

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Laboratoriotekniikan suuntautumisvaihtoehto

2013

ANSSI LAURIKAINEN

ESISELVITYS RAKENNUSTEKNISEN LABORATORION KANNATTAVUUDEN ARVIOINTIA VARTEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Laboratoriotekniikka

Joulukuu 2013 | 68 sivua + 3 liitettä

Valvojat: Timo Palonkoski, Raimo Pärssinen

Anssi Laurikainen

ESISELVITYS RAKENNUSTEKNISEN LABORATORION KANNATTAVUUDEN ARVIOINTIA VARTEN

Toimeksiantajayritys on erikoistunut korjausrakentamisen asiantuntijapalveluihin. Yritys on vuosittain mukana uudisrakennushankkeissa arkkitehti- tai rakennesuunnittelijana. Yrityksen tarkoituksena olisi laajentaa toimintaa laboratoriopalveluihin, jolloin he pystyvät palvelemaan asiakasta kokonaisvaltaisesti ja tätä kautta parantamaan erityisesti korjausrakan aikataulutusta, mikä on ajoittain ongelma. Tällä hetkellä yritys on ulkoistanut kaikki käyttämänsä laboratoriopalvelut.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millainen laboratoriokokonaisuus palvelisi toimeksiantajayritystä parhaiten. Laboratoriokokonaisuudesta puhuttaessa tarkoitetaan arviointeja tilan laajuudesta ja kuinka tila tulisi jakaa, tietojärjestelmästä, henkilöstöstä, välineistöstä, laitteistosta, reagensseista, analyyseistä ja niiden analyysiajoista. Tämän lisäksi tulisi selvittää laatuun liittyvät vaatimukset laboratorion toiminnalle ja mahdolliselle sertifiointille.

Työhön valittiin analyysit vuotuisien analyysimäärien pohjalta. Analyyseiksi valittiin betonin määrityksistä ohuthie, kovettuneen betonin kloridipitoisuus ja karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen. Asbestista valittiin määrityksiksi ilma- ja rakennusmateriaalinäytteet. Viimeisenä valittiin mikrobiologiset tutkimukset, joita tehdään pinta-, materiaali- ja ilmanäytteistä.

Laboratorion laitteisto määräytyi analyysien perusteella. Koko laboratorion laitteiden ja välineiden kustannukset ovat noin 350 000 €. Työssä annetaan esimerkki mahdollisesta laitekannasta, jolla pystytään luotettavasti analyysit suorittamaan.

Laboratorion toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi hahmottui betoni-, vaaka-, välinehuolto-, mikroskopointi-, ja mikrobiologiahuoneet. Tilan tarpeeksi arvioitiin vähintään 120 m². Laboratorion henkilökunnan määrä on vähintään neljä ihmistä. Tietojärjestelmäksi ehdotettiin LimsBoss-ohjelmistoa, joka täyttää ISO 17025 standardin vaatimukset.

Työssä tarkasteltiin myös laboratorion toimintaan liittyviä lakeja, joita ovat kemikaalilaki, jätelaki, ympäristönsuojelulaki ja terveydensuojelulaki. Säädöksistä merkittävimpiä ovat Valtioneuvoston asetus elintarvikelain ja terveydensuojelulain nojalla tutkimuksia tekevästä laboratorioista 1174/2006 ja Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset.

Toimeksiantajayritys sai uutta tietoa laboratoriotoiminnasta ja siihen liittyvistä kustannuksista, joita he pystyvät mahdollisesti hyödyntämään tulevaisuuden suunnitelmissaan.

ASIASANAT:

Ohuthie, Asbesti, Mikrobiologiset tutkimukset

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Laboratory Technology

December 2013 | 68 pages + 3 appendices

Instructors: Timo Palonkoski, Raimo Pärssinen

Anssi Laurikainen

PRELIMINARY REPORT FOR PROFITABILITY EVALUATION OF CIVIL ENGINEERING LABORATORY

The client company is specialized in renovation project expertise. The company annually takes part in new construction projects as an architectural or structural designer. The company aims to expand their operations to include laboratory services in order to be able to serve the client more comprehensively and thereby improve especially renovation contract scheduling which is occasionally a problem. The company has outsourced all laboratory services at the moment.

The main objective of this study was to determine what kind of laboratory complex would be the best option for the client company. Here the term laboratory complex refers to evaluations of its size and how the space should be divided, the information system, human resources, equipment, machines, reagents and analyses and their duration. Above all, the quality requirements for laboratory operation and potential certification were to be investigated.

In this thesis the analyses were chosen based on the annual number of analyses. For concrete, the determinations selected were thin layer, chloride content of hardened concrete and measurement of hardened concrete carbonation depth. For asbestos, the determinations were air and building material samples. Last, microbiological studies of surface, material and air samples were selected.

Laboratory equipment needs were determined based on the analyses. The cost of all the laboratory machinery and equipment is approximately 350 000 €. Examples are provided of potential devices which could perform the analyses reliably.

The laboratory operational whole was formed by concrete, balance, maintenance of equipment, microscopy and microbiology rooms. The space requirement was estimated to be at least 120 m². The laboratory would require a personnel of at least four people. As the Information Management System, LimsBoss software was recommended, which meets the ISO 17025 standards.

Laws related to laboratory operations were also examined in this thesis. Such laws are the Chemical Act, the Waste Act, the Environmental Act and the Health Protection Act. The most significant regulations are firstly The Council of State Degree 1174/2006 concerning laboratories conducting studies based on the Foodstuffs Act and the Health Protection Act, and secondly, environmental protection regulations by the City of Espoo.

The client company got new information about laboratory operations and the related costs and expenses which they can possibly make use of in their future strategy.

KEYWORDS:

Thin layer, Asbestos, Microbiology studies

TURUN AMK:N OPINNÄYTETYÖ | ANSSI LAURIKAINEN

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 SUUNNITTELUN POHJUSTUS	9
3 ANALYYSIT	11
3.1 Betoni ja betonista tehtävät määritykset	11
3.1.1 Betonin ohuushie	12
3.1.2 Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen	14
3.1.3 Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen	15
3.2 Asbesti ja asbestista tehtävät määritykset	16
3.2.1 Asbestin määrittäminen ilmanäytteestä	17
3.2.2 Asbestin määrittäminen suoraan rakennusmateriaaleista	18
3.3 Mikrobit rakennuksissa	19
3.3.1 Mikrobiologiset tutkimukset pintanäytteistä	20
3.3.2 Mikrobiologiset tutkimukset rakennusmateriaalinäytteistä	21
3.3.3 Mikrobiologiset tutkimukset ilmanäytteistä	23
4 LAITTEISTOT	25
4.1 Suunniteltavan laboratorion yleiset laitteistot	25
4.2 Suunniteltavan laboratorion analyysilaitteistot	37
4.2.1 Laitteisto betonista tehtäviin määrityksiin	37
4.2.2 Laitteisto asbestista tehtävään määritykseen	42
4.2.3 Laitteisto mikrobiologisiin määrityksiin	42
5 VÄLINEET JA REAGENSIT	44
5.1 Suunniteltavan laboratorion yleiset välineet	44
5.2 Määrityksiin käytettävät reagenssit ja välineet	44
5.2.1 Reagenssit ja välineet betonista tehtäviin määrityksiin	45
5.2.2 Reagenssit ja välineet asbestista tehtäviin määrityksiin	46
5.2.3 Reagenssit ja välineet mikrobiologisiin määrityksiin	47
6 LABORATORIO	49
6.1 Tilat	49
6.2 Henkilökunta	51
6.3 Tietojärjestelmä	52
6.4 Lait ja säädökset	53
7 LAATU	55

7.1 Johtamiseen liittyvät vaatimukset	55
7.2 Tekniset vaatimukset	58
7.3 Analyysien laadunvarmistus ja jäljitettävyys kustannukset	61
8 YHTEENVETO	63
LÄHTEET	65

LIITTEET

- Liite 1. Suunnitellun laboratorion laitteisto
 Liite 2. Kulutustavaroiden ja reagenssien kustannukset
 Liite 3. Esimerkki laboratorion laatukäsikirjan sisällysluettelosta

KUVAT

Kuva 1. Suunnitellun laboratorion selvitystyön osa-alueet.	10
Kuva 2. Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen työntömitalla (12).	15
Kuva 3. Rakennusten mahdollisia kosteuslähteitä sisä- ja ulkokautta (15).	20
Kuva 4. Sartorius Mechatronics CPA-10001 mallin tarkkuusvaaka (16).	27
Kuva 5. Sartorius Mechatronics TE214S mallin analyysivaaka (17).	27
Kuva 6. Purelab option-r 15 mallin vedenpuhdistuslaitteisto (18).	28
Kuva 7. Lancer merkinen pesuautomaatti kuivauksella Labexia 815 LX (19).	29
Kuva 8. Mettler-Toledo merkinen pöytämallin pH-/mV-/°C-mittari FiveEasy™ FE20 (20).	30
Kuva 9. Mettler-Toledo merkinen pöytämallin pH-/mV-/°C-mittari SevenGo™ SG2 kenttäpakkauksella (21).	30
Kuva 10. Kojair merkinen vkv 1200 mallin vetokaappi kallistetulla etuseinällä riisuttuna ilman allasta (22).	31
Kuva 11. Kojair merkinen laminaarikaappi biowizard standard 130 malli (23).	32
Kuva 12. Fluke merkinen 2-kanavainen 52-2 mallin Lämpömittari (24).	33
Kuva 13. Testo 510 mallin paine-ero mittari (25).	33
Kuva 14. Porkka merkinen Lab 300 mallin jääkaappi (26).	34
Kuva 15. Porkka merkinen RF 720 mallin pakastin (26).	34
Kuva 16. Termaks merkinen KB8400L mallin inkubointikaappi (27).	35
Kuva 17. Systec merkinen D-65 mallin autoklaavi (28).	36
Kuva 18. Termaks merkinen TS8265 mallin lämpökaappi (27).	36
Kuva 19. Struersin valmistamat a) hionta- ja kiillostuslaite LaboPol-35/LaboForce-Mi , b) tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite Discoplan-TS ja c) CitoVac vakuumimuovituslaite (29,30).	38
Kuva 20. Tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite Accutom-50 (32).	38
Kuva 21. Pelcon ohuthielaitteisto (27).	39
Kuva 22. Motic merkinen ZOOM K-700P mallin stereomikroskooppi (36).	40
Kuva 23. Motic merkinen BA 310 digital mallin polarisaatiomikroskooppi (37).	41
Kuva 24. Tescan merkinen VEGA3 SB – EasyProbe mallin pyyhkäisyelektronimikroskooppi (38).	41
Kuva 25. SKC Leland Legacy merkinen ilmanäytepumppu (39).	42

Kuva 26. Thermo Scientific merkkinen 6-vaiheimpaktori (40).	43
Kuva 27. Motic merkkinen BA 210 mallin trinokulaarinen mikroskooppi (41).	43

TAULUKOT

Taulukko 1. Betonin ohuthiemäärityksen työvaiheet ja niiden kesto.	13
Taulukko 2. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittämisen työvaiheet ja niiden kestot.	14
Taulukko 3. Kovettuneen betonin karbonatisoitussyvyyden määrittämisen työvaiheet ja niiden tekemiseen kuluva aika.	16
Taulukko 4. Asbestin määrittäminen ilmanäytteestä.	17
Taulukko 5. Asbestin määrittäminen suoraan rakennusmateriaalinäytteestä.	18
Taulukko 6. Mikrobiologiset tutkimukset pintanäytteistä.	21
Taulukko 7. Mikrobiologiset tutkimukset rakennusmateriaalinäytteistä.	22
Taulukko 8. Mikrobiologiset tutkimukset ilmanäytteistä.	24
Taulukko 9. Ohuthielaitteisto vaihtoehdot	40
Taulukko 10. Terveiden ja hyvintointilaitoksen valmiiden elatusalustojen hinnat (42).	47
Taulukko 11. Elatusalustojen valmistuskustannukset itsetehtyinä.	48
Taulukko 12. Yhteenveto kustannuksista ja tilantarpeesta.	64

1 JOHDANTO

Toimeksiantajayritys on erikoistunut korjausrakentamisen asiantuntijapalveluihin ja on mukana uudisrakennushankkeissa arkkitehti- tai rakennesuunnittelijana. Yrityksen tavoitteena on selvittää asiakkaan kiinteistössä oleva ongelma nopeasti ja suorittaa kuntotutkimukset. Syitä selvitykseen voivat olla esimerkiksi kosteusvauriot, halkeamat rakenteissa tai huoneistossa havaittu poikkeava kylmyys. Tilanteesta annetaan kustannustehokkaita ratkaisuehdotuksia asiakkaan tarpeet ja lähtökohdat huomioiden. Yrityksen asiakkaina toimivat kunnat, seurakunnat, yhteisöt, kiinteistöjen omistajaorganisaatiot ja taloyhtiöt.

Kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää rakenteissa olevat piilevät vauriot ja muut korjaussuunnitteluun vaikuttavat tekijät, joita ei silmämääräisellä tarkastuksella voida muuten saada selville. Kuntotutkimuksien yhteydessä yritys on ulkoistanut laboratoriopalvelut monelle eri yritykselle.

Yrityksen tavoitteena on liiketoiminnan kasvattaminen ja olemassa olevien palveluja tukevien palvelujen kehittäminen. Tarkoituksena on pystyä palvelemaan asiakasta kokonaisvaltaisesti ja tätä kautta parantamaan erityisesti korjausrakan aikataulutusta, mikä on ajoittain ongelma. Ulkoistettujen laboratoriopalvelujen analyysien raportoinnit välillä venyvät jopa kahteen kuukauteen, jolloin työmaalla ei pystytä etenemään toivotussa aikataulussa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on lähteä suunnittelemaan toimeksiantajayrityksen tarpeita vastaava laboratoriokokonaisuus ja selvittää laboratoriotoimintaan liittyviä kustannuksia. Laboratoriokokonaisuudesta puhuttaessa tarkoitetaan arviointeja tilan laajuudesta ja kuinka tila tulisi jakaa, tietojärjestelmästä, henkilöstöstä, välineistöstä, laitteistosta, regensseista, analyyseistä ja niiden analyysiajoista. Tämän lisäksi tulisi selvittää laatuun liittyvät vaatimukset laboratorion toiminnalle ja mahdolliselle sertifiointille.

Laboratoriolle on valmiina tyhjää toimistotilaa. Opinnäytetyössä ei kuitenkaan lähdetä selvittämään laboratorion rakenteellisia ratkaisuja vaan arvioidaan

tilojen neliömääräistä tarvetta ja yleistä jaottelua. Laboratorion laitteiden tarvetta selvitetään vuotuisien analyysimäärien pohjalta. Selkeästi eniten teetetettävien analyysien laitteistot ovat etusijalla. Laitteiden hinnat tarkistetaan maahantuojilta/laittevalmistajilta ja mahdollisuuksien mukaan vertaillaan laitteiden ominaisuuksia keskenään. Keskeisimmät välineet ja reagenssit huomioidaan opinnäytetyössä ja tehdään suuntaa antavia laskentoja laboratorion toiminnan kannalta. Analyyseistä tehdään standardien mukaan taulukot, joissa on esitetty työn eri vaiheet. Taulukoihin on merkitty arviona myös työn tekemiseen käytetty aika.

Laboratorion laadunhallinta on oma iso kokonaisuutensa. Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää tärkeimmät laadunhallinnan tehtävät ja selvittää, mitä vaaditaan SFS EN ISO/IEC 17025:2005 sertifioidulta laboratoriolta.

2 SUUNNITTELUN POHJUSTUS

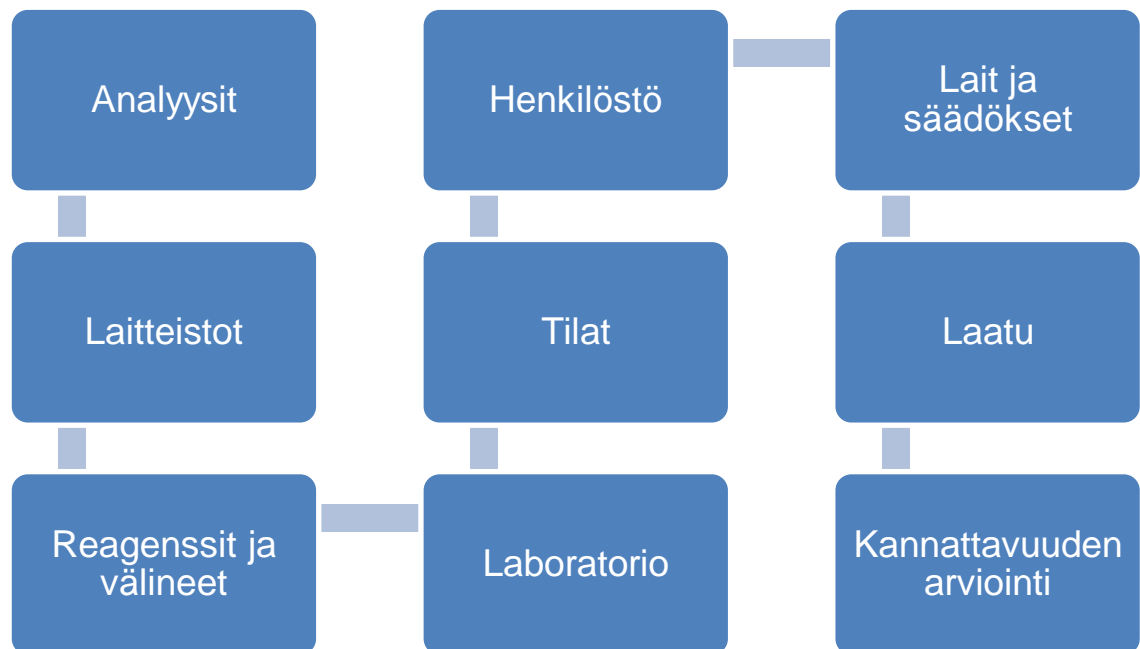
Rakennusteknisessä laboratoriossa tutkitaan uudis-, saneeraus- ja korjausrakentamiskohteisiin liittyviä analyyskejä. Laboratorioissa tarjotaan betoni-, kuitu-, mikrobi- ja materiaaliosaamista. Näitä palveluja ovat muun muassa betonirakenteiden kloridipitoisuus- ja karbonatisoitumissyvyysmääritykset sekä pintahie- ja ohuthietutkimukset, rakenteissa esiintyvien terveydelle vaarallisten aineiden kuten asbesti-, pcb-, lyijy-, pah-analyysit ja pinnoilta ja ilmasta otettavat näytteet mikrobi- ja pölypitoisuuksista. Asiakkaina toimivat alan teollisuus, yritykset kuin yksityisetkin. (1,2)

Suomessa rakennusteknisiä laboratorioanalyyskejä tarjoavia laboratorioita ovat esimerkiksi WSP (1), Ositum (2), KiraLab (3) ja Contesta (4). Tutkimuspalveluita tarjoavat myös sertifioidut koulut, kuten Savonia-ammattikorkeakoulu (5). Terveysten ja hyvinvoinnin laitos tarjoaa rakennusteknistä osaamista sisäilmatutkimuksissa (6). Kaikki edellä mainituista laboratorioista ovat akkreditoituja tai sertifioituja. Tämän takia suunnitelmassa otetaan huomioon erityisesti laatustandardin vaatimuksia.

Laboratorion suunnittelussa (kuva 1) lähdetään liikkeelle analyysien valinnasta. Laboratoriossa suoritettavien analyysien valinta tehdään pääasiassa vuotuisien analyysimäärien pohjalta. Analyysien valinnan jälkeen kartoitetaan analyysien tekoon tarvittavat laitteistot. Laitteistot jaetaan laboratorion yleisiin- ja analyysilaitteistoihin. Laitteistot valitaan ottaen huomioon analyysien standardien vähimmäisvaatimukset laitteistoille. Suunnitellun laboratorion analyysieihin tarvittavat reagenssit ja välineet luetteloidaan. Merkittävimpien reagenssien ja välineiden hintatiedot selvitetään kannattavuuden arviointia varten. Laboratorion tilojen neliömääräistä tarvetta arvioidaan ja kuinka tilat tulisivat jakaa töiden vaatimusten ja laadun kannalta. Henkilöstön osalta selvitetään sen vähimmäismäärä, jolla työt voitaisiin suorittaa sekä henkilöstöltä vaadittava koulutus, jonka vaatimukset asettavat standardit, asiakkaat ja lait. Suunnitellun laboratorion toimintaa säätelevät lait ja säädökset selvitetään ja

esitellään niitä valvovat viranomaiset. Laatua käsittelevässä osassa perehdytään SFS EN ISO/IEC 17025:2005 standardin johtamisen ja teknisen puolen vaatimuksiin ja kartoitetaan tärkeimmät laadunvarmistus toimenpiteet ja niiden kustannuksia.

Kaiken tämän suunnittelutyön tarkoituksena on antaa tietoa yritykselle laboratoriotuiminnasta ja mitä siihen kiinteästi liittyy. Näiden asioiden on tarkoitus auttaa yritystä arvioimaan oman laboratoriotuiminnan kannattavuutta ulkoistettuihin palveluihin verrattuna.



Kuva 1. Suunnitellun laboratorion selvitystyön osa-alueet.

3 ANALYYSIT

Suunniteltavan laboratorion toimintaan valittavia analyyskejä pohdittiin vuotuisien analyysimäärien pohjalta. Tärkeimmät valintaperusteet ovat, että kuinka paljon yritys teettää tiettyjä analyyskejä tällä hetkellä ja kuinka paljon yritys ennakoi niitä tulevaisuudessa olevan. Näiden lisäksi valintoihin vaikuttivat analyysieihin tarvittavat laitteistot.

Ensimmäisiksi analyysieiksi valittiin betonista tehtävät analyysit, erityisesti ohuthieanalyysi. Betonin ohuthieanalyysillä oli selkeästi suurimmat vuotuiset kustannukset. Muut betonista valitut analyysit ovat kloridipitoisuuden ja karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen.

Toiseksi valittiin kuituanalytiikka. Kuituanalytiikassa eniten tutkitaan asbestia. Tärkeintä tutkittaessa asbestia on saada tietoa näytteen mahdollisesti asbestipitoisuudesta ja ylittääkö se mahdollisesti sallitun raja-arvon, jolloin esimerkiksi purkutyö määritellään asbestityöksi.

Kolmanneksi valittiin mikrobiologiset tutkimukset pinta-, rakennusmateriaali- ja ilmanäytteistä. Mikrobit esiintyvät rakenteissa usein kosteusvaurioiden yhteydessä tai pääsevät sisäilmaan monien eri reittien kautta.

Analyysieistä esitellään pääpiirteittäin analyysien eri työvaiheet standardien pohjalta. Niistä tehdään myös havainnollistavat taulukot, joissa on esitetty työn eri vaiheet ja työn tekemiseen kulunut aika. Analyysieihin käytetyt ajat ovat arvioita ja voivat vaihdella hyvinkin paljon näytteistä riippuen.

3.1 Betoni ja betonista tehtävät määrittäykset

Betoni koostuu runkoaineesta, sementistä ja vedestä. Näiden lisäksi betonissa käytetään usein lisä- ja seosaineita, joilla voidaan vaikuttaa lopputuotteen ominaisuuksiin. (7)

Runkoaineena käytetään yleisimmin kiviainesta, joka on luonnon soraa tai murskattua kalliota. Runkoaineen suuren pitoisuuden takia (65% - 80%) kiviaineksella on suuri merkitys betonin ominaisuuksiin. (7)

Sementti on hydraulinen sideaine, joka reagoi vedessä veden kanssa muodostaen kovan lopputuotteen, niin veden alla kuin ilmassakin. Sementin pääraaka-aineena on kalkkikivi ja muut komponentit ovat piioksidi, rautaoksidi ja alumiinioksidi. Sementin kemiallinen koostumus vaikuttaa esimerkiksi tuoreen betonin työstettävyyteen ja kovettuneen betonin säilyvyyteen. (7)

Betonin valmistukseen käytettävä vesi ei yleensä saa sisältää sokeria yli 0,1% eikä klorideja yli 0,03%. Normaali vesijohtovesi sekä juomakelpoinen luonnonvesi täyttävät nämä vaatimukset. Sokeri voi estää betonin kovettumisen kokonaan (7) ja kloridi voi vaikuttaa esimerkiksi rikkomalla betoniraudituksen raudan passivoitumiskerroksen ja tämän jälkeen katalysoiden raudan ruostumista. (8)

Seosaineet ovat mineraalisia aineita. Seosaineet ovat lentotuhka, masuunikuonajauhe, granuloitu, pelletoitu tai ilmajähdytetty masuunikuona, ilmajähdytettyä ferrokromikuona ja silika. Jokaisella edellämainitulla on betoniin vaikuttavia ominaisuuksia, joita pyritään hyödyntämään tarpeen mukaan. Tärkeimpiä seosaineiden tehtäviä on notkistaa, lisätä lujuutta, tiivistää ja vähentää hydratoitumislämpöä. (7)

Lisäaineiden tehtävä on muokata betonissa haluttuja ominaisuuksia. Niiden vaikutustapa on joko fysikaalinen tai kemiallinen. Lisäaineiden osuus betonin kokonaismassasta on erittäin pieni. Tärkeimpiä lisäaineiden tehtäviä on notkistaa, huokostaa, tiivistää, kiihdyttää, hidastaa ja parantaa pakkasenkestävyyttä. (7)

3.1.1 Betonin ohuthie

Ohuthieanalyysi suoritetaan standardin ASTM C856 mukaan (9). Menetelmällä saadaan tietoa betonin kunnosta, jonka avulla voidaan tehdä arvioita betonin

nykyisestä tilasta ja ennusteita tulevasta. Uudiskohteissa analyysiä voi käyttää laadunvarmistukseen, kun taas saneerauskohteissa saadaan tietoa betonin tämän hetkisestä kunnosta. Tällöin pystytään arvoimaan välittömät toimenpiteet ja mahdollisia tulevaisuuden tarpeita. Menetelmä aloitetaan visuaalisella betonin kunnan tarkastuksella. Visuaalinen kuntotarkastus suoritetaan yleensä stereomikroskoopilla. Stereomikroskoopin avulla pystytään tutkimaan betonin kunto. Näytteen esikäsittely riippuu tutkittavasta laitteistosta ja tutkimuksen tarkoituksesta. Yleisesti raakanäyte leikataan ensin haluttuun paksuuteen. Näyte hiotaan tasaiseksi. Sitten hiotaan lasilevy laitteiston vaatimaan paksuuteen. Näyte istutetaan lasilevylle epoksiliimalla, jonka jälkeen näyte ensin katkaistaan lähelle haluttua paksuutta. Näyte hiotaan ja kiillotetaan lopulliseen tutkimuspaksuuteen. Näytteen päälle kiinnitetään suojalasi. Näyte tutkitaan tarpeen mukaan polarisaatio- tai elektronimikroskoopilla. (9)

Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niiden kesto on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Betonin ohuthiemäärityksen työvaiheet ja niiden kesto.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Esikäsittely	Leikkaaminen	5
	Hiominen	5
Lasilevy	Hiominen	5
Lasilevy + näyte	Istuttaminen	10
	Leikkaaminen	5
	Hiominen	10
Mikroskopointi	Tutkiminen	10
	Raportointi	15
Yhteensä		65

Taulukossa 1 esitetyt työajat ovat arvioita. Edellä esitetyssä menetelmässä on monta työvaihetta, joita voidaan joutua uusimaan. Betoninäytteen pinta ei olekaan tarpeeksi tasainen seuraavaa työvaihetta varten tai vaikea selkoisen näytteen tutkimiseen ja raportointiin voi kulua odotettua enemmän aikaa. Laittevalmistajasta riippuen laitteilla voi tehdä joitain työvaiheita samaan aikaan useammalle näytteelle. Automatisoiduissa laitteissa operaattori voi myös päästä

tekemään muita töitä samanaikaisesti. Laittevalmistajat yleensä antavat laitteistoille normaalin työpäivän resurssit.

3.1.2 Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen

Analyysi suoritetaan standardin SFS EN 14629 mukaan (10). Menetelmänä käytetään ensimmäistä standardissa esitettyä menetelmää. Siinä jauhettuun betoninäytteeseen lisätään ensin vesi, sitten hopeanitraattia. Titraamalla seos ammoniumtiosyanaatilla siitä pystytään laskemaan kloridipitoisuus betonin massan ja ammoniumtiosyanaatin kulutuksen perusteella. (10) Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niiden kesto on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittämisen työvaiheet ja niiden kestot.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Esikäsitteily	Kuivaaminen	(60)
	Jäähdyttäminen	(30)
	Jauhaminen	10
Kloridin uuttaminen	Punnitseminen	5
	Sekoittaminen	5
	Keittäminen	10
Kloridin määrittäminen	Suodattaminen	5
	Titraaminen	5
	Raportointi	5
Yhteensä		55

Taulukosta kaksi nähdään, että betonin kloridipitoisuuden määrittämiseen kuluva aika on noin 55 minuuttia. Suluissa esitetyt ajat tarkoittavat analyysiin kuluvaan aikaan, mutta työntekijän työaikaan se ei juurikaan kuluta. Kuivaamisessa ja jäähdyttämisessä näytettä vain siirretään uuniin ja pois, jolloin työntekijä vapautuu suorittamaan muita tehtäviä. Tämä arvio on yhden näytteen tekemisestä. Yleensä on mielekästä tehdä noin viiden näytteen rinnakkaismäärittäykset ja nollanäyte yhtenä sarjana. Monen työvaiheen samanaikainen tekeminen vähentää kokonaisaikaan merkittävästi.

3.1.3 Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen

Analyysi suoritetaan standardin SFS EN 14630 mukaan (11). Menetelmässä betoninäyte leikataan tai porataan kohteesta, jonka jälkeen se joko tutkitaan paikanpäällä tai kuljetetaan laboratorioon. Mikäli analyysi suoritetaan paikanpäällä, näytteestä kuivataan pintavesi paperilla välittömästi näytteenoton jälkeen. Betonin pinta tulisi olla halkaistu, jolloin vältetään leikkaus- tai porauspinnan irtopartikkelien antamilta vääriä tuloksilta. Puhtaalle ja kuivalle betonin pinnalle suihkutetaan fenolftaleiniliuosta. Värjäytymätön alue mitataan esimerkiksi työntömitalla, jolloin saadaan määritettyä karbonatisoitumissyvyys. Jos analyysi suoritetaan laboratoriossa, näyte halkaistaan pituussuunnassa. Pinnalta poistetaan pölyt ja irtopartikkelit ilman vettä ja suihkutetaan fenolftaleiniliuosta, juuri sen verran ettei se valu. Värjäytymätön alue mitataan esimerkiksi työntömitalla (kuva 2). (11)



Kuva 2. Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen työntömitalla (12).

Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niiden tekemiseen kuluva aika on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kovettuneen betonin karbonatisoitussyvyyden määrittämisen työvaiheet ja niiden tekemiseen kuluva aika.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Esikäsitteily	Valmistelu halkaisuun	10
	Halkaiseminen	5
Värjäys	Suihkuttaminen	1
	Mittaaminen	5
	Raportointi	5
Yhteensä		26

Taulukosta 3 nähdään, että yhden betonin karbonatisoitussyvyyden määrittämiseen käytettävä aika on noin 26 minuuttia.

3.2 Asbesti ja asbestista tehtävät määrittäykset

Asbestit ovat kuitumaisia silikaattimineraaleja kuten krysotiilia, krokidoliittia, amosiittia, antofylliittia, tremoliittia ja aktinoliittia sekä muita silikaattikuituja, joilla on samantyyppinen koostumus ja terveyttä vaarantava vaikutus ihmisen elimistöön. (13)

Asbestia käytettiin paljon muun muassa ilmanvaihtokanavissa, seinä- ja kattolevyissä, lattiamateriaaleissa, vesi- ja viemäriputkissa. Rakennusmateriaalina asbestia käytettiin sen hyvien rakennusteknisten ominaisuuksien vuoksi, joita ovat palamattomuus, hyvä lämmön eritys ja hyvät akustiset ominaisuudet. (14)

Asbestimateriaalit eivät ole haitallisia ehjinä. Niiden käsittely tai niiden ollessa vaurioituneita, ilmaan leviää hienopölyä ja muita asbestikuituja. Asbestikuidut voivat aiheuttaa keuhkosityöpää, asbestoosia ja keuhkopussin sairauksia kulkeutuessaan hengitysteitä pitkin keuhkoihin. (14)

Nykyiset suomalaiset rakennusmateriaalit eivät sisällä asbestia, sillä asbestin käyttö lopetettiin 1988 rakennusmateriaaleissa ja kiellettiin myöhemmin. (14)

3.2.1 Asbestin määrittäminen ilmanäytteestä

Analyysi suoritetaan standardin SFS 3868 mukaan (13). Sisäilman menetelmässä näytteen kokonaiskuitupitoisuus analysoidaan mikroskooppisesti. Näyte kerätään nopeudella 10 litraa minuutissa selluloosaesterisuodattimelle, jonka huokoskoko on 0,8 µm. Näytteen suositeltava koko on 1000 litraa, joka vastaa 100 minuutin keräystä. Näytteenoton jälkeen suodatin preparoidaan valmiiksi valomikroskopointia varten, joka suoritetaan käyttämällä 500-kertaista suurennusta. Menetelmän avulla saadaan selville kaikkien kuitujen pitoisuudet, jotka täyttävät standardissa esitetyn kokoluokka vaatimuksen. Kokoluokka vaatimuksessa kuitujen pituus on vähintään 5 µm ja paksuus enintään 3 µm sekä pituuden suhde paksuuteen vähintään 3. (14)

Ilman kuitupitoisuuden ollessa yli 0,01 kuitua/cm³, suoritetaan vastaava analyysi tarkemmilla laitteistoilla. Tässä vaiheessa keräykseen käytetään polykarbonaattisuodatinta, jonka huokoskoko 0,2 µm. Näytteen koko tulee olla 500-1000 litran luokkaa. Näyte analysoidaan elektronimikroskopilla (SEM) käyttäen 3000-kertaista suurennusta. Kuidut voidaan tunnistaa käyttämällä elektronimikroskooppiin liitettävää energiadiispersiivistä spektrometriä (EDS). (14)

Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niihin kuluva aika on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Asbestin määrittäminen ilmanäytteestä.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Imusuodatus	Kerääminen	100
Suodattimen preparointi	Leikkaaminen	5
Mikroskopointi	Tutkiminen	10
	Raportointi	10
Yhteensä		125

Taulukosta 4 nähdään, että yhden näytteen analysoimiseen käytettävä aika on arviolta 125 min. Näytteenotto vie selkeästi eniten aikaa. Monen näytteen samanaikainen kerääminen säästää siis merkittävän ajan. Itse näytteen tutkimiseen menevä aika on myös erittäin vaihteleva, koska kuitujen tunnistaminen ja laskenta on hankalampaa, jos kuidut ovat kuitukimppuina tai kuituryhminä. Myös muu pöly kuin kuitupöly saattaa vaikeuttaa laskentaa. Laboratoriossa käytettävä aika voi taas olla erittäin lyhyt, jos näyte ei sisällä kuituja ollenkaan.

3.2.2 Asbestin määrittäminen suoraan rakennusmateriaaleista

Analyysi suoritetaan standardin SFS 3868 mukaan (13). Rakennusmateriaalista otetaan kattava näyte, joka esikäsittellään laboratoriossa. Esikäsittely vaihtelee tutkittavan näytteen materiaalin mukaan. Näytteestä hienonnetaan sopiva näyte mikroskopointia varten. Hienonnettu näyte mikroskopoidaan suoraan näytteestä joko valo- tai elektronimikroskooppisesti. Hankalissa tapauksissa kuidut voidaan tunnistaa EDS:n avulla. (14)

Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niiden tekemiseen kuluva aika on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Asbestin määrittäminen suoraan rakennusmateriaalinäytteestä.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Näytteenotto	Leikkaaminen	10
Näytteen preparointi	Hienontaminen	5
Mikroskopointi	Tutkiminen	10
	Raportointi	10
Yhteensä		35

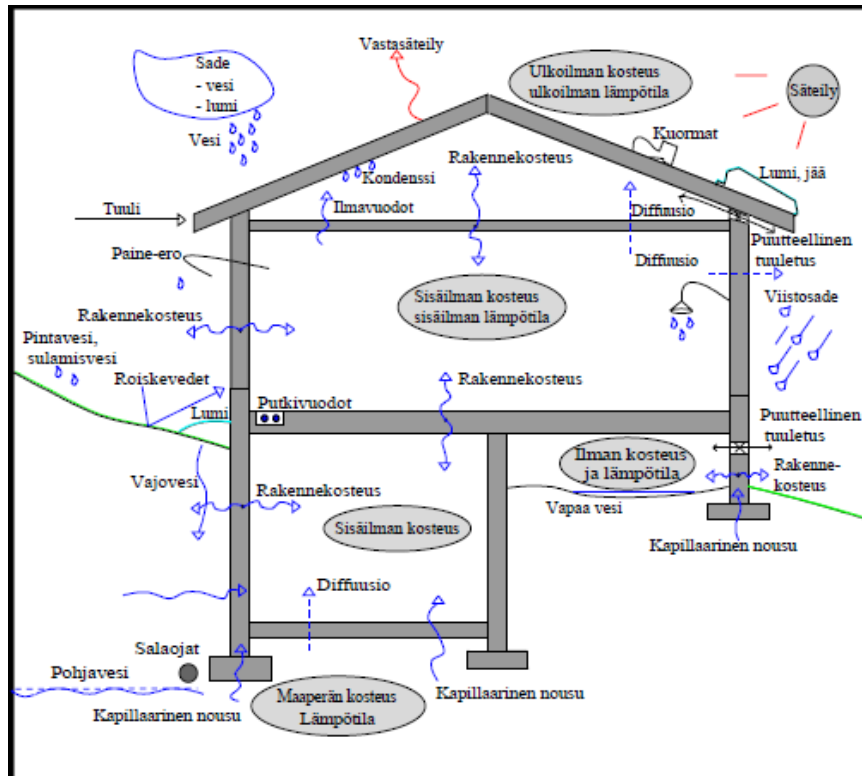
Taulukosta 5 nähdään, että yhden näytteen analysoimiseen käytettävä aika on arviolta 35 min. Itse näytteen tutkimiseen menevä aika on myös erittäin vaihteleva vastaavasti kuin kohdassa 3.2.1. Laboratoriossa käytettävä aika voi taas olla erittäin lyhyt, jos näyte ei sisällä tutkittavia kuituja ollenkaan.

3.3 Mikrobit rakennuksissa

Mikrobeilla tarkoitetaan home- ja hiivasieniä sekä bakteereita. Mikrobit kuuluvat jokapäiväiseen elinympäristöömme ja olemme tekemisissä niiden kanssa jatkuvasti. (14)

Mikrobit kasvavat, kun ne saavat riittävästi ravinteita, kosteutta ja sopivan lämpötilan. Osa sienistä ja bakteereista ovat kasvuedellytyksiltään vaatimattomampia ja jopa pöly betonin tai teräksen pinnalla sisältää riittävästi ravinteita mikrobien kasvuun. Mikrobit kasvavat yleisesti 5-40 °C lämpötila-alueella, joten rakennusten lämpöolosuhteet ovat suotuisia niiden kasvuille. Mikrobien kasvun kannalta rakenteiden ja pintojen kosteus on suurin säätelevä tekijä. Rakenteisiin kosteus voi siirtyä erittäin monella eri tavalla. (14)

Kuvassa 3 nähdään, kuinka monia eri reittejä kosteuden pääsyssä rakenteisiin on sekä sisä- että ulkokautta. Sisäkautta tulevia kosteuslähteitä voivat olla esimerkiksi suihku ja muut puhdistusvedet, putkistovuodot ja rakennekosteus. Ulkokautta tulevia kosteuslähteitä ovat esimerkiksi sateina tulevat vesi ja lumi, maaperän kosteus ja ulkoilman vesihöyry.



Kuva 3. Rakennusten mahdollisia kosteuslähteitä sisä- ja ulkokautta (15).

3.3.1 Mikrobiologiset tutkimukset pintanäytteistä

Home-, hiiva- ja bakteerikasvustot ulottuvat harvoin kasvualustan pintaa syvemmälle, joten mikrobikasvusto voidaan selvittää pinnoilta otetuista näytteistä. Pintanäytteenotto soveltuu hyvin koville materiaaleille, kuten betoni-, kaakeli-, muovi-, tai puupinnoille sekä tapetti- ja maalipinnoille. Näytteitä olisi suotavaa ottaa useampi kuin yksi, esimerkiksi 2–5 näytettä vaurion laajuudesta riippuen, jotta otetut näytteet edustaisivat tutkittavaa tilaa mahdollisimman hyvin. Näytteenottokohdat tulisi valita mahdollisuuksien mukaan vaurioalueen eri puolilta. Jos kasvustoa epäillään esiintyvän useiden eri materiaalien pinnoilla, tällöin jokaisesta materiaalista otetaan ainakin yksi pintanäyte. (14)

Mittakehys (10 cm x 10 cm) steriloidaan 70 % etanolilla ja kuivataan ennen jokaista näytteenottoa. Näytealue sivellään steriiliin laimennusliuokseen kostutetulla pumpulipuikolla tasaisesti kolmeen kertaan. Pumpulipuikko katkaistaan ja sivelty osa pudotetaan laimennusliuosta sisältävään koeputkeen.

Pintanäytteet säilytetään viileässä 4 – 8 °C ennen viljelyä. Koeputkessa olevasta näytteestä tehdään laimennossarjat, jonka jälkeen ne viljellään pintaviljelytekniikalla steriloitua kulmasauvaa käyttäen. Näytteet inkuboidaan 25 ± 3°C ja kasvatusaika bakteerialustoille on 7 (14) vuorokautta ja sienialustoille 7 vuorokautta. Bakteerialustat lasketaan 7 vuorokauden kohdalla ja myös 14 vuorokauden kohdalla. Sienialustat vain 7 vuorokauden kohdalla. (14)

Analyysi suoritetaan sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen mukaan (14). Asumisterveysohjeessa on esitetty tarkempi ohje näytteenotosta, kasvatuksesta ja tulosten tulkinnasta. Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niiden kesto on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Mikrobiologiset tutkimukset pintanäytteistä.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Näytteenotto	Siveleminen	2
Maljaus	Viljeleminen	15
Inkubointi	Kasvattaminen	(7 vrk)
Tulokset	Laskeminen	10
Inkubointi	Kasvattaminen	(14 vrk)
Tulokset	Laskeminen	10
	Raportointi	10
Yhteensä		47

Taulukosta 6 nähdään, että yhden näytteen analysoimiseen käytettävä aika on arviolta 47 min. Aikaa vievimmat vaiheet ovat viljely ja laskenta. Monen näytteen samanaikainen viljely säästää aikaa. Homeiden, bakteerien ja sienien tunnistaminen on välillä erittäin vaikeaa, koska ne voivat kasvaa yhteen ja päällekkäin, kun maljat eivät ole täysin spesifisiä.

3.3.2 Mikrobiologiset tutkimukset rakennusmateriaalinäytteistä

Rakennusmateriaalinäyte suositellaan otettavaksi, jos mikrobikasvustoa epäillään olevan huokoisessa, helposti irrotettavassa ja hienonnettavassa materiaalissa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi eristeet, tapetit tai kipsilevyn

pinnat. Näytteottoa tulisi ottaa 2-5 kappaletta vaurion laajuudesta riippuen. Kasvuston ollessa monissa eri pinnoissa, otetaan vähintään yksi näyte kustakin materiaalista. (14)

Näyte otetaan noin 10 cm x 10 cm alueelta tai materiaalin ollessa huokoista, näytettä otetaan 200 - 300 cm³ alueelta. Näyte säilytetään viileässä 4 - 8 °C ennen viljelyä. Näyte hienonnetaan tai pilkotaan menetelmällä, jossa lämpötila ei saa nousta yli 30 – 40 °C. Näytettä otetaan vähintään yhden gramman suuruinen osanäyte, johon lisätään laimennusliuosta. Näytettä ravistellaan 30 min ajan. Koeputkesta tehdään laimennossarjat, jonka jälkeen ne viljellään pintaviljelytekniikalla steriloitua kulmasauvaa käyttäen. Näytteet inkuboidaan 25 ± 3°C ja kasvatusaika bakteerialustoille on 7 (14) vuorokautta ja sienialustoille 7 vuorokautta. Bakteerialustat lasketaan 7 vuorokauden kohdalla ja myös 14 vuorokauden kohdalla. Sienialustat vain 7 vuorokauden kohdalla. (14)

Analyysi suoritetaan sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen mukaan (14). Asumisterveysohjeessa on esitetty tarkempi ohje näytteenotosta, kasvatuksesta ja tulosten tulkinnasta. Analyysissä suoritettavat eri työvaiheet ja niiden kesto on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Mikrobiologiset tutkimukset rakennusmateriaalinäytteistä.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Näytteenotto	Kerääminen	2
	Mikroskopointi	(10)
Esikäsitteily	Hienontaminen	10
Näytteen suspensointi	Ravisteleminen	(30)
Maljaus	Viljeleminen	15
Inkubointi	Kasvattaminen	(7 vrk)
Tulokset	Laskeminen	10
Inkubointi	Kasvattaminen	(14 vrk)
Tulokset	Laskeminen	10
	Raportointi	10
Yhteensä		57

Taulukosta 7 nähdään, että yhden näytteen analysoimiseen käytettävä aika on arviolta 57 min. Aikaa kuluttavin vaihe on näytteen suspensointi. Monen näytteen samanaikainen ravistelu säästää aikaa. Mikroskopointi on suluissa, koska se on tarpeen vain silloin, jos näyte on kuivunut liikaa ja on oletettavaa, että siinä olevat mikrobit eivät ole elinkykyisiä, jolloin niitä ei saada viljelyllä kasvatettua.

3.3.3 Mikrobiologiset tutkimukset ilmanäytteistä

Sisäilmamittauksilla selvitetään sisäilman mikrobipitoisuudet, suvusto ja ovatko ne tavanomaiset rakennuksen ikään, sijaintiin ja vuodenaikaan nähden. Sisäilman mikrobimittauksia käytetään, kun vauriokohtaa tai mikrobikasvustoa ei voida havaita paljain silmin tai jos halutaan osoittaa, että mikrobit ovat levinneet sisätilaan rakennuksessa muualla sijaitsevasta mikrobikasvustosta. (14)

Ulkoilmanäyte otetaan, jos mikrobimittauksia tehdään sulan maan aikaan. Tällöin tulee selvittää ulkoilman sienipitoisuus sekä mikrobisuvusto. Ulko- ja sisäilmanäytteitä verrataan keskenään. (14)

Näytteenotto aloitetaan impaktorin puhdistamisella 70 % etanolilla ja se kuivataan huolellisesti. Impaktorin tilavuusvirta säädetään 28,3 l/min. Agarmaljat asetetaan impaktoriin. Näyte kerätään noin 1-1,5 m korkeudelta, mielellään huoneen keskeltä. Näytteet teipataan yhteen ja maljat kasvatetaan $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Kasvatusaika bakteerinäytteille on 7 (14) vuorokautta ja sieninäytteille 7 vuorokautta. Pesäkemäärät lasketaan muuten vastaavalla tavalla kuin pinta- ja materiaalinäytteillä, mutta 6-vaiheimpaktorin pesäkkeiden laskuun käytetään Asumisterveysoppaassa esitettyä korjaustaulukkoa tuloksille. (14)

Analyysi suoritetaan sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen mukaan (14). Asumisterveysohjeessa on esitetty tarkempi ohje näytteenotosta, kasvatuksesta ja tulosten tulkinnasta. Analyysissä suoritettut eri työvaiheet ja niiden kesto on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Mikrobiologiset tutkimukset ilmanäytteistä.

Vaihe	Tehtävä	Aika (min)
Impaktorin esivalmistelut	Steriloiminen	5
	Kuivaaminen	2
Imusuodatus	Kerääminen	15
Inkubointi	Kasvattaminen	(7 vrk)
Tulokset	Laskeminen	10
Inkubointi	Kasvattaminen	(14 vrk)
Tulokset	Laskeminen	10
	Raportointi	10
Yhteensä		52

Taulukosta 8 nähdään, että yhden näytteen analysoimiseen käytettävä aika on arviolta 52 min. Tämä analyysi ei vaadi viljelyä, koska impaktori kerää näytteet suoraan kasvatusalustoille. Inkubointi on esitetty suluissa, koska näytteet laitetaan inkuboitumaan ja niihin ei tarvitse käyttää sen enempää työaikaa.

4 LAITTEISTOT

Laitteistot ovat keskeisessä roolissa laboratorioissa. Laitteiden toimintakunto on tärkeää, jotta työt etenevät sujuvasti ja tulokset saadaan asiakkaalle sovitusajassa. Laitteistot tulisi tuntea hyvin ja varmistua, että laitteistoa käytetään sille tarkoitettuun tehtävään. Standardit antavat yleensä laitteistoille vähimmäisvaatimuksia, joita niiden on täytettävä luotettavan työskentelyn takaamiseksi.

Laitteistoille voidaan hankkia huoltosopimuksia, joiden avulla laitteistojen toimintakykyä pidetään yllä. Huoltosopimuksien sisällöt vaihtelevat tarpeiden mukaan. Esimerkiksi kalleimmissa huoltosopimuksissa voidaan toimittaa rikkoutuneen laitteen tilalle uusi vastaava laite, kun laitteen ongelma ei ole helposti korjattavissa. Laboratoriot pyrkivät usein kouluttaamaan oman henkilökunnan huoltamaan laitteita. Laboratorion tarvitsema laitteistokokonaisuus muodostuu määritettävien analyysien pohjalta.

Tavoitteena on esitellä laitteisto (liite 1), jolla pystytään tekemään luotettavasti edellisessä luvussa esitetyt analyysit. Työssä otetaan huomioon laitteistoille standardien asettamat vähimmäisvaatimukset. Samalla saadaan tietoa laitteiden hinnoista. Laitteisto jaetaan laboratorion yleisiin laitteistoihin ja analyyseihin erikoistuneisiin laitteistoihin.

4.1 Suunniteltavan laboratorion yleiset laitteistot

Suunnitellun laboratorion yleisiin laitteistoihin kuuluvat seuraavat laitteistot, kun huomioidaan myös mikrobiologian vaatimukset. Suluissa on esitetty esimerkkejä mahdollisista laitevalmistajista/tuotemerkeistä.

- Tietokoneet (Acer, Fujitsu, Asus)
- Vaa'at (Mettler Toledo, Ohaus, Sartorius)
- Vedenpuhdistuslaitteisto (Millipore MilliQ , Viva Arium, Purelab)
- Pesukone (Lancer, Smeg, Miele)

- pH-mittari (Mettler Toledo, VWR Collection, WTW)
- Vetokaapit (Kojair, Azur tech, Köttermann)
- Laminaarikaapit (Kojair, Esco Labculture)
- Lämpömittari (Testo, Fluke, Comark)
- Ilmanpainemittari (Testo, Fluke)
- Jääkaapit (Arctiko, Porkka, Selecta)
- Inkubointikaapit (Selecta, Termaks, Memmert)
- Autoklaavi (Systec, SHP Steriltechnik AG, Selecta)
- Lämpökaappi (Galli, Memmert, Termaks)

Tietokone

Suunnittelussa laboratoriossa tarvitaan tietokoneita pääasiassa tietojen hallinnointiin ja raporttien kirjoittamiseen. Jokaisella laboratorion henkilökunnan jäsenellä on hyvä olla oma työpäätte. Näiden lisäksi analyysilaitteistot vaativat usein oman päätte. Suunnittelussa laboratoriossa olisi siis tarve ainakin kuudelle tietokoneelle, joista neljä tulisi henkilökunnan henkilökohtaisiksi koneiksi ja kaksi analyysilaitteistojen koneiksi. Yrityksillä on yleensä omat hankintapaikat tietokoneille, niiden ohjelmistoille ja mikrotuelle, joten tässä ei lähdetä erittelemään kyseisiä kustannuksia.

Vaaka

Vaakoja tarvitaan analyyttien ja näytteiden massojen määrittämiseen. Vaakoja käytetään myös esimerkiksi pipettien kalibrointiin. Vaa'at jaetaan tarkkuuksien mukaan ryhmiin, joita ovat esimerkiksi tarkkuusvaaka ja analyysivaaka. Tarkkuusvaakoja voi käyttää punnitukseen, joissa puhutaan grammaluokan tarkkuuksista. Analyysivaa'at sen sijaan ilmoittavat tuloksen 0,0001 g:n tarkkuudella. Suunniteltuun laboratorioon vaakoja tulisi hankkia ainakin neljä kappaletta. Kaksi tarkkuusvaakaa ja kaksi analyysivaakaa. Vaa'at sijoitettaisiin niin, että yksi analyysivaaka ja yksi tarkkuusvaaka olisi lähellä betonitöitä ja toiset kappaleet olisivat mikrobiologisten töiden yhteydessä. Vaakojen hinnat vaihtelevat valmistajien ja ominaisuuksien välillä sadoista euroista tuhansiin euroihin.

Esimerkki suunnitellun laboratorion tarkkuusvaa'oista on tarkkuusvaaka Sartorius Mechatronics malli CPA-10001 (kuva 4), jonka ominaisuuksia ovat selkeä näyttö, helppo käyttö ja se on helppo puhdistaa. Siinä on ISO/GLP-vaatimusten mukainen pc-tietokone liitäntä ja sen punnitusalue on 0,1 g – 10000 g. Hinta on 2424 € / kpl. (16)



Kuva 4. Sartorius Mechatronics CPA-10001 mallin tarkkuusvaaka (16).

Esimerkki suunnitellun laboratorion analyysivaa'oista on analyysivaaka Sartorius Mechatronics malli TE214S (kuva 5). Se on yksinkertainen käyttää ja helppo puhdistaa. Siinä on ISO/GLP-vaatimusten mukainen pc-tietokone liitäntä ja sen punnitusalue on 0,0001 g – 210 g. Hinta on 2599 € / kpl. (17)



Kuva 5. Sartorius Mechatronics TE214S mallin analyysivaaka (17).

Vedenpuhdistuslaitteisto

Vesilaitteen tehtävä on puhdistaa vettä suoraan analyysieihin käytettäväksi. Vesilaitteella voidaan myös puhdistaa vettä pesukoneen pesuvedeksi. Tällä

varmistetaan vedestä tapahtuvan kontaminaation välittyminen suoraan analyytteihin joko analyyttien laimentamisen tai astioiden kautta. Vesilaitte sijaitsee usein välinehuollon yhteydessä, koska sillä puhdistetaan vettä pesukoneiden tarpeeseen. Suunniteltuun laboratorioon tulisi näin yksi vesilaitte välinehuoneeseen. Suunniteltu vesilaitteisto on myös helposti muokattavissa lisälaitteella puhtaampaan vesiluokkaan, jos laboratoriossa tullaan tekemään analyysikantaan muutoksia. Suunnitellun laboratorion vesilaitteen veden laatuvaatimus saadaan analyysien standardeista ja se on deionisoitu vesi, jonka johtavuus saa olla maksimissaan $2 \mu\text{S}/\text{cm}$. Vesilaitteiden hinnat ovat kymmenessä tuhannessa eurossa ja ne vaihtelevat mukana tulevien varusteiden mukaan.

Esimerkki suunnitellun laboratorion vedenpuhdistuslaitteistosta on Purelab option-r 15 mallin vedenpuhdistuslaitteisto (kuva 6), joka tuottaa 15 litraa tyyppin II vettä tunnissa. Tyyppin II vesi on riittävää suunnitellun laboratorion tarpeisiin. Laitteisto käyttää käänteisosmoosia vedenpuhdistukseen. Laitteistoon hankitaan lisäksi erillinen säiliö, josta astianpesukoneet ottavat suoraan puhdistetun veden käyttöönsä. Hinta on 6880 €. (18)



Kuva 6. Purelab option-r 15 mallin vedenpuhdistuslaitteisto (18).

Astianpesukone

Astianpesukone pesee ja mahdollisesti kuivaa laboratoriossa käytettävän välineistön. Pesukoneita hankittaessa täytyy huomioida pestävien tavaroiden koko ja kuinka paljon pestävää on. Suunnitellulla laboratoriolle analyysihin ei tarvita paljoa välineistöä. Laboratoriossa ei siis ole paljon tiskattavaa, joten kaksi pienemmän kokoluokan konetta riittäisi. Kahdella koneella saadaan myös

varmistettua peseminen toisen koneen ollessa epäkuntoinen. Suunnitellun laboratorion pesukoneiden hinnat vaihtelevat muutamasta tuhannesta kymmeneen tuhanteen.

Esimerkki suunnitellun laboratorion pesukoneista ovat Lancer Labexia 815 LX (Kuva 7) merkkinen pesuautomaatti, joka on varustettu näytteen kuivauksella. Pesukoneen ulkomitat ovat (korkeus x leveys x syvyys) 845 x 600 x 680 mm ja sisämitat 500 x 535 x 520 mm. Pestä voi joko kahdessa tai yhdessä tasossa. Hinta PST ja PSBT verkkovaunuilla varustettuna 7872 € ja 64 IXA/2 suihkuputkivaunulla varustettuna 8487 €. (19)



Kuva 7. Lancer merkkinen pesuautomaatti kuivauksella Labexia 815 LX (19).

PH-mittari

PH-mittari on laboratorioden vakiovaruste. Sen avulla voidaan mitata tai säätää liuoksien happamuutta tai emäksisyyttä. Mittareita on pöytä- sekä kannettavia malleja. Suunnitellulle laboratoriolle tarvitaan pöytämalli liuosten valmistamiseen/mittaamiseen ja kannettava malli kenttätutkimuksia varten. Mittarit maksavat muutamia satoja euroja.

Esimerkki suunnitellun laboratorion pH-mittarista on Mettler-Toledo merkkinen pöytämallin pH-/mV-/°C-mittari FiveEasy™ FE20 (kuva 8). Mittaria on helppo käyttää ja se on selkeä. Automaattinen päätepistetunnistus ja kalibrointi, jossa on automaattinen puskurintunnistus. Mittarin pH-tarkkuus on 0,01. Hinta on 381 €. (20)



Kuva 8. Mettler-Toledo merkkinen pöytämallin pH-/mV-/°C-mittari FiveEasy™ FE20 (20).

Esimerkki suunnitellun laboratorion kannettavasta pH-mittarista on Mettler-Toledo merkkinen kädessä pidettävä malli pH-/mV-/°C-mittari SevenGo™ SG2, joka on varustettu kenttäpakkauksella (kuva 9). Se on ergonomisesti muotoiltu, kestävä ja helppokäyttöinen pH-mittari rutiininomaisiin kenttäsovelluksiin. Siinä on automaattinen päätepisteen ja puskurin tunnistus. Mittarin pH-tarkkuus on 0,01. Hinta on 713 €. (21)



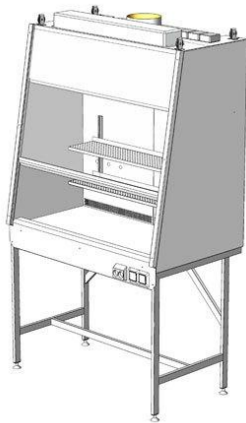
Kuva 9. Mettler-Toledo merkkinen pöytämallin pH-/mV-/°C-mittari SevenGo™ SG2 kenttäpakkauksella (21).

Vetokaappi

Vetokaappi suojaa työntekijöitä ja mahdollisilta haitallisten aineiden roiskeilta ja vaarallisilta kaasuilta. Vetokaapit liitetään koneellisella imulla varustettuun poistoilmakanavaan. Suunniteltuun laboratorioon olisi hyvä sijoittaa ainakin

kolme vetokaappia. Kolmella vetokaapilla varmistetaan kahden henkilön samanaikainen työskentely. Työskenneltäessä helposti haihtuvien vaarallisten aineiden, vetokaappia voidaan joutua käyttämään laitteiston väliaikaisena sijoituspaikkana. Vetokaappien hinnat ovat tuhansien eurojen luokkaa.

Esimerkki suunnitellun laboratorion vetokaapista on Kojair merkinen vkv 1200 malli (kuva 10). Vetokaapissa on hieman kallistettu etuseinä, joka takaa ergonomisen työskentelyn. Vetokaappi on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Vetokaapin pinta kestää syövyttäviä aineita ja se on helppo puhdistaa. Hinta on 3200 €. (22)



Kuva 10. Kojair merkinen vkv 1200 mallin vetokaappi kallistetulla etuseinällä riisuttuna ilman allasta (22).

Laminaarikaappi

Laminaarikaappia käytetään, kun työskentelyltä vaaditaan erityisen puhdasta tilaa ja partikkelitonta ympäristöä, jolla pyritään suojaamaan sekä työkohdetta että työntekijää. Laminaarikaapit tulisivat siis suunnitellun laboratorion mikrobiologisen työhön tarkoitettuun osaan. Laminaarikaappeja tulisi olla kaksi mahdollisen samanaikaisen työskentelyn sekä eri näytesarjojen käsittelyn varalle. Tämä myös takaisi sen, jos toinen kaapeista ei olisi toiminta kunnossa niin todennäköisesti ainakin toinen olisi.

Esimerkki suunnitellun laboratorion laminaarikaapista on Kojair merkinen biowizard standard 130 malli (kuva 11). Laminaarikaapissa on hieman kallistettu

etuseinä, joka takaa ergonomisen työskentelyn. Laminaarikaappi on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Vetokaapin pinta kestää syövyttäviä aineita ja se on helppo puhdistaa. Kaappi on II-luokan turvatason kaappi. Kaappi suojaa käyttäjää, ympäristöä ja työkohdetta. Hinta on 5050 €. (23)



Kuva 11. Kojair merkkinen laminaarikaappi biowizard standard 130 malli (23).

Lämpömittari

Lämpömittaria käytetään laboratoriossa esimerkiksi jääkaappien, pakastimien, lämpökaappien lämpötilojen tarkastamiseen. Lisäksi lämpömittaria käytetään pipettien kalibrointiin käytettävän veden lämpötilan mittaamiseen. Lämpömittarin tarkkuus tulee olla vähintään $\pm 0,5$ °C. Lämpömittarin hinta liikkuu varusteiden kanssa sadoissa euroissa.

Esimerkki suunnitellun laboratorion lämpömittarista on Fluke merkkinen 2-kanavainen 52-2 mallin Lämpömittari (kuva 12). Kannettavassa lämpömittarissa on nopea vasteaika sekä laboratorion vaatima tarkkuus. Näytön erottelukyky on 0,1 °C. Mittausalue on -250...+1767 °C riippuen termoelementistä, mukana tulevalla lanka-anturilla -40 – 260 °C. Hinta on 445 €. (24)



Kuva 12. Fluke merkkinen 2-kanavainen 52-2 mallin Lämpömittari (24).

Ilmanpainemittari

Ilmanpainemittarilla mitataan huoneen ilmanpainetta. Ilmanpaine vaikuttaa esimerkiksi pipettien kalibroinnin aikana laskettavaan korjauskertoimeen. Ilmanpainemittarin hinta vaihtelee sadasta eurosta muutamiin satoihin euroihin.

Esimerkki suunnitellun laboratorion ilmanpainemittarista on Testo merkkinen 510 mallin paine-ero mittari (kuva 13). Mittarissa on monta valittavissa olevaa paineyksikköä (Pa, mbar, hPa, mmH₂O, mmHg, inH₂O, psi, inHg). Mittarin tarkkuus on ± 0.1 hPa. Hinta on 198 €. (25)



Kuva 13. Testo 510 mallin paine-ero mittari (25).

Jääkaappi ja pakastin

Jääkaappeja ja pakastimia käytetään analyyttien ja näytteiden säilömiseen. Analyytit vaativat usein kylmäsäilytyksen ja jotkut vaativat jopa pakastusta. Suunniteltavan laboratorion analyysien perusteella ei kuitenkaan ole hirveästi kylmäsäilytettäviä muutoin kuin mikrobiologisissa tutkimuksissa. Kaksi

jääkaappia on riittävä kattamaan laboratorion kylmäsäilytystarpeen. Yksi pakastin on myös oltava näytteiden, reagenssien ja referenssimateriaalien varalle. Jääkaappien hinnat pyörivät tuhansissa euroissa.

Esimerkki suunnitellun laboratorion jääkaapista on Porkka merkkinen Lab 300 mallin jääkaappi (kuva 14). Jääkaapin tilavuus on 274 litraa. Jääkaapissa on elektroninen ohjaus ja automaattiset hälytysjärjestelmät. Jääkaapin lämpötilan tarkkuus on $\pm 1,5$ °C. Jääkaappi on sisältä kipinäsuojattu ja siinä on automaattinen sulatustoiminto. Hinta on 3 585 €. (26)



Kuva 14. Porkka merkkinen Lab 300 mallin jääkaappi (26).

Esimerkki suunnitellun laboratorion pakastimesta on Porkka merkkinen RF 720 mallin pakastin (kuva 15). Pakastimen tilavuus on 464 litraa. Pakastimessa on sivuseinillä ja lattialla ilmankiertorilät, jotka takaavat tarkan lämpötilan. Pakastimen lämpötilan tarkkuus on ± 1 °C ja säätöalue on -10 - -30 °C. Siinä on säädettävä hälytysjärjestelmä ja automaattinen sulatus. Hinta on 4 372 €. (26)



Kuva 15. Porkka merkkinen RF 720 mallin pakastin (26).

Inkubointikaappi

Inkubointikaapin tehtävä on antaa ideaaliset lämpöolosuhteet bakteerien, hiivojen ja homeiden kasvulle. Kyseisiin analyysiin suositellaan kohdepoistolla varustettuja inkubointikaappeja. Suunniteltuun laboratorioon Inkubointikaappeja tarvitaan ainakin kaksi, koska maljojen määrä saattaa nousta satunnaisesti melko suureksi.

Esimerkki suunnitellun laboratorion inkubointikaapista on Termaks merkinen KB8400L mallin inkubointikaappi (kuva 16). Kaapin lämpötila-alue on -2 – 70 °C. Inkubointikaapissa on reaaliaikainen ohjelmointi esimerkiksi viikonloppuja varten. Kaapista on myös lämpötilan hälytysjärjestelmä. Hinta on 15559,50 €. (27)



Kuva 16. Termaks merkinen KB8400L mallin inkubointikaappi (27).

Autoklaavi

Autoklaavia käytetään analyyttien, välineiden ja jätteiden sterilointiin. Steriloinnilla vältetään mahdolliset kontaminaatioiden lähteet näytteisiin. Autoklaavi mitoitetaan autoklavoitavien nesteiden ja välineiden perusteella. Suunnitellun laboratorion käyttötarkoituksiin riittää yksi autoklaavi, jonka minimi tilavuusvaatimus on 50 l luokkaa. Autoklaavien hinnat ovat kymmenissä tuhansissa euroissa.

Esimerkki suunnitellun laboratorion autoklaavista on Systec merkinen D-65 mallin autoklaavi (kuva 17). Siinä on joustavat ja monipuoliset ohjelmat. Autoklaavin tilavuus on 65 l. Mukaan liitettäviä ominaisuuksia ovat

kiertovesijäähdytys ja tukipaine, pulssivakuumivarustus ja SuperDry kammiolämmitys. Kyseisellä varustuksella sen hinta on 25 282 €. (28)



Kuva 17. Systec merkinen D-65 mallin autoklaavi (28).

Lämpökaappi

Lämpökaapin tehtävä on kuivata astioita nopesti käyttöön tai olla osana näytteen lämmitys-/kuivausprosessia. Lämpökaapilla voidaan esimerkiksi kuivata kastuneita betonilieriöitä, jotta ne saataisiin nopeammin tutkimuksiin. Kaksi lämpökaappia riittäisi suunnitellulle laboratoriolle, koska puhtaat astiat ja näytteet on hyvä pitää erillään.

Esimerkki suunnitellun laboratorion lämpökaapista on Termaks merkinen TS8265 mallin lämpökaappi (kuva 18). Lämpökaappi on pöytämallia ja sen tilavuus on 265 l. lämpökaapin maksimi lämpötila on 250 C° ja sen tarkkuus on ± 1 C°. Hinta on 3776,10 €. (27)



Kuva 18. Termaks merkinen TS8265 mallin lämpökaappi (27).

4.2 Suunniteltavan laboratorion analyysilaitteistot

Laboratoriota suunniteltaessa erittäin tärkeää on keskittyä siihen, mitä laboratoriossa tullaan tekemään ja laitteiston on oltava sitä vastaavaa. Laboratorion analyysilaitteisto on selvästi peruslaitteistoa kalliimpi. Näin on tärkeää, että laite vastaa kaikkiin analyysien vaatimiin tarpeisiin ja on luotettava että tehokas.

Laitteistojen huolto on erittäin tärkeässä roolissa liiketoiminnan kannalta. Laitteiston ollessa toimintakyvytön, työt seisovat ja analyysejä joudutaan usein lähettämään kiireellisyyksien takia muihin laboratorioihin tutkittavaksi. Laitteille on syytä ottaa huoltosopimukset, joilla turvataan vikatilanteiden mahdollisimman nopea ratkeaminen. Toimivan huollon ansiosta töitä päästään jatkamaan mahdollisimman nopeasti.

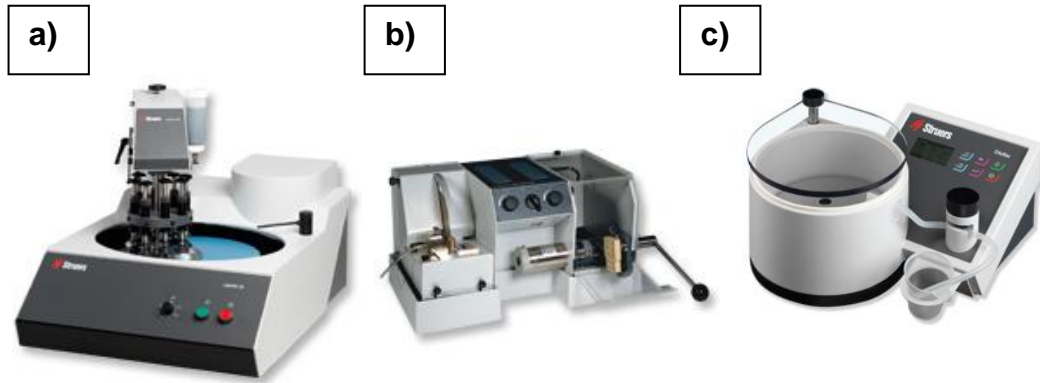
4.2.1 Laitteisto betonista tehtäviin määrittämiin

Betonin ohuthielaitteistoon kuuluvat tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite hionta- ja kiillostuslaite, vakuumimuovituslaite, kuivausuuni/lämpölevy, mikroskoopit (valo-, polarisaatio- ja elektronimikroskooppi), refraktometri ja lämpömittari.

Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittämiseen tarvittavaan laitteistoon kuuluvat betonimylly, jolla saadaan jauhattua alle 0,1 mm kokoluokkaa olevia partikkeleita ja ilmastoitu uuni, jolla saadaan lämpötila säädettyä ± 5 °C tarkkuudella. Kovettuneen betonin karbonatisoitumiseen tarvitaan betonin katkaisulaite. Tähän voidaan käyttää ohuthielaitteistoa.

Betonin ohuthielaitteistoja kysyttiin kahdelta mahdolliselta valmistajalta Struers ja Pelcon. Struersilta saimme kaksi vaihtoehtoa tarkkuuskatkaisu ja hiontalaitteesta. Ensimmäinen vaihtoehto on discoplan-TS (kuva 19), joka on manuaalinen hionta ja katkaisulaite. Laitteen vasemmassa reunassa on katkaisupöytä, joka on varustettu timanttilaikalla. Vasemmalla on myös näytteenpitimet, joilla suoritetaan ohennuskatkaisu ja näytteen alkupaloittelu.

Oikealla puolella on timanttikuppilaikka ja vakuumpidin kolmen näytteen yhtäaikaiseen hiontaan. Näytteet voidaan ohentaa timanttikuppilaikalla 2 µm tarkkuudella lähes niiden lopulliseen paksuuteen. Varsinkin aluslasien ja näytteiden ohennusvaiheissa operaattorilta kuluu paljon aikaa työtehtäviin. (29)



Kuva 19. Struersin valmistamat a) hionta- ja kiillustuslaite LaboPol-35/LaboForce-Mi , b) tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite Discoplan-TS ja c) CitoVac vakuumuovituslaite (29,30).

Toisena vaihtoehtona oli Accutom-50 tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite (kuva 20). Se on varustettu multi-cut siivutustoiminnolla sekä hiontatoiminnolla. Laitteessa on automaattinen näytteensyöttö sähköisellä syöttönopeuden ohjauksella. Moottoroitu näytteen asemointi ja digitaalinen näyttö takaavat tarkan työskentelyn. Accutom-50 laite suorittaa katkaisun ja hionnan automaattisesti. Discoplan-TS laitteella taas operaattori. Näin laitteen käyttäjä voi siirtyä tekemään muita työtehtäviä katkaisun ja hionnan ajaksi. (31)



Kuva 20. Tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite Accutom-50 (32).

Ohuthielaitteistoon kuuluvat myös LaboPol-35 hionta/kiillustuslaite (kuva 19) säädettävällä pyörimisnopeudella 300 mm laikalla ja LaboForce-Mi, joka on

automaattinen näytteensiirtäjä mineralogian näytteiden preparointiin. Se asennetaan LaboPol-35:een. Sen näytettä painava voima muodostetaan jousien avulla. (29)

CitoVac vakuuminuovitus (kuva 19) laitteen tehtävä on näytteen kyllästäminen. Laite on helppokäyttöinen ja siitä löytyy suuri kammio useille näytteille. Valun tekeminen on tehty yksinkertaiseksi, jolloin säästytään sotkuilta. (30)

Kolmen laitteen yhteishinta Discoplan-TS laitteella on noin 70000 € asennus- ja koulutuskuluineen. Sama laitteisto Accutom-50 laitteella on noin 80000 €.

Kuvassa 21 esitetty Pelcon ohuthielaitteisto sisältää timanttisahan, vedenjäähdytysjärjestelmän, vakuumpumpun, vakuumin leikkauksen ja hionnan, 2 erilaista hionta rullaa upotetuilla timanteilla, automaattinen hionnan paksuuden ja hiontanopeuden säätö. Pelcon laitteiston hinta toimitettuna ja kolmen päivän koulutuksella on 65000 €. (33)



Kuva 21. Pelcon ohuthielaitteisto (27).

Struers laitteiston etu on, että laitteiston huollon toimivuus on todennäköisesti parempi, koska Struersilla on toimintaa suomessa. Pelcon laitteiston etuja ovat nopeampi työskentely, vie vähemmän tilaa ja se on pidemmälle automatisoitu.

Taulukossa 9 on esitetty ohuthielaitteistojen vaihtoehtoiset ratkaisut.

Taulukko 9. Ohuthielaitteisto vaihtoehdot

Valmistaja	Laitteisto	Hinta € sis. ALV
Struers	Accutom-50 tarkkuuskatkaisu ja hiontalaitteella	80 000 €
Struers	Discoplan-TS tarkkuuskatkaisu ja hiontalaitteella	70 000 €
Pelcon	Automaattinen ohuthielaitteisto	65 000 €

Mikroskooppien tehtävä on tuottaa suurennettu kuva tutkitusta kohteesta. Mikroskooppeja on erilaisia ja toimintaperiaatteet vaihtelevat sen mukaan. Suunnitellussa laboratoriossa tarvitaan neljää eri mikroskooppityyppiä, jotka ovat valo-, stereo-, polarisaatio-, ja elektronimikroskooppi. Yleisin mikroskooppi on valomikroskooppi. Valomikroskooppi hyödyntää näkyvää valoa ja linsejä suurennetun kuvan muodostukseen. Stereomikroskooppi sen sijaan antaa kolmiulotteisen kuvan, jolla pystytään tarkastelemaan esimerkiksi näytteen pintoja. Polarisaatiomikroskoopin toimintaperiaate perustuu tasopolaroidun valon kykyyn nähdä sidosten rakenteita, jotka kiertävät valon polarisaatiotasoa. (34) Pyyhkäisyelektronimikroskoopista (SEM) lähtevä elektronisuihku pyyhkii näytteen pintaa, jolloin kuva muodostetaan pinnasta emittoituvien elektronien avulla. (35)

Esimerkki suunnitellun laboratorion stereomikroskoopista on Motic merkinen ZOOM K-700P mallin Stereomikroskooppi (kuva 22). Mikroskoopissa on 89 mm työskentelyetäisyys. Se tuottaa säröttömän ja kolmiulotteisen kuvan koko suurennusalueella. Mikroskoopin hinta on 1650 €. (36)



Kuva 22. Motic merkinen ZOOM K-700P mallin stereomikroskooppi (36).

Esimerkki suunnitellun laboratorion polarisaatiomikroskoopista on Motic merkinen BA 310 digital mallin polarisaatiomikroskooppi (kuva 23). Mikroskoopissa on sisäänrakennettuna vaihekontrasti-, pimeäkenttä- ja polarisointivarusteet. Mallista on kiinteä kolmen megapikselin kamera. Mikroskoopin hinta on 3040 €. (37)



Kuva 23. Motic merkinen BA 310 digital mallin polarisaatiomikroskooppi (37).

Esimerkki suunnitellun laboratorion pyyhkäiselektronimikroskoopista on Tescan merkinen VEGA3 SB – EasyProbe mallin pyyhkäiselektronimikroskooppi (kuva 24). Mikroskoopissa on varustettu 160 mm halkaisijaltaan olevalla näytekammiolla. Siinä on jatkuva suurennos 4,5-kertaisesta aina miljoonaan asti. Siihen on integroitu EDS-mikroanalysaattori, jossa on SSD (Silicon Strip Detector) detektori. Detektorilla voidaan tunnistaa näytteen alkuainekoostumukset boorista amerikiumiin asti. Mikroskoopin hinta on noin 100000 € kyseisellä varustuksella. (38)



Kuva 24. Tescan merkinen VEGA3 SB – EasyProbe mallin pyyhkäiselektronimikroskooppi (38).

VEGA3 SB mikroskoopilla on vaatimuksia toimintaympäristölle, johon se asennetaan. Niitä ovat huoneen koko, joka on vähintään 2,5 m x 2,5 m. Huoneen lämpötilan täytyy olla tasainen ja 17 – 28 °C välissä ja suhteellisen kosteuspitoisuuden oltava alle 80 %. (38)

4.2.2 Laitteisto asbestista tehtävään määrittämiseen

Asbestin määrittämiseen tarvittavaan laitteistoon kuuluvat Ilmanäytepumput, joiden keräysnopeudet ovat 10 l/min luokkaa. Mikroskoopit, joista valomikroskoopissa 500-kertainen suurennus ja elektronimikroskooppi, jossa 3000-kertainen suurennus ja energiadiispersiivinen spektrometri. Asbestin tutkimuksiin voidaan käyttää samoja mikroskooppeja, joita käytetään betonitutkimuksiin.

Esimerkki asbestin määrittämiseen käytettävästä ilmanäytepumpusta on SKC merkinen Leland Legacy (kuva 25), jonka keräysnopeus on 5-15 l/min. Pumppu on kevyt, kannettava ja siitä löytyy kestävä litiumiakkua. Hinta on 1053 €. (39)



Kuva 25. SKC Leland Legacy merkinen ilmanäytepumppu (39).

4.2.3 Laitteisto mikrobiologisiin määrittämiin

Mikrobiologian näytteenottolaitteistoon kuuluvat 6-vaiheimpaktori eli niin sanottu Andersenin keräin ja keräimeen liitettävä pumppu. Näytteenottohetken toimintaa voidaan nopeuttaa pumpulla, jossa on kolme suutinta. Kolmella

suuttimella saadaan kerättyä kaikki kolme tarvittavaa näytettä samanaikaisesti, jolloin säästyy merkittävästi aikaa.

Esimerkki suunnitellun laboratorion 6-vaiheimpaktorista. Thermo Scientific merkkinen 6-vaiheimpaktori (kuva 26), jolla saadaan kerättyä samanaikaisesti yksi näyte kuuteen maljaan. Hinta on 4095 €. (40)



Kuva 26. Thermo Scientific merkkinen 6-vaiheimpaktori (40).

Kasvatettujen näytteiden tunnistukseen voidaan käyttää valomikroskooppia. Se olisi hyvä sijoittaa tilaan, jossa on järjestetty kohdepoisto.

Esimerkki suunnitellun laboratorion mikrobiologian valomikroskoopista. Motic merkkinen BA 210 mallin trinokulaarinen mikroskooppi (kuva 27). Mikroskoopissa on mahdollisuus kameralle. Siinä on 10x okulaari ja objektiivit 10-, 40- ja 100-kertaisille suurennoksille. Mikroskoopin hinta on 1490 €. (41)



Kuva 27. Motic merkkinen BA 210 mallin trinokulaarinen mikroskooppi (41).

5 VÄLINEET JA REAGENSIT

Laboratoriossa tarvitaan erilaisia välineitä ja reagensseja. Laboratorion välineiltä ja analyyteiltä vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, joita niiden tulee täyttää työskentelyn onnistumisen kannalta. Reagenssit määräytyvät tehtävien analyysien mukaan, kuin myös niiden tekemiseen vaadittava välineistö.

5.1 Suunniteltavan laboratorion yleiset välineet

Laboratorion yleisiin välineistöihin kuuluvat seuraavat välineet, kun huomioidaan myös mikrobiologian vaatimukset. Kyseisten välineiden hankintakustannukset ovat 20 000 € luokkaa suunnitellulle laboratoriolle. Sulussa on esitetty mahdollisia välinevalmistajia.

- Lasiastiat A-luokka (Duran)
- Automaatti- ja kertakäyttöpipetit (Finnpipett)
- Suojakäsineet (Ansell)
- Vaakapöydät (Koettermann)
- Suodattimet (Merck, Whatman, SKC)
- Eksikaattorit (Duran, VWR Colection)
- Kemikaalikaappi (Koettermann)
- Koeputkiravistelijä (VWR Colection)
- vesihaude (Grant instruments, JULABO GmbH)

5.2 Määrityksiin käytettävät reagenssit ja välineet

Laboratoriossa käytettävät reagenssit muodostuvat käytettävien analyysien pohjalta. Seuraavassa on lueteltu tarvittavat reagenssit ja välineet. Työssä huomioidaan pääsääntöisesti kulutustavarat, joiden avulla pystytään arvioimaan analyysikustannuksia.

5.2.1 Reagenssit ja välineet betonista tehtäviin määrittäisiin

Ohuthieanalyysiin tarvittavat reagenssit ja välineet ovat esitettynä seuraavassa listassa,

- Ohuthien kyllästysaineet
- Kanada palsami
- Joustava epoksi
- Muurarin vasara
- Tasolaseja
- Suojalaseja (mikroskooppiin ohuthielle)
- Objektilaseja
- Linssipaperi
- Mikrometri silmäosa mikroskooppiin
- Mikrometrin kalibroija
- Pinsettejä

Ohuthie analyysissä kulutustavarat ovat pienessä osassa kokonaiskustannuksia arvioitaessa. Yhden näytteen aluslasi ja peitinlasi, liimamiseen käytettävä hartsi ja kyllästysaine maksavat noin 3 euroa (liite 2). Suurimmat kustannukset tulevat selkeästi laitteiden (SEM ja ohuthie) ylläpidosta sekä käytetystä työajasta. Kustannuksiin on huomioitava näytteiden katkaisuun ja hiontaan käytettävät laikat ja kankaat sekä katkaisun ja hionnan aikana käytettävät jäähdytysnesteet.

Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittämiseen tarvittavat reagenssit ja välineet,

- Hopeanitraatti 0,02 mol/l
- Typpihappo 5 mol/l
- Ammoniumtiosynaatti 0,1 mol/l
- Ferroammoniumsulfaatti indikaattori
- 3,5,5-trimetyyliheksanoli
- 1,18 mm tai pienempi sihti
- Byretti, tarkkuudella 0,05 ml
- Eksikaattori

- 250 ml mittalasi
- Magneettisekoittaja
- Lämpölevy
- Vakuumi filteröinti välineistö
- Pipetti, tarkkuudella 0,1 ml

Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittämiseen tarvittavien reagenssien määrä on millilitra luokkaa, joten niitä ei hirveästi kulu titrauksessa. Yhden näytteen tekemiseen kulutustavarat maksavat noin 3 € sisältäen reagenssikustannukset (liite 2). Määrittämiseen ei tarvita kalliita laitteistoja, joten selkeästi suurin kuluerä on kulunut työaika.

Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittämiseen tarvittavat reagenssit ja välineet,

- Etanoli
- Fenoliftaeleini
- Työntömitta

Yllä olevasta listasta voidaan todeta, että kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittämisen kustannukset syntyvät käytännössä käytetystä työajasta ja laitteistokustannuksista.

5.2.2 Reagenssit ja välineet asbestista tehtäviin määrittämiin

Asbestista tehtäviin määrittämiin käytettävät reagenssit ja välineet on lueteltu alla,

- Selluloosaesterisuodatin, jonka huokoskoko on 0,8 µm
- Polykarbonaattisuodatin, jonka huokoskoko on 0,2 µm
- Suodatinkasetti (tyhjä)
- Preparaatti levyjä

Yhden näytteen kulutustavarakustannukset eivät ole kovin korkeat. Jos oletetaan, että näyte otetaan molemmille suodattimille, niin suodatinkasetit suodattimien kanssa maksavat noin 3 euroa yhteensä (liite 2). Tämän lisäksi

kustannuksia koituu muutamia euroja suodattimien valmistelusta mikroskopointia varten. Pääasialliset kustannukset koituvat siis kalliista laitteistosta sekä käytetystä työajasta. Työaikaa voi vielä säästää keräämällä mahdollisimman monia näytteitä samaan aikaan.

5.2.3 Reagenssit ja välineet mikrobiologisiin määrityksiin

Mikrobiologian määrityksiin käytettävät välineet ja reagenssit on lueteltu alla,

- M2 Mallasuuteagar 2 %
- THG Tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar
- DG18 Dikloranglyseroli-agar
- Etanoli
- Steriilit koeputket
- Koeputkitelineet
- Steriloitu kulmasauva
- Mikrofilmi
- Pipetinkärjet

Laboratoriolla on monta eri vaihtoehtoa maljojen hankintaan. Maljat voidaan ostaa suoraan valmiina maljoina, maljat voidaan kaataa valmiiksi tehdyistä liuoksista tai vaihtoehtoisesti valmistaa maljat alusta-asti reagensseistä. Halvin vaihtoehto on valmistaa maljat itse.

Esimerkiksi THL (terveyden ja hyvinvointilaitos) valmistaa valmiita elatusalustoja. Maljojen hinnat ovat esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Terveiden ja hyvinvointilaitoksen valmiiden elatusalustojen hinnat (42).

Malja	Hinta € / kpl
Dikloraani-glyseroli-agar, DG-18	1,80
2 % mallasuuteagar, M2	1,38
Tryptoni-hiivauute-glukoosi-natamysiini-agar, THG-natam.	1,59

Elatusalustojen valmistaminen itse tehtyinä huomioiden materiaali ja reagenssikustannukset sekä valmistamiseen käytetty työaika. Hinnat ovat esitetty taulukossa 11. Tarkemmat laskennat ovat esitettyinä liitteessä 2.

Taulukko 11. Elatusalustojen valmistuskustannukset itsetehtyinä.

Malja	Hinta € / kpl
Dikloraani-glyseroli-agar, DG-18	1,32
2 % mallasuuteagar, M2	1,00
Tryptoni-hiivauute-glukoosi-natamysiini-agar, THG-natam.	1,26

Yhden näytteen kulutustavarakustannukset vaihtelevat hieman riippuen tehdäänkö tutkimukset pinta-, rakennusmateriaali- ja ilmanäytteistä. Pinta- ja rakennusmateriaalinäytteissä tehdään laimennussarjat, joista pintaviljellään näytteet elatusalustoille. Keskimäärin voidaan laskea, että näytettä kohden kuluu 18 elatusalustaa (sulan maan aikaan enemmän, koska aina sarjaa kohti tehdään ulkoilmanäyte myös), joiden hinta on itsetehtyinä 21 €. Etanolin kulutus on arviolta 1 €, kun huomioidaan tilojen desinfiointi ennen ja jälkeen sarjan. Pipetin kärjet, kulmasauvat ja parafilmi kulut ovat arviolta 4 euroa yhtä näytettä kohden (liite 2).

6 LABORATORIO

Laboratorion tulee olla hyvin organisoitu ja järjestelmällinen kokonaisuus, jossa kaikki asiat on mietitty ennen kuin laboratoriota perustetaan. Tärkein asia on, että laboratorio pystyy tuottamaan laadukkaita ja vertailukelpoisia analyysituloksia. Tämän lisäksi suunnittelu on tärkeää turvallisuuden kannalta, koska laboratoriossa käsitellään erilaisia terveydelle vaarallisia aineita. Tärkeäksi sen tekee myös töiden jatkuva sujuvuus.

Tässä opinnäytetyössä jätetään laboratorion rakenteellinen suunnittelu pois kokonaan ja keskitytään tilojen tarvittavaan laajuuteen ja erittelyyn, henkilökunnan määrään ja vaadittavaan koulutukseen, lainsäädäntöön, joka ohjaa laboratorion toimintaa sekä laboratorion toimivuuden kannalta laatustandardit täyttävään tietojärjestelmään.

6.1 Tilat

Laboratoriotilojen suunnittelussa on hyvä lähteä liikkeelle tulevaisuuden kartoituksella. Laboratoriolle on hyvä tehdä kartoitus pitkällä tähtäimellä, jolloin pyritään huomioimaan esimerkiksi tulevaisuuden näkymät alalla, liiketoiminnan kasvu ja mahdolliset toiminnalliset muutokset. (43)

Laboratorion suunnittelun seuraava vaihe on perustamissuunnitelman tekeminen. Suunnitelmassa muodostetaan yksityiskohtainen kuva tiloista työprosessien pohjalta. Tässä vaiheessa otetaan huomioon laboratorihuoneiden sijainti, kalusto ja varusteet. Perustamissuunnitelmassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi huonekortteja, joihin kirjataan laitteiston lisäksi tiloja koskevat erityisvaatimukset. (43)

Seuraavassa vaiheessa suunnittelu tarkentuu L1- ja L2-vaiheiden suunnitelmiin. L1-vaiheessa laboratoriolle tehdään ehdotuspiirrustukset. Suunnitelmissa on esitetty yksityiskohtainen layout-kuva laboratorion tilasta, jossa kalusto ja varusteet

ovat jo paikallaan. L2-vaiheessa laboratoriolle tehdään luonnospiirrustukset. Luonnospiirrustuksen tehtävä on tarkentaa ehdotuspiirrustuksien yleisratkaisut. Viimeinen vaihe on urakkalaskentapiirrustukset. Urakkalaskentapiirrustuksissa on esitetty lopulliset ratkaisut laboratorion tiloista. (43)

Laboratoriotiloilta vaaditaan paljon yksityiskohtaisia asioita, jotta laboratorio pystyy toimimaan sille asetettujen säädösten mukaan. Huomiota tulee erityisesti kiinnittää tiloissa vallitseviin ympäristöoloihin, joita tulee seurata ja valvoa erityisesti silloin, kun näillä on teknisen toiminnan kanssa merkitystä. Näitä ympäristöoloja ovat esimerkiksi aseptisuus, pöly, sähkömagneettinen häiriö, säteily, kosteus, sähkönsaanti, lämpötila sekä ääni- ja värinätasot. (43)

Edellämainittujen asioiden takia tilojen jakaminen on välttämätöntä, että pystytään toimimaan laadunhallintastandardin ohjeistuksen mukaan. Suunnitellun laboratorion jakamiseksi ensimmäisenä on tehtävä selkeä jaottelu mikrobiologisten määritysten ja betonitöiden kanssa. Mikrobiologiset määrittelyt vaativat aseptisuutta ja kaikki mahdolliset kontaminaation lähteet on poistettava. Näin ollen tilat, jossa esimerkiksi katkaistaan tai hiotaan betonia täytyvät olla erillisiä ja mahdollisimman hyvin eristettynä muista tiloista.

Punnitsemiselle on hyvä olla varattuna suljettu tila. Mitä lähempänä se on puhtaasta aluetta, sen parempi. Punnitsemisessa esimerkiksi ilmavirtaukset ja lika voivat vaikuttaa tarkkojen analyysivaakojen punnitustuloksiin.

Välinehuollolle on hyvä olla myös suljettu tila. Astiat pestään ja kuivataan siellä. Kontaminaation riski on suuri, jos esimerkiksi betonin hiomisesta lähtevää pölyä pääsisi puhtaisiin välineisiin. Tähän tilaan myös tulisi sijoittaa vedenpuhdistuslaitteisto, koska astianpesukone käyttää esipuhdistettua vettä.

Laboratoriosalissa on vetokaapit ja työskentelypöytiä. Tilat ovat tarkoitettu yleiseen työskentelyyn ja analyysien esikäsittelyihin. Tässä tilassa valmistetaan liuokset ja täältä löytyvät laboratorion lasitavarat että yleiset mittarit.

Mikroskooppihuoneeseen tulee olla myös erillään muista tiloista. Tähän tilaan sijoitetaan pyyhkäisyelektronimikroskooppi, jolla on vaatimuksia sen

toimintaympäristölle. Niitä ovat huoneen koko, lämpötila, suhteellisen kosteuspitoisuus ja värinäytöt.

Autoklaavi on hyvä sijoittaa sellaiseen paikkaan, jossa ei liikuta paljoa. Tämä on turvallisuus kysymys, koska autoklaavin toimintaan liittyy korkea paine. Autoklaavin olisi myös hyvä sijaita lähellä mikrobiologiahuonetta.

Henkilökunnan turvallisuuden ja häiritsemättömän työskentelyn takeeksi on oltava toimistotilaa, jossa voidaan tehdä viimeiset johtopäätökset analyysistä ja kirjoittaa raportit puhtaiksi.

Ottaen huomioon eri huoneet, laitteiston, välineistön ja reagenssien säilytystarpeet koko laboratorion tilantarve olisi arviolta vähintään 120 m².

6.2 Henkilökunta

Henkilökunnalle asetetut vaatimukset tulevat standardien, lakien tai asiakkaiden mukaan (44). Analyysien standardit saattavat ottaa kantaa tekijöiden koulutustasoon sekä kokemukseen. Astm standardin vaatimuksissa ohutheiden tekemisestä sanotaan, että henkilöllä joka suorittaa analyysijä tulisi olla vähintään viiden vuoden kokemus petrografiasta (9). Laadunhallintastandardissa ”SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 Testaus- ja kalibrintilaboratorioiden pätevyys, Yleiset ohjeet” on määritelty, mitä henkilöstöltä vaaditaan akkreditoitussa laboratoriossa. Valvira tarkastaa, että henkilökunnan pätevyys on riittävää suoriutumaan terveydensuojelulain alaisista tehtävistä. Akkreditointi on yleensä joustava, jolloin täydellistä koulutusta töiden tekemisiin ei vaadita heti. Tätä varten työntekijöille voidaan tehdä koulutussuunnitelma, että he saavat varmasti tarvitsemansa koulutuksen. (45).

Laboratoriossa tehtävien analyysien määrä on suurin tekijä, jonka avulla pohditaan henkilökunnan tarvetta. Tästä huolimatta analyysitoiminnan lisäksi laboratoriossa on paljon tehtäviä, joita täytyy hoitaa samalla. Näitä ovat esimerkiksi näytteiden vastaanotto, välinehuolto, laitteiden kalibroinnit,

menetelmien hallinnointi ja päivitys, lainsäädännön seuraaminen, välineiden ja analyttien tilausten tekeminen ja hoito. Erinäisistä tehtävistä asioista on tarkempi kuvaus laatuosiossa. Osa laboratorioista ulkoistaa esimerkiksi välinehuollon ja siivouksen.

Suunnitellun laboratorion vähimmäishenkilömäärä on neljä. Heistä yksi on johtavassa asemassa, yksi ohjaa ja aikatauluttaa työnskentelyä ja kaksi heistä suorittaa analyysejä ja laadunvarmennuksen toimenpiteitä.

Laboratorioon tarvitaan laboratorion johtaja, jolla on vankka kokemus sekä laboratorion johtamisesta että korjausrakentamiseen kuuluvasta analytiikasta. Hänen tehtävänsä olisi vastata laboratorion organisaation toimivuudesta sekä lakien ja säädösten noudattamisesta. Hänellä on ylempi korkeakoulututkinto. Hän voisi olla esimerkiksi kemisti tai geologi.

Mikrobiologisen puolen vastaavalla täytyy myös olla ylempi korkeakoulututkinto. Hänellä on entuudestaan kokemusta rakenteisiin liittyvistä mikrobiologisista tutkimuksista. Hänellä on vastuu laboratorion sisäisestä toiminnasta. Hän vastaa laboratorion analyysien aikataulutuksesta, raporteista ja tilauksista. Hän päivittää laboratorion laatukäsikirjaa. Hän suunnittelee laboratorion vertailumittausaikataulun. Hän voisi esimerkiksi olla mikrobiologi.

Näiden lisäksi tulisi olla kaksi työntekijää, joiden koulutus voisi olla laborantti tai laboratorio-/bioanalyytikko. Heidän työtehtävien pääpaino on analyysien suorittamisessa. Toisen pääpaino mikrobiologian puolella ja toisen kemiallisella puolella. Heidät on hyvä kouluttaa molemmille puolille, jolloin mahdollisten sairaustapausten sekä näyteruuhiin aikaan pystytään toimimaan tehokkaasti. Tämän lisäksi he vastaavat yleisistä laadunvarmistustoimenpiteistä, kuten laitteistojen kalibroinneista ja vertailututkimuksista.

6.3 Tietojärjestelmä

Tietojärjestelmän tärkeimmät tehtävät käytön kannalta on yksinkertaistaa ja nopeuttaa työntekoa ja vähentää mahdollisia virhelähteitä. Muita tehtäviä ovat

tiedon nopea sekä helppo tallentaminen, arkistointi, ylläpito, turvallisuus, luottamuksellisuus ja varmuuskopiointi. (43)

Tietojärjestelmiä on monia ja ne yleensä ovat spesifioituneet esimerkiksi isommille teollisuuden aloille eikä ole täysin suunniteltu yleiseen toimintaan joustavaksi. Yleisesti suosittu ohjelmisto pohjois-Euroopassa on Software Pointin LimsBOSS ohjelmisto. Suomessa ohjelmistoa käyttävät esimerkiksi Keskusrikospoliisi, Alkoholin tarkastuslaboratorio ACL ja Ruokakeskon tuotetutkimuslaboratorio. LimsBOSS ohjelmisto on käytössä siis monessa laboratoriossa, joilla on käytössä ISO 17025 standardi. (46)

LimsBoss-ohjelmistolla saa luotua nopeasti helppokäyttöisen ympäristön laadunvarmistukselle ja analyyseille. Ohjelmisto on muokattavissa omaan käyttötarkoitukseen. Ohjelmisto sisältää erillisiä liitännäisiä, joita yhdistämällä saa juuri itselle sopivan kokonaisuuden. Liitännäinen on esimerkiksi raportointi työkalu, jolla saadaan muokattua tulokset suoraan tulostusvalmiiseen raportin muotoon. Ohjelmistosta löytyy myös eri käyttäjätasoja. Esimerkiksi käyttäjätasoja voi olla hallitsija, käyttäjä, katsoja, joista vain hallitsijalla on oikeus muuttaa jo syötettyjä tuloksia. Jokaisesta muutoksesta jää aina merkintä ohjelmistoon. Ohjelmistoja voi ostaa lisenssiperiaatteilla. Lisenssien hinnat riippuvat tarvittavista liitännäisten ja tuen määrästä. (46)

Suunniteltuun laboratorioon tulisi jokaiselle laboratorion henkilökunnan jäsenelle oma lisenssi ja tämän lisäksi kaksi lisenssiä, joilla muut henkilökunnan jäsenet pystyvät tarkastelemaan ja tulostamaan tuloksia. Kokonaiskustannus vuositasolla tulisi olemaan arviolta 3000-5000 €.

6.4 Lait ja säädökset

Laboratorion toimintaa säätelevät monet lait ja säädökset. Lakiasioista keskeisimpiä suunniteltuun laboratorioon ovat kemikaalilaki (47), jätelaki (48), ympäristönsuojelulaki (49) ja terveydensuojelulaki (45). Säädöksistä merkittävimpiä ovat Valtioneuvoston asetus elintarvikelain ja

terveydensuojelulain nojalla tutkimuksia tekevästä laboratorioista 1174/2006 (50) ja Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset (51).

Valvovia viranomaisia ovat kemikaalien osalta TUKES (turvallisuus- ja kemikaalivirasto), terveydensuojelun osalta Valvira (sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto), jätteiden ja ympäristönsuojelun osalta kunnan ympäristölautakunta. FINAS (Finnish Accreditation Service) on Suomen kansainvälinen akkreditointielin, joka auttaa esimerkiksi elintarviketurvallisuusvirastoa laboratorioiden hyväksymisessä.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto tehtävä on valvoa ja edistää teknistä turvallisuutta ja vaatimustenmukaisuutta sekä kuluttaja- ja kemikaaliturvallisuutta Suomessa. Valvonnan piiriin kuuluvat tuotteet, palvelut, tuotantojärjestelmät ja niihin liittyvän lainsäädännön toimeenpaneminen. (52)

Laboratoriossa tehtävät mikrobiologiset määriykset ovat terveydensuojelulain alaisia tutkimuksia. Näitä voidaan tehdä vain Elintarviketurvallisuusviraston (EVIRA) hyväksymässä laboratorioissa. Laboratorion täytyy hakea hyväksyntää Eviralta. Evira ja Valvira valvovat laboratorioiden toimintaa. Valvira tarkastaa laboratorion pätevyyden ja että sen käyttämät menetelmät täyttävät lainsäädännön vaatimukset. Heillä on valta peruuttaa laboratorion hyväksyntä määräajaksi, jos laboratorio ei noudata lainsäädännön asettamia määräyksiä. (53)

Viranomaisille tehtävät asumisterveystutkimukset tulee tehdä Asumisterveysohjeen mukaisesti Eviran hyväksymässä laboratorioissa. Hyväksynnän edellytyksiä ovat esimerkiksi Finasin arvio laboratorion pätevyydestä menetelmien osalta, asumisterveysohjeen mukaiset menetelmät, koko prosessin kattava laadunvarmistus sekä mittausepävarmuuden ja virheiden arviointi realistisin perustein. (14)

Ensimmäisen kerran akkreditointi tämän kokoiselle laboratoriolle tulisi maksamaan 5000-8000 euroa ja vuosittaiset tarkastukset 3000-5000 euroa. (54).

7 LAATU

Laboratorion laatu koostuu monen tekijän summasta. Laboratoriolla on vastuu analyysityönsä laadusta ja toimintojensa kehittämisestä kaikessa palvelutoiminnassa. Laadun takeeksi tarvitaan ammattimainen henkilökunta, mittausjärjestelmän kyky tuottaa oikeita tuloksia kyseiselle näytetyypille ja pitoisuudelle, laboratorion on hyvä toimia jonkun laatujärjestelmän ohjeistuksen mukaan ja vielä varmentaa pätevyys akkreditoinnilla. Akkreditoinnissa puolueeton osapuoli varmistaa, että laboratorio pystyy tuottamaan kansainvälisesti hyväksyttäviä analyysituloksia menetelmillään (44). Laboratoriotutkimukset ja analyysitulokset ovat lähes poikkeuksetta tuotannollisten ja oikeudellisten sekä ympäristöä ja ihmisten terveyttä koskevien päätösten taustalla. (54)

Laatustandardin huomioiminen on tärkeää, koska kaikki alan johtavat laboratoriot ovat akkreditoituja. Näillä markkinoilla toimimiselle ehtona on ulkoisesti varmennettu toiminta. Tämä johtuu asumisterveys tutkimuksista ja terveydensuojelulain alaisista tutkimuksista. Mikäli näytemäärät eivät täyty, laboratorio todennäköisesti haluaa tarjota palveluja ulkoisille markkinoille, jolloin kilpailu on käytännössä mahdotonta ilman akkreditointia.

Tässä työssä laadun toimintaa lähdetään selvittämään, mitä vaatimuksia SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys standardilla on. Aluksi selvennetään standardin asettamia vaatimuksia johtamiselle ja tekniselle toiminnalle. Tämän lisäksi selvitetään kalibrointi- ja laadunvarmistustoimet ja niihin liittyviä kustannuksia.

7.1 Johtamiseen liittyvät vaatimukset

Laboratorio tai organisaation tulee olla oikeudellisesti vastuullinen ja vastata siitä, että se täyttää ISO 17025 kansainvälisen standardin vaatimukset sekä tyydyttää asiakkaidensa ja viranomaisten tarpeet. Laboratorion

johtamisjärjestelmän tulee kattaa kaikki työ mikä liittyy laboratorion toimintaan. (44)

Laboratoriolla tulee olla johto ja tekninen henkilökunta, jolla vastuistaan huolimatta on tarvittavat valtuudet ja resurssit hoitaa johtamisjärjestelmän toteuttaminen, ylläpito ja parantaminen. Heidän tulee myös tunnistaa toiminnassa esiintyvät poikkeamat ja aloittaa toimenpiteet, joilla ennaltaehkäistään tai minimoidaan poikkeamia. (44)

Laboratorion tulee määrittää sen organisaation ja johdon rakenne. Laboratorion tulee huolehtia, että kaikki sen alaisina työskentelevät henkilöt ovat perehtyneet ja ymmärtävät testaus- ja kalibrointimenetelmät, menetelmätavat ja niihin liittyvät suoriukset ja arvioimiset. (44)

Laboratorion tulee dokumentoida toimintaperiaatteensa, järjestelmänsä, ohjelmansa, menettelytapansa ja ohjeistuksensa tarkasti varmistaakseen toiminnan laadun. Laadun hallintaan käytetään yleensä laatukäsikirjaa (44). Liitteessä 3 on esitetty esimerkki laatukäsikirjan sisällysluettelosta. (55)

Laboratorion asiakirjojen organisoinnille tulee olla kirjalliset menettelytavat ja vastuuhenkilö, kuka vastaa, että uusimmat asiakirjat ovat aina saatavilla ja vanhentuneet poistetaan kaikista mahdollisista paikoista. Asiakirjojen tulee olla tunnistettavissa ja tunnistetiedoissa tulee olla julkaisu- tai muutospäivä, sivunumerointi, sivujen kokonaismäärä ja hyväksyjän tai hyväksyjät. (44)

Laboratorion tulee luoda menettelytavat tarjouspyynnöille, tarjouksille ja sopimusten katselmuksille. Katselmukseen tulee kattaa myös alihankintana teetetyt työt. Laboratoriolla on velvollisuus tiedottaa asiakasta, jos sopimuksista poiketaan. (44)

Testien ja kalibrointien teettäminen alihankintana tulee teettää pätevällä alihankkijalla. Laboratoriolla on vastuu ilmoittaa asiakkaalle järjestelyistä kirjallisesti, mikäli ei ole kykeneväinen satunnaisista syistä, kuten resurssipulasta johtuen tai toistuvasti teetetettävien alihankintatöistä ellei asiakas itse tai viranomainen ole määrittänyt käytettävää alihankkijaa. (44)

Laboratoriolla tulee olla menettelytavat palvelujen ja tarvikkeiden hankintaan. Näitä ovat testauksessa ja kalibroinnissa tarvittavat kemikaalit, laboratoriotarvikkeet ja niiden vastaanotto ja varastointi. Laboratorion tulee arvioida kriittisesti toimittajat, palvelut ja tarvikkeet, jotka vaikuttavat testauksen ja kalibroinnin laatuun. (44)

Laboratorin tulee olla halukas asiakaspalveluun ja mahdollisesti päästämään asiakkaan seuraamaan hänen tilaamiaan testauksia ja kalibrointeja. Asiakkailta tulee myös hankkia palautetta, sekä myönteistä että kielteistä. Palaute tulee analysoida ja hyödyntää toimintojen kehittämisessä. Reklamaatioille tulee laatia menettelytavat ja ylläpitää tallenteita kaikista valituksista, selvityksistä ja korjaavista toimenpiteistä. (44)

Laboratoriossa tehtävissä testauksissa tai kalibroinnoissa huomattuja poikkeamia varten tulee laatia menettelytavat, joita sovelletaan, kun poikkeama tapahtuu laboratorion omista menettelytavoista tai asiakkaan kanssa sovituista. Tällöin on syytä arvioida poikkeaman merkitystä, voidaanko työtä jatkaa vai tulisiko se uusia. (44)

Laboratoriolla tulee olla menettelytavat korjaavista toimenpiteistä. Ongelman todellinen syy on selvitettävä. Kaikki tehdyt muutokset ja korjaavat toimenpiteet tulee dokumentoida, joihin on päädytty korjaavien toimenpiteiden selvityksessä. Tämän jälkeen tulee varmistua, että korjaavat toimenpiteet ovat toimivia ja työskentelyä voidaan jatkaa ilman ongelmia. (44)

Laboratorio standardin alaisena sitoutuu jatkuvasti parantamaan ja kehittämään johtamisjärjestelmänsä tehokkuutta käyttämällä hyväksi laatupolitiikkaa, laatutavoitteita, auditointien tuloksia, tietojen analysointia, korjaavia ja ehkäiseviä toimenpiteitä sekä johdon katselmuksia. (44)

Laboratorion tulee vuosittain suorittaa sisäinen auditointi. Auditoinnissa todennetaan, että sen toiminnot ja johtamisjärjestelmä on ajantasalla ja standardin vaatimusten mukainen. (44)

Laboratorion ylimmän johdon tulee vuosittain suorittaa johdon katselmuksat. Johdon katselmuksessa varmistetaan johtamisjärjestelmän ja testaus- ja kalibrointitoiminnot ja niiden tehokkuus ja sopivuus toimintaan. Katselmuksessa tuodaan esille tarpeelliset muutokset ja parannukset. (44)

Laboratorion toimintaan tulevat ongelmat/poikkeamat pystytään minimoimaan toimivalla laatujohtajajärjestelmällä. Edellämainitut ovat osa laboratorion johtamisen vaatimuksista. Vaatimuksia on paljon, mutta näillä varmistetaan laboratorion toiminnan jatkuva parantaminen ja toimintojen jatkuva sujuvuus. Ilman toimivaa johtoa laboratorion toiminnan tehokkuus laskisi merkittävästi. Vaatimuksista huomaa, että toiset ovat enemmän henkilöresursseja vaativia kuin toiset. Dokumentointi on ehdottomasti eniten henkilöresursseja vaativa työ. Tästä esimerkkinä on laatujohtajajärjestelmä. Laatujohtajajärjestelmän ei tarvitse olla valmis töitä aloittaessa, mutta sitä tulee kehittää jatkuvasti. Johtamisen välineenä laatujohtajajärjestelmä on erittäin tärkeässä roolissa, että laboratorion toiminnat ovat yhdenmukaisia koko henkilökunnalla. Käytännössä hyvällä dokumentoinnilla yritetään varmistaa asioiden jatkuva sujuvuus ja ongelmatilanteiden tullessa hyvillä merkinnöillä pystytään päättämään, mistä mahdollinen ongelma johtuu.

7.2 Tekniset vaatimukset

Eri tekijöiden vaikutus mittauksen kokonaisuvarmuuden vaihtelee suuresti eri tekijöiden välillä. Laboratorion tulee ottaa huomioon kaikki vaikuttavat toiminnot kehittäessään testaus- ja kalibrointimenetelmiä. Huomioon tulee ottaa esimerkiksi henkilökunnan koulutus, pätevyys sekä käytettävän laitteiston valinta ja kalibrointi. Laboratorion testauksiin ja kalibrointien oikeellisuuteen ja luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Näitä tekijöitä ovat inhimilliset tekijät, tilat ja ympäristöolot, menetelmät ja validoinnit, laitteistot, mittausten jäljitettävyyden, näytteenotto ja testattavien että kalibroittavien kohteiden käsittely. (44)

Laboratorio on vastuussa henkilöstön pätevoitymisestä ja laboratoriojohtoon tulee laatia tavoitteet henkilökunnan koulutukselle, perehdytykselle sekä

ammattitaidolle. Ulkoistetun henkilökunnan työskentely laboratorion johtamisjärjestelmän mukaisesti tulee varmistaa. Laboratoriolla täytyy olla ajan tasalla oleva toimenkuvaluettelo kaikista työntekijöistään. (44)

Laboratoriolla tulee olla menettelyohjeet ympäristöoloista, kun ne voivat vaikuttaa tuloksiin. Näitä tulee seurata ja valvoa sekä tallentaa teknisten spesifikaatioiden mukaisesti. (44)

Laboratorion toiminta-alueeseen kuuluvat toiminnot tulee olla käyttötarkoitukseen sopivia. Niiden tulee vastata asiakkaiden tarpeita ja soveltua tehtäviin testauksiin ja kalibrointiin. Näitä ovat näytteenotto, käsittely, kuljetus, säilytys, valmistelu ja soveltuvin osin tilastolliset menetelmät, joita on käytetty arvioitaessa mittausepävarmuutta ja testaus- ja kalibrointituloksia. (44)

Laboratorio testauksessa ja kalibroinnissa käytettävien menetelmien tulisi olla kansainvälisissä, alueellisissa tai kansallisissa standardeissa julkaistuja menetelmiä. Tarvittaessa laboratorio voi myös kehittää menetelmiä, jolloin niiden käyttötarkoitukseen sopivuus tulee varmistaa ja niiden tulee olla validoituja. (44)

Mittausepävarmuutta arvioitaessa, laboratorion tulee soveltuvia analysointimenetelmiä käyttäen ottaa huomioon kaikki tärkeät epävarmuustekijät. Näitä ovat esimerkiksi referenssinormaalit, referenssimateriaalit, menetelmät, laitteet, ympäristöolot, käyttäjä, testattavan kohteen ominaisuudet ja kunto. (44)

Laboratoriossa käytettäessä tietokoneita testaustietojen keräämiseen, käsittelyyn, tallentamiseen, raportointiin, säilyttämiseen tai hakemiseen tulee varmistaa, että ohjelma soveltuu käyttötarkoitukseen ja se on validoitu. Tietojen suojaamiseksi on laadittu menettelytavat. Tulosten koskemattomuus tulee taata ja tietokoneiden ylläpidolla varmistetaan asianmukainen toiminta. (44)

Laitteet ja ohjelmistot joita käytetään testaukseen, kalibrointiin ja näytteenottoon tulee soveltua vaadittuun tarkkuuteen ja täyttää testauksen ja kalibrointien

spesifikaatiot. Laitteet tulee kalibroida tai tarkistaa ennen käyttöönottoa ja käyttöä, jotta varmistutaan sen täyttävän standardien spesifikaatiot. Laitteille ja ohjelmistoille tulee luoda ja ylläpitää tallenteita, jotka kertovat sen tunnistetiedot, valmistajan, tyyppitunnuksen, sarjanumeron, tiedot spesifikaatiomukaisuuden tarkastuksista, sijainnin mikäli merkitsevä, laitevalmistajan ohjeet, huoltosuunnitelman, tehdyt huollot, kopiot kaikista raporteista ja kalibrointitodistuksista, kaikki laitteiston vauriot, virhetoiminnot ja niille tehdyt muutokset ja korjaustoimenpiteet. (44)

Mittausten jäljitettävyydessä pyritään aina jäljittämään mittalaitteet ja mittanormaalit kansainväliseen mittayksikköjärjestelmään (SI). Kun tämä ei ole mahdollista, niin tulee käyttää sertifioituja referenssimateriaaleja, joille päteväksi todettu toimittaja kykenee antamaan luotettavan fysikaalisen tai kemiallisen karakterisoinnin. (44)

Näytteenotosta ja testattavien kohteiden käsittelystä tulee laboratoriolla olla kirjalliset menettelyohjeet. Menettelyohjeiden tulee sisältää kuljettaminen, vastaanottaminen, käsittely, suojaaminen, säilyttäminen, hallussapitäminen ja hävittäminen. Laboratoriolla tulee olla näytteiden tunnistamisjärjestelmä, joka on suunniteltu niin, ettei sekaannukset näytteiden tai niiden asiakirjojen ja tallenteiden välillä ole mahdollisia. (44)

Laboratoriolla tulee olla laadittuna laadunvarmistusmenettelyt testien ja kalibrointien oikeellisuuden seuraamiseen. Tilastollisia menetelmiä tulee käyttää mahdollisuuksien mukaan. Laadunvarmistusmenettelyihin luetaan osallistuminen laboratorioden välisiin vertailuihin tai pätevyyskokeisiin, säännöllinen sertifioitujen referenssimateriaalien käyttö, testien ja kalibrointien toistaminen samoilla tai eri menetelmillä, säilytettyjen kohteiden uusintatestit tai –kalibroinnit ja tulosten vastaavuus kohteen erilaisiin ominaisuuksiin. Jos laadunvarmistusnäytteiden todetaan olevan määriteltyjen kriteerien ulkopuolella, tulee ryhtyä suunniteltuihin toimenpiteisiin ja estää virheellisten tulosten raportointi sekä selvittää ongelma. (44)

Tulosten raportointi laboratoriossa kaikkien testien, kalibrointien ja niiden sarjojen osalta tulee tehdä tarkasti, yksiselittäisesti ja objektiivisesti. Raporteissa tulee esittää kaikki asiakkaan edellyttämät tiedot, testaus- ja kalibrointitulosten tulkinnan kannalta tarpeelliset tiedot sekä kaikki käytetyn menetelmän tiedot. (44)

Teknisistä vaatimuksista osa otetaan huomioon jo ennen kuin toimintaa aloitetaan. Suunnittelu vaiheessa henkilöstö, laitteisto ja menetelmät ovat jo katsottuina. Suunnittelun kohteena olevassa laboratoriossa kaikki menetelmät ovat standartoituja, joten menetelmäkehitystä ei tarvitse alkaa suorittamaan.

7.3 Analyysien laadunvarmistus ja jäljitettävyys kustannukset

Laadunvarmennus käytännön tasolla vie yllättävän paljon työaika normaalien analyysien lisäksi. Suunnittelun alaisessa laboratoriossa yleisiä laadunvarmistus toimia tulisi olemaan esimerkiksi,

- Vaakojen kalibrointi (viikoittain n. 30 min)
- pH-mittarin kalibrointi käytön yhteydessä (n. 5 min)
- Pipettien kalibrointi (kuukausittain n.10 min per pipetti)
- Pesukoneiden pesutulostestaus (vuosittain)
- Autoklaavin käytön yhteydessä steriloinnin varmennus (n. 5 min)
- Lämpötilan tarkistaminen kalibroidulla mittarilla käytön yhteydessä lämpökaapeista ja jääkaapeista
- Vedenpuhdistuslaitteiston sanitointi ja puhdistuskasettien vaihto (kerran vuodessa noin 1-2 työpäivää)

Analyysien laadunvarmistuksessa käytetään yleisesti erilaisia keinoja laadun takeeksi. Näitä voivat olla esimerkiksi laboratorioden väliset vertailut, varmennetut vertailumateriaalit, valvontakortit, rinnakkaismääritykset, menetelmä vertailut ja kontrollinäytteet. Käytännössä suunnitellun laboratorion toiminnassa jokaisen näytesarjan tai yksittäisen näytteen yhteydessä tehdään esimerkiksi sisäinen referenssinäyte, jonka avulla voidaan seurata analyysin, laitteiden, tekijän ja olosuhteiden toimintaa. Tämän lisäksi osallistutaan

vuosittain analyysien laboratorioden välisiin vertailuihin tai pätevyyskokeisiin. Referenssinäytteeksi voidaan käyttää itse tekemiä tai varmennettuja vertailumateriaaleja. (56)

Suunnittelulle laboratoriolle edellämainittuja referenssinäytteitä voisivat olla kovettuneen betonin kloridipitoisuus määritykseen jauhettu betoninäyte, jonka kloridipitoisuus tunnetaan. Asbestin tutkimuksissa vastaavasti näyte rakennusmateriaaleista, joka tutkitaan elektronimikroskoopilla. Laboratorioden vertailuja Suomessa järjestää esimerkiksi Suomen Ympäristökeskus (SYKE). Suunnittelulle laboratoriolle esimerkki tällaisesta testauksesta olisi rakennusmateriaali- ja suspensionäytteen mikrobiologinen määrittäminen viljelymenetelmällä. (56)

Referenssinäytteiden ja vuosittaisiin laboratorioden välisiin vertailuihin osallistumisesta syntyvät kustannukset ilman että huomioidaan työaikaa ovat vuositasolla arviolta 2000-4000 euroa.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millainen laboratorion kokonaisuus olisi toimeksiannon tehnyttä yritystä parhaiten palveleva ja samalla antaa yleistä infoa laboratoriotuiminnasta. Laboratorion kokonaisuudesta puhuttaessa tarkoitetaan arvioiteja tilan laajuudesta ja kuinka tila tulisi jakaa, tietojärjestelmästä, henkilöstöstä, välineistöstä, laitteistosta, reagensseista, analyyseistä ja niiden analyysiajoista. Tämän lisäksi tuli selvittää laatuun liittyvät vaatimukset laboratorion toiminnalle ja mahdolliselle sertifiointille.

Työhön valittiin analyytit vuotuisien analyysimäärien pohjalta. Analyyseiksi valittiin betonin määrittämisestä ohutkie, kovettuneen betonin kloridipitoisuus ja karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen. Asbestista valittiin määrittämisiksi ilma- ja rakennusmateriaalinäytteet. Mikrobiologisista tutkimuksista valittiin pinta-, materiaali- ja ilmanäytteet.

Laitteisto laboratoriolle määritettiin analyyseiden perusteella. Koko laboratorion laitteiden ja välineiden kustannukset ovat noin 350 000 €. Työssä annetun laitteistokokonaisuuden tehtävä on olla suuntaa antava kokonaiskustannusten arvioimisessa.

Laboratoriotilat jaettiin toimintojen mukaan betoni-, vaaka-, välinehuolto-, mikroskopointi-, ja mikrobiologiahuoneeseen. Lisäksi huomioitiin laboratoriosali ja henkilökunnan tarvitsemat toimistotilat. Tilantarpeeksi arvioitiin vähintään 120 m². Siinä otettiin huomioon eri huoneet, laitteisto, välineistön ja reagenssien säilytystilat.

Laboratorion toimintaan suunniteltiin neljää henkilöä, joista yksi olisi johtavassa asemassa oleva kemisti/geologi, yksi mikrobiologi, joka ohjaisi ja aikatauluttaisi työnskentelyä ja kaksi laboranttia tai laboratorio-/bioanalyttikkoo analyyseiden ja laadunvarmennus toimenpiteiden suorittamiseen.

Laboratorion tietojärjestelmäksi ehdotettiin LimsBoss ohjelmistoa. LimsBoss täyttää ISO 17025 standardin vaatimukset. Suunniteltuun laboratorioon tulisi

jokaiselle laboratorion henkilökunnan jäsenelle oma lisenssi ja tämän lisäksi kaksi lisenssiä, joilla muut henkilökunnan jäsenet pystyvät tarkastelemaan ja tulostamaan tuloksia. Taulukossa 12 on esitetty yhteenveto kustannuksista.

Taulukko 12. Yhteenveto kustannuksista ja tilantarpeesta.

Yhteenveto	
Laitteisto + välineet	350 000 €
Tietokoneet ohjelmistoinen	15 000 €
LimsBoss- vuosikustannukset	3000-5000 €
Ensimmäisen kerran akkreditointi	5000-8000 €
Laboratoriotilojen tarve	120 m ²
Refesenssimateriaalit ja vertailumittaukset	2000-4000 €

Laboratorion toimintaa sääteleviä lakeja ovat kemikaalilaki, jätelaki, ympäristönsuojelulaki ja terveydensuojelulaki. Sädöksistä merkittävimpiä ovat Valtioneuvoston asetus elintarvikelain ja terveydensuojelulain nojalla tutkimuksia tekevästä laboratorioista 1174/2006 ja Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset.

Jatkossa suunnitellulle laboratoriolle olisi hyvä tehdä tarkat laskennat kannattavuuden arviointiin liittyen. Huomioon tulisi ottaa työaika, kulutustavarat, laitteiston käyttökustannukset, laadunvarmistus kustannukset, analyysimäärät, ja laboratorion ylläpitokustannukset. Tämän jälkeen tehtäisiin rakenteelliset piirrustukset, joiden avulla pystyttäisiin arvioimaan rakennuskustannuksia. Tähän vaiheeseen olisi hyvä saada mukaan kokenut laboratorioalan ammattilainen, joka yhdessä arkkitehdin kanssa pystyisi antamaan oman näkemyksensä ja kokemuksensa töiden sujuvuuden ja turvallisuuden kannalta. Työprosessien yksityiskohtainen tunteminen on välttämätöntä suunnittelun onnistumisessa.

Yritys sai työstäni suuntaa antavan paketin, jota he pystyvät mahdollisesti hyödyntämään tulevaisuuden suunnitelmissaan. Opinnäytetyö antoi heille paljon uutta tietoa, esimerkiksi laboratorion hallinnallisesti puolesta, jonka työ määrä oli heille ennestään tuntematon. Myös laadunvarmennus toimien määrä tuli uutena asiana.

LÄHTEET

1. WSP Finland. [online, viitattu 03.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.wspgroup.com/fi/Tervetuloa-WSP-Finlandin-sivuille/Palvelut/Palvelut--sailio/korjausrakentaminen-palvelut/Laboratoriopalvelut/>
2. Ositum Oy. [online, viitattu 03.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.ositum.fi/index.php?p=Etusivu>
3. KiraLab. [online, viitattu 03.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.kiralab.fi>
4. Contesta Oy. [online, viitattu 03.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.contesta.fi>
5. Savonia-ammattikorkeakoulu. [online, viitattu 03.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://portal.savonia.fi/amk/fi/tki-ja-palvelut/asiantuntijapalvelut/rakennusalan-palvelut/rakennustekniset-tutkimukset>
6. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. [online, viitattu 03.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/tutkimus/palvelut/hometaloanalytiikka
7. Suomen Betoniyhdistys ry, Betonitekniikan oppikirja 2004 By 201. Suomen Betonitieto Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä 2005.
8. Charles E. Mortimer, Kemia, käänt. Marjatta Hakkarainen 1997. 3. painos. Opetushallitus. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä 2001.
9. ASTM C 856 – 11, Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete, ASTM, West Conshohocken, Pa., 2011.
10. SFS EN 14629:2007, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki 2007.
11. SFS EN 14630:2006, Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen fenolftaleinimenetelmällä. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki 2006.
12. Lehtola K. 2008. As OY Orelinhaan julkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka.
13. SFS 3868, Ilman laatu. Työpaikkailma. Asbestikuitujen laskentaperusteet. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki 1981.
14. Asumisterveysopas 2009 3. korjattu painos. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen soveltamisopas. Ympäristö ja terveys-lehti 2009, Pori 2009.
15. Virpi Leivo. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Opas kosteusongelmiin – rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Tampere 1998.
16. Sartorius AG. [online, viitattu 10.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.sartorius.com/fileadmin/fm-dam/sartorius_mediathek/Lab-Products-and-Services/Lab-Weighing/Lab-Balances/CPA/Data-Sheets/DS-CPA10001-e.pdf
17. Sartorius AG. [online, viitattu 10.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.sartorius.com/fileadmin/fm-dam/sartorius_mediathek/Lab-Products-and-Services/Lab-Weighing/Lab-Balances/Talent/Data-Sheets/DS-E214S-e.pdf

18. Elga Ltd. [online, viitattu 11.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.elgalabwater.com/cache/downloads/bxr2qjg2334g808o8gggogo84/purelab-option-s-r-7-15-specification-sheet-litr38753-03.pdf>
19. Mediq Suomi Oy. [online, viitattu 13.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.mediq.fi/public/dokumenter/MediqSuomi/Labra/815LXBrochure.pdf>
20. VWR Oy. [online, viitattu 12.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
https://fi.vwr.com/app/catalog/Product?article_number=662-2781
21. VWR Oy. [online, viitattu 12.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
https://fi.vwr.com/app/catalog/Product?article_number=662-0330
22. Kojair Tech Oy. [online, viitattu 14.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.kojair.com/fi/tuotteet/laboriorituotteet/muut_puhdasilmakaapit/vetokaapit
23. Kojair Tech Oy. [online, viitattu 09.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.kojair.com/files/182/Biowiz_Standard_ENG09_scr.pdf
24. Kimrok Oy. [online, viitattu 11.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.kimrok.fi/sivut/images/testikuvia/Fluke_Impmittari_50_sarja_esitesivu.pdf
25. Kimrok Oy. [online, viitattu 14.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.kimrok.fi/sivut/painemittarit/testo-510-paine-ero-mittari>
26. Porkka Finland Oy. [online, viitattu 10.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.porkka.fi/files/File/content%20products/english/8519%20Porkka%20Scientific%20brochure%2023.11.12%20spreads%20WEB.pdf>
27. Mediq Suomi Oy. [online, viitattu 08.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<https://www.mediq.fi/public/dokumenter/MediqSuomi/Labra/Termaks%20main%20brochure.pdf>
28. Labo Line Oy. [online, viitattu 16.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.laboline.fi/files/Systec%20D-sarjan%20esite.pdf>
29. Struers Oy. [online, viitattu 13.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.struers.com/default.asp?top_id=3&main_id=14&doc_id=197&target=self&admin_language=14
30. Struers Oy. [online, viitattu 13.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.struers.com/default.asp?top_id=0&main_id=0&sub_id=0&doc_id=867&admin_language=14
31. Struers Oy. [online, viitattu 13.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.struers.com/default.asp?top_id=3&main_id=8&sub_id=4&doc_id=180
32. Struers Oy. [online, viitattu 13.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.struers.com/resources/elements/12/202049/Accutom_brochure_5-50_English.pdf
33. Pelcon Materials & Testing ApS. [online, viitattu 14.10.2013]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.pelcon.dk/Products/AutomaticThinSectionMachinePatpending/tabid/730/language/en-US/Default.aspx>
34. S. Amelinckx. ym. *Electron Microscopy: Fundamentals and Principal*. 1. Painos. Wiley-VCH. Lokakuu 1997.
35. Douglas B. Murphy, Michael W. Davidson. *Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging*. 2. painos. Wiley-Blackwell. Lokakuu 2012.

36. Motic Europe. [online, viitattu 16.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.moticeurope.com/categoryproduct/&path=145_129_155&serie_id=36
37. VWR Oy. [online, viitattu 17.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: https://fi.vwr.com/app/catalog/Product?article_number=630-1146
38. Finfofocus Instruments Oy. [online, viitattu 18.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://static.ecome.fi/upload/43/VEGA3%20SB%20-%20one%20by%20one%20page.pdf>
39. SKC Inc. [online, viitattu 25.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.skshopping.com/ProductDetails.asp?ProductCode=100-3002-S>
40. Thermo Fisher Scientific Inc. [online, viitattu 26.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.thermoscientific.com/ecom/servlet/productsdetail_11152_11961543_-1
41. Motic Europe. [online, viitattu 26.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.motic.com/upload/File/20121022144202106.pdf>
42. Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. [online, viitattu 18.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/tutkimus/palvelut/vesimikrobiologia/elatusalustojen_valmistus
43. Työterveyslaitos. [online, viitattu 20.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/ergonomia_eri_aloille/laboratoriotyo/laboratoriosuunnittelu/Documents/Suunnitellaan_yhdessa_toimiva_laboratorio_Bioanalyttikko_2_2006%5B1%5D.pdf
44. SFS-EN ISO/IEC 17025:2005, Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki 2005.
45. Terveydensuojelulaki. [online, viitattu 26.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>
46. Software point Oy. [online, viitattu 20.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.softwarepoint.com/products_wilablms.html
47. Kemikaalilaki. [online, viitattu 27.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1989/19890744>
48. Jätelaki. [online, viitattu 26.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072>
49. Ympäristönsuojelulaki. [online, viitattu 26.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>
50. Valtioneuvoston asetus elintarvikelain ja terveydensuojelulain nojalla tutkimuksia tekevistä laboratorioista 1174/2006. [online, viitattu 26.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061174>
51. Espoon kaupungin ympäristönsuojelumääräykset. [online, viitattu 24.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.espoo.fi/download/noname/%7B8082CD44-B37E-4AA9-9BE3-AE68EF04CA5D%7D/11672>
52. Turvallisuus ja kemikaalivirasto. [online, viitattu 23.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.tukes.fi>
53. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. [online, viitattu 22.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: http://www.valvira.fi/ohjaus_ ja_valvonta/terveydensuojelu/laboratoriot
54. Mittatekniikan keskus. *Finas Hinnasto 2013*. Mittatekniikan keskus. [online, viitattu 25.10.2013]. Saatavilla www-muodossa: www.mikes.fi/documents/upload/finas_hinnasto.pdf

55. Jaarinen, S.- Niiranen, J. 2005 Laboratorion analyysitekniikka. 5. uud. painos. Oy Edita Ab. Helsinki 2000.
56. Storberg, M. 2012. Laatumoniste osa 2. Kurssimoniste. Turun ammattikorkeakoulu.

Suunnittelun laboratorion laitteisto

Huone	Tehtävä	Laite	kpl	Hinta/kpl + ALV
Betoni				
	katkaisu	Accutom-50 tarkkuuskatkaisu ja hiontalaite	1	39 000 €
	hionta	LaboPol-35/LaboForce-Mi hionta- ja kiillustuslaite	1	27 000 €
	muovitus	CitoVac- vakuumimuovituslaite	1	5 500 €
Laboratoriosali				
	pH-mittari	Mettler-Toledo pöytämallin pH-/mV-/°C-mittari FiveEasy™ FE20	1	318 €
	pH-mittari	Mettler-Toledo pH-/mV-/°C-mittari SevenGo™ SG2 kenttäpakkauksella	1	713 €
	vetokaappi	Kojair merkinen kvk 1200 malli	3	3 200 €
	lämpömittari	Fluke merkinen 2-kanavainen 52-2 mallin Lämpömittari	1	445 €
	paine-ero mittari	Testo merkinen 510 mallin paine-ero mittari	1	198 €
	jääkaappi	Porkka merkinen Lab 300 mallin jääkaappi	1	3 585 €
	Ilmapumppu	SKC Leland Legacy merkinen ilmanäytepumppu	3	1 053 €
	lämpökaappi	Termaks merkinen TS8265 mallin lämpökaappi	2	3 776 €
Välinehuolto				
	pesukone	Lancer pesuautomaatti kuivauksella Labexia 815 LX + PST ja PSBT vaunut	1	7 872 €
	pesukone	Lancer pesuautomaatti kuivauksella Labexia 815 LX + suihkutupkivaunu	1	8 487 €
	vesilaite	Purelab option-R 15 vedenpuhdistuslaitteisto	1	6 880 €
Mikroskooppi				
	mikroskooppi	Motic merkinen ZOOM K-700P mallin Stereomikroskooppi	1	1 650 €
	mikroskooppi	Motic merkinen BA 310 digital mallin polarisaatiomikroskooppi	1	3 040 €
	mikroskooppi	Tescan merkinen VEGA3 SB – EasyProbe mallin SEM + EDS	1	100 000 €
Mikrobiologia				
	vaaka	Sartorius Mechatronics mallin CPA-10001 Tarkkuusvaaka	1	2 424 €
	vaaka	Sartorius Mechatronics mallin TE214S analyysivaaka	1	2 599 €
	laminariikaappi	Kojair merkinen biowizard standard 130 malli	2	5 050 €
	jääkaappi	Porkka merkinen Lab 300 mallin jääkaappi	1	3 585 €
	pakastin	Porkka merkinen RF 720 mallin pakastin	1	4 372 €
	inkubointikaappi	Termaks merkinen KB8400L mallin inkubointikaappi	2	15 560 €
	mikroskooppi	Motic merkinen BA 210 mallin trinokulaarinen valomikroskooppi	1	1 490 €
	keräin	Thermo Scientific merkinen 6-vaiheimpaktori + pumppu ja kantolaukku	3	4 095 €
Vaaka				
	vaaka	Sartorius Mechatronics mallin CPA-10001 Tarkkuusvaaka	1	2 424 €
	vaaka	Sartorius Mechatronics mallin TE214S analyysivaaka	1	2 599 €
Autoklavointi				
	autoklaavi	Systec merkinen D-65 mallin autoklaavi	1	25 838 €
			SUMMA	323 835 €

Kulutustavaroiden ja reagenssien kustannukset

Ohuthieanalyysi

Välineet

Välineet	Hinta €	Määrä	Kpl / €
Aluslasi	151	100 kpl	1,51
Peitinlasi	16,5	100 kpl	0,17
Timanttikuppilaikka	726	1 kpl	726
Timanttikatkaisulaikka	1410	1 kpl	1410
MD-Dur kangas	165	5 kpl	33,00
MD-Nap kangas	157	5 kpl	31,40

Reagenssit

Reagenssi	Hinta €	Määrä
Kyllästysaine EpoDye	25,8	20 g
Lämpömuovautuva hartsi Eukitt	243	500 ml
Piikarbidijahe karkeus 220	36,1	500 g
Piikarbidijahe karkeus 100	62,8	300 g
Timanttisuspensio DiaPro Dur	91,7	500 ml
Timanttisuspensio DiaPro Nap	110	500 ml

Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen

Reagenssi	Hinta €	Määrä	CAS.
Hopeanitraattiliuos 0,1mol/l (0,1 N) AVS TITRINORM®	84,1	1 l	7761-88-8
Typpihappo 65% AnalaR NORMAPUR®	23,5	1 l	7697-37-2
Ammoniumtiosyanaatti 0,1 mol	22,1	1 l	1762-95-4
Ferroammoniumsulfaatti indikaattori	84,9	1 kg	7783-85-9
3,5,5-trimetyyliheksanoli	43,9	500 ml	3452-97-9

Kovettuneen betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen

Reagenssi	Hinta €	Määrä	CAS.
Etanoli ETAX A 96 til-%	71,14	6 l	64-17-5
Fenolftaeleini	37,8	100 g	77-09-8

Asbestin määrittäminen ilmanäytteestä

Välineet	Hinta €	Määrä	Kpl / €
Polykarbonaattisuodatin 0,2µm	53,6	100 kpl	0,54
Selluloosaesterisuodatin 0,8µm	26,8	100 kpl	0,27
Suodatinkasetti (tyhjä)	115,4	100 kpl	1,15
Preparaatti levyjä	10	100 kpl	0,10

Mikrobiologiset tutkimukset ilma-, pinta- ja rakennusmateriaalinäytteistä

Välineet

Välineet	Hinta €	Määrä	Kpl / €
Säteilysteriloitu kulmasauva	81	1000 Kpl	0,08 €
Mikrofilmi (parafilm)	77,1	76 m	
Pipetinkärjet	52,8	1000 Kpl	0,05 €
Tyhjä petrimalja	126,2	500 kpl	0,25 €

Reagenssit

Reagenssi	Hinta €	Määrä	CAS.	Valmistuserä 40 kpl
Mallasuute	86,2	500 g	8002-48-0	3,45 € / 20g
Agar	421	1 kg	9002-18-0	6,32 € / 15g
Kloramfenikolia	28,2	50g	56-75-7	0,057 € / 0,1g
Tryptoni	180	1 kg	91079-40-2	0,9 € / 5 g
Hiivauute	196	1 kg	8013-01-2	0,49 € / 2,5 g
Glukoosi	46,1	1 kg	50-99-7	0,46 € / 1g
Agar	421	1 kg	9002-18-0	6,32 € / 15g
Natamysiiniä	60,4	1 g	7681-93-8	12,08 € / 0,2g
DG-18 agar-jauhetta	130	500g		8,19 € / 31,5g
Glyserolia	65,8	1 l	56-81-5	14,48 € / 200g
Kloramfenikolia	28,2	50g	56-75-7	0,057 € / 0,1g

Työaika yhden erän valmistamiseen on 1h. Tunnin hinta laskettu 20€.

Malja	Erän hinta (40 kpl)	1 kpl	Työ / kpl	Petrimalja	Yhteensä
DG-18	22,73 €	0,57 €	0,5 €	0,25 €	1,32 €
M2	9,83 €	0,25 €	0,5 €	0,25 €	1,00 €
THG-natam.	20,25 €	0,51 €	0,5 €	0,25 €	1,26 €

Esimerkki laboratorion laatukäsikirjan sisällysluettelosta

LABORATORION LAATUKÄSIKIRJA	SISÄLLYSLUETTELO
Laboratorion nimi	Sivu 1(3)
KAPPALEEN OTSIKKO	Versio nro
	Päivämäärä:
	Julkaisija:
SISÄLLYSLUETTELO	
<p>1. LAATUPOLITIIKKA</p> <p>1.1 Kuvaus laatupolitiikasta</p> <p>1.2 Akkreditointielin ja hyväksyvät elimet</p> <p>2. LAATUJÄRJESTELMÄ</p> <p>2.1 Laatujärjestelmän tavoitteet ja rakenne</p> <p>2.2 Laatukäsikirja</p> <p>2.3 Laatujohtaminen</p> <p>2.4 Dokumentointi</p> <p>3. ORGANISAATIO JA JOHTAMINEN</p> <p>3.1 Organisaatio</p> <p>3.2 Organisaatiokaavio</p> <p>3.3 Johtaminen</p> <p>3.4 Yleistä johtamiseen liittyvistä menettelytavoista</p> <p>3.5 Hallinnolliset toiminnot</p> <p>3.6 Henkilökunta – pätevyys ja koulutus</p> <p>4. LAATUJÄRJESTELMÄN KATSELMUKSET JA LAATUAUDITOINTI</p> <p>4.1 Laatujärjestelmien katselmukset</p> <p>4.2 Laatuauditointi</p> <p>4.3 Laadunohjausjärjestelmät</p> <p>5. LAITTEISTO</p> <p>5.1 Kalibrointi- ja testauslaitteistot</p> <p>5.2 Laitteistojen toiminta ja ylläpito</p> <p>5.3 Laiterekisterit</p> <p>5.4 Käyttöluvat</p> <p>5.5 Valvonta</p> <p>6. MITTAUSTEN JÄLJITETTÄVYYS JA KALIBROINTI</p> <p>6.1 Toiminnan päämäärät</p> <p>6.2 Mittausepävarmuus</p> <p>6.3 Kalibrointi</p> <p>6.4 Vertailumittaukset ja laboratorioden väliset vertailutestaukset</p> <p>7. KALIBROINTI-/TESTAUSMENETELMÄT JA -MENETTELYTAVAT</p> <p>7.1 Toimintapolitiikka ja soveltuvuusalue</p> <p>7.2 Asiakirjojen saatavuus</p> <p>7.3 Menetelmien ja menettelytapojen dokumentointi</p> <p>7.4 Tietojen suojaus</p> <p>7.5 Kalibrointi- ja testaustulosten epävarmuus</p>	

LABORATORION LAATUKÄSIKIRJA	SISÄLLYSLUETTELO
Laboratorion nimi	Sivu 2(3)
KAPPALEEN OTSIKKO	Versio nro
	Päivämäärä:
	Julkaisija:
SISÄLLYSLUETTELO	
8. LABORATORIOTILAT JA YMPÄRISTÖ	
8.1	Laboratoriotilat ja olot
8.2	Rekisterit
8.3	Laboratorioon pääsy
8.4	Järjestyksenpito
9. KALIBROITAVIEN/TESTATTAVIEN KOHTEIDEN KÄSITTELY	
9.1	Vastaanotto ja käsittely
9.2	Merkitseminen
9.3	Vastaanottoehdot
9.4	Hävittäminen
10. TIEDOSTOT	
10.1	Järjestelmä
10.2	Tietojen tallentaminen
10.3	Suojaaminen
10.4	Säilyttäminen
11. KALIBROINTITODISTUKSET, TESTAUSSELOSTEET JA -TODISTUKSET	
11.1	Yleistä
11.2	Allekirjoittaminen
11.3	Finas-tunnuksen/Suomen kalibrointipalvelun tunnuksen käyttö
11.4	Täydentävät todistukset/selosteet
11.5	Todistusten/selosteiden pätevyys
11.6	Tulosten toimittaminen
12. VALITUSTEN JA POIKKEAVUUKSIEN KÄSITTELY	
12.1	Toimintapolitiikka
12.2	Menettelytavat
12.3	Tiedostot
12.4	Auditoinnit
13. KALIBROINNIT/TESTIT ALIHANKINTANA	
13.1	Toimintapolitiikka
13.2	Rekisteri
13.3	Raportointi
14. ULKOPUOLISET TUKIPALVELUT JA TOIMITUKSET/HANKINNAT	
14.1	Toimintapolitiikka
14.2	Rekisterit

LABORATORION LAATUKÄSIKIRJA	SISÄLLYSLUETTELO
Laboratorion nimi	Sivu 3(3)
KAPPALEEN OTSIKKO	Versio nro
	Päivämäärä:
	Julkaisija:
SISÄLLYSLUETTELO	
15. KENTTÄKALIBROINTI JA -TESTAUS	
15.1	Politiikka
15.2	Laatupolitiikka
15.3	Organisaatio
15.4	Auditointi ja katselmus
15.5	Henkilökunta
15.6	Kalibrointi ja testauslaitteet
15.7	Mittanormaalit
15.8	Kalibrointi/testausmenetelmät ja -menettelytavat
15.9	Ympäristö
15.10	Kalibroittavien tai testattavien kohteiden käsittely
15.11	Tiedostot
15.12	Kalibrointitodistukset ja testausseosteet
15.13	Kentälle pääsy
16. KENTTÄKALIBROINNIT/TESTAUKSET ALIHANKINTANA	
16.1	Yleistä