the Rectors of the host universities, the Board, and the Director. Biocenter Finland will have a national Advisory Committee to facilitate collaboration of all interested stakeholders, including research institutes of other Ministries, university hospitals and relevant industries. Biocenter Finland will be open to new members, provided that research quality requirements are met.

Biocenter Finland will develop nation-wide technology platform services that will be selected on the basis of an international evaluation that will focus on the quality, scientific competence and the number scientists that the platforms are expected to serve. By these measures, overlapping and redundant investments will be avoided. The technology services are open not only for Biocenter Finland members but also for research groups in other universities, university hospitals, research institutes and industry.

The technology platform services to be developed by Biocenter Finland in collaboration with the Institute for Molecular Medicine Finland are bioinformatics; biological imaging; genome-wide methods; model organisms; proteomics and metabolomics; stem cells and biomaterials; structural biology and biophysics; translational research technologies; and viral gene transfer and cell therapy. In addition, attention will be paid on emerging technologies to prevent any undue delay in their implementation within the Finnish bioscience network.

The program also proposes new initiatives to be included in the Biocenter Finland activities, in order to support international researcher training, career development of the most-promising young principal investigators, recruitment of international expertise for key technology areas, and commercial exploitation of research results.

Biocenter Finland should serve as a useful model to restructure and develop other fields of science in a nation-wide fashion in Finland. This model could also serve as a European-wide example as to how to optimize the use of available resources within life science. The technology platforms to be developed by Biocenter Finland will improve the ability of the Finnish bioscience community to participate in and benefit from the upcoming pan-European research infrastructure initiatives. And finally, the Biocenter Finland program should help Finland recruit top international researcher talent in the globalized labor market.

Sisällysluettelo

- 1 Johdanto
 - 2 Biokeskus Suomi – valtakunnallinen yhteistyöverkosto
 - 2.1 Taustaa
 - 2.2 Toimintaperiaatteet ja päätöksentekorakenne
 - 2.3 Sisäisen rahanjaon periaatteet
 - 2.4 Biokeskus Suomen hallinto vuosina 2010–2012
 - 3 Yleiseurooppalaiset tutkimusinfrastruktuureja koskevat aloitteet
 - 4 Suomen molekyyli lääketieteen instituutti (FIMM) – EMBL:n pohjoismainen yhteistyökumppani molekyyli lääketieteen alalla
 - 5 Kansallisten teknologiapalvelujen rakenteellinen kehittäminen Suomessa
 - 5.1 Bioinformatiikka
 - 5.2 Biologinen kuvantaminen
 - 5.3 Genominlaajuiset menetelmät
 - 5.4 Malliorganismit
 - 5.5 Proteomiikka ja metabolomiikka
 - 5.6 Kantasolut ja biomateriaalit
 - 5.7 Rakennebiologia ja biofysiikka
 - 5.8 Translationaalisen tutkimuksen teknologiat
 - 5.9 Virusvälitteinen geeninsiirto ja soluterapia
 - 6 Uudet hankkeet
 - 6.1 Kansainvälisten jatko-opiskelijoin rekrytointiohjelma
 - 6.2 Yksilöllinen tuki bioalan tutkijoiden urakehitykselle
 - 6.3 Proof-of-concept -rahoitus tutkimuslöydösten kaupalliseen hyödyntämiseen
 - 7 Johtopäätökset ja suositukset
- Liite 1 Ohjelman budjettihakemus

1 Johdanto

Suomalaisten yliopistojen toiminta muuttuu paljon lähivuosina. Tärkein muutos on yliopistolain uudistus, joka avaa merkittäväillä tavoilla korkeakoulujen mahdollisuuksia käyttää varojaan ja muita resurssejaan. Muuttuvan yliopistohallinnon on tarkoitus vahvistaa yliopistojen hallinnollista itsenäisyyttä. Valtioneuvosto ja opetusministeriö (OPM) odottavat korkeakoulujen hyödyntävän uuden lain tarjoamia mahdollisuuksia ja keskittyvän kehittämään ja uudistamaan vahvuuksiaan tutkimuksen ja opetuksen alueilla. Yliopistolain uudistuksen ohella opetusministeriö tähtää Suomen korkeakoulujen rakenteelliseen kehittämiseen, kansallisen infrastruktuuripolitiikan arviointiin sekä kansallista innovaatiopolitiikkaa ja kansainvälistä rekrytointia tukevien strategioiden laatimiseen. Nämä seikat on otettu huomioon tämän asiakirjan laadinnassa.

Opetusministeriö totesi bioalan tutkimuksen ja koulutuksen rakenteellista kehittämistä koskevassa, 24.8.2007 päivätyssä muistiossaan seuraavaa: ”Korkeakoulusektorin rakenteellisen kehittämisen toimissa biotieteet on ainoa esimerkki tieteenalan kansalliseksi jär-

jestämiseksi. Opetusministeriö on tukenut alalla kahta hanketta, Biokeskus Suomen perustamista ja hankevalmistelua sekä Suomen molekyyli­lääketieteen instituutin perustamista ja varustamista. Bioalan suunnitelmallinen kehittäminen vaatii rahoituksen jatkumista 2009 loppuvan biotekniikan ohjelman jälkeen.” Samassa muistiossa opetusministeriö totesi myös, että se tiettyjen edellytysten täytyessä ”varautuu laatimaan yhteistyössä biokeskusten kanssa ja pyrkii rahoittamaan kansallista biotieteen rakenteellisen kehittämisen ohjelmaa 2010 alkaen”. Tässä asiakirjassa esitellään uudet ohjelman keskeiset piirteet ja kuvataan, miten Biokeskus Suomi ja Suomen molekyyli­lääketieteen instituutti pyrkivät täyttämään opetusministeriön asettamat edellytykset.

Opetusministeriön laatima kansallinen biotekniikan ja molekyylibiologian ohjelma käynnistyi Suomessa vuonna 1987, ja se päättyy vuoden 2009 lopussa. Ilman tätä ohjelmaa maamme biotiede ei olisi saavuttanut nykyistä kansainvälisesti arvostettua asemaansa. Opetusministeriön omat työryhmät ovat arvioineet ohjelmaa useita kertoja ja kansainväliset asiantuntijat kahdesti. Ensimmäisen arvioinnin järjesti Euroopan molekyylibiologian järjestö (EMBO) vuonna 1996, ja biokeskuskonsepti sai sen raportissa erittäin myönteisen vastaanoton. Toinen arviointi järjestettiin vuonna 2002. Asiantuntijaryhmän puheenjohtajana toiminut professori Fotis Kafatos (silloinen Euroopan molekyylibiologian laboratorion pääjohtaja, nykyinen Euroopan tutkimusneuvoston puheenjohtaja) totesi raportissaan *Biotechnology in Finland: impact of public research funding and strategies for the future* seuraavaa: ”Kohdennettua rahoitusta saavien biokeskusten verkostoituminen on ollut erinomainen aloite Suomen opetusministeriöltä. Biokeskusten kehittämistä ja rahoitusta tulisi ehdottomasti jatkaa.” Arviointipaneelin mielestä oli tärkeitä jatkaa infrastruktuurien kehitystyötä suomalaisen biotieteen edistämiseksi. Arviointipaneeli suositteli edelleen, että opetusministeriön lisäksi myös muut ministeriöt osallistuisivat aiempaa aktiivisemmin biotekniikka-alan rahoitukseen ja tukisivat mm. infrastruktuurien kehittämistä ja ylläpitoa. Nämä suositukset eivät kuitenkaan ole toteutuneet.

Opetusministeriön biotekniikan ja molekyylibiologian kansallinen ohjelma on ollut tärkeä Suomen bioalan kehitykselle. Ensinnäkin ohjelma käynnistettiin hyvin tärkeällä hetkellä, sillä molekyylibiologian tekniikoissa oli hiljattain saavutettu merkittäviä läpimurtoja ja Suomi oli uusien tekniikoiden käyttöönotossa jäljessä. Toiseksi ohjelma johti nykyisten kuuden biokeskuksen perustamiseen. Kolmanneksi biokeskukset ovat kehittäneet toimivia biotieteellisiä ohjelmia ja ymmärtäneet myös keskitettyjen teknologiapalveluiden (keskuspalveluyksiköiden) merkityksen. Tällaisen toiminnan rahoitusta ei ole tyypillisesti otettu huomioon isäntäyliopistojen eikä tiedekuntien strategioissa ja budjeteissa. Neljänneksi toimimalla yhdessä biokeskukset ovat pysyneet bioalan teknisen ja tieteellisen kehityksen mukana ja asettaneet etusijalle keskitettyjen teknologiapalvelujen ja muiden yhteisten palvelujen kehittämisen. Viidenneksi biokeskukset laativat yhteisen strategian vuosille 2006–2009 ja perustivat Biokeskus Suomen. Biokeskuksista on näin kehittynyt isäntäyliopistojensa johtavia kansainvälisiä tutkimusyksiköitä sekä korkealaatuisen tutkimuksensa että hyvin toimivien tutkimusympäristöjensä ansiosta. Ne painottavat tieteellistä laatua ja säännöllisiä kansainvälisiä tutkimusarviointeja.

Opetusministeriön laatiman kansallisen biotekniikan ja molekyylibiologian ohjelman ansiosta suomalaiset biokeskukset ovat voineet pysyä mukana biotieteiden kansainvälisessä kehityksessä. Ala on kuitenkin kärsinyt resurssipulasta viime vuosina. Tämä johtuu siitä, että tutkimuksen luonteelle on ominaista, että määräväleihin – mutta ei ennustettavasti – tapahtuvat suuret harppaukset teknologioiden kehityksessä avaavat kokonaan uusia mahdollisuuksia lähestyä tärkeitä tutkimusongelmia. Myös uuden tiedon syvyys harppaa merkit-

tävästi eteenpäin. Uusi tekniikka on yleensä syntynyt ilman ennakoitua suunnitelmaa eikä sen syntyä ole pystytty ennustamaan. Uuden tekniikan laajoja vaikutuksia ei välttämättä ymmärretä aluksi, kun käyttäjäkunta koostuu vain kehitystyöhön osallistuneista tahoista. Merkitys todetaan vasta, kun teknologia leviää laajemmin tiedeyhteisön keskuuteen. Tunnettuja esimerkkejä tästä ovat eläinten geenimuuntelutekniikat, kehittyneet proteiini-kemian ja proteomiikan menetelmät, tehoseulontatekniikat ja geenisirutekniikat. Suomen biokeskukset ovat pysyneet kehityksen mukana, mutta vain tietyssä määrin. Uusia tekniikoita myös kehitetään koko ajan ja esimerkiksi uuden sukupolven DNA-tehosekvensointi on jo siirtynyt kehitysvaiheesta laajamittaiseen käyttöön. Jotta suomalainen biotiede pysyisi jatkossakin kansainvälisesti arvostettuna, tutkijoiden on saatava alan uusimmat tekniikat ja konseptit nopeasti käyttöönsä. On tärkeää muistaa, että uuden tekniikan vakiinnuttaminen vaatii tarvittavan välineistön lisäksi myös huomattavia henkilöstöresursseja. Kansainvälisten asiantuntijoiden rekrytointi lienee ainakin joissakin tapauksissa tarpeen uusien menetelmien käyttöönoton nopeuttamiseksi Suomen biotieteellisessä yhteisössä.

Suomen naapurimaissa Ruotsissa ja Norjassa on viime aikoina käynnistetty laajoja bioalan kehittämisohjelmia, joiden vuotuinen rahoitus on jopa 50 miljoonaa euroa. Rahoitusta on saatu julkisilta ja yksityisiltä tahoilta (esim. Wallenberg-säätiö Ruotsissa) tai valtiolta (esim. FUGE-ohjelma Norjassa). Myös väestöltään suunnilleen Suomen kokoinen Irlanti on käynnistänyt merkittävän bioalan kehittämisohjelman Science Foundation Ireland -tiedesäätiön avustuksella. Ohjelmaa rahoitetaan vähintään 50 miljoonalla eurolla vuodessa. Euroopan unionin uudella jäsenvaltiolla Virolla on kaksi kansallisten tutkimusympäristöjen kehittämisohjelmaa. Niistä ensimmäinen kattaa vuodet 2006–2009 ja jälkimmäinen vuodet 2010–2014. Ohjelmien rahoitus on yhteensä 28 miljoonaa euroa ja 120 miljoonaa euroa. Arviolta 50 % näistä varoista suunnataan Viron biotieteelle ja biolääketieteelle. Bioteknologisen tutkimuksen nykytaso Suomessa on korkea, eikä se saa laskea resurssipulan takia. Suomessa säätiöt ja yksityishenkilöt eivät tue tutkimusta yhtä paljon kuin esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Britanniassa, joten Suomen biotieteen resurssien on tultava valtaosin julkisista lähteistä.

Biokeskus Suomen johtoryhmä vastasi opetusministeriön tiedusteluun nimittämällä 29.2.2008 työryhmän valmistelevaan tätä asiakirjaa, jossa kuvataan Suomen bioalan rakenteellisen kehittämisen uusi ohjelma. Työryhmän jäseniksi valittiin seuraavat henkilöt: toimitusjohtaja Pekka Mattila (puheenjohtaja, Finnzymes Oy), professori Olli A. Jänne (Helsingin yliopisto), professori Olli Kallioniemi (Suomen molekyyli-lääketieteen instituutti), professori Riitta Lahesmaa (varapuheenjohtaja, Turun yliopisto), professori Taina Pihlajaniemi (Oulun yliopisto), professori Mart Saarma (Helsingin yliopisto, Biokeskus Suomi), professori Jukka Westermarck (Tampereen yliopisto) ja professori Seppo Ylä-Herttua (Kuopion yliopisto). Työryhmän sihteerinä toimi dosentti Tero Ahola (Helsingin yliopisto, Biokeskus Suomi). Työryhmän ja opetusministeriön yhteyshenkilönä toimi opetusneuvos Erja Heikkinen.

Asiakirjan luonnoksen lukivat ja sitä kommentoivat professorit Ruedi Aebersold (Institute of Molecular Systems Biology, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Sveitsi), Carl-Henrik Heldin (Ludwig Institute for Cancer Research, Biomedical Center, Upsalan yliopisto, Ruotsi), Ole P. Ottersen (Center for Molecular Biology and Neuroscience, Osloon yliopisto, Norja) ja Richard J. Roberts (New England Biolabs, Ipswich, Massachusetts, USA). Ulkopuolisten arvioijien mielestä bioalan rakenteellisen kehittämisen ohjelma on tärkeä, kunnianhimoinen ja innovatiivinen. Heidän rakentavat suosituksensa ohjelman parantamiseksi on otettu huomioon lopullista muistiota valmisteltaessa.

Biokeskus Suomen johtoryhmä hyväksyi marraskuun 28. päivänä 2008 tämän muistion esitykseksi biotieteen rakenteelliseksi kehittämiseksi ohjelmasta Suomessa 2010–2012.

2 Biokeskus Suomi – valtakunnallinen yhteistyöverkosto

2.1 Taustaa

Opetusministeriön biotekniikan erityisrahoituksen turvin on Helsingin, Kuopion, Oulun, Tampereen ja Turun yliopistojen yhteyteen perustettu alan tutkimusta kehittävät biokeskukset. Helsingin yliopistossa biotekniikan erityisrahoitusohjelmaa toteuttavina biokeskuksina toimivat Biotekniikan instituutti ja Biocentrum Helsinki -tutkimusorganisaatio. Kuopion biokeskus on tiedekunnan aseman saanut erillinen laitos, A. I. Virtanen -instituutti. Oulun biokeskus on usean tiedekunnan tutkimusryhmistä koostuva sateenvarjoorganisaatio, Biocenter Oulu. Tampereen yliopiston biokeskuksena toimiva Lääketieteellisen teknologian instituutti on erillinen tutkimus- ja koulutuslaitos. Turussa biokeskuksen muodostaa Turun yliopiston ja Åbo Akademin tutkimusryhmien yhteenliittymä BioCity Turku, jonka osana on kahden yliopiston yhteinen laitos, Biotekniikan keskus.

Biokeskukset muodostavat tutkimus- ja osaamisprofiileiltaan toisiaan täydentävän kansallisen osaamisklusterin. Biokeskukset ovat keskenään erilaisia sekä kooltaan ja tieteelliseltä suuntaukseltaan että organisointi- ja toimintatavoiltaan. Niiden yhteisesti ilmaiseva pyrkimys on biokeskusten profiilien ja työnjaon selkiyttäminen sekä yhteistyön tiivistäminen toisiaan täydentävänä verkostona. Biokeskukset ovat yliopistojemme kansainvälisimpiä toimintaympäristöjä. Ne ovat olleet edelläkävijöitä monien tutkimukseen liittyvien, Suomessa uusien toimintatapojen, kuten tutkimuksen laadun ja tuloksellisuuden ulkoisten arviointien toteuttamisessa ja vakiinnuttamisessa. Biokeskuksilla on keskeinen rooli bioteollisuuden innovaatiolähteenä, ja biokeskusten ajanmukaiset infrastruktuurit ja monitieteinen koulutus ovat merkittäviä tekijöitä yritysten tuotekehityksessä. Lisäksi biokeskusten yliopistoihinsa luomat hyvin toimivat tutkimusympäristöt muodostavat tärkeän kasvualustan uusien yritysten synnylle ja tukemiselle.

Biokeskukset sopivat joulukuussa 2005 yhteisestä kansallisesta strategiasta. Vuodet 2006–2009 kattavan strategian tavoitteena on muodostaa Suomen biokeskusten verkosto, joka kuuluu biotekniikan johtaviin tutkimusympäristöihin Euroopassa. Tavoitteena on liittää fyysisesti erillään olevat osaamiskeskittymät sellaiseksi kansalliseksi verkostoksi, joka mahdollistaa voimavarojen, teknologiapalveluiden ja tietotaidon tehokkaan hyödyntämisen. Tämä sekä kansallisesti että kansainvälisesti uudenlainen toimintatapa on jo osoittautunut erittäin menestykselliseksi.

Biokeskukset perustivat Biokeskus Suomen elokuussa 2006. Perustamisasiakirjassa todetaan, että Biokeskus Suomi ylläpitää ja tehostaa kansallista yhteistyöverkostoa, edistää korkeatasoisen tutkimuksen tekemistä ja alan kansainvälistymistä sekä tehostaa biotekniikan tutkimuksen hyödyntämistä ja uusien teknologioiden käyttöönottoa Suomessa. Biokeskus Suomi osallistuu alan perusopetuksen ja tutkijakoulutuksen koordinointiin ja kehittämiseen sekä muodostaa toimivat ja tehokkaat yhteydet yliopistollisiin sairaaloihin ja kliiniseen tutkimukseen, alan yritystoimintaan ja tutkimustulosten tuotteistamiseen sekä ammattikorkeakouluihin. Perustamisasiakirjassa todetaan edelleen, että Biokeskus Suomen jäsenten tutkimusta arvioidaan säännöllisesti ja että sen toimintamallissa korostetaan vapaan kilpailun ja tutkimuksen kansainvälisen arvioinnin tärkeyttä.

Helsingin yliopistoa, Kuopion yliopistoa, Oulun yliopistoa, Tampereen yliopistoa, Turun yliopistoa ja Åbo Akademia kutsutaan *biokeskusyliopistoiksi*. Biokeskusyliopistojen rehtorit allekirjoittivat helmikuussa 2007 sopimuksen *Biokeskus Suomi – Biocenter Finland* -yhteistyöverkostosta. Sopimuksessa vahvistettiin Biokeskus Suomen perustamiskokouksessa käsitellyt ja hyväksytyt toiminnan tavoitteet sekä sovittiin yleisesti Biokeskus Suomen päätöksentekoaikajärjestelmästä ja mahdollisuudesta hyväksyä Biokeskus Suomeen sen perustajajäsenten lisäksi muita alan kansainvälisesti korkeatasoisia suomalaisia toimijoita, kuten esimerkiksi Suomen molekyyli lääketieteen instituutti.

2.2 Toimintaperiaatteet ja päätöksentekorakenne

Opetusministeriö on ollut huomattavan kiinnostunut Biokeskus Suomen kehittämisestä, koska se on esimerkki maamme tutkimuksen ja tutkimusjärjestelmän kannalta keskeisestä strategisesta toiminnasta eli siitä, kuinka yhden tieteenalan tutkimus ja koulutus on järjestettävissä kansallisella tasolla. Biokeskus Suomi on myös esimerkki yliopistojen kyvystä ja halusta toimintansa rakenteelliseen kehittämiseen. Kaikki Biokeskus Suomen päätökset – biokeskuksen strategia, tutkimuksen ja teknologiapalveluiden rakenteellinen kehittäminen, tutkijaverkostojen luominen ja tukeminen, Biokeskus Suomelle myönnettyjen määrärahojen jako ja henkilövalinnat – perustuvat biokeskusten yhteisymmärrykseen. Biokeskus Suomen uskotaan olevan hyödyllinen malli maamme muiden tieteenalojen rakenteelliselle kehittämiselle. Euroopassa tätä esimerkkiä voisi käyttää laajemminkin optimoitaessa biotieteiden alan resursointia.

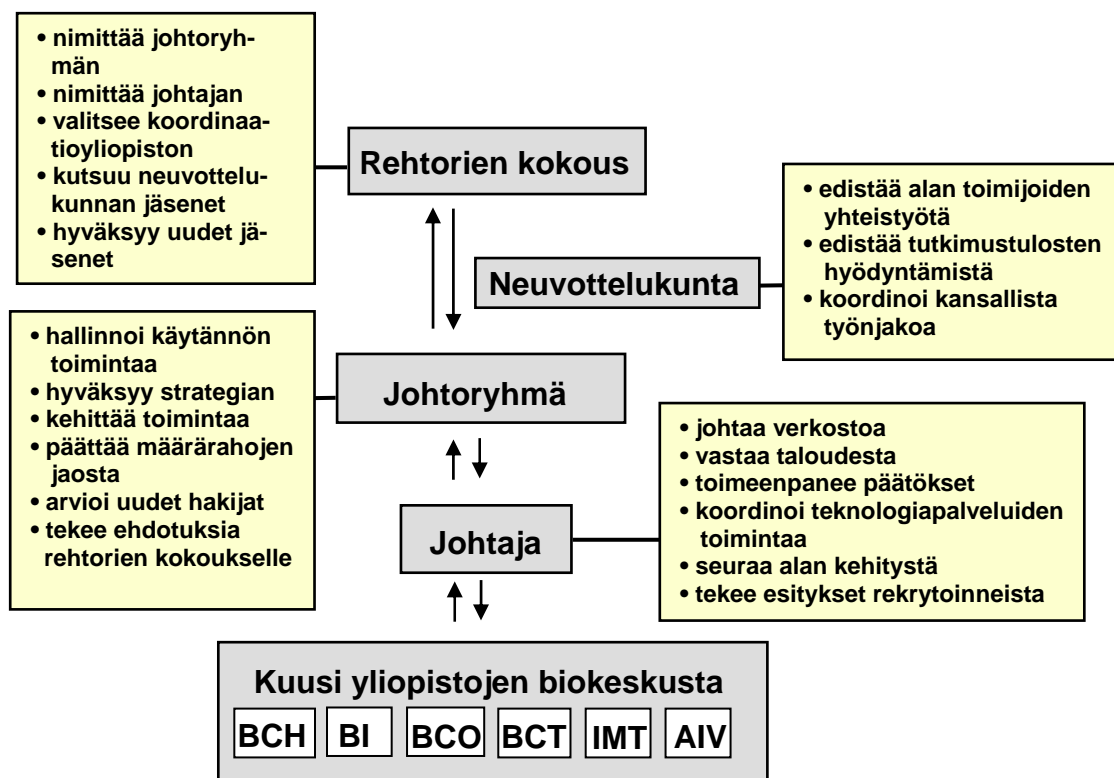
Hallinnollisten ja organisatoristen asioiden kehittämiseksi Biokeskus Suomi on valmistellut itselleen toimintasäännön. Biokeskus Suomella on oltava päätöksentekojärjestelmä, joka mahdollistaa myös hankalien asioiden käsittelyn ja niistä päättämisen, vaikka ensisijaisena pyrkimyksenä onkin aina yksimielisyyden löytyminen. Biokeskuksilla ja niiden taustayliopistoilla on oltava mahdollisuus vaikuttaa tehtäviin päätöksiin. Toimintasäännön luonnos on lähetetty biokeskusyliopistojen käsittelyyn toukokuun lopussa 2008. Biokeskusyliopistojen kommenttien perusteella toimintasääntöön tehtiin useita korjauksia ja täsmennyksiä. Tarkoitus on vahvistaa toimintasääntö kaikkien biokeskusyliopistojen rehtorien sopimuksella, joka täsmentää ja täydentää Biokeskus Suomesta helmikuussa 2007 solmittua sopimusta.

Toimintasäännössä Biokeskus Suomella on seuraavat toimielimet

- biokeskusyliopistojen rehtorien kokous
- johtoryhmä
- johtaja
- neuvottelukunta

Rahoitettavaksi ehdotettujen teknologiapalvelujen laatua ja toimivuutta arvioi kansainvälisistä asiantuntijoista koostuva lautakunta.

Biokeskusyliopistojen edustajien kokous (eli rehtorien kokous) on Biokeskus Suomen ylin päättävä toimielin. Sen tehtävänä on käsitellä Biokeskus Suomen toimintaa koskevia periaatteellisia kysymyksiä, päättää Biokeskus Suomen koordinaatioyliopistosta, nimittää Biokeskus Suomen johtoryhmä, valita Biokeskus Suomen johtaja johtoryhmän sille tekemästä ehdotuksesta, kutsua Biokeskus Suomen neuvottelukunnan jäsenet johtoryhmän ehdotuksesta ja hyväksyä Biokeskus Suomen uudet jäsenet johtoryhmän esityksestä ja todeta irtisanoutumiset.



Kuva. Biokeskus Suomen hallinnon toimielimet ja niiden päätehtävät. Lyhenteet: BCH, Biocentrum Helsinki; BI, Biotekniikan instituutti; BCO, Biocenter Oulu; BCT, BioCity Turku; IMT, Lääketieteellisen teknologian instituutti; AIV, A. I. Virtanen -instituutti.

Biokeskus Suomen yhteinen henkilökunta työskentelee koordinaatioyliopiston palveluksessa. Vaikka Biokeskus Suomen tekninen toimipiste on yhdessä yliopistossa, järjestely ei vaikuta Biokeskus Suomen päätöksentekoon, joka rakentuu yhteistyöverkoston täyden itsenäisyyden varaan.

Biokeskus Suomen johtoryhmä valitaan yhteistyöverkoston muodostavien yliopistojen esittämistä jäsenehdokkaista. Johtoryhmä nimetään kolmeksi vuodeksi kerrallaan. Johtoryhmässä voi biokeskusyliopistojen edustajien lisäksi olla asiantuntijajäseniä. Johtoryhmän tehtävänä on kehittää ja johtaa Biokeskus Suomen toimintaa, vahvistaa Biokeskus Suomen toimintaohjelma (strategia) kolmeksi vuodeksi kerrallaan (vuodesta 2013 neljäksi vuodeksi), tehdä esityksiä ja antaa lausuntoja muista Biokeskus Suomen talouteen, hallintoon ja muuhun toimintaan liittyvistä asioista, päättää Biokeskus Suomelle osoitettujen määrärahojen ja muiden voimavarojen käyttöperiaatteista sekä määrärahojen jakamisesta, tehdä esitykset Biokeskus Suomen hallintoa hoitavan henkilöstön palkkaamiseksi ja tehdä rehtorien kokoukselle ehdotus Biokeskus Suomen johtajan nimittämisestä ja johtajan toimikauden pituudesta.

Tämän lisäksi johtoryhmä tekee esitykset rehtorien kokoukselle uusien yksiköiden tai keskusten hyväksymiseksi Biokeskus Suomeen, käsittelee ilmoitukset, joilla irtisanoudutaan Biokeskus Suomen jäsenyydestä, järjestää ja toteuttaa Biokeskus Suomen jäsenyyttä haakevien tutkimusyksiköiden tai biokeskusten tutkimustoiminnan arviointi sekä järjestää ja toteuttaa mahdolliset muut toiminnan arvioinnit ennen Biokeskus Suomelle osoitettujen määrärahojen jakamista. Johtoryhmä laatii myös vuosittain kertomuksen Biokeskus Suo-

men toiminnasta esitettäväksi Biokeskus Suomen neuvottelukunnalle, seuraa ja valvoo Biokeskus Suomelle osoitettujen määrärahojen ja muiden voimavarojen käyttöä, käsittelee ja ratkaisee muut Biokeskus Suomea koskevat periaatteellisesti tärkeät asiat, jotka eivät kuulu rehtorien kokoukselle tai johtajan toimivaltaan.

Biokeskus Suomelle esitetään johtajaa, jonka on professorin pätevyyden omaava tai muuten korkeatasoiseksi todettu tutkija. Johtajan tehtävänä on johtaa ja kehittää verkoston toimintaa ja huolehtia toiminnan koordinoinnista eri yliopistojen ja biokeskusten kesken, seurata alan yleistä kehitystä sekä hoitaa ja kehittää verkoston kotimaisia ja kansainvälisiä yhteyksiä sekä tiedotustoimintaa, vastata verkoston taloudesta ja hyväksyä Biokeskus Suomelle osoitetuista määrärahoista maksettavat laskut, valmistella ja esitellä johtoryhmän käsiteltävät asiat sekä huolehtia päätösten toimeenpanosta, tehdä esityksiä verkoston henkilökunnan ottamisesta sekä tehtävien hoidon järjestelyistä tapauksissa, jotka eivät kuulu jonkin toisen virkamiehen tai hallintoelimen tehtäviin sekä ratkaista ja hoitaa muut Biokeskus Suomelle kuuluvat asiat, joita ei ole erikseen säädetty ratkaistavaksi muulla tavoin. Johtajan nimitetään määrääjäksi, jonka pituus voi olla 3–5 vuotta. Tarkoituksena on lisätä Biokeskus Suomen johtamisen pitkäjänteisyyttä ja sitä kautta vahvistaa yhteistyöverkostoa.

Neuvottelukunnan jäseniksi (10–15 henkilöä) kutsutaan bioalalla toimivien yliopistojen, ministeriöiden ja niiden alaisten sektoritutkimuslaitosten, yliopistosairaaloiden, yritysten ja ammattikorkeakoulujen sekä bioalan tutkimuksen rahoittajien ja hyödyntäjien edustajia. Neuvottelukunnalla on rehtorien kokouksen nimeämä puheenjohtaja ja varapuheenjohtaja. Neuvottelukunnan tehtävänä on edistää biokeskusten ja muiden molekyylibiologian ja biotekniikan tutkimusta harjoittavien tahojen yhteistyötä, edistää bioalan yhteistä kansallista strategiaa, luoda toimintamalleja bioalan kansallisen tutkimusinfrastruktuurin parantamiseksi, edistää bioalan tutkimustulosten hyödyntämistä ja selkeyttää bioalan eri toimijoiden työnjakoa.

2.3 Sisäisen rahanjaon periaatteet

Biokeskus Suomen johtoryhmällä on keskeinen rooli bioalan tutkimuksen, koulutuksen ja innovaatiotoiminnan koordinoimiseksi Suomen yliopistoissa. Johtoryhmä ja johtaja suunnittelevat toiminnan kehittämisen painopisteet, valitsevat partnerit ja tekevät päätökset toiminnan rahoituksesta. Rahoituksen suuntaamisen on perustuttava yhdessä päätettyihin strategisiin tavoitteisiin ja hankkeiden merkitykseen bioalan tutkimuksen viemisessä korkealle kansainväliselle tasolle. Biokeskus Suomen johtoryhmän ja johtajan on analysoitava kansallisen tason kehitys biotieteissä, ja biokeskusten johtajien täytyy pystyä keskustensa profilointiin ja keskinäiseen työnjakoon kaikkia osapuolia hyödyttävällä tavalla. Tämä edellyttää keskinäistä luottamusta ja yhteistyötä, mutta myös vahvaa johtajuutta. Biokeskus Suomen on myös pyrittävä hyödyntämään EU:n yhteisten ohjelmien ja infrastruktuurihankkeiden mahdollisuudet Suomen tieteen ja koulutuksen kehittämisessä.

Toimintasääntöehdotuksessa johtoryhmän tehtävänä on päättää Biokeskus Suomelle osoitettujen määrärahojen ja muiden voimavarojen käyttöperiaatteista sekä määrärahojen jakamisesta. Tutkimusympäristöjä ja teknologiapalveluita tuetaan johtoryhmän asettamien suuntaviivojen mukaisesti. Näiden periaatteiden ja suuntaviivojen on puolestaan oltava linjassa valittujen kansainvälisten arvioijien suositusten kanssa. Biokeskus Suomen rahoituksen saamiseksi kansallisten teknologiapalveluiden on täytettävä tietyt peruskriteerit,

kuten palvelujen avoimuus, hinnoittelun julkisuus, asiakkaiden tasa-arvoinen kohtelu, merkittävä asiakasmäärä ja koulutuksen järjestäminen kansallisella tasolla.

Nopeasti muuttuvassa biotieteellisessä tutkimusympäristössä on välttämätöntä seurata tieteen eturintamaa. Yksi keskeinen Biokeskus Suomen tehtävä on tunnistaa uudet teknologiat ja rekrytoida niihin aktiivisesti lahjakkaita osaajia, jotka siirtävät nämä teknologiat Suomen biotieteeseen. Päätökset uusista hankkeista ja rekrytointihakemuksista voidaan tehdä johtoryhmässä, mutta niiden tulee perustua yhteiseen strategiaan ja palvella laajaa käyttäjäkuntaa. Yksittäisten tutkijaryhmien rekrytointi tulisi edelleen tapahtua yliopistotasolla, kun taas tuotekehittely on yhteistyötä soveltavan tutkimuksen rahoittajien ja yritysten kanssa.

2.4 Biokeskus Suomen hallinto vuosina 2010–2012

Biokeskusyliopistot ovat opetusministeriön kanssa vuonna 2007 käymiensä keskustelujen perusteella sitoutuneet jatkamaan biokeskusten varsinaisen toiminnan rahoittamista omasta toimintamenorahoituksestaan. Tämän lisäksi Biokeskus Suomi on saanut hankerahoitusta vuosina 2007–2009 ennen muuta tutkimuksen teknologiapalvelujen ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi. Uudessa bioalan rakenteellisen kehittämisen ohjelmassa tätä rahoitusta tulisi jatkaa ja laajentaa.

Biokeskus Suomen johtoryhmä ja johtaja tarvitsevat sekä työvoimaa että muita resursseja käytännön toiminnassaan. Näiden menojen kattamiseksi Biokeskus Suomelle esitetään 0,5 miljoonan euron vuotuista määrärahaa vuosiksi 2010–2012, ja määräraha koostuu seuraavista kokonaisuuksista: (i) henkilökunnan palkat (kolme henkilöä); (ii) muut toimistokulut (kuten matkat ja viestintä); (iii) johtajan sitomattomat varat; (iv) johtoryhmän ja neuvottelukunnan kokouskulut; (v) kansainvälisen arvioinnin kulut sekä (vi) tiedotuskulut (mm. vuosikertomus).

3 Yleiseurooppalaiset tutkimusinfrastruktuureja koskevat aloitteet

Euroopan tutkimusinfrastruktuurien strategiafoorumi (ESFRI) on Euroopan unionin jäsenvaltioiden perustama instrumentti, jonka tarkoituksena on edistää Euroopan tieteellistä yhdentymistä ja vahvistaa sen kansainvälistä vaikuttavuutta. ESFRI julkaisi ensimmäisen yleiseurooppalaisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartan vuonna 2006. Tämä suunnitelma oli suuri edistys kohti eri tieteenalojen tutkimusinfrastruktuurien yhtenäistämistä ja kansainvälistämistä. Tiekartta esittelee yleiseurooppalaisesti kiinnostavat uudet tutkimusinfrastruktuurit ja olemassa olevien infrastruktuurien merkittävät uudistukset, joiden tarkoitus on vastata Euroopan tutkimusyhteisöjen pitkän aikavälin tarpeisiin. Tiekarttaa päivitetään säännöllisesti ja ensimmäinen päivitys on tarkoitus julkistaa vuoden 2008 lopussa.

Biotieteissä tapahtuu koko ajan nopeaa edistystä ja laajenemista. Tämä asettaa infrastruktuureille kovia vaatimuksia, joista yksittäiset valtiot eivät selviytyne yksin. Biotiedeinfrastruktuurien suunnittelu ja rakentaminen edellyttää sekä Euroopan sisäisen että maailmanlaajuisen yhteistyön tiivistämistä. ESFRI:n tiekartta esittelee joukon toisiinsa kytkeytyneitä infrastruktuureja, joita biotieteellisen ja lääketieteellisen tutkimuksen uskotaan tarvitsevan. Tutkijoille tärkeät infrastruktuurit ovat usein moneen keskuksen hajautuneita. Ker-tainvestointien sijaan ne vaativat tyypillisesti laitteistojen jatkuvaa uusimista ja päivittämistä sekä riittävästi kokenutta henkilökuntaa. Bioalalla on myös käynnissä suuri muutos

tieteen tekemisen tavassa – paradigmassa –, sillä biotieteet ovat muuttumassa yhä enemmän tietojenkäsittelytieteiden kaltaisiksi. Tämä johtuu siitä, että kerätty tietomäärä kasvaa eksponentiaalisesti ja sen käsittely vaatii laskennallisia lähestymistapoja.

ESFRI:n suosituksen mukaan seuraavia biotieteen ja lääketieteen infrastruktuureja tarvitaan yleiseurooppalaisella tasolla:

- EATRIS (European Advanced Translational Research Infrastructure in Medicine)
- BBMRI (European Biobanking and Biomolecular Resources)
- INFRAFRONTIER (European Infrastructure for Phenotyping and Archiving of Model Mammalian Genomes)
- ECRIN-PPI (Infrastructures for Clinical Trials and Biotherapy)
- INSTRUCT (Integrated Structural Biology Infrastructure)
- ELIXIR (Upgrade of European Bioinformatics Infrastructure)

Kaikki nämä yleiseurooppalaiset infrastruktuurihankkeet ovat tällä hetkellä valmisteluvaiheessa, johon kuuluu infrastruktuurien rakentamisen, kokoonpanon, ylläpidon ja rahoituksen suunnittelu. Suomi on mukana kaikissa em. kuudessa infrastruktuurihankkeessa. Biokeskus Suomi tuo suomalaista osaamista INFRAFRONTIER- ja INSTRUCT-hankkeisiin, Suomen molekyyli- ja lääketieteen instituutti EATRIS- ja BBMRI-hankkeisiin, Tieteen tietotekniikan keskus (CSC) ELIXIR-hankkeeseen ja Kuopion yliopiston A. I. Virtanen -instituutti (Biokeskus Suomen jäsen) ECRIN-PPI-hankkeeseen.

Osallistumalla aktiivisesti yleiseurooppalaisten biotiedeinfrastruktuurien rakentamiseen Suomi vahvistaa huomattavasti oman biotieteensä kansainvälisiä yhteyksiä ja vaikutusmahdollisuuksia. Valmisteluvaiheeseen osallistuminen antaa Suomelle mahdollisuuden vaikuttaa Euroopan tasolla tehtäviin suunnitelmiin niin, että myös suomalaisten tutkijoiden tarpeet tulevat huomioiduiksi. Millainen ja miten laaja Suomen rooli on myöhemmissä rakentamis- ja toimeenpanovaiheissa riippuu infrastruktuurista. Suomen biotiedeyhteisö tulee tarvitsemaan kaikkia edellä mainittuja eurooppalaisia infrastruktuureja, mikä puolestaan voi vaatia tilainvestointeja tai sopimuksia käyttömaksuista tai molempia. Tärkeiden infrastruktuuriyksiköiden perustaminen Suomeen voisi olla joissakin tapauksissa mahdollista. Koulutus- ja teknologiansiirtomahdollisuuksien varmistaminen varhaisvaiheessa on myös ensiarvoisen tärkeää. Biokeskus Suomen on oltava hyvin selvillä näillä alueilla tapahtuvasta kehityksestä.

Suomelle mahdollisesti koitava lisäarvo on otettava huomioon päätettäessä Suomen roolista tulevien yleiseurooppalaisten infrastruktuurien toteutuksessa. Biokeskus Suomen teknologiapalvelut, jotka on kuvattu luvussa 5, epäilemättä parantavat Suomen biotiedeyhteisön mahdollisuuksia osallistumis- ja hyötymismahdollisuuksia tulevissa yleiseurooppalaisissa infrastruktuuraloiteissa. Osallisuuden vaatimia varoja ja muita investointeja ei kuitenkaan tulisi sisällyttää jäljempänä (ks. luku 5) kuvattavan Suomen kansallisten teknologiapalvelujen kehittämisen budjettiin. Suomen roolista ESFRI-hankkeissa tulisi laatia erillinen valtakunnallinen suunnitelma asianmukaisine rahoituksineen.

4 Suomen molekyyli- ja lääketieteen instituutti (FIMM) – EMBL:n pohjoismainen yhteistyökumppani molekyyli- ja lääketieteen alalla

Helsingin yliopisto perusti Suomen molekyyli- ja lääketieteen instituutin (FIMM) syyskuussa 2006. Yliopiston konsistori hyväksyi instituutin johtosäännön joulukuussa 2006 ja se astui

voimaan huhtikuussa 2007. FIMM perustettiin kansainväliseksi molekyylibiologian tutkimuskeskukseksi, joka toimii tiiviissä yhteistyössä Euroopan molekyylibiologian laboratorion (EMBL) kanssa. EMBL:n mallin mukaisesti FIMM rekrytoi lupaavia ryhmänjohtajia ja tohtoriopiskelijoita kaikkialta maailmasta ja on mukana yleiseurooppalaisissa infrastruktuurihankkeissa. Kansallisesti FIMM on Helsingin yliopiston ja kolmen muun perustajajäsenen yhteinen tutkimuslaitos. Muita perustajajäseniä ovat Kansanterveyslaitos (KTL), Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri (HUS) ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). FIMM ylläpitää myös valtakunnallista molekyylibiologian verkostoa, joka tuo yhteen eri partnerilaitosten (kuten biokeskusten ja lääketieteellisten tiedekuntien) huippututkijat Suomessa. FIMM:n toimintaa tuetaan tämän Biokeskus Suomi -ohjelman lisäksi myös yksityisten säätiöiden ja partnerilaitosten avustuksilla, ja mahdollisesti muidenkin rahoitusmekanismien kautta.

FIMM:n genomi- ja teknologiakeskus (entinen Suomen genomikeskus) on valtakunnallinen tutkimus- ja palveluyksikkö, jossa työskentelee 25 henkilöä. Suomen genomikeskuksen palvelutehtävä oli aluksi suppeampi, mutta sitä laajennettiin keskuksen liittyttyä osaksi Suomen molekyylibiologian instituuttia. Nykyisin keskus tarjoaa palveluja genotyyppityksen, DNA-sekvensoinnin, geneettisen aineiston analysoinnin ja bioinformatiikan aloilla. Vuoden 2008 tietojen perusteella FIMM:n genomi- ja teknologiakeskus on tähän mennessä tuottanut 1,7 miljardia genotyyppiä ja tehnyt projektiluonteista yhteistyötä 25 tutkimusryhmän kanssa sekä Suomessa että EU:n yhteistyöprojektien puitteissa. Vuonna 2008 keskuksen DNA-sekvensointipalveluita on käyttänyt yli 200 henkilöä. Informaatioteknologian (bioinformatiikan) palveluilla on noin 900 rekisteröitynyttä käyttäjää Helsingissä, muualla Suomessa ja eri puolilla maailmaa. Keskus toimii nyt osana Suomen molekyylibiologian instituuttia, joten sen on sekä jatkettava valtakunnallisten palvelujen tarjoamista että laajennettava toimintaansa geneettisistä palveluista molekyylibiologian muillekin osa-alueille.

FIMM:n genomi- ja teknologiakeskuksen tarkoitus on tarjota uuden sukupolven DNA-sekvensointipalveluja (ml. tarvittava bioinformatiikkapalvelu) koko Suomen alueella. Keskus pyrkii laajentamaan palvelutoimintaansa myös siRNA- ja cDNA-tehoseulontoihin ja yhdistekirjastoihin (linkki ESFRI:n EATRIS-hankkeeseen) sekä biopankkitoimintaan ja biologisten merkkiaineiden kehitystyöhön (ESFRI:n BBMRI-hanke). Tämän muistion mukainen FIMM:n genomi- ja teknologiakeskuksen toiminnan tuki on tarkoitus kohdentaa henkilöstökuluihin, uusien toimintamuotojen käyttöönottoon ja kansallisesti tärkeiden genetiikka- ja bioinformatiikkapalvelujen ylläpitoon. FIMM:n genomi- ja teknologiakeskuskelle etsitään parhaillaan uutta johtajaa. Hän tulee vastaamaan keskuksen luotsaamisesta kohti edellä kuvattuja tavoitteita, joihin kuuluu tiivis yhteistyö muiden EMBL:n kanssa verkostoituneiden pohjoismaisten keskusten kanssa sekä eurooppalaisiin ESFRI-hankkeisiin (BBMRI, EATRIS, ELIXIR) ja Biokeskus Suomen toimintaan osallistuminen. FIMM:n genomi- ja teknologiakeskuksen toiminnan tukemiseen tarvittavat varat on mahdollista saada kansallisten teknologiapalveluiden budjetista luvussa 5 kuvattujen periaatteiden mukaisesti.

FIMM:n ja Biokeskus Suomen yhteistyö. Biokeskus Suomi ja FIMM ovat kaksi Suomen biotieteellisen tutkimuksen keskeistä organisaatiota. Niillä on selkeä profiilinsa ja tärkeät kansalliset ja kansainväliset tehtävänsä. FIMM:n ja Biokeskus Suomen on profiloitava toiminta-ajatuksensa ja toimintansa siten, ettei päällekkäisyyttä tai keskinäistä kilpailua pääse syntymään. Biokeskus Suomi ja FIMM ovatkin sopineet muodollisesta yhteistyöstä Suomen biotekniikka-alan tutkimuksen edistämiseksi. Ne pyrkivät kehittämään valtakun-

nallisia tutkimusympäristöjä yhdessä ja osallistuvat tarkkailijoina toistensa johtoryhmien kokouksiin. Lisäksi Biokeskus Suomi ja FIMM ovat solmimassa kumppanuutensa virallistavaa yhteistyösopimusta.

5 Kansallisten teknologiapalvelujen rakenteellinen kehittäminen Suomessa

Vuoden 2009 lopussa päättyvällä biotekniikan ja molekyylibiologian kansallisella ohjelmalla on ollut suuri merkitys Suomen bioalalle. Pitkälti sen ansiosta biokeskukset ovat kyenneet rakentamaan kansainvälisestikin tunnetut ja laadukkaat tutkimusympäristönsä. Tärkeiden teknologiapalveluiden perustaminen biokeskuksiin on ollut keskeinen osa tätä prosessia. Valtakunnallisesti (vuosina 1996 ja 2002) ja biokeskuskohtaisesti (kussakin keskuksessa 2–4 vuoden välein) järjestetyt ulkoiset arvioinnit ovat aina pitäneet biokeskusten teknologiapalveluja toimintaympäristön todellisina vahvuuksina. Hyvin suunniteltujen ja ylläpidettyjen teknologiapalvelujen merkitys kasvaa samaa vauhtia nopean kansainvälisen kehityksen kanssa, ja huomattava osa maamme bioalan nykyisistä teknologioista ja palveluista on selkeän uudistamisen tarpeessa.

Biotieteen ja lääketieteen teknologiakehitys on ollut viimeisten parinkymmenen vuoden aikana ennennäkemättömän kiivasta. Uusien tekniikoiden käyttöönotto on tyypillisesti johtanut valtaviin harppauksiin bio- ja/tai lääketieteellisen tiedon syvyydessä ja tuottanut urauurtavia tuloksia ja keksintöjä näillä tieteenaloilla. Viimeisten 20 vuoden aikana juuri tällaisten teknologiainnovaatioiden kehittäjille on myönnetty ainakin puoli tusinaa Nobelpalkintoa. Tuoreimmat näistä lienevät vuoden 2007 fysiologian tai lääketieteen Nobelpalkinto (spesifisten geenimuutosten toteuttamisesta hiirillä alkioden kantasoluja käyttäen) ja vuoden 2008 kemian Nobelpalkinto (vihreän fluoresoivan proteiinin GFP:n löytäminen ja kehittäminen). Nyrkkisääntö lienee se, että uuden teknologian syntyä ei ole suunniteltu keskitetysti eikä voitu ennustaa. Uusien tekniikoiden esiinmarssi jatkuu ja monet niistä ovat jo siirtymässä kehitysvaiheesta laajamittaiseen käyttöön. Biokeskus Suomen johdon tärkeänä velvollisuutena on kiinnittää erityistä huomiota uusiin teknologioihin, jotta ne saadaan siirretyiksi Suomeen ilman viiveitä. Pääsääntöisesti Biokeskus Suomen johtoryhmä tiedustelee tutkijoiden, tutkimusinstituuttien ja yliopistojen mielipidettä ennen kuin se tekee uusien teknologioiden rahoituspäätöksiä.

Kuten edellä jo mainittiin, biotieteet ovat monessa mielessä lähentyneet fysikaalisia tieteitä. Esimerkiksi genomilaajuisten menetelmien, uusimpien biologisten kuvantamismenetelmien, proteomiikan ja rakennebiologian tutkimus tuottaa valtavat määrät tietoa, jonka käsittely vaatii monimutkaisia tiedonkeruujärjestelmiä ja laskennallista tietojenkäsittelyä. Teknologiakehityksen aallonharjalla pysymisen vaikeudet ovat Suomessa yksi biotieteellisen tutkimuksen suurimmista haasteista ja tutkimusympäristöjen kilpailukyvyn tukemisessa Suomi on vaarassa jäädä naapureistaan pahasti jälkeen. Biotieteen teknologiapalvelujen ja muiden tutkimuspalvelujen rakentaminen ja ylläpitäminen vaatii kaikkien biokeskusten paikallistoiminnan vahvistamista, priorisointia, selkeää työnjakoa valtakunnallisten palvelujen järjestämisessä ja kansainvälisiin infrastruktuurihankkeisiin solmittujen yhteyksien turvaamista.

Biokeskus Suomi perustettiin vuonna 2006 ja se ryhtyi opetusministeriön tuella koordinoimaan kansallisesti tärkeiden teknologiapalvelujen rakenteellista kehittämistä useilla eri alueilla. Tähän prosessiin kuului keskusten työnjaosta päättäminen, tarpeettomien pääl-

lekkäisyyksien kitkeminen, prioriteettien asettaminen ja keskuskohtaisten velvollisuuksien selkiyttäminen. Prosessin ensimmäinen vaihe jatkuu vuoden 2009 loppuun asti. Tässä muistiossa esitetään yksityiskohtainen suunnitelma Suomen bioalan tutkimusympäristöjen rakenteellisesta kehittämisestä vuosina 2010–2012 sekä Biokeskus Suomen sisällä että hyvin koordinoitulla tavalla yhteistyössä Suomen molekyyli lääketieteen instituutin (FIMM) kanssa. Biotieteen alan valtakunnallisen yhteistyön (keskitettyjen teknologiapalveluiden) rahoitusta koskevat päätökset tehdään nykyisten (tai uusien) palvelujen ja niitä koskevien suunnitelmien kansainvälisen arvioinnin pohjalta. Samaan aikaan kaikki biokeskukset määrittelevät tärkeimmät tulevaisuudentavoitteensa ja selvittävät, mitä korkeatasoisten paikallisten tutkimusympäristöjen ylläpito vaatii. Sekä merkittävien nykyisten yhteispalvelujen että uusien, vasta ajatuksen asteella olevien palvelujen odotetaan saavan tukea Biokeskus Suomelta.

Valtakunnallisiin yhteispalveluihin ja muihin tutkimuspalveluihin sovelletaan mm. seuraavia yleisiä kriteerejä ja toimintaperiaatteita:

- Palvelun on oltava valtakunnallisesti merkittävä ja liian laaja yksittäisen tutkimusryhmän hoidettavaksi
- Palvelun on tuettava isäntälaitoksessa tehtävää korkeatasoista tutkimusta ja oltava myös muiden yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yhtiöiden käytettävissä
- Palvelun on otettava huomioon biokeskusten, tutkimuslaitosten ja muut Suomen biotieteiden kentän toimijat ja integroiduttava niihin
- Palvelun on tuettava integroitumista yleiseurooppalaisiin ja merkittäviin pohjoismaisiin aloitteisiin
- Palvelun on oltava yleisesti käytettävissä ja toimittava hyväksytyjen käyttömaksujen periaatteella
- Palvelun on perustuttava käytettävissä olevien resurssien ja profiloitumissuunnitelmien mukaiseen työnjakoon
- Palvelun jatkamisesta, jatkokehityksestä ja lopettamisesta päätetään asiantuntija-arvioinnin perusteella
- Palvelun toteuttamisessa otetaan huomioon, että laitteiden tehokas käyttö ja opiskelijoiden ja muiden käyttäjien koulutus vaatii ammattitaitoista henkilökuntaa.

Seuraavassa käydään läpi tärkeimmät teknologiapalvelut ja kuvataan niiden nykytilanne, samanaikainen kansainvälinen kehitys, työnjako sekä tulevaisuuden tarpeet ja visiot. Palvelut esitellään (englannin kielen mukaisessa) aakkosjärjestyksessä. Valtakunnallisten teknologiapalvelujen rakenteellisen kehittämisen tukemisen arvioidaan vaativan noin 18,0 miljoonan euron vuotuista budjettia.

Tämän lisäksi on muistettava, että Biokeskus Suomi pyrkii hankkimaan rahoitusta opetusministeriön ohella myös muista lähteistä, esim. osallistumalla SHOK (terveys- ja hyvinvointialan strategisen huippuosaamisen keskittymät) -hankkeisiin ja sekä eurooppalaisiin että muihin kansainvälisiin verkostoihin. Biokeskusten isäntäyliopistojen odotetaan myös jatkavan omien biokeskustensa rahoittamista niiden nykyisessä laajuudessa. Lisävarojen, mikäli niitä onnistutaan hankkimaan, ei tule vähentää opetusministeriön rahoitusta, sillä opetusministeriön vuosien 2010–2012 rahoitus kattaa vain Biokeskus Suomen välttämättömät perustarpeet. Jotta Suomen biotieteellinen tutkimus säilyttäisi kansainvälisen kilpailukykynsä, Biokeskus Suomi olettaa, että opetusministeriön tuki ei pääty alkavan kolmivuotiskauden jälkeen.

5.1 Bioinformatiikka

Bioinformatiikan rooli biologian alan tutkimuksessa kasvaa koko ajan. Laskennallinen biologia ja bioinformatiikka ovat välttämättömiä myös systeemibiologian, proteomiikan ja metabolomiikan sekä rakennebiologian genomilaajuisille menetelmille ja monille muille Biokeskus Suomen yhteispalveluille. On itsestään selvää, että jokainen biokeskus tarvitsee oman bioinformatiikkayksikön ja bioinformaatikkoja, jotka pystyvät toimimaan yhteistyössä paikallisten bioalan tutkijoiden kanssa.

Suomessa on erinomaista bioinformatiikan osaamista ja lupaavia tutkimusryhmiä, sillä bioinformatiikan osaamista on kehitetty aktiivisesti sekä luonnontieteisiin erikoistuneissa että teknillisissä yliopistoissa ja myös Tieteen tietotekniikan keskuksessa (CSC). Kokonaisuutena katsottuna hankkeet ovat kuitenkin jääneet paikallisiksi ja hajaantuneet osittain biokeskusverkostojen ulkopuolisiin laitoksiin (teknilliset yliopistot, Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja CSC). Monet laskennallisen biologian hankkeet eivät siksi olekaan pystyneet täyttämään suuren biotiedeyhteisön eksponentiaalisesti kasvavia tarpeita toivotulla tavalla. Ongelman ratkaisemiseksi Biokeskus Suomen bioinformatiikkayhteisö keskittyy biotieteiden mahdollisuuksiin ja sovelluksiin, mutta pyrkii myös luomaan yhteyksiä kansallisiin ja kansainvälisiin informaatioteknologiapalveluihin ja -aloitteisiin. Yhtenäisempi laskennallisen biologian kenttä muodostaisi tukevamman perustan bioinformatiikka-alan tutkimukselle ja palveluille tulevana vuosina. Ja kuten jo edellä todettiin, jokainen biokeskus tarvitsee oman bioinformatiikkapalveluyksikkönsä, joka tekee paikallista yhteistyötä biologisten kanssa ja toimii yhteyskanavana valtakunnalliseen toimintaan.

Toimintaa on tarkoitus kehittää kolmella toisiaan täydentävällä tavalla: (i) Muodostetaan bioinformatiikan palveluyksiköistä nykyisiin ryhmiin ja biokeskusten omiin vahvuuksiin perustuva verkosto, jolla on selkeät yhteydet muihin kansallisiin infrastruktuurihankkeisiin ja myös niitä tukeva rooli. (ii) Perustetaan laajempi virtuaalinen bioinformatiikan kansallinen instituutti (Suomen bioinformatiikka-aloite). Tätä verkostoa laajennetaan Biokeskus Suomen ydintoimintojen ulkopuolelle, ja se kattaa myös teknilliset yliopistot ja niiden informaatioteknologian laitokset, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT), Tieteen tietotekniikan keskuksen (CSC) ja alan yritykset. (iii) Perustetaan kansainvälisesti kilpailukykyinen lääketieteellisen bioinformatiikan palvelu yhteistyössä CSC:n, FIMM:n ja Tietotekniikan tutkimuslaitoksen (HIIT) kanssa. HIIT on Helsingin yliopiston ja Aalto-yliopiston (ent. Teknillinen korkeakoulu) yhteinen tutkimusyksikkö ja algoritmien kehittämisen ykkösasiantuntija Suomessa. CSC, FIMM ja HIIT ovat yhdessä ryhtyneet kehittämään lääketieteellisen bioinformatiikan asiantuntemusta Suomeen. Tämä ohjelma tarttuu aluksi laajamittaisten DNA-sekvenssianalyysien asettamaan mittavaan haasteeseen, mutta tulee myöhemmin keskittymään myös muihin alueisiin, joilla on kasvava tarve bioinformatiikkapalveluille (integroiva genomiikka, geneettinen epidemiologia, kemiallinen biologia). Tämä hanke tulee olemaan yhteydessä ESFRI:n ELIXIR-, EATRIS- ja BBMRI-projekteihin sekä Euroopan molekyylibiologian laboratorion Euroopan bioinformatiikan instituuttiin.

5.2 Biologinen kuvantaminen

Kuvantaminen on yksi tärkeimmistä bio- ja lääketieteen työkaluista. Biokeskus Suomi pyrkii täyttämään maamme yliopistojen ja eurooppalaisten, yhdysvaltalaisen ja japanilaisen huippukeskusten välille revenneen kuilun kuvantamisen asiantuntemuksessa ja laitteistoissa, parantamaan suomalaisten keskusten tietotaitoa ja hankkimaan niille tarpeellista

välineistöä, jotta Suomessa pystytään tekemään korkealaatuista ja kansainvälisesti kilpailukykyistä tutkimusta.

Kuvantamistutkimukset voidaan jakaa solujen ja kudosten (tai kudokset) mikroskooppikuvauksiin ja eläinten tai ihmisten ei-invasiivisiin kuvauksiin. Biokeskus Suomen toiminta keskittyy perustutkimuksen palvelujen kehittämiseen, joten sairaaloissa tehtävät ei-invasiiviset potilaskuvaukset eivät kuulu tähän kokonaisuuteen. Kuvantamislaitteistojen parantaminen on tarpeen jokaisessa biokeskuksessa, mutta parantamiskohteet ja työn laajuus riippuvat kunkin keskuksen tutkimusprofiilista. Tämän lisäksi tietyt erityis menetelmät pitää keskittää vain yhteen tai korkeintaan muutamiin keskuksiin, jotka palvelevat Suomen koko tiedeyhteisöä. Valtakunnallisten ja paikallisten kuvantamispalvelujen välille löydetään yhteistyöllä toimiva tasapaino.

Mikroskooppikuvauksia ovat valo- ja elektronimikroskopia, ja joissakin uusissa laitteissa nämä kaksi menetelmää yhdistyvät. Laajimmassa käytössä oleva kuvausmenetelmä on fiksoitujen tai elävien solujen ja kudokset fluoresenssimikroskopia. Kaikki biokeskukset tarvitsevat elävien solujen kuvauslaitteistoja, mutta korkean erotuskyvyn kuvantamiseen tai paksujen näytteiden kuvantamiseen tarvittavia laitteita (esim. TIRF-mikroskoopit tai optiset tomografialaitteet) ei ole järkevää hankkia jokaiseen biokeskukseen. Kaikkien biokeskusten on pystyttävä analysoimaan kuoppalevyjä pienen mittakaavan kuvantamistutkimuksilla ja selviytyttävä siihen liittyvästä tietojenkäsittelystä. Turussa ja Helsingissä on jo valmiuksia erittäin suuren mittakaavan automatisoitujen geeni-, RNAi- ja yhdisteseulontojen vaatiman nk. high-content-kuvantamisen ja tietojenkäsittelyn tarpeisiin [ks. genominlaajuiset menetelmät (luku 5.3) ja translationaalisen tutkimuksen teknologiat (luku 5.8)]. Kaksifotonikonfokaalimikroskooppeja käytetään paksujen näytteiden analysointiin ja jopa hiirten kuvantamiseen *in vivo*. Ne ovat kalliita laitteita, joiden käyttö vaatii erityistä asiantuntemusta, joten niitä tulisi hankkia vain muutamiin keskuksiin. Nopeat konfokaalimikroskoopit ja malliorganismien (esim. seeprakalojen ja hiirten) *in vivo* -kuvantamiseen käytettävät fluoresenssilaitteet tulisi puolestaan sijoittaa näitä malliorganismeja käyttävien tutkijoiden lähelle.

Biologinen elektronimikroskopia kattaa solujen ja kudosten transmissio- eli läpivalaisu-elektronimikroskopian (mm. kryoimmunoelektronimikroskopian ja elektronitomografian) sekä proteiinien, soluelinten ja viruspartikkelien rakenteiden elektronimikroskopian. Jokaisen biokeskuksen ja lääketieteellisen tiedekunnan on pystyttävä tekemään transmissio-elektronimikroskooppisia tutkimuksia itse, mutta Helsingin yliopiston (Viikin kampuksen) rakenteellisen elektronimikroskopian yksikkö voinee palvella koko bioalan tiedeyhteisöä ja tarjota myös kryoelektronimikroskopian, elektronitomografian sekä korreloidun valo- ja elektronimikroskopian asiantuntemusta. Pyyhkäisy-elektronimikroskooppeja (SEM) käytetään sekä biotieteiden että materiaalitieteiden aloilla ja useimpien yliopistojen mikroskoopiyksiköillä on tällainen laitteisto.

Koe-eläinten, kuten hiirien ja rottien, *in vivo* kuvantamiseen voidaan käyttää ultraääntä, luminesenssi- ja fluoresenssikuvausta, röntgenkuvausta, magneettikuvausta tai positroniemissiotomografiaa (PET-kuvausta). Kolmea ensin mainittua tarvitaan kaikissa muunto-geenisten hiirten ja rottien fenotyypitystä tekevissä laboratorioissa sekä syöpäbiologian, kehitysbiologian, matriisibiologian, neurobiologian ja kantasolututkimuslaboratorioissa, joissa käytetään merkkiaineilla (ks. jäljempänä) leimattuja soluja tai eläimiä. Yhdelläkään Suomen biokeskuksista ei ole sellaisia huippuluokan laitteita, jotka kykenevät ei-invasiiviseen kuvaamiseen eri aallonpituuksilla ja mahdollistaisivat myös samanaikaiset

radioaktiivisuusmittaukset ja luustokuvaukset. Magneettikuvaukset ja PET-kuvaukset olisi ehkä syytä keskittää yhteen tai kahteen yliopistoon. Kuopion A. I. Virtanen -instituutin biolääketieteen kuvantamisyksiköllä on pieneläinten *in vivo* -kuvantamiseen tarvittavat laitteet ja tilat, mm. kansallinen bio-NMR-keskus kokeellisia magneettikuvauksia varten sekä valmiudet tehdä pieneläinten SPECT-kuvauksia. Biomedicum Helsingillä on 4.7 teslan fMRI-laitteisto. Turun PET-keskukseen ja Turun tautimallinnuskeskukseen on äskettäin perustettu koe-eläinten PET-kuvantamisen yksikkö. Kansainvälisesti tunnettu MEG/fMRI-keskus (Helsinki/Meilahti/Otaniemi) keskittyy pääasiassa ihmisten kuvantamiseen.

Biokeskukset käyttävät eri kuvantamismenetelmiä biologisen tutkimuksen tarkoituksiin mutta tekevät samalla myös tuotekehittelytyötä. Turussa kehitellään erittäin korkean resoluution STED-mikroskopiamentelmää. Teknisissä yliopistoissa ja tiedekunnissa on suuria tutkimusryhmiä, jotka kehittelevät kuva-analyysimenetelmiä ja matemaattisia algoritmeja konenäkö- ja hahmontunnistussovelluksiin. Tällainen asiantuntemus on biologisen kuvantamisen – laskennallisen kuvantamisen – kannalta erittäin tärkeitä.

Nykyaikaiset solujen ja eläinten kuvantamismenetelmät ovat pitkälti riippuvaisia fluoresoivista molekyyleistä, vihreästä fluoresoivasta proteiinista (GFP) ja tulikärpäsen lusiferaasientsyymistä (valo tuottava entsyymi), jotka ovat ensimmäisiä ja toistaiseksi myös käytetyimpiä tämän tyyppisiä proteiineja. Nykyisin näistä molekyyleistä on olemassa satoja erilaisia johdannaisia, jotka on mahdollista räätälöidä spesifisesti sellaisten tutkimusten tarpeisiin, jotka käyttävät kuvantamismenetelmiä selvittämään esim. solun rakkulaliikennettä, verenkiertoa ja verisuonten muodostusta, syöpäsolujen invaasiota tai kantasolujen kohdaloa kudoksissa. Uusien merkkiyhdisteiden kehitys vaatii molekyylibiologian ja orgaanisen kemian asiantuntijoiden yhteistyötä. Suomessa tämän tyyppinen tutkimus on jäänyt jälkeen kansainvälisestä kehityksestä, ja Biokeskus Suomen tarkoitus on rekrytoida asiantuntijoita rakentamaan elävien solujen, kudosten ja malliorganismien kuvantamiseen sopivia tutkimusympäristöjä.

5.3 Genominlaajuiset menetelmät

Tämä tutkimus- ja teknologiapalvelualue kattaa (i) genetiikan ja genomiikan, (ii) geenien ilmentymisen ja säätelyn ja (iii) genomibiologian ja tehoseulonnan. Muita systeemibiologiaan liittyviä teknologioita on kuvattu bioinformatiikkaa ja metabolomiikkaa/proteomiikkaa käsittelevissä kohdissa (luvut 5.1 ja 5.5).

(i) *Genetiikka ja genomiikka*. Suomi on perinteisesti ollut erittäin vahva tämän alan asiantuntija. Monitekijäisten tautien geneettisiä kytkentöjä selvitteleviä geenikartoituksia (eli genominlaajuisia assosiaatiotutkimuksia) tehdään nykyisin nopeassa tahdissa, ja taudeille altistavia geenejä/geenimerkkejä onkin jo löytynyt runsaasti. Suomessa näitä palveluja ja tarvittavaa bioinformatiikan asiantuntemusta tarjoaa lähinnä FIMM:n genomi- ja teknologiakeskus. Tämä tutkimuslaitos pystyy tuottamaan jopa noin 2 miljardia genotyyppiä vuodessa. Myös Turun kansallisella DNA-sirukeskuksella ja vastikään Kuopioon perustetulla Itä-Suomen genomikeskuksella on toimintaa tällä alueella.

Genomin sekvensointimenetelmät tulevat pian korvaamaan suuren osan nykyisistä genomikartoituksista. Mittavia kansainvälisiä hankkeita on jo käynnissä. Genomin uudelleen sekvensointi vaatii kuitenkin menetelmiä, joiden avulla genomista (perimän DNA:sta) pystytään eristämään haluttuja jaksoja ennen niiden sekvensointia. Näitä sekvensointi-

hankkeita täydennetään erittäin laajojen potilasaineistojen kohdennetulla high-throughput-genotyypityksellä. Tällaiset hankkeet vaativat paljon myös bioinformatiikalta ja edellyttävät asiantuntijuuden keskittämistä. Farmakogenomiikka on lääketieteen kannalta ehkä tärkein osakokonaisuus, ja se tarvitsee samoja teknologiapalveluita. Farmakogenomiikalla uskotaan olevan melko pian vaikutuksia tuleviin terveydenhoitopäätöksiin, ja sen tulokset tukevat myös yksilölliseen lääkehoitoon suuntautuvia tavoitteita. Tulevaisuudessa FIMM tulee tarjoamaan valtakunnallisia ihmis-DNA:n sekvensointipalveluja (uudelleen sekvensointia) ja luomaan yhteyksiä KTL:n potilasaineistoihin sekä ESFRI:n kansainväliseen BBMRI (Biobanking and Biomolecular Resources) -ohjelmaan. Helsingin yliopiston biotekniikka instituutti Viikissä on pääasiassa vastannut – ja tulee jatkossakin vastaamaan – muiden organismien ultrahigh-throughput DNA-sekvensoinnista, mutta ei ole olemassa mitään teknistä syytä, miksi Viikissä ei voitaisi sekvensoida myös ihmisen DNA:ta.

(ii) *Geenien ilmentyminen ja säätely.* DNA-sirutekniikalla toteutettavaa geenien ilmentymisen profiloointia tehdään tällä hetkellä kaupallisilla laitteistoilla (Illumina, Agilent ja Affymetrix) Turun kansallisessa DNA-sirukeskuksessa sekä Biocentrum Helsingin ja Biomedicum Helsingin tiloissa. Näissä paikoissa käsitellään tuhansia näytteitä vuodessa.

Monien DNA-sirutekniikkaan pohjautuvien analyysimenetelmien odotetaan siirtyvän uuden sukupolven DNA-sekvensointiteknologian suuntaan, mikä tulee tarjoamaan paljon uusia mahdollisuuksia RNA:n ilmentymisen profilointiin (RNA:n vaihtoehtoinen silmukointi, mikro-RNA ja muut ei-koodaavat RNA:t [RNA-seq-tekniikka]) sekä geenien säätelymekanismien tutkimukseen (mm. transkriptiotekijöiden sitoutumisanalyysit sekä DNA:n metylaation ja muiden epigeneettisten muutosten analysointi [ChIP-seq-tekniikka]). Ensimmäiset näiden analyysien tekemiseen tarvittavat ultrahigh-throughput-rinnakkaissekvensointijärjestelmät ovat tällä hetkellä Helsingissä. On uskottavaa, että sekvensoinnista muodostuu tärkein biologisten ja lääketieteellisten näytteiden tutkimusmenetelmä tulevalle toiminnalliselle genomitutkimukselle. Koska tätä teknologiaa hyödyntävien sovellusten määrä ja niihin liittyvät bioinformatiikkamenetelmät kasvavat nopeasti, ja uusia teknologioita kehitetään, seuraavan sukupolven sekvensointikapasiteetin lisääminen on tärkeää. Toisaalta on erittäin todennäköistä, että myös DNA-siruteknologia säilyy edelleenkin tärkeänä geeni-ilmentymisen analyysimenetelmänä.

(iii) *Genomibiologia.* Biomedicum Helsingin high-throughput -keskus, Biocentrum Helsingin systeemibiologia-aloite ja BioCity Turku/VTT:n lääketieteellisen biotekniikan yksikkö tarjoavat high-throughput -palveluja ja ylläpitävät biologisia ja kemiallisia kirjastoja. Näitä teknologiayhteisöjä täydentävät Biomedicum Helsingissä ja Kuopiossa sijaitsevat systeemibiologian sekä high-content -seulonnan ja kuvantamisen tilat. Etenkin Biocentrum Helsingin systeemibiologia-aloite ja Biomedicum Genomics -yksikkö pyrkivät luomaan valtakunnallisen resurssin, joka tarjoaa genomilaajuisia reagensseja geeni-ilmentymisen vaimentamiseen (lentivirus-shRNA, 16 000 geeniä) ihmisillä/hiirillä ja ihmisen geenien ilmentämiseen (18 500 geeniä) sellaisessa muodossa, jotka mukautuvat joustavasti useisiin kokeellisiin lähestymistapoihin.

Tehoseulontaa käyttävän biologian merkityksen uskotaan kasvavan ja RNA-interferenssin, cDNA:n ja kemiallis-biologisten seulontojen tarpeen lisääntyvän. Samat valmiudet tukevat myös translationaalista lääkekehitystyötä. Täydentääkseen olemassa olevia Helsingin ja Turun toimintoja, FIMM on ottamassa käyttöön 1534 kuoppalevyn kanssa yhteensopivaa täysautomaattista high-throughput -järjestelmää kemiallisen biologian tutkimusta ja lääkekehitystä varten sekä ainutlaatuisen solusirutekniikan RNAi-seulontoja varten. Nämä edel-

lä kuvatut genomitutkimuksen reagenssit ja teknologiapalvelut pitänevät maamme tutkijat tämän tärkeän tutkimuskentän eturintamassa.

5.4 Malliorganismit

Muuntogeeniset hiiret (GM-hiiret) ovat auttaneet tutkijoita ymmärtämään ihmisen terveyden ja sairauksien taustoja molekyyllitasolla enemmän kuin mikään muu eliö. Ne sopivat myös ihmisellä esiintyvien tautien malleiksi. Ihmisen ja hiiren proteiineja koodaavat DNA-jaksot ovat yli 95-prosenttisesti identtisiä. Hiiren genomia (perimää) voidaan manipuloida ja GM-hiiriä tuottaa monin eri keinoin. Siirtogeenisiä eläimiä voidaan saada aikaan esim. injisoimalla DNA:ta hedelmöitetyn munasolun tumaan. Kun tietty mielenkiinnon kohteena oleva geeni halutaan vaimentaa (knock-out) tai sitä halutaan muokata (knock-in) aiheuttamalla siihen jokin spesifinen mutaatio, käytetään yleensä hiiren alkioista eristettyjä kantasoluja eli ES-soluja. Nykytekniikka mahdollistaa tällaisen geenimuuntelun tekemisen aika- ja/tai kudosspesifisesti (conditional knock-out/knock-in). Käytettävissä on myös tekniikoita – ja uusia on tulossa –, joissa geenin ilmentyminen vaimennetaan virusvektoreilla. Vektorin sisältämä shRNA inaktivoi mielenkiinnon kohteena olevan geenin koodaaman lähetti-RNA:n (mRNA). Tilanteisiin, joissa spesifisen geenin inaktivointi ei ole ensisijainen tavoite, on kehitetty erilaisia geenien pyydystämismenetelmiä (gene traps), joita on käytetty GM-hiirten tuotantoon sekä Suomessa että muualla maailmassa. Jotkin näistä uusista tekniikoista (esim. ehdollinen geenien kohdentaminen ja shRNA-peräiset geenien vaimentamismenetelmät) ovat maassamme vielä melko vähän käytettyjä.

Tällä hetkellä käynnissä on laajoja kansainvälisiä projekteja, joissa pyritään tuottamaan mutaatioita systemaattisesti kaikissa hiiren perimän geneissä. Suomen on ylläpidettävä ja kehitettävä omaa muuntogeenisten hiirten tutkimuskalustoaan, jotta tästä valtavasta tutkimusresurssista saataisiin paras mahdollinen hyöty. Tämän lisäksi tarve tuottaa pienempiä geenimutaatioita (kuten taudeille altistavia geenimuutoksia) tulee olemaan jatkossakin suuri. Kaikki vaiheet vaativat spesifisiä laitteita ja laboratorioita, eikä koulutetun henkilökunnan merkitystä voi korostaa liikaa. Menetelmät vaativat myös eläinten käsittelyä ja niiden kanssa työskentelyä, joten tilat on rakennettava ja henkilöstö koulutettava koe-eläimistä ja muuntogeenisistä eliöistä annettujen lakien mukaisesti. Toiminnan sääntöjen mukaisuus voidaan taata vain perustamalla palveluyksiköjä, joilla on oma vakituinen henkilöstö.

Myös arvokkaiden hiirikantojen säilytys ja kuljetus ovat palveluyksiköiden vastuulla. Eurooppalaista hiirimutaatioiden arkistoa EMMA:a (European Mouse Mutant Archive) laajennetaan osana INFRAFRONTIER-hanketta. Tarkoituksena on perustaa uusia valtakunnallisia EMMA-yksiköitä, joista yksi tulee Ouluun. Näin varmistetaan, että alkioiden ja ituplasman syväjäädäytysmenetelmät pystytään pitämään ajan tasalla. Palvelukeskusten tärkeitä tehtäviä ovat myös tutkijoiden perehdytys sekä uusien menetelmien (esim. monikykyiset iPS-solut ja high-throughput -geenikohdennus) seuranta ja niiden kehitystyö ja käyttöönotto. Merkkigeeniavusteinen takaisinristeytys on menetelmä, jonka avulla poistotai muuntogeenisistä jyrtsijöistä voidaan tuottaa nopeasti samageenisia (congenic) kantoja. Merkkigeenin avulla tehtyä nopeaa takaisinristeytystä tukevat high-throughput -genotyyppityspalvelut on aloitettu Biomedicum Helsingissä, mikä mahdollistaa samageenisten poisto- ja muuntogeenisten hiirikantojen nopean tuottamisen. Suunnitelmassa on myös eritaustaisten ja -ikäisten hiirten kudospäytteitä sisältäviä biopankkeja.

Yli 80 suomalaista tutkimusryhmää käyttää työssään geenimuunneltuja hiirimalleja ja käyttäjäkunnan laajuuden vuoksi Helsingin, Oulun ja Turun muuntogeenisten hiirten yksiköitä on tuettava. Tavoitteena on ottaa nykyiset paikalliset palvelut laajempaan käyttöön, syventää yksiköiden erikoisosaamista palvelujen profiloinnin kautta ja perustaa yhteinen (internetin kautta käytettävä) tietokeskus. GM-hiirten tuottamisessa Helsingin ja Turun palveluyksiköt palvelevat lähinnä paikallisia käyttäjiä, mutta Oulun yksikkö toimii täyden palvelun yksikkönä muulle Suomelle (eli tutkijoille, joiden toimintaympäristössä ei ole omaa palveluyksikköä sekä joihinkin erityisiin käyttötarkoituksiin).

Muuntogeenisten hiirten tuotanto voidaan rajata 2–3 palvelukeskukseen, mutta maassamme ei ole mahdollista keskittää hiirten ilmiä, fenotyypin, analyysiä. Suomeen rakennetaan valtakunnallinen hiirten fenotyypitysverkosto, johon kuuluu yhteisiä palveluita eri osaamisalueilta. Tämä voitaneen toteuttaa osin myös pohjoismaisena yhteishankkeena (Pohjoismaiden hiirimalli-infrastruktuuriverkoston puitteissa). Suomelle on hyötyä INF-RAFRONTIER-hankeeseen osallistumisesta, koska se parantaa hiirten fenotyypitykseen standardoitujen tilojen saatavuutta (esim. Saksan GMC-hiiriklinikka), ja valikoidut suomalaiset laboratoriot saanevat tilaisuuden tarjota asiantuntevia analyysipalvelujaan tämän yleiseurooppalaisen aloitteen puitteissa. Biokeskus Suomen isäntäyliopistoissa on oltava asianmukaiset ja ajantasaiset koe-eläintilat, joissa on riittävä kapasiteettia muuntogeenisten hiirikantojen kasvatukseen ja ylläpitoon. Tällaiset tilat ovat keskeinen osa korkealaatuisia tutkimusympäristöjä.

Myös seeprakalat ovat arvokkaita mallieliöitä ja niiden kohdalla tutkimuslaitteiston ja palveluyksiköiden perustamiskustannukset ovat suhteellisen pieniä. Toistaiseksi seeprakalojen käyttäjäkunta on Suomessa pieni, joten Helsinkiin ja Tampereelle perustetut yksiköt voivat palvella koko maata. Seeprakalayksikköjen toimintaa koordinoidaan Tampereelta. Myös yksinkertaiset eliöt kuten *C. elegans* (sukkulamato) ja *D. melanogaster* (banaanikärpänen) voivat tarjota hyödyllistä tietoa laajamittaisissa geenitutkimuksissa. Nämä mallieliöt vaativat lähinnä koulutettua henkilökuntaa, eivät kalliita tiloja. Helsingin ja Tampereen laboratoriot tarjoavat *D. melanogaster* -kantojen käyttöä ja ylläpitoa koskevia palveluja ja asiantuntemusta, ja useita suomalaisia tutkimusryhmiä on mukana pohjoismaisessa *C. elegans* -verkostossa, jota koordinoidaan Kuopiosta. Viikin yliopistokampus tarjoaa kasvien geenimuunteluteknikoihin liittyviä palveluja muille suomalaisille yliopistoille ja tutkimuskeskuksille.

5.5 Proteomiikka ja metabolomiikka

Proteomiikka on proteiinien ja etenkin niiden rakenteen ja toiminnan laajamittaista tutkimusta. Proteomi tarkoittaa kaikkia organismin tai järjestelmän tuottamia proteiineja ja niihin tehtyjä muutoksia. Tämä proteiinien muodostama kokonaisuus muuttuu ajan myötä ja tilanteen (esim. solun tai eliön kohtaaman rasituksen) mukaan. Proteomiikka on tärkeä biotieteen osa-alue, joka ulottuu solun perusbiologian biolääketieteellisistä, kliinisistä, ravitsemuksellisista ja ympäristötieteellisistä sovelluksista monitieteellisempiin kokonaisuuksiin kuten systeemibiologiaan. Proteomiikka on keskeinen monissa akateemisissa tutkimusprojekteissa, mutta se on tärkeä myös biotekniikkateollisuudelle. Proteiinien tunnistamisen (eri paikoissa, eri aikana, eri aineenvaihduntareiteillä) lisäksi laajassa käytössä olevia sovelluksia ovat kvantitatiivinen ilmentymismisanalyysi, translaation jälkeinen muokkaaminen, proteiinivariantit sekä proteiini–proteiinivuorovaikutukset. Proteomiikan teknologia kehittyy nopeasti ja tarvittavat laitteistot ovat kalliita. Euroopan huippukeskuksiin verrattuna Suomen proteomiikkapalvelujen tilassa ei ole kehumista. Proteomiikan

ydinkeskukset Turussa, Helsingissä ja Oulussa ovat perustaneet aktiivisen valtakunnallisen verkoston, joka palvelee kansallista ja kansainvälistä perustutkimusta. Olemassa olevan laitteiston saaminen kansainväliselle tasolle on silti välttämätöntä, jotta maamme tutkijoiden käytössä olisivat tämän avainalueen keskeiset laitteet, tekniikat ja tietotaito.

Ensisijaisia kehittämisalueita ovat solujen, elimistön nesteiden ja kudosten kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen proteiini-analyysi, eri proteiinimuokkausten tunnistaminen sekä proteiini-proteiinikompleksien ja vuorovaikutusverkostojen selvittäminen. Stabiileilla isotoopeilla tai merkkikemikaaleilla leimattuja proteiineja tarvitaan monesti näissä tutkimuksissa. Nämä sovellukset ovat keskeisiä sekä biologian perustutkimuksen että kliinisten sovellusten (esim. biologiset merkkiyhdisteet) kannalta. Menetelmiä ja palveluja kehitetään ja sovelletaan laajasti bioalan tutkimuksessa yhteistyössä paikallisten ja kansainvälisten kumppanien kanssa. Myös suurten tietomäärien hahmottamiseen, tulkintaan ja hallintaan sopivien laskennallisten menetelmien kehittäminen ja käyttäminen on tärkeä prioriteetti. Tämä on tarkoitus toteuttaa yhteistyössä bioinformatiikkayksiköiden ja -instituuttien (kuten CSC:n) kanssa. Jotta maamme proteomiikka saavuttaisi tieteenalansa eturintaman, on investoitava uusiin laitteisiin, rekrytoitava kansainvälisiä asiantuntijoita ja annettava koulutusta uusimmista menetelmistä ja tekniikoista.

Proteomiikan laitteistoille on tyypillistä nopea sukupolvikierto, jossa merkittäviä teknisiä edistysaskeleita tapahtuu 3–5 vuoden välein. Varsin kalliille massaspektrometrilaitteistoille, joiden ominaisuuksia ovat korkea erotuskyky, massatarkkuus ja dynaaminen mittausalue, on tarve kaikissa kolmessa keskuksessa. Laajan sovellusvalikoiman suunnitelmallinen kehitystyö vaatii kuitenkin tehokkaasti organisoitua valtakunnallista koordinoitua ja keskustusten välistä työnjakoa. Kansallista toimintaa voitaisiin mahdollisesti koordinoida Turusta. Yhteistyöverkoston muut osapuolet sijaitsevat Helsingissä ja Oulussa. Helsinki puolestaan huolehtii Biomedicum Helsingin ja Biotekniikan instituutin proteomiikka- ja proteiinkemian yksiköiden palvelujen ja vastuiden koordinoinnista ja muokkaamisesta laadukkaaksi, paikallisesti ja valtakunnallisesti tärkeäksi palveluyhteisöksi.

Metabolomiikka on spesifisten soluprosessien jättämien kemiallisten ”sormenjälkien” systemaattista tutkimusta, etenkin pienimolekyylisten aineenvaihduntatuotteiden profiilien tutkimusta. Metabolomiikka tarkoittaa biologisen organismin kaikkien aineenvaihduntatuotteiden (geeni-ilmentymisen lopputuotteiden) kokonaisuutta. Geeni-ilmentymistä koskevat tiedot (transkriptioanalyysi) ja proteomiikka-analyysit eivät siis välttämättä paljasta koko totuutta solunsisäisistä tapahtumista, mutta metabolinen profilointi (metabolomiikka) pystyy antamaan välittömän kuvan kyseisen solun fysiologiasta.

Metabolomiikan merkitys systeemibiologialle kasvaa koko ajan. Sitä hyödynnetään Suomessa monilla eri tutkimusalueilla (biolääketiede, diagnostiikka, lääkekehitys, ravitsemus sekä muut interventiotutkimukset) ja eri eliöiden biologisten prosessien analysoinnissa ja seurannassa. Suomessa metabolomiikan tutkimus on vasta alkutaipaleella. Proteomiikan tavoin metabolomiikan vaatimat massaspektrometrilaitteet ovat hyvin kalliita jo pienen/keskisuuren mittakaavan yksikössä. VTT:n Espoon toimipisteellä on moderni metabolomiikkayksikkö, joka on aktiivisessa yhteistyössä suomalaisten ja kansainvälisten tahojen (myös teollisuuden) kanssa. Tämä toiminta kytketään muodollisesti Suomen molekyyli-lääketieteen instituuttiin ja suunnitelmissa on kehittää metabolisen profiloinnin palveluita olemassa olevan laitteiston avulla. VTT:n Espoon toimipiste keskittyy biolääketieteelliseen tutkimukseen ja translaationaaliseen tutkimukseen, mutta tulee tarjoamaan valtakunnallisia palveluja Biokeskus Suomelle myös muilla biotieteiden osa-alueilla. Myös muissa

biokeskuksissa on käynnistetty metabolomiikka-aloitteita, ja valtakunnallisen metabolomiikkaverkoston perustaminen lienee paras keino välttyä päällekkäisiltä investoinneilta.

5.6 Kantasolut ja biomateriaalit

Kaikissa Biokeskus Suomen biokeskuksissa tehdään kantasolujen perustutkimusta, joten kantasolututkimuksen resursseja ja koulutusta koordinoivasta valtakunnallisesta teknologiaverkostosta olisi hyötyä. Helsingissä, Turussa, Tampereella ja Kuopiossa on merkittävää ihmisen kantasolujen biologiaan ja pluripotenttien iPS-soluihin (iPS cells = induced pluripotent stem cells) liittyvää tutkimustoimintaa, kun taas Oulussa keskitytään ensisijaisesti hiiren kantasoluihin. Aivan hiljattain on tapahtunut merkittäviä läpimurtoja iPS-solujen tuottamisessa. Näitä soluja voidaan tuottaa ilmentämällä muutamaa geeniluentaa säätelevää proteiinia (transkriptiotekijää) täysin erilaistuneissa aikuisen soluissa, ts. erilaistunut solu indusoidaan palaamaan erilaistumattomaan, pluripotentiin tilaan, josta se taas voidaan erilaistaa sopivissa olosuhteissa miksi tahansa ihmiselimistön soluksi. Tämä on ehkä toistaiseksi tärkein saavutettu virstanpylväs kohti regeneratiivisen lääketieteen kliinisiä sovelluksia. Nykyisin on myös mahdollista tuottaa iPS-soluja ilman sen genomiin integroituvia virusvektoreita. Elävissä aikuisissa hiirissä saadut tulokset ovat niin ikään lähes uskomattomia: haiman ei-hormonia tuottavia (eksokriinisia) soluja on pystytty erilaistamaan insuliinia tuottaviksi (endokriiniseksi) saarekesoluiksi. Nämä uudet tulokset ovat keskeisen tärkeitä kantasolututkimukselle ja kantasolujen lääketieteelliselle käytölle, kuten regeneratiiviselle lääketieteelle ja kodosteknologioille. Biokeskus Suomen tutkijoilla pitää olla mahdollisuus pysyä mukana alan kansainvälisessä kehityksessä. Suomessa iPS-solujen tutkimus on kuitenkin vasta alkuvaiheessa, mutta se kasvaa lähivuosina merkittävästi. Toistaiseksi saattaa riittää, että ihmisen ja hiiren iPS-soluihin keskittyvät tutkijat muodostavat valtakunnallisen verkoston, joka mahdollistaa teknisen ja käsitteellisen asiantuntemuksen jakamisen sekä asiaan perehtymättömien tutkijoiden ja opiskelijoiden kouluttamisen. On toisaalta mahdollista, että suomalaiset iPS-soluihin liittyvä tutkimus- ja kehitystyö lisääntyy siinä määrin, että keskitetty teknologiapalvelu on syytä perustaa.

Mitä tulee ihmisen kantasolujen mahdolliseen hoitokäyttöön, Tampereella sijaitseva Soluja ja kudosteknologiakeskus Regea on tällä hetkellä Suomen ainoa tutkimuskeskus, jolla on GMP-tasoinen kantasolutuotannon ja kantasoluja, biomateriaaleja ja muita säätelytekijöitä yhdistelevien kudostuotteiden valmistuksen edellyttämät puhdistilat ja laadunvarmistusjärjestelmät. Regealla on myös Suomen mittakaavassa ainutlaatuista kudospankkitoimintaa, joka palvelee sekä tutkimusryhmiä että yliopistosairaaloita. Tällä hetkellä maamme kantasolututkimus on ihmisen kantasolulinjojen johtamiseen ja toiminnalliseen luonnehdintaan sekä iPS-solujen käyttöön liittyvää perustutkimusta, mutta seuraavan tärkeän tutkimusvaihe liittyy näiden solujen käyttämiseen regeneratiivisen lääketieteen ja kudosteknologian tarkoituksiin. Näin ollen tulevaisuuden kantasoluhankkeet tulevat vaatimaan pitkälti edellä kuvattujen kudosteknologiapalveluiden kaltaisia tutkimuspalveluja. Regean tiloilla, laitteistolla ja asiantuntemuksella tulee olemaan tärkeä rooli Biokeskus Suomen kantasolutoiminnan koordinoinnissa.

5.7 Rakennebiologia ja biofysiikka

Rakennebiologia ja biofysiikka kuvaavat proteiinien ja muiden makromolekyylien toimintaa yksittäisten atomien tasolla. Tämän tyyppisiä tutkimuksia tarvitaan, jotta voisimme ymmärtää, miten biologiset järjestelmät todella toimivat. Rakennetiedot ovat välttämättö-

miä myös uusien lääkkeiden kehitystyössä. Makromolekyylien (proteiinit, nukleiinihapot ja niiden muodostamat kompleksit) atomitason rakenteiden tarkasteluun käytetään pääasiassa kolmea menetelmää: röntgenkristallografiaa, ydinmagneettista resonanssispektroskopiaa (NMR) ja elektronimikroskopiaa. Varsinaisten toimintojen kuvaaminen vaatii NMR-spektroskopiaa, biofysiikkaa ja massaspektroskopiaa.

Helsingin, Oulun, Turun, Jyväskylän ja Joensuun yliopistoissa on rakennebiologian tutkimusryhmiä, ja Helsingin yliopistossa on myös biofysiikkaryhmä. Teknologiapalveluiden suurimmat investoinnit on tehty Helsingin ja Oulun yliopistoissa sekä pienimmät Joensuussa ja Turussa. Röntgenkristallografia vaatii sekä kiteiden valmistusmahdollisuuksia että röntgensäteilyn lähteen. Helsingillä on Suomen parhaat kiteytysvalmiudet, mutta tuotantomäärät ovat silti toistaiseksi melko pienet. Röntgensäteilyn tuotantoon on investoitu merkittävästi Helsingissä, Oulussa, Joensuussa ja Turussa. Röntgenkristallografiassa ”tiedonkeruu” tapahtuu tähän tarkoitukseen rakennetuissa tiloissa (synkrotroneissa), kuten Euroopan synkrotronisäteilytutkimuslaitos ESRF:ssa. Muita edellä mainittuja tekniikoita (NMR, elektronimikroskopia ja biofysiikka) käytetään pääasiallisesti vain Helsingissä, mutta pienemmän mittakaavan NMR-investointeja on tehty myös Turussa ja Oulussa. Nykyaikainen NMR-tutkimus edellyttää hyvin tehokkaita suprajohtavia magneetteja, ja tällä hetkellä kaupallisesti saatavien laitteiden parhaimmisto on noin 1 GHz:n luokkaa. Helsingin NMR-ryhmä palvelee koko Suomea, ja sillä on käytettävissään yksi 500 MHz:n laite, kaksi 600 MHz:n laitetta ja yksi 800 MHz:n laite. Näistä laitteista kahdessa on myös nk. cryoprobe-järjestelmä, joka parantaa kerättävän tiedon laatua. Elektronimikroskooppisiin tutkimuksiin on käytetty kahta kenttäemissioelektronimikroskooppia. Biofysiikan yksiköillä on omat laitteet laseravusteiseen reaaliaikaiseen optiseen spektroskopiaan (yksi näkyvä spektri mikrosekunnissa) ja ultranopea jäähdytys- ja syväjäähdytysmenetelmä (freeze-quench) ESR- eli elektronispinresonanssispektroskopiaan. Nämä palvelut ovat erittäin kysytyjä muiden suomalaisten ryhmien keskuudessa ja myös ulkomailta.

Biolääketieteen saralla eteneminen vaatii eri erotuskykytasojen rakenteellisen tiedon integroimista solun spesifisiin tapahtumiin. Tähän tavoitteeseen pääsy edellyttää laajaa tekniikkavalikoimaa, jossa jokaisella tekniikalla on oma roolinsa. Mahdolliset aukot katetaan molekyylihallinnuksen keinoin. Rakenteissa ajan myötä tapahtuvat muutokset ja niiden vaikutukset solujen tilaan on tarpeen kuvata. Tämä vaatii NMR-tekniikalla, röntgentekniikalla ja elektronimikroskopiolla saatujen tietojen sulauttamista kaikkeen muuhun oleelliseen tietoon (esim. massaspektroskopia-, biofysiikka- ja solubiologiatekniikoilla saatuun tietoon). Yhdistämällä nämä lähestymistavat saadaan dynaaminen kuva solusta (paikka- ja aikaerotteinen tarkkuus alle nanometristä millimetriin ja vastaavasti femtosekunnista sekuntiin).

Kaikilla rakennebiologian osa-alueilla on tapahtunut nopeaa teknologiakehitystä kuluneiden 15 vuoden aikana, joten pysyäkseen kehityksen mukana Suomen on investoitava uusiin laitehankintoihin (esim. 300 kV läpivalaisuelektronimikroskooppi ja 950 MHz NMR-laite) ja pystyttävä parantamaan nykyisiä rakennebiologian yhteispalveluja muillakin tavoilla. Rakennebiologista tietoa tarvitaan ihmisen terveyteen ja molekyyliä lääketieteeseen liittyvien suurten kysymysten selvittelyyn, kuten syöpäbiologian, ikääntymisen ja antibioottien kehityksen alueilla. Paremmat tiedot organismien rakenteista nopeuttavat myös vihreään talouteen siirtymistä. Modifioitujen entsyymien avulla energiaintensiiviset, saastuttavat ja korkeita lämpötiloja vaativat kemialliset prosessit voidaan korvata puhtaammilla, matalampiin lämpötiloihin tyytyvillä entsyymilähtöisillä ratkaisulla. Suomen sellu- ja paperiteollisuus on tästä hyvä esimerkki.

Biokeskus Suomen rakennebiologia- ja biofysiikkaverkoston uusi FinStruct-ohjelma on jo käynnistetty. Sen ydinkeskuksia ovat Helsinki, Oulu, Turku ja Kuopio/Joensuu. Ne tuottavat erityyppisiä, paikallisten tutkimusryhmien suuntauksiin sopivia teknologiapalveluita ja koulutusta, sillä korkealaatuiset yhteispalvelut edellyttävät korkealaatuista tutkimusta. Kukin partneri noudattaa omaa tieteellistä ohjelmaansa, kehittää huippuluokan asiantuntemusta valitsemillaan alueilla ja tarjoaa asiantuntemustaan myös muille partnereille ja sidosryhmille.

5.8 Translationaalisen tutkimuksen teknologiat

Biologian ja biotekniikan tutkimus on tuottanut valtavasti uutta tietoa, eikä kehitykselle näy loppua. Odotuksiin on kuitenkin vastattava ja keksinnöt muunnettava kansanterveydelliseksi, lääketieteelliseksi ja teolliseksi sovelluksiksi. Uusien diagnostiikka- ja hoitovalmiuksien yhdistäminen yksilöllisen lääke- ja terveydenhoidon mahdollisuuksia parantavalla tavalla on suuri haaste. Tässä Suomessa ja muilla Pohjoismailla on hyvät mahdollisuudet nousta kehityksen kärkeen. Pohjoismaisten keskustusten valinta EMBL:n molekyyli- ja lääketieteen yhteistyötahoiksi on tästä osoitus. Tavoitteen saavuttamiseksi ja translationaalisen tutkimuksen tukemiseksi FIMM ryhtyy koordinoimaan translationaalisen tutkimuksen valtakunnallisten teknologia- ja palvelutoimintojen rakentamista Suomeen kahdella tiiviisti toisiinsa kytkeytyvällä hankkeella. Yhdessä ne muodostavat virtuaalisia ”translaatiokeskuksia”, joilla tulee olemaan maailman huippukeskuksia vastaavat valmiudet.

(i) *Biopankkitoiminta ja biologisten merkkiaineiden kehitystyö.* Kansanterveyslaitoksella (KTL) on hallussaan suuria väestöpohjaisia, epidemiologiaan liittyviä ja kansallisesti tärkeitä DNA-arkistoja ja seeruminäytekokoelmia, jotka mahdollistivat Suomen osallistumisen BBMRI-biopankkihankkeeseen. Myös monilla yksittäisillä tutkijoilla ja/tai tutkimusryhmillä ja diagnostiikkalaboratorioilla on biologisten näytteiden kokoelmia eri puolilla Suomea. Kokoelmien organisoinnissa on kuitenkin puutteita, eivätkä näytteet ole helposti muiden tutkijoiden käytössä. Suomen ainoa biopankki, jolla on sairaalayhteyksiä, toimii Tampereen yliopistosairaalan alaisuudessa. Tampereen tutkimuskudospankin biologiset näytteet ja niitä koskevat kliiniset tiedot ovat tutkijoiden käytettävissä. Monissa tapauksissa näytteiden analysointia ja tietojen jakamista helpottaa myös Tampereella kehitetty virtuaalimikroskopiamenetelmä. Kaikki tämä kehitys on tapahtunut aikana, jolloin Suomessa ei ole ollut kansallista biopankkilakia. Uusi laki hyväksyttäneen vuonna 2009, ja sen jälkeen biopankkitoiminnan merkitys ja vaikutukset lisääntynevät huomattavasti.

Valtakunnallisesti tärkeiden keskitettyjen biopankkien perustaminen vaatii uusia tiloja, joita Suomessa ei tällä hetkellä ole juuri tarjolla. Tampereelaisten hankkeiden lisäksi FIMM aikoo perustaa keskitetyn näytevaraston ja biopankin yhteistyössä KTL:n, Helsingin yliopiston ja Helsingin yliopistollisen keskussairaalan kanssa. Tutkijat pääsevät käsittelemään biopankkien arkistoja ja potilastietoja suojatusti ja voivat koota, arkistoida ja analysoida näitä tietoja koneellisesti nk. tiedon louhintamenetelmillä. Biologiset näytteet ovat käytettävissä myös biosiruina, jotka mahdollistavat proteiinien ja DNA:n jatkoanalyysit. Kudosnäytteet ovat käytettävissä kudossiruina (TMA), joita kehitellään Tampereella, Helsingissä ja Oulussa. Asianmukaisten kliinisten tietojen ja seurantatietojen kanssa niistä voidaan kehittää vahva valtakunnallinen verkosto. Ilman asiaankuuluvaa molekylaarista profilointia ja biologisten merkkiaineiden kehitystyötä biopankit saattavat jäädä pelkiksi varastoiksi. Siksi kliinisten tutkijoiden ja diagnostisia menetelmiä kehittävien ryhmien (myös suomalaisten yritysten) tulisi hyödyntää tätä resurssia.

(ii) *Suomen translationaalisen tutkimuksen teknologiayksikön* on tarkoitus keskittyä pääasiassa lääkkeiden keksimiseen ja kehittämiseen. Tällä ohjelmalla on yhteyksiä EATRIS-hankkeeseen. Se tulee kehittämään toimintaa useilla alueilla, joilla Suomi on jo vahva osaja. Näitä alueita ovat kemoinformatiikka ja rakennebiologia, pienten molekyylien (ultra)high-throughput-tehoseulontaresurssit (FIMM–Biocentrum Helsinki–VTT) ja malliorganismien käyttäminen prekliinisessä lääkekehitystyössä. Näissä hankkeissa pyritään tutkimaan proof-of-concept -yhdisteitä, jotka voivat olla merkittävää lääketieteellistä tai diagnostista käyttöä maamme biolääketieteellisen tiedeyhteisön identifioimille kohteille. Suomessa on myös akateeminen farmakologisen tutkimuksen verkosto ja lääketieteellisen kemian osaamista, mitkä voivat tukea translationaalista tutkimustyötä. Translationaalisen tutkimuksen yhteisöä tarvitaan akateemisen tutkimuksen ja teollisten intressien yhdistämiseksi. Suomen lääketeollisuuden mielenkiinto ja toiveet otetaan huomioon tarvittaessa. Näiden kahden tutkimusyhteisön on verkostoiduttava myös keskenään voidakseen kehittää diagnostisia ja hoidollisia ratkaisuja ja löytää – etenkin farmakogenomiikan ja systeemi-biologian kautta – uusia mahdollisuuksia yksilöllisen lääkehoidon ja terveydenhuollon edistämiseen.

5.9 Virusvälitteinen geeninsiirto ja soluterapia

Kuopiossa sijaitsevan A. I. Virtanen -instituutin virusvektorilaboratorio on yksi maailman johtavista geenivektorilaboratorioista. Se tarjoaa monia biologian perustutkimuksessa, geenien ja RNAi:n toimintojen tunnistuksessa ja translaationaalisessa tutkimuksessa tarvittavia geeninsiirtovektorien valmistus-, solupankki- ja tuotantopalveluja. Laboratoriossa on Lääkelaitoksen ja Euroopan lääkevirasto EMEA:n akkreditoimat bioturvallisuustason 2 ja 3 tilat, joissa voidaan valmistaa virusvektoreita prekliinisiin tutkimuksiin ja vaiheen I/II/III klinisiin kokeisiin. Lisenssi on Euroopan unionissa ainutlaatuinen, sillä vastaavia lupia on aikaisemmin myönnetty vain suurille lääkeyhtiöille. Virusvektorilaboratoriossa tuotetuista adenovirusvektoreista on kaksi on edennyt laajamittaisiin vaiheen II ja III klinisiin geeniterapiakokeisiin Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Laboratorio tekee tiivistä ja aktiivista yhteistyötä Euroopan unionin FP6 CliniGene -osaamisverkoston kanssa sekä toimii prekliinisissä ja kliinisissä tutkimuksissa käytettävien adenovirusvektorien referenssilaboratoriona.

Virusvektorilaboratorio tuottaa ja tarjoaa tutkijoille uusimpia validoituja adenovirus-, lentivirus-, retrovirus-, AAV- ja bakulovirusvektoreita, antaa tutkijoille myös kloonausohjeet ja neuvoo heitä kaikissa bioturvallisuuskysymyksissä. Jatkossa laboratorio tulee tuottamaan tutkijoiden tarpeisiin korkealaatuisia virusvektoreita sekä pienessä että keskisuuressa mittakaavassa. Myös kliniseen käyttöön (potilaiden hoitoon) tarvittavien GMP-vektorien laajamittainen tuotanto on mahdollista. Laboratorio tulee tuottamaan myös kantasolujen, iPS-solujen ja progenitorisolujen tarvitsemiin geeninsiirtoihin sopivia vektoreita. Kuten luvussa 5.3 (genominlaajuiset menetelmät) jo mainittiin, Biomedicum Genomics-yksikkö ja systeemibiologia-aloite koordinoivat genominlaajuiseen geenien vaimenukseen tarvittavien lentivirusvektorikirjastojen ylläpitoa ja tuotantoa.

Virusvektorilaboratorio on tuottanut vektoreita soluterapian tarkoituksiin ja kehittänyt niitä kantasolujen, progenitorisolujen ja iPS-solujen lyhytkestoiseen ja pysyvään muokkaukseen. Tämä alue vaatii selvästi vielä lisätyötä pyrittäessä kehittämään nykyistä soluspesifimpiä ja paremmin säädeltäviä vektoreita. Kudosspesifisiä ja säädeltäviä lentiviraalisia siRNA- ja shRNA-vektoreita kehitetään siirto- ja poistogeenisten hiirien tuottamiseen.

Myös siRNA-lentiviruskirjastoja täytyy perustaa. Laboratorio pyrkii myös kehittämään optimaalisen tehokkaita menetelmiä jyrksijöiden ja suureläinten *in vivo* geenisiirtoihin, solukuljetukseen ja solusiirtoihin Kuopion koe-eläinkeskuksessa, jolla on lupa käyttää *in vivo* -töissä bioturvallisuustason 2 ja 3 vektoreita. Optimoidut menetelmät tulevat myöhemmin myös muiden suomalaisten laboratorioiden käyttöön.

Merkitys ja rakenteellinen kehitys. On ilmeistä, että tälle palvelutoiminnalle on tarvetta, sillä uusimmat geenisiirtotekniikat ja validoidut vektorit saadaan näin suomalaistutkijoiden ulottuville. Kuopion yksikkö parantaa suomalaisen tutkimuksen kansainvälistä kilpailukykyä merkittävästi ja profiloi samalla A. I. Virtanen -instituutin tutkimuskeskukseksi, jonka toiminta ei ole merkittävästi päällekkäistä muiden biokeskusten tai tutkimuslaitosten toiminnan kanssa.

6 Uudet hankkeet

Tässä kuvataan kolme uutta aloitetta, joiden päämääränä on (i) tehdä Suomen biokeskusten jo valmiiksi monikansallisista tutkimusympäristöistä vieläkin kansainvälisempiä tutkijankoulutuksen osalta; (ii) tukea lahjakkaiden nuorten ryhmänjohtajien urakehitystä Biokeskus Suomen sateenvarjon alla ja tuoda uusien teknologioiden asiantuntemusta Suomeen tietyillä avainalueilla; ja (iii) helpottaa Biokeskus Suomen tutkijoiden saavuttamien tutkimustulosten kaupallista hyödyntämistä. Mainittujen uusien aloitteiden tukemiseen esitetään 2,0 miljoonan euron vuotuista budjettia.

6.1 Kansainvälisten jatko-opiskelijoiden rekrytointiohjelma

Jatko-opiskelijoilla (tohtoriopiskelijoilla) on aina ollut tärkeä rooli Suomen biotieteiden kaikilla osa-alueilla. Tämä näkyy esimerkiksi siinä, että arviolta 75 % kaikista Suomessa tehdyistä alan julkaisuista on ollut osana jonkun tohtoriopiskelijan väitöskirjaa. Viime aikoina suomalaiset yliopistot ovat asettaneet itselleen kunnianhimoisia tavoitteita ulkomaa-laisten opiskelijoiden määrän lisäämiseksi. Menestys tällä saralla on ollut vielä melko vaatimatonta. Biokeskus Suomen tutkimusryhmien jatko-opiskelijat ovat moniin muihin suomalaisiin tieteenaloihin verrattuna jo hyvin kansainvälistä joukkoa, mutta biokeskusten kansainvälisen näkyvyyden parantaminen ja lupaavien jatko-opiskelijoiden saaminen Suomeen vaatii kuitenkin systemaattisempaa lähestymistapaa. Biokeskus Suomi pyrkii tähän tavoitteeseen perustamalla uuden kansainvälisen rekrytointiohjelman jatko-opiskelijoille.

Rekrytointiohjelma on pähkinänkuoressa seuraava. Biokeskus Suomi rekrytoi joka vuosi 20 lupaavaa jatko-opiskelijaa kansainvälisen kampanjan ja haastatteluprosessin kautta, ja tarjoaa valituksi tulleille rahoituksen ensimmäiseksi vuodeksi. Ensimmäisen vuoden aikana opiskelijat kiertävät Biokeskus Suomen tutkimusryhmissä (eri biokeskuksissa) asianmukaisia kurssitöitä tehden. Tämän jälkeen kukin opiskelija valitsee tutkimusryhmän, jossa aloittaa väitöskirjaprojektinsa. Biokeskus Suomen nimittämä tutorryhmä avustaa opiskelijoita tähän vaiheeseen asti. Kun jatko-opiskelija on päättänyt, missä tutkimusryhmässä ja -keskuksessa hän aloittaa väitöskirjatyoensä, hän siirtyy kyseisessä biokeskusyliopistossa toimivaan tutkijakouluun, joka ottaa vastuun hänen opintojensa jatkorahoituksesta ja tutkijankoulutuksesta.

Biokeskus Suomen rekrytointiohjelma ei missään tapauksessa ole tutkijakoulujen kilpailija biotieteiden kampuksilla, vaan se ohjaa tutkijakouluihin valintaprosessin läpikäyneitä kansainvälisiä jatko-opiskelijoita ja edistää näin niiden pyrkimyksiä rekrytoida kansainvälisiä tutkijoita.

6.2 Yksilöllinen tuki bioalan tutkijoiden urakehitykselle

Biokeskus Suomesta ja sen jäsenbiokeskuksista pitää kehittää houkuttelevia ja kansainvälisesti kiinnostavia tutkimuskeskuksia. Tässä tärkeimpiä tekijöitä ovat: (i) tutkimusympäristö eli fyysiset tilat (rakennukset), teknologiapalvelut ja muut tutkimuspalvelut, sekä (ii) henkilöstöresurssit eli biokeskuksissa työskentelevät tutkijat. Kaikilla biokeskuksilla on tällä hetkellä melko modernit tutkimuslaboratoriot ja Biokeskus Suomen suunnitelmat teknologiapalvelujen uudistamiseksi ja kehittämiseksi on kuvattu luvussa 5.

Jos Suomen biokeskusten halutaan menestyvän, on äärimmäisen tärkeää kiinnittää nykyistä enemmän huomiota henkilöstöresursseihin. Lahjakkaiden nuorten opiskelijoiden on voitava nähdä biotieteen tutkijanura houkuttelevana vaihtoehtona ja paikallisten tutkimusyhteisöjen on pystyttävä pitämään kiinni huippuluokan nuorista ryhmänjohtajista ja rekrytoimaan uusia nykyistä joustavammin keinoin. Uusi yliopistolaki antaa biokeskusten isäntäyliopistoille enemmän hallinnollista vapautta ja mahdollisuuden priorisoida selkeästi oman tutkimus- ja opetustoimintansa vahvuusalueiden rakenteellista kehittämistä. Yliopistot pyrkivät todennäköisesti parantamaan organisaatioiden sisäisiä urakehityspolkuja ja soveltamaan amerikkalaisyliopistojen tenure track -uramallin käyttöönottoa myös Suomessa, mutta Biokeskus Suomen pitää muitakin toimenpiteitä tarpeellisina.

Suomessa tutkijan urakehityksen suurin haaste on epäilemättä siirtyminen ensimmäisestä vastuullisen tutkijan (ryhmänjohtajan) virasta (esim. viisivuotinen akatemiattutkija) virkaan, joka vaatii organisaatiolta taloudellisia sitoumuksia ja sallii menestyvien ryhmänjohtajien jatkaa työtään. Yksi mahdollinen (joskin osittainen) ratkaisu ongelmaan on se, että akatemiattutkijan virkoja täytetään vain sillä ehdolla, että biokeskuksen isäntäyliopisto takaa muodollisesti viranhaltijan urakehitysmahdollisuudet, mikäli hänen tutkimustyönsä on jatkunut menestyksellisesti. Biokeskus Suomi esittää biotieteen tutkijoiden urakehitystä yksilöllisesti tukevaa ohjelmaansa ratkaisuksi joihinkin ongelmiin, joita tulevaisuudessa saatetaan kohdata.

Ohjelma toimii lyhyesti seuraavasti. Biokeskus Suomen johtoryhmä tunnistaa (yksittäisten biokeskusten säännöllisen ulkoisen arvioinnin tai muiden menettelyjen kautta) ne lahjakkaat ja menestyvät nuoret ryhmänjohtajat, joiden ensimmäinen 5-vuotiskausi on päättyneessä. Tämän jälkeen Biokeskus Suomi selvittää heidän tutkimusrahoitusta ja tulevaa tutkimuspaikkaa koskevat toiveensa. Johtoryhmä neuvottelee sitten kyseisen organisaation kanssa päätutkijan palkan yhteisestä rahoittamisesta ja tarjoutuu maksamaan esim. 20–50 % hänen seuraavan virkakautensa palkasta. Biokeskus Suomi uskoo voivansa tukea tällä tavalla 5–10 lahjakkaan biotieteen tutkijan urakehitystä. Kandidaattien arviointiin on luonnollisesti panostettava sen varmistamiseksi, ettei valinnassa tapahdu minkäänlaista sukupuoleen tai tutkimuspaikkaan perustuvaa syrjintää.

Edellä mainitusta menettelystä on todennäköisesti hyötyä myös ulkomaisten asiantuntijoiden tai ulkomailla asuvien suomalaistutkijoiden rekrytoinnissa ja uuden teknologian asiantuntemuksen tuomisessa Suomeen tietyillä avainalueilla (esim. proteomiikan alalla). Tällaisissa tapauksissa Biokeskus Suomen olisi ehkä maksettava rekrytoitavan ryhmänjohta-

jan palkka kokonaan ja tarjottava hänelle sopiva rahoituksen aloituspaketti ensimmäisten viiden vuoden ajaksi.

6.3 Proof-of-concept -rahoitus tutkimuslöydösten kaupalliseen hyödyntämiseen

Tutkimustulosten hyödyntäminen tarkoittaa periaatteessa kaikkea tutkimuksesta syntyvää hyötyä. Kyseessä voi olla taloudellinen hyöty, yhteiskunnallisen päätöksenteon tukeminen, potilaiden hoidon paraneminen, tietyn alan yleistiedon lisääntyminen, tms. Tutkimuslöydösten kaupallinen hyödyntäminen on siis vain yksi tutkimustulosten hyödyntämisen ulottuvuus.

Biokeskus Suomi ymmärtää, että sen ja biokeskusyliopistojen on noudatettava samoja tutkimustulosten kaupallisen hyödyntämisen periaatteita. Biokeskus Suomen ei myöskään pidä ryhtyä tukemaan tutkimustulosten kaupallistamista siltä osin, kuin se on jo muiden organisaatioiden (kuten TEKES:in) vastuulla. Suomen yliopistojen hallinnollinen ja taloudellinen autonomia lisääntyy uuden yliopistolain myötä. Tämän lain voimaantulo todennäköisesti lisää yliopistojen aktiivisuutta tutkimustulosten ja muiden innovaatioiden kaupallisessa hyödyntämisessä, joten uusille strategisille kumppanuuksille on tarvetta.

Biokeskus Suomi uskoo, että proof-of-concept -todentamiseen tarvittavien varojen puute on yksi pahimmista pullonkauloista akateemisten innovaatioiden hyödyntämisessä. Kyseinen todentaminen tarkoittaa innovaation testaamista sopivien strategisten kumppaneiden (tutkimuslähtöisten pk-yritysten) avustuksella ennen, kuin tutkimustulosten kaupalliseen hyödyntämiseen investoidaan enempää varoja. Tarkoituksena on varmistaa, että innovaation hyödyntäminen ja muuntaminen kaupalliseksi tuotteeksi on sekä mahdollista että kannattavaa.

Tieteellisten keksintöjen kaupallisessa hyödyntämisessä on tärkeitä, että immateriaalioikeuksiin liittyvät kysymykset selvitetään riittävän perusteellisesti. Tällaiset selvitykset vievät aina sekä aikaa että rahaa, mutta oikein tehtyinä niillä saadaan aikaan pitkän aikavälin säästöjä. Selvitysten lopputuloksena tulisi olla joko patentoitava keksintö tai selkeä toimintavapauden este. Kun asia on selvitetty, voi prosessi jatkua. Ennen pitkälliseen patentinhakuprosessiin lähtemistä pitäisi myös kartoittaa, ainakin jossain määrin, kyseisten keksintöjen markkinatilannetta. Tämä voidaan tehdä läheisessä yhteistyössä strategisten kumppanien, Biokeskus Suomen tai biokeskusyliopistojen teknologian siirrosta vastaavien elinten kanssa.

7 Johtopäätökset ja suositukset

Tämän muistion suositusten päämääränä on kehittää rakenteellisesti Suomen biokeskusten toimintoja ja edistää siten kansallisesti biotieteitä, biolääketiedettä ja niitä tukevia teknologiapalveluja sekä alan toimijoiden välistä yhteistyötä. Esitetty ohjelma pyrkii yhdistämään paikallisen osaamisen kansalliseksi tieto- ja taitovarannoksi, jonka pohjalta suomalaista bioalaa voidaan kehittää suunnitelmallisella tavalla.

Biokeskus Suomi on tällä hetkellä kuuden biokeskuksen välinen yhteistyöverkosto. Keskuksat kuuluvat kuuteen yliopistoon, jotka ovat Helsingin, Kuopion, Oulun, Tampereen ja Turun yliopistot sekä Åbo Akademi. Biokeskus Suomen on jatkossa valmis hyväksymään uusia jäseniä (esim. muiden ministeriöiden alaisia sektoritutkimuslaitoksia) sillä edelly-

tyksellä, että niiden tutkimustyö on riittävän korkealaatuista. Keskuksen hallinnon on oltava riittävän itsenäinen, ja sen johtoryhmän vastattava varojen jakamisesta. Keskuksella tulee olla päätoiminen johtaja, joka toteuttaa ohjelman päämääriä ja vastaa käytännön hallintotehtävistä. Jäsenyliopistojen rehtorien neuvosto vastaa periaatekysymysten ratkaisemisesta sekä johtoryhmän ja johtajan nimittämisestä. Biokeskus Suomen hallinnon kehittämiseen esitetään 0,5 miljoonan euron vuotuista budjettia. Keskuksella on myös kansallinen neuvottelukunta, jonka tehtävänä on parantaa eri sidosryhmien välistä yhteistyötä. Sidoryhmiä ovat mm. sektoritutkimuslaitokset, yliopistosairaalat ja teollisuuden edustajat.

Suomen molekyyli lääketieteen instituutista (FIMM) tulee kehittää ihmisen genetiikkaan, lääketieteelliseen systeemibiologiaan ja translationaaliseen tutkimukseen keskittyvä kansainvälinen tutkimuskeskus. FIMM osallistuu yhteistyössä Biokeskus Suomen kanssa koko Suomen bioalan tutkijoiden käyttöön tarkoitettujen teknologiapalvelujen kehittämiseen ja uudistukseen.

Biokeskus Suomen toiminta tähtää siihen, että maamme tutkimuksen toimintaympäristöt ja keskitetyt teknologiapalvelut saatetaan kansainvälistä ja naapurimaiden tasoa vastaavalle tasolle. Tähän tarkoitukseen esitetään kohdennettavaksi 18 miljoonaa euroa vuodessa. Valtakunnallisilla ja keskitetyillä biotieteiden teknologiapalveluilla (keskus- tai ydinpalveluilla) vähennetään eri biokeskusten päällekkäisiä investointeja. Teknologiapalvelujen aloittamiseksi ja ylläpitämiseksi kohdennetaan varoja kansainvälisen arvioinnin perusteella, jossa keskitytään laatuun, tieteelliseen erinomaisuuteen ja kyseisestä palvelusta hyötyvien tutkijoiden määrään. Palvelut ovat yleisesti käytettäviä, ja mm. yliopistot, yliopistosairaalat, tutkimuslaitokset ja teollisuus voivat hyödyntää niitä sovittuja käyttömaksuja vastaan.

Keskitettyjen teknologiapalvelujen kehittämistä esitetään ensisijaisesti yhdeksälle alueelle, jotka ovat bioinformatiikka, biologinen kuvantaminen, genomilaajuiset menetelmät, malliorganismit, proteomiikka ja metabolomiikka, rakennebiologia ja biofysiikka, kantasolut ja biomateriaalit, translationaalisen tutkimuksen tekniikat sekä virusvälitteinen geeninsiirto ja soluterapia.

Biokeskus Suomen toimintaan esitetään liitettäväksi kolme uutta hanketta, joiden päämääränä on (i) tehdä Suomen biokeskusten toimintaympäristöistä entistäkin kansainvälisempiä tutkijankoulutuksen osalta, (ii) tukea lahjakkaiden nuorten ryhmänjohtajien urakehitystä Biokeskus Suomen puitteissa ja tuoda maahan avainalojen uusien tekniikoiden asiantuntemusta sekä (iii) edistää Biokeskus Suomen tutkimustulosten kaupallista hyödyntämistä. Näille uusille hankkeille ehdotetaan 2 miljoonan euron vuotuista budjettia.

Biokeskus Suomen uskotaan olevan hyödyllinen malli maamme muiden tieteenalojen rakenteelliselle kehittämiselle. Euroopassa tätä esimerkkiä voidaan käyttää laajemminkin optimoitaessa biotieteiden alan resursseja. Biokeskus Suomen kehittämät teknologiapalvelut parantavat Suomen biotieteen tutkijayhteisön mahdollisuuksia hyötyä tulevista Euroopan laajuisista tutkimusinfrastruktuurihankkeista. Ohjelman toteutus edistää myös kansainvälisten huippututkijoiden rekrytointia Suomeen globaaleilta työmarkkinoilta.

7 Conclusions and Recommendations

The purpose of the recommendations in this document is to develop and restructure the functions of the biocenters in Finland, in order to advance biosciences, biomedicine and the relevant technology platforms at the national level as well as to promote collaboration among the partners in this field. It aims at combining the local expertise into a nation-wide knowledge base, in order to insure that restructuring and development of the Finnish bio-science will be conducted in a coordinated fashion.

Biocenter Finland is currently a collaboration network of six biocenters, which are located at six universities (University of Helsinki, University of Kuopio, University of Oulu, University of Tampere, University of Turku, and Åbo Akademi University). Biocenter Finland should continue to be open to new members (*e.g.*, the research institutes of other ministries), but only on the basis of evaluation of their research quality. The administration of Biocenter Finland should be sufficiently independent, in that its Board should be responsible for allocation of funds. Biocenter Finland should have a full-time Director responsible for the day-to-day administration activities. The Rectors' Council consisting of the member universities should decide matters of principle and appoint the Board and the Director. For the development of Biocenter Finland administration, an annual budget of 0.5 million € is proposed. In addition, Biocenter Finland should have a national Advisory Committee, whose task is to facilitate collaboration of all interested parties, including the sectorial research institutes, university hospitals, and relevant industries.

The Institute for Molecular Medicine Finland (FIMM) should be further developed as an international research center with the focus on human genetics, medical systems biology and translational research. FIMM will participate together with Biocenter Finland in developing and restructuring the technology platforms purported to serve the entire bioscience community in Finland.

The operation of Biocenter Finland should be developed with the main focus of being able to bring the research environments and technology services in Finland to a level compatible with international developments and those in the neighboring countries. For this purpose, annual funding of 18.0 million € needs to be allocated. Nation-wide and centralized technology platform services will reduce overlapping and redundant investments in different biocenters. Allocation of funds to the platform services will be based on international evaluation, which focuses on the quality, scientific competence, and the number scientists that the platform will serve. These services will have an open-access policy and can be utilized, based on approved user fees, by universities, research institutes and the industry.

Development of technology platform services is recommended in nine topic areas. These are the following: bioinformatics; biological imaging; genome-wide methods; model organisms, proteomics and metabolomics; structural biology and biophysics; stem cells and biomaterials; translational research technologies; and viral gene transfer and cell therapy.

Three new initiatives are described in this document, and they are anticipated to (i) render the already multinational biocenter research environments in Finland even more international in research training; (ii) support career development of the most-promising young Principal Investigators under the Biocenter Finland umbrella and bring expertise in novel technologies to Finland in some key technological areas.; and (iii) facilitate commercial

exploitation of research results among the Biocenter Finland investigators. An annual budget of 2 million € is proposed for these new initiatives.

Biocenter Finland should serve as a useful model to restructure and develop other fields of science in a nation-wide fashion in Finland. It is also anticipated to serve as a European-wide example as to how to optimize the use of available resources within life science. The technology platforms to be developed by Biocenter Finland will improve the ability of the Finnish bioscience community to participate in and benefit from the upcoming pan-European research infrastructure initiatives. And finally, development of state-of-the-art technology platforms and research environments through the Biocenter Finland program should help Finland recruit top international talent in the globalized labor market.

Liite 1

Ohjelman budjettihakemus

(Kaikki luvut vuotta kohden)

Kokonaisbudjetti 20,5 miljoonaa euroa

Biokeskus Suomen hallinto 0,5 miljoonaa euroa

- johtajan, koordinaattorin ja tukihenkilöstön palkat
- arvioinnit, julkaisut, tiedotus, matkakulut ja kokouskustannukset

Keskitetty teknologiapalvelut 18,0 miljoonaa euroa

- välineistö: uudet laitehankinnat **6,0 miljoonaa euroa** (josta 1,0 miljoonaa euroa varataan erityisesti uusiin teknologioihin)
- teknologiapalveluyksiköt mm. henkilöstön palkat, laitteiden ylläpito, henkilöstön ja opiskelijoiden koulutuskustannukset: **12,0 miljoonaa euroa**
- teknologiapalveluyksikön ylläpitokustannukset ovat arviolta 0,2–0,5 miljoonaa euroa vuotta kohden
- teknologiapalveluyksiköiden ja välineistön tuleva rahoitus perustuu eri tutkimusalueiden tarpeiden kansainväliseen arviointiin
 - bioinformatiikka
 - biologinen kuvantaminen
 - genomilaajuiset menetelmät
 - malliorganismit
 - proteomiikka ja metabolomiikka
 - kantasolut ja biomateriaalit
 - rakennebiologia ja biofysiikka
 - translationaalisen tutkimuksen teknologiat
 - virusvälitteinen geeninsiirto ja soluterapia

Uudet hankkeet 2,0 miljoonaa euroa

- kansainvälisten jatko-opiskelijoiden rekrytointiohjelma
- yksilöllinen tuki bioalan tutkijoiden urakehitykselle
- proof-of-concept -rahoitus tutkimuslöydösten kaupalliseen hyödyntämiseen