

Riitta Mahlberg, Maarit Hellstedt,  
Pekka Jauhiainen, Risto Kuisma,  
Hanna-Riitta Kymäläinen, Jenni Määttä,  
Liisa Salparanta, Anna-Maija Sjöberg  
& Anne-Christine Ritschkoff

Helposti puhdistettavat lattiamateriaalit  
lypsykarjatiloiissa



# **Helposti puhdistettavat lattiamateriaalit lypsykarjatiloiissa**

Riitta Mahlberg, Liisa Salparanta & Anne-Christine Ritschkoff  
VTT

Maarit Hellstedt & Pekka Jauhiainen  
Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT)

Risto Kuisma, Hanna-Riitta Kymäläinen,  
Jenni Määttä & Anna-Maija Sjöberg  
Helsingin yliopiston agroteknologian laitos



ISBN 978-951-38-7234-2 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-7235-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2008

**JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER**

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7001

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

VTT, Metallimiehenkuja 6–8, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7069

VTT, Metallmansgränden 6–8, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7069

VTT Technical Research Centre of Finland, Metallimiehenkuja 6–8, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland  
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7069

Toimitus Anni Repo

Edita Prima Oy, Helsinki 2008

Mahlberg, Riitta, Hellstedt, Maarit, Jauhiainen, Pekka, Kuisma, Risto, Kymäläinen, Hanna-Riitta, Määttä, Jenni, Salparanta, Liisa, Sjöberg, Anna-Maija & Ritschkoff, Anne-Christine. Helposti puhdistettavat lattiamateriaalit lypsykarjatiloiissa [Easy-to-clean floor materials in cattle barns]. Espoo 2008. VTT Tiedotteita – Research Notes 2447. 66 s. + liitt. 2 s.

**Avainsanat** farms, production facilities, cleanability, building materials, floors, concrete, easy-to-clean surfaces, farm buildings, repellence properties, chemical resistance, abrasion resistance

## Tiivistelmä

Maatalouden tuotantotilojen puhtaudella on suuri merkitys kotieläinten hyvinvointiin, terveyteen ja sitä kautta tuottavuuteen. Tuotantotilojen puhtaana pysymiseen voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla. Maa- ja metsätalousministeriön Makera-tutkimusohjelman rahoittaman kolmivuotisen hankkeen ”Maatalouden puhtaat pinnat” tavoitteena oli selvittää likaa ja kosteutta hylkivien rakennusmateriaalien toimivuutta lypsykarjarakennuksien lattiamateriaaleina. Tutkimuksessa oli mukana sekä kaupallisia että tuotekehityksessä olevia pintamateriaaleja. Tutkimus toteutettiin VTT:n, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) ja Helsingin yliopiston agroteknologian laitoksen (HY) yhteistyönä.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin laboratoriokokein betonin ja eri lailla seostettujen tai pintakäsiteltyjen betonimateriaalien, sauma-aineiden ja asfalttien hylkivyyssominaisuuksia, kemiallista ja kulutuskestävyyttä sekä puhdistuvuutta malli-, rehu- ja lantaloista. Laboratoriokokeiden tulosten perusteella valikoidut materiaalit asennettiin käytännön olosuhteisiin lypsykarjan pihattorakennuksen älyportti- ja ruokintapöytäalueille. Materiaalien kuntoa ja puhdistuvuutta seurattiin kolmen kuukauden välein toistuvien säännöllisten mittauksien kaikkiaan vuoden ajan. Kenttätutkimus vahvisti laboratoriokoeosuudessa tehdyt havainnot siitä, että tutkitut muovipinnoitteet ja -modifioinnit paransivat betonin puhdistettavuutta navettaympäristössä. Pintamateriaalit likaantuivat ja kuluivat voimakkaammin älyporttialueella kuin ruokintapöydällä. Molemmilla koepaikoilla muovipinnoitetut pinnat olivat yleisesti ottaen helpommin puhdistettavia kuin pinnoittamattomat näytteet. Lisäksi älyporteille asennetuissa materiaaleissa veden ja siten myös lian tunkeutuminen materiaalien pintakerrokseen ja pintakerrosten läpi oli yleisempää kuin ruokintapöytänäytteissä. Tämä johtui älyportilla syntyneistä mekaanisista ja kemiallisista vaurioista pinnoitteisiin. Pinnoittamista suositellaan tiloihin ja pinnoille, joilta vaaditaan hygieenisyyttä, esimerkiksi ruokintapöydille ja lypsyasemille.

Mahlberg, Riitta, Hellstedt, Maarit, Jauhiainen, Pekka, Kuisma, Risto, Kymäläinen, Hanna-Riitta, Määttä, Jenni, Salparanta, Liisa, Sjöberg, Anna-Maija & Ritschkoff, Anne-Christine. Helposti puhdistettavat lattiamateriaalit lypsykarjatiloiissa [Easy-to-clean floor materials in cattle barns]. Espoo 2008. VTT Tiedotteita – Research Notes 2447. 66 p. + app. 2 p.

**Keywords** farms, production facilities, cleanability, building materials, floors, concrete, easy-to-clean surfaces, farm buildings, repellence properties, chemical resistance, abrasion resistance

## Abstract

Cleanliness of agricultural production facilities plays an important role in the well-being and health of the domestic animals, and thereby the productivity of the farm. The cleanability of production facilities can be influenced by proper choices of the building materials. The objective of the project “Easy-to-Clean Surfaces in Farm Buildings” was to determine the performance of dirt- and moisture-repelling building materials under agricultural conditions. The three year project was financed by the Makera research programme of the Ministry of Agriculture and Forestry in Finland. Commercially available surface materials or materials under development were included in the study. The research was conducted in co-operation between VTT Technical Research Centre of Finland, MTT Agrifood Research Finland and Helsinki University, Faculty of Agriculture and Forestry.

During the first stage, the repellence properties, chemical and abrasion resistance as well as cleanability from manure, feed mixture and different model soils were characterised by means of laboratory methods for concrete, for differently modified or coated concrete, for different type of asphalt and joint materials. Based on the laboratory results, test materials were selected for the field test and placed on the feeding table and the floor at a sorting gate of a cow barn. The appearance and cleanability of the test materials were monitored regularly at three months intervals altogether for one year. The results of the laboratory phase were confirmed by the field test showing that the modifications or surface coatings studied clearly improved the cleanability of concrete under farm conditions. The materials were more severely soiled and worn at the floor than on the feeding table. Due to mechanical and chemical wear, the materials installed at the sorting gate absorbed more moisture and soil than the ones installed on the feeding table. Plastic coatings or treatments are recommended to be used for surfaces with requirements of high hygiene, such as for feeding tables and milking stations.

# Alkusanat

Pintamateriaalien ominaisuuksien, varsinkin puhtaana pysymisen ja puhdistettavuuden, kehittämiseen on viime vuosina panostettu runsaasti tutkimusresursseja. Tämän hankkeen tavoitteena oli selvittää kaupallisesti saatavien ja kehitteillä olevien likaa ja kosteutta hylkivien rakennus- ja pinnoitemateriaalien toimivuutta maatalouden tuotanto-olosuhteissa. Kokeet toteutettiin laboratoriossa ja kenttäkokeina navetassa. Tutkimuksen tuloksista tiedotettiin useiden asiakaslehtikirjoitusten, tieteellisten julkaisujen ja konferenssiesitysten muodossa maatalousyrittäjille, maatalousrakennusten suunnittelijoille, rakennustuoteyrityksille ja tiedeyhteisölle. Tämä julkaisu on tiivistetty yhteenveto tutkimusten tuloksista, joista löytyy yksityiskohtaisemmin tietoa lähdeluettelossa mainituissa julkaisuissa.

Tutkimus kuului maa- ja metsätalousministeriön (MMM) Makera-tutkimusohjelmaan, ja se toteutettiin 1.1.2005–31.12.2007 VTT:n, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) ja Helsingin yliopiston agroteknologian laitoksen (HY) yhteistyönä. Tutkimusta rahoittivat MMM, VTT ja seuraavat yritykset: Lujabetoni Oy, Oy DeLaval Ab, Interpump Finland Oy ja Hankkija-Maatalous Oy. Tutkimushankkeessa mukana olleet yritykset osallistuivat hankkeen rahoittamiseen hankkeessa tehdyn työn, johtoryhmätyöskentelyn ja materiaalitöimitysten välityksellä. Hankkeen johtoryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt ja tahot:

Työtehoseura (TTS), Tarmo Luoma, puheenjohtaja  
MMM, Raija Seppänen  
HY, kliinisen tuotantoeläinlääketieteen laitos, Hannu Saloniemi  
Lujabetoni Oy, Raija Westerlund  
Oy DeLaval Ab, Jorma Laiho  
Interpump Finland Oy, Hannu Savolainen  
Hankkija-Maatalous Oy, Petri Siira / Kai Ahlholm  
VTT, Heikki Kukko, tutkimuksen vastuullinen johtaja.

Tutkimusryhmä kiittää rahoittajia, ohjausryhmän jäseniä, tutkimusavustajia ja koetilan isäntäväkeä hyvin sujuneesta yhteistyöstä ja myötävaikuttamisesta tutkimuksen onnistumiseen.

Espoo 13.10.2008

Kirjoittajat

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	3
Abstract .....	4
Alkusanat .....	5
1. Johdanto .....	8
2. Hankkeen tavoitteet .....	11
3. State-of-the-art-katsaus .....	12
4. Laboratoriokokeet .....	14
4.1 Materiaalit .....	14
4.2 Liat .....	16
4.3 Menetelmät .....	18
4.3.1 Topografia- ja hylkivyyssominaisuuksien määritykset .....	18
4.3.2 Kulutuksen kestävyys .....	19
4.3.3 Kemiallinen kestävyys .....	19
4.3.4 Puhdistuvuusmääritykset .....	20
4.4 Tulokset ja tulosten tarkastelu .....	21
4.4.1 Pintaominaisuudet .....	21
4.4.2 Kulutuksen kestävyys .....	23
4.4.3 Kemiallinen kestävyys .....	25
4.4.4 Pintojen likaantuminen ja puhdistuminen .....	27
4.5 Laboratoriotulosten monimuuttuja-analyysit .....	35
5. Kenttäkokeet .....	38
5.1 Materiaalit .....	38
5.2 Menetelmät .....	39
5.3 Tulokset .....	40
5.4 Pilotointitulosten monimuuttuja-analyysit .....	54



6. Teknillis-taloudellisuus.....	58
7. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	61
Lähdeluettelo .....	64

Liite A: Yhteenvetotaulukot kenttäkoealtistuksen vaikutuksesta materiaalien ominaisuuksiin

# 1. Johdanto

Maatilojen tuotantorakentamisessa tähdätään tarkoituksenmukaisten olosuhteiden luomiseen rakennuksen käyttäjille, tuotantotoiminnalle ja tuotantoeläimille. Maataloustuotannossa on pyrkimyksenä laadukkaan elintarvikkeen tuottaminen. Tuotanto-olosuhteiden ja siten myös tuotantorakennusten tekninen laatutasovaatimus on noussut niin eläinten hyvinvoinnin, työturvallisuuden, hygienian kuin ympäristöhoidonkin osalta.

Tuotantotilojen puhtaudella ja puhtaana pysymisellä on suuri merkitys kotieläinten hyvinvointiin ja terveyteen. Kotieläinten hyvinvointi ja terveys vaikuttavat puolestaan suuresti maatalouden kannattavuuteen. Tuotantotilojen ongelmana on orgaanisen materiaalin kuormitus, joka on lähtöisin ruokinnasta ja eläimistä itseltään (esim. rehut, eläinten tuottama jätös). Tilojen kosteusolosuhteet ja mikrobikasvustoille otollinen lämpötila lisäävät kuormituksen epäsuotuisaa vaikutusta.

Työteho-seuran mukaan (Peltonen & Karttunen 2003) lypsykarjapihatossa puhtaanapidon työnormi vaihtelee 30–90 lehmän karjoissa lypsyaseman puhdistuksessa välillä 0,89–0,30 min/lehmä/vrk, huoltotilojen puhdistuksessa 0,15–0,05 min/lehmä/vrk ja ruokintapöydän puhdistuksessa 6,21 min/kerta (puhdistetaan vähintään lypsyjen yhteydessä). Porsastuotantosikalan puhdistukseen liittyy päivittäistä tai viikoittaista yleistä puhtaanapitoa ja käytävien lakaisua. Karsinat pestään porsitus- ja vieroitusosastoissa jokaisen ryhmän välissä siten, että yksi pahnue aiheuttaa kahden karsinan pesun. Puhdistustyöhön on laskettu kuluvan 90 emakon sikalassa aikaa 175 h/a eli 1,94 h/emakko ja vuosi (Parviainen 2001). Lehmien tulehdussairaudet, kuten utaretulehdus, aiheuttavat tuottajille tuntevia tulonmenetyksiä, koska lääkityn lehmän maitoa ei voi toimittaa meijeriin. Huonon hygienian takia tulehdukset saattavat helposti uusia, ja tulonmenetykset kasvavat. Emakkosikaloissa huono hygienia voi aiheuttaa tiinehtivyysoongelmia ja luomisia sekä nostaa porsaskuolleisuutta. Lihasikaloissa tulehdussairaudet hidastavat sikojen kasvua ja pitkään jatkuessaan voivat johtaa paiseiden muodostumiseen ruhoon ja sitä kautta ruhonosien tai jopa koko ruhon hylkäykseen teurastamossa.

Tuotantotilojen hygieniaan ja puhtaana pysymiseen voidaan vaikuttaa materiaali- valintojen avulla. Betoni on yleisin tuotantotiloissa käytetty lattia- ja päällystämateriaali. Betoni on huokoinen materiaali. Tavanomaisen huokoistamattoman

betonin kokonaishuokoisuus vaihtelee yleensä 2–10 %:n välillä. Huokoisuuden takia tuotantotilojen epäpuhtaudet ja lika-aines imeytyvät helposti betoniin ja muodostavat siten suotuisan kasvualustan erilaisille mikrobeille. Tuotantotiloissa olevat eläimet altistuvat mikrobikuormalle, jolla voi olla vaikutusta eläinten yleiseen terveydentilaan. Esimerkiksi lehmillä yleinen utaretulehdus johtuu pääsääntöisesti makuualustojen epäpuhtauksista.

Maidontuotantoon tarkoitetuissa kotieläinrakennuksissa on myös niin sanottuja puhtaita tiloja, joiden hygieniavaatimukset ovat korkeita. Klinkkerit ja erilaiset teräspinnat ovat tyypillisiä näissä tiloissa käytettäviä materiaaleja. Klinkkerien ongelmana ovat saumakohdat, joihin epäpuhtaudet imeytyvät. Myös eri klinkkerityyppien likaantumisen- ja puhdistuvuusominaisuuksissa on selviä eroja. Teräksisten materiaalien ongelmana on puolestaan kosteuden ja epäpuhtauksien aiheuttama korrosio.

Teknologian kehittymisen myötä nanoteknologiaan ja funktionaalisiin (= toiminnallisiin, ulkoiseen herätteeseen reagoiviin materiaaleihin) polymeereihin perustuvilla pinnoitustekniikoilla voidaan räätälöidä perusmateriaalin pintaominaisuuksia halutuiksi. Likaantumattomat ja helposti puhdistettavat pinnat ovat yksi, tällä hetkellä laajalti tutkittu ja kehitettävä sovellus. Pintojen puhtaana pysyminen voi perustua lianhylkivyyteen, jolloin pinnat eivät kerää likaa tai epäpuhtauksien tarttumista ja imeytymistä perusmateriaaliin estyy. Perusmateriaalin pintaa muokataan siten, että se muuttuu hydrofobiseksi eli vettä ja epäpuhtauksia hylkiväksi, tai sen morfologiaa muutetaan. Pintarakenteilla voi olla myös kyky puhdistua tai puhdistaa itse itsensä hajottamalla epäpuhtauksia (mm. fotokatalyysiin perustuvat ratkaisut).

Helposti puhdistettavat ja likaa sekä epäpuhtauksia keräämättömät pintamateriaalit vähentävät eläinten sairastumisalttiutta ja parantavat myös maatalouden piirissä työskentelevien henkilöiden työviihtyvyyttä. Tämä puolestaan johtaa parantuneeseen tuotantotehokkuuteen ja kannattavuuteen.

VTT:ssä on viime vuosina tutkittu useissa kansainvälisissä ja kansallisissa projekteissa erilaisten rakennus- ja prosessiteollisuudessa käytettävien materiaalien ja pinnoitteiden toimivuutta monenlaisissa kohteissa ja rasituksessa. VTT:ssä myös kehitetään likaa hylkiviä tai itsestään puhdistuvia pinnoitteita ja pintamater-

riaaleja. Pintamateriaalien kehitystyön tukena on monipuolista pinta-analytiikan osaamista ja valmiuksia, joita hyödynnettiin myös tässä hankkeessa.

MTT:n maatalousteknologian- ja kotieläintutkimuksessa on tutkittu mm. kotieläinrakennusten lattioiden materiaaleja ja pinnan laatua sekä ominaisuuksia useassa eri hankkeessa. Lähtökohtina ovat olleet paitsi materiaalien kulutuksen kesto myös eläinten hyvinvointi ja työturvallisuus. Kehitetyt mittausten menetelmät kertovat materiaalien käyttökelpoisuudesta eläinten makuu- ja liikkumisalueille sekä erilaisten rasitusten kestosta. Mittausmenetelmät soveltuvat osin myös kenttäolosuhteisiin.

HY:n agroteknologian laitoksella on viime vuosina tutkittu mm. erilaisten pintamateriaalien pintaominaisuuksia (kuten topografiaa) ja puhdistuvuutta yhdessä uusien materiaalien valmistajien kanssa. Kehitetyillä fysikaalisilla ja kemiallisilla menetelmillä voidaan arvioida erilaisten materiaalien puhdistuvuutta ja kestävyyttä sekä laboratorioissa että erilaisissa kenttäolosuhteissa, tässä tutkimushankkeessa erityisesti maatilarakennusten erityisolosuhteissa.

## **2. Hankkeen tavoitteet**

Hankkeen tavoitteena oli selvittää likaa ja kosteutta hylkivien rakennustuotteiden toimivuutta maatalouden tuotanto-olosuhteissa, lypsykarjatiloiissa. Tutkimuksessa keskityttiin olemassa olevien pinnoitteiden lianhylkivyyteen ja kulutuskestoon vaikuttavien tekijöiden kartoittamiseen ja pinnoitettujen tuotteiden käyttöiän arvioimiseen. Tarkoituksena oli siirtää tutkimuksen tietoa maatalousyrittäjien ja maatalousrakennusten suunnittelijoiden lisäksi myös rakennustuoteyrityksille, jotka toimittavat tälle toimialalle erikoistuneita tuotteita.

### 3. State-of-the-art-katsaus

Tutkimus käynnistettiin kirjallisuuteen ja olemassa olevaan tietoon pohjautuvalla state-of-the-art-kirjallisuustutkimuksella. Tutkimus sisälsi pintoihin ja pinnoitteisiin liittyvän teknisen tiedon lisäksi myös katsauksen kohdekohtaisiin (maatalouden eri tuotantotilat ja niiden pinnat) hygienia- ja puhtausvaatimuksiin. Lisäksi katsauksessa kartoitettiin materiaalivalintojen vaikutusta puhtaustavoitteisiin. State-of-the-art-katsaus tehtiin HY:n agroteknologian laitoksella.

Kirjallisuuden mukaan navettalattioiden kemiallisiin rasiustekijöihin kuuluvat maito- ja etikkahappo, jotka hajottavat betonia. Etikkahappo on peräisin lannasta, ja maitohappoa syntyy happamasta rehu-vesi-seoksesta. Muita navettatilojen kemiallisia yhdisteitä ovat propioni-, voi-, valeriaana- ja kapronihapot. Lisäksi lattiamateriaalit joutuvat navettatiloissa alttiiksi aggressiivisille ioneille, joita ovat mm. ammonium-, kloridi- ja sulfaatti-ionit. Lannan on todettu happamoituvan ajan kuluessa, mutta pH laskee harvoin alle kuuden. Nykyisessä kotieläintaloudessa karjan hygieniaa ylläpidetään säännöllisellä lattian painepesulla (80–100 bar). Pinnan liotus edeltää usein painepesua. Kirjallisuuden mukaan painepesulla ei ole erityistä betonilattian vaurioitumista nopeuttavaa vaikutusta. Tosin huonokuntoinen betonipinta voi kulua ja vaurioitua edelleen painepesussa. Puhdistusaineiden on havaittu pikemminkin viivyttävän kuin aiheuttavan lattian vaurioitumista, mikä johtuu todennäköisesti betonin perusteellisesta puhdistumisesta ja vaurioita aiheuttavien kemikaalien laimenemisestä pintoja pestessä. Lisäksi lannan poistaminen tuoreeltaan vähentää lannan happamoitumisen aiheuttamia vaurioita. Projektin aikana syntyneiden tieteellisten julkaisujen johdanto- ja tulosten tarkasteluosioissa käsitellään lisää kirjallisuuskatsauksessa esiin tullutta tietoa (Määttä *et al.* 2007b, 2008b, Kuisma *et al.* 2008).

Kokemusperäinen ja kirjallisuudesta saatu tieto maatalousrakennuksissa yleisimmin käytetyistä lattiamateriaaleista toimi lisäksi alkukriteerinä tutkimuksen materiaalivalinnoille. Lypsykarjarakennusten lattioissa yleisimmin käytetyt pintamateriaalit käyttökohteittain esitetään taulukossa 1.

*Taulukko 1. Lypsykarjarakennuksien yleisimmät lattiamateriaalit.*

Kohde	Parsi	Lanta- käytävä	Ruokinta- pöytä	Lypsyasema		Maito- huone
				Lypsy- syvennys	Lehmien liikkumisalue	
Pinta- mate- riaali	Betoni Kumi- matto tms.	Betoni Kumimatto	Betoni Muovimassa Ruokintapöytä- elementti	Betoni Muovimassa Klinkkeri	Betoni Muovimassa	Muovi- massa Klinkkeri

Lypsykarjatilojen lisäksi betoni on yleisin lattiamateriaali sikaloissa. Muovimassa ym. päällysteitä käytetään vielä melko harvoin. Lantaritilät ovat betonisia, valurautaisia tai muovipäällysteisiä.

Siipikarjarakennusten lattiamateriaali on pääsääntöisesti betoni.

## 4. Laboratoriokokeet

### 4.1 Materiaalit

Tutkimuksen koemateriaalit valittiin laboratoriokokeisiin kirjallisuuden ja ohjausryhmässä käytyjen keskustelujen perusteella sovittujen periaatteiden mukaisesti. Tutkimuspinnoksi valittiin seuraavat pinnat:

- Perusbetoni (pasta) – Lujabetoni Oy:n toimittama resepti – VTT Perusbetonikappaleet (100 x 40 x 10 mm) valmistettiin Lujabetoni Oy:n toimittaman betonireseptin mukaisesti, kuitenkin niin että betoni muunnettiin kiviaineettomaksi pastaksi laboratoriotutkimuksia varten tarvittavien koekappaleiden pienen koon vuoksi ja mittaustulosten hajonnan minimoimiseksi. Perusbetonikappaleille tehtiin seuraavat pintakäsittelyt:
- Fluoaointi. Pastapinnat käsiteltiin Si-fluoridipohjaisella pintakyllästysaineella. Käsittelyn tavoitteena oli lujittaa ja tiivistää huokoista betonipastapintaa.
- Tiivistyskäsittely epäorgaanisella tiivistysaineella. Pastapinnat käsiteltiin seoksella, jossa tehoaine reagoi kalsiumhydroksidin ja veden kanssa muodostaen kiteitä. Käsittelyn tavoitteena oli parantaa betonipastan tiiveyttä ja vedenhylkivyyttä.
- Silaani-impregnointi vedenhylkivyyden parantamiseksi
- Epoksinnoitus paksulla hiekkaa sisältävällä pinnoitteella
- Polyuretaanipinnoitus
- Akryylipinnoitus paksulla hiekkaa sisältävällä massalla
- Tehdasvalmisteinen polyesteribetoninen ruokintapöytälevy
- Asfalttipäällysteet (neljä erilaista: perusasfaltti; tiivis, vettäläpäisemätön asfaltti; kumibitumivaluasfaltti ja haponkestävä kumibitumivaluasfaltti) Asfalttikappaleiden modifioinnista ja toimituksesta huolehti Lemminäinen Oyj.



Saumat muodostavat klinkkerilattioiden suurimmat ongelmat. Tutkimukseen sisällytettiin sementtipohjainen perussaumamateriaali, modifioitu perussaumamateriaali ja haponkestävä epoksisaumamateriaali. Perussaumamateriaalia modifioitiin polymeerilisäaineistuksen avulla ja lisäksi sen pinta käsiteltiin fluorokemikaalilla. Tavoitteena oli parantaa sauma-aineen hylkivyysominaisuuksia ja estää lika-aineksen tunkeutuminen sauma-aineen huokoiseen rakenteeseen.

Jokaista tutkimusnäytetyyppiä – lukuun ottamatta asfalttimateriaaleja – valmistettiin n. 100 rinnakkaista koekappaletta, joista osa käytettiin pintaominaisuustutkimuksiin ja osa likaantumis- ja puhdistuvuusmäärittäisiin. Asfalttimateriaaleille oli rinnakkaisia koekappaleita vain 4–5 kpl, ja niille voitiin tehdä vain rajoitetusti ominaisuusmäärittäisiä. Varsinaiset tutkimuspinnat ja niille annetut tunnukset esitetään taulukossa 2.

*Taulukko 2. Laboratorionäytteet ja niiden tunnukset.*

B-P-2	Peruspasta (= Perusbetonia vastaava pasta)
B-F	Fluatoitu peruspasta
B-X	Tiivistysainekäsitelty peruspasta
BE-S	Silaani-impregnoitu pasta
B-EP	Epoksinnoite
B-PE	Polyesteribetoni
B-PUR-1	Polyuretaanipinnoite
PB-AK	Akryylipinnoite
S-EP	Epoksisaumalaasti
S-P	Sementtipohjainen saumalaasti
S-P-S	Lisäaineistettu ja suojattu sementtipohjainen saumalaasti

Laboratorionäytteet esitetään kuvassa 1.



*Kuva 1. Laboratoriokokeissa mukana olleet materiaalit.*

## 4.2 Liat

Tutkimuksen maatilaliat valittiin johtoryhmän kokouksessa sovitun periaatteen mukaisesti. Maatilalikoja olivat säilörehupohjaiseen ruokintaan pohjautuva lehmän lietalantalika sekä porsaiden ja vasikoiden ruokinnassa käytettävä maitopohjainen juottorehulika.

Tutkimuksessa käytetty lehmän lietalantalika kerättiin MTT:n toimesta Minkiön navetasta kesällä 2005. Lietaalantaa koottiin yhteensä 10 kg. Lantalika homogenoitiin ja pakastettiin 10 g:n erissä, minkä jälkeen lietalantalika toimitettiin materiaalien puhdistuvuuskokeisiin (HY). Lietaalantalian koostumus analysoitiin toimeksiantona Novolab Oy:ssä. Lietaalantaliasta määritettiin kuiva-aine-, tuhka-, rasva-, proteiini- ja hiilihydraattipitoisuudet (%). Määritykset tehtiin gravimetrisesti (raakaravapitoisuus), Kjeldahlin menetelmällä (proteiinipitoisuus) ja hiilihydraattipitoisuus laskennallisesti. Analyysin tulokset esitetään taulukossa 3.

*Taulukko 3. Lietelannan koostumus.*

<b>Määritettävä komponentti</b>	<b>Pitoisuus (%)</b>
kuiva-aine	16,5
tuhka	2,8
raakarasva	1,5
proteiinit	2,9
hiilihydraatit	9,3

MTT vastasi myös maitopohjaisen juottorehulian hankinnasta. Rehun valmistajan ilmoituksen mukaan rehu sisälsi raakavalkuaista (18,3 %), raakarasvaa (4,7 %), raakakuitua (5,3 %), hehkutusjäännöstä (tuhkaa, 8,2 %) ja kivennäisaineita (P 0,65 %, Ca 1,1 %, Mg 0,4 % ja Na 0,4 %).

HY:n tekemissä puhdistuvuuskokeissa käytettiin yhteensä seitsemää erilaista mallilikaseosta (taulukko 4). Maatilalikojen lisäksi radiokemiallisissa ja ATP-menetelmään perustuvissa puhdistuvuustutkimuksissa käytettiin kahta maatilalikkaa: lietelantaa ja rehulikkaa. Molemmat maatilalikat leimattiin radiokemiallisessa tutkimuksessa <sup>51</sup>Cr:llä. Lisäksi radiokemiallisessa tutkimuksessa käytettiin yksinkertaisempia mallilikoja (3 kpl): 1) kromioksidi-trioleiinilika, <sup>51</sup>Cr; 2) kromi-asetyyliasetonaatti-trioleiinilika, <sup>51</sup>Cr; 3) trioletiini-kromioksidilika, <sup>14</sup>C.

*Taulukko 4. Puhdistuvuustutkimuksissa käytettyjen mallilikaseosten koostumus ja radiokemiallisessa menetelmässä käytetty leimaisotooppi (HY, Määttä et al. 2007b).*

<b>Koodi</b>	<b>Menetelmä</b>	<b>Havainnoitu ainesosa</b>	<b>Lian muut ainesosat</b>	<b>Radioisotooppi</b>
Lika 1	Radiokemia	Epäorgaaninen partikkeli	Öljy	<sup>51</sup> Cr
Lika 2	Radiokemia	Orgaaninen partikkeli	Öljy	<sup>51</sup> Cr
Lika 3	Radiokemia	Öljy	Epäorgaaninen partikkeli	<sup>14</sup> C
Lika 4	Radiokemia	Lanta	-	<sup>51</sup> Cr
Lika 5	Radiokemia	Rehu	-	<sup>51</sup> Cr
Lika 6	ATP-menetelmä	Lanta	-	-
Lika 7	ATP-menetelmä	Rehu	-	-

- Ei sisällä.

## 4.3 Menetelmät

### 4.3.1 Topografia- ja hylkivyyssominaisuuksien määritykset

Karjatilojen lattioiden puhdistuvuustutkimukseen valituista materiaaleista määritettiin peruspintaominaisuudet, joihin kuuluivat mm. öljyn-, veden- ja maidon-hylkivyyt sekä pinnan topografia. Hylkivyyssominaisuuksien määrittämiseksi arvioitiin nestemäisen lian leviämistä ja tunkeutumista materiaalin pinnalle. Topografiamäärittämiseksi saadaan kuva pinnan rakenteesta ja mahdollisista lian tarttumiskohdista ja tunkeumareiteistä. Materiaalien hylkivyyssominaisuuksia arvioitiin VTT:ssä määrittämällä tislattua vettä, oleiinihapon (öljymäinen) ja rasvattoman maidon staattisia kontaktikulmia kyseisillä alustoilla (KSW Instruments Ltd CAM 200 -laitteella). Materiaalien topografiaa kuvattiin ja pintojen  $R_a$ -karheusarvot määritettiin optisella profiilimetrillä käyttäen 20-, 50- ja 100-kertaisesti suurentavaa optiikkaa (Sensofar Plu 2300). Lisäksi materiaalien topografian määrittämiseksi käytettiin

pyyhkäisyelektronimikroskooppia (JEOL JSM-840). Puhdistuvuustutkimuksien yhteydessä myös HY:ssä mitattiin materiaalien kontaktikulmat ja karheudet, joiden avulla puhdistuvuutta selitettiin. Menetelmäkuvaukset ja tarkemmat analyysit esitetään HY:n tutkimusten osalta artikkeleissa Määttä *et al.* (2007b) ja (2008b).

#### **4.3.2 Kulutuksen kestävyys**

Mekaanisen kulutuksen vaikutusta materiaaleihin arvioitiin topografia- ja hylkiyvyyssmääritysten avulla. Pinnat kulutettiin MTT:n aikaisemmissa tutkimuksissaan käyttämällä vesihiekkasuihkumenetelmällä (Puumala & Lehtiniemi 1993). Kulutuksen vaikutusta materiaaalipintojen hienorakenteeseen tutkittiin optisella profilometrillä, kuten edellä on mainittu. Kulutettujen materiaalien topografia määritettiin karkeammalla tasolla laserprofilometrillä (Micro-Epsilon ILD1400-100). Menetelmä selostetaan tarkemmin julkaisussa Kymäläinen *et al.* (2008). Laserprofilometrillä saadusta kolmen mittauslinjan datasta etsittiin suurimman arvon laskevan funktion avulla kunkin mittauslinjan kulutusuran syvin kohta. Vertailupinnan taso laskettiin noin sadan mittauspisteen keskiarvona kulutusuran molemmiin puolin.

Laboratoriokokeissa käytetyllä vesihiekkasuihkukulutuksella materiaaalipinnat haluttiin altistaa nopeutetusti mekaaniselle kulumiselle, jotta voitiin arvioida kulumisen vaikutusta pintamateriaalien puhdistuvuuteen ja jotta materiaaleista voitiin valita lujuudeltaan käyttökelpoisimmat vaihtoehdot kenttäkokeisiin. Vesihiekkasuihkutus on verrattain kuluttava menetelmä, eikä se ole verrattavissa varsinaiseen puhdistustarkoituksessa suoritettavaan painepesuun. Tutkimusmenetelmä soveltuu kuitenkin hyvin materiaalien keskinäisen kulutuskestävyyden vertailuun.

#### **4.3.3 Kemiallinen kestävyys**

Osa tutkittavista materiaaleista altistettiin natriumhydroksidiliuokselle (pH 13), maitohapolle (pH 2) ja AIV-säilöntäliuokselle (pH 1) antamalla liuosten vaikuttaa materiaaalipintoihin 2 h:n ajan. Laboratoriokokeissa käytetty AIV-liuos oli valmistettu seuraavasti:

- perusliuos: 80 tilavuusprosenttia muurahaishappoa ja 2 tilavuusprosenttia ortofosforihappoa sisältävä vesiliuos
- perusliuksesta laimennettiin 30-prosenttinen testiliuos (pH 1), jolle näytteet altistettiin laboratorikokeissa.

Kemikaalialtistusten vaikutusta arvioitiin pintojen visuaalisella arvostelulla, hylkivyydsmäärityksillä ja topografia-analyyseillä. Kemikaalialtistetuille näytteille tehtiin myös likaantumis- ja puhdistuvuusmääritykset (HY). Menetelmät ja tulokset kuvataan tarkemmin artikkelissa Määttä *et al.* (2008b).

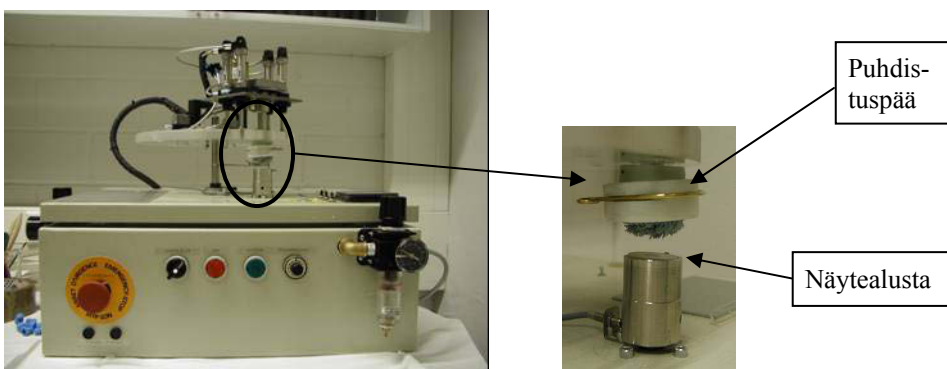
Kemiallisilla altistuksilla haluttiin alustavasti arvioida materiaalien kestävyttä navettaolosuhteissa, jotta kenttäkokeista voitiin sulkea pois huonosti kemikaaleja kestävät materiaalit. Todellisuudessa materiaalit altistuvat navettaolosuhteissa yhtäjaksoisesti kauemmin kuin kaksi tuntia (altistusaika kokeessa) voimakkailla yhdisteillä, mutta jo näinkin lyhytkestoinen kemikaalivaikutus riitti osoittamaan joidenkin materiaalien puutteet kemiallisessa kestävydessä.

#### 4.3.4 Puhdistuvuusmääritykset

Radiokemialliset puhdistuvuuskokeet tehtiin yhteistyössä maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan laitekeskuksen kanssa. Puhdistuvuuden määrittämiseen käytettiin kahta eri radiokemiallista mittaamenetelmää: gammaspektrometriaa käytettiin <sup>51</sup>Cr:llä leimattujen likojen mittaamiseen NaI(Tl)-kiteellä (Bicron Corporation, OH, USA) (kuva 2) ja nestetuikelaskentaa <sup>14</sup>C-isotoopin mittaamiseen nestetuikelaskurilla (Canberra Inc., Meriden, USA). Pinnan radioaktiivisuus on verrannollinen pinnalla olevan radioisotoopin määrään, eli menetelmällä voidaan tutkia lian eri ainesosien puhdistuvuutta pinnalta (Määttä 2007). Tämän lisäksi biokemiallisessa ATP-menetelmässä tutkittiin pintamateriaalien puhdistuvuutta orgaanisista lioista. Menetelmä perustuu ATP (adenosiinitrifosfaatti) -molekyylin kykyyn muodostaa valoa lusiferaasientsyymien avulla. Mittaamiseen käytettiin luminometriä (HY-LiTE<sup>®</sup>2, Merck KGaA, Saksa). Näytteiden puhdistamiseen käytettiin radiokemiallisten mallilikojen kohdalla minipuhdistuslaitetta (kuva 3) ja ATP-menetelmässä Erichsen-puhdistuslaitetta (Määttä *et al.* 2007b).



*Kuva 2. Puhdistuvuustutkimuksissa  $^{51}\text{Cr}$ :llä leimattujen likojen puhdistuvuuden määrittämiseen käytetty  $\text{NaI(Tl)}$ -kide (HY, Määttä et al. 2007b).*



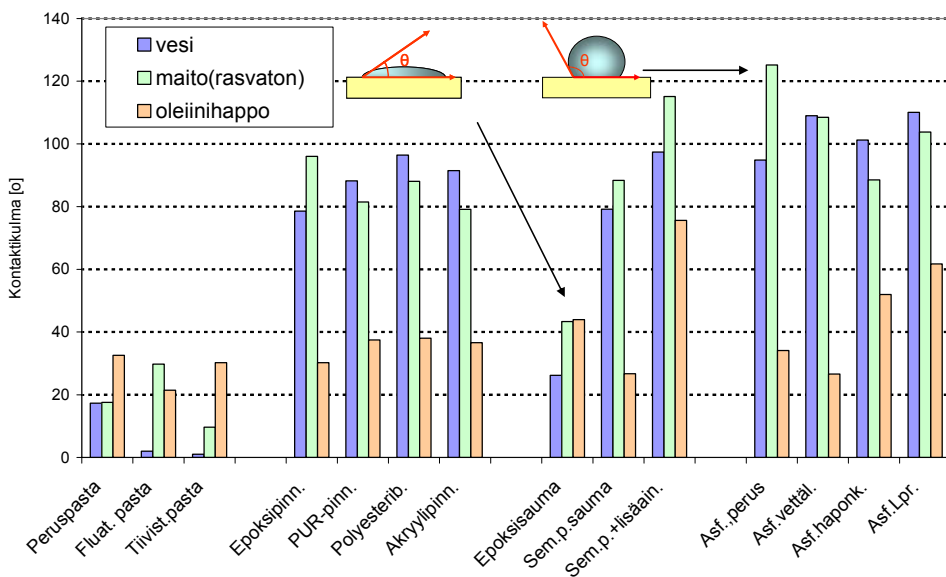
*Kuva 3. Radiokemiallisissa puhdistuvuuskokeissa näytteiden puhdistamiseen käytetty minipuhdistuslaite (HY, Määttä et al. 2007b).*

## 4.4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### 4.4.1 Pintaominaisuudet

Perusominaisuustulokset osoittivat, että käsittelemättömän pastapinnan veden-, öljyn- ja maitoliuoksen hylkivyydet olivat huonot eivätkä hylkivyysominaisuudet muuttuneet fluatointi- tai tiivistysainekäsittelyillä (kuva 4). Testiliuosparat

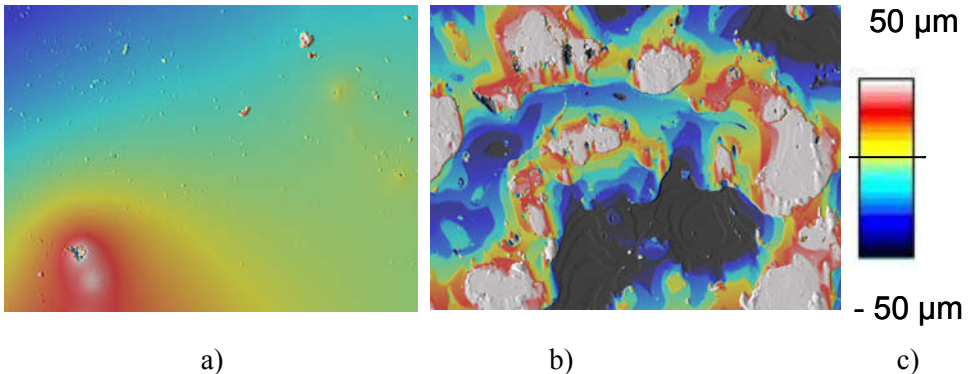
levisivät ja osittain tunkeutuivatkin muutamassa sekunnissa näihin alustoihin. Akryyli-, epoksi-, PUR- ja polyesteripinnoitteiden hylkivyyssominaisuudet olivat samankaltaiset ja selkeästi edellisen ryhmän ominaisuuksia paremmat. Testiliuos-pisarat eivät tunkeutuneet tiiviisiin akryyli-, epoksi-, PUR- ja polyesteripintoihin. Nämä pinnat olivat kuitenkin topografialtaan hyvin erilaisia, joten lian tarttuminen pintoihin saattoi olla hyvin erilainen. Sementtipohjaisten saumamateriaalien hylkivyyssominaisuudet olivat pääsääntöisesti paremmat kuin epoksisaumapintojen, joilla oli kuitenkin suhteellisen hyvä öljynhylkivyyss. Fluorolisäaineistuksella sementtisauman hylkivyyssominaisuudet paranivat entisestään ja varsinkin materiaalin öljynhylkivyydestä tuli erinomainen. Asfalttipinnat hylkivät erittäin hyvin vettä ja rasvatonta maitoa. Lisäksi Lemproof-asfaltilla ja sen haponkestävällä modifikaatilla oli erittäin hyvät öljynhylkivyyssominaisuudet. Jälkimmäiset olivat tosin topografialtaan erittäin sileitä verrattuna kahteen muuhun, perusasfalttiin ja Lemdense-pintaan.



Kuva 4. Tutkittujen pintojen hylkivyyssominaisuudet esitettynä eri testiliuksille mitattuina kontaktikulma-arvoina alkutilanteessa (ennen kuin pisarat alkoivat tunkeutua alustaan). Mitä korkeampi kontaktikulma, sitä hylkivämpi materiaali on.



Kuvassa 5 esitetään tutkittavista materiaalipinnoista kaksi esimerkkiä: polyuretaani- (B-PUR-1) ja epoksinnoitettu betoni (B-EP), joiden pintarakenne ja siten karheusparametrit eroavat toisistaan tarkasteltaessa n. 2,67 mm x 2,00 mm suurista pinta-alaa.

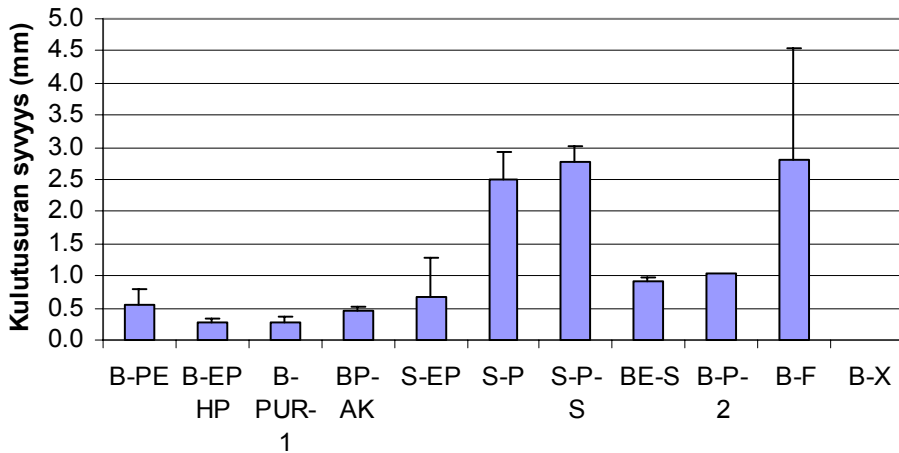


*Kuva 5. Polyuretaani- (a) ja epoksinnoitetun (b) betonin topografia optisella profiometrillä kuvattuna (20-kertainen objektiivi). Kuva-ala 2,67 mm x 2,00 mm. Pinnan karheusarvot,  $R_a$ : polyuretaani 10,1  $\mu\text{m}$  ja epoksi 37,7  $\mu\text{m}$ . Kuvien korkeustasojen tunnistevärit näkyvät oikealla (c).*

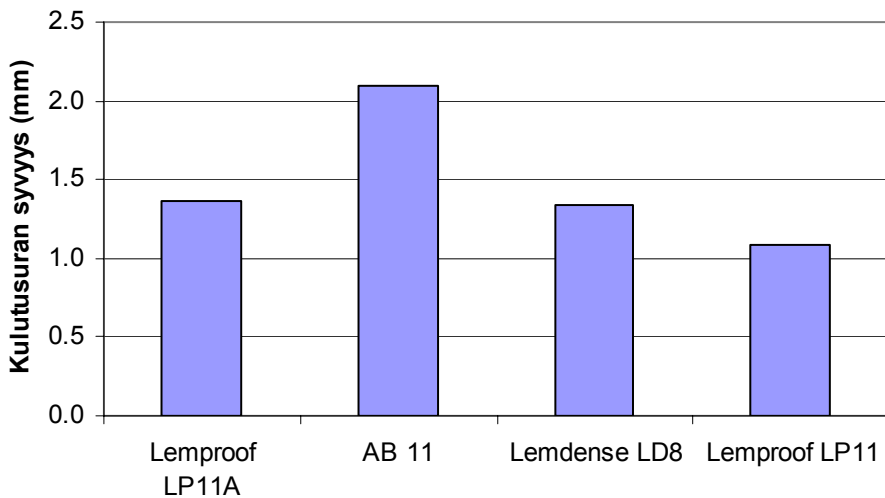
#### 4.4.2 Kulutuksen kestävyys

Kulutuskokeessa peruspastamateriaalista (B-P-2) vain yksi koekappale säilyi ehjänä, muut särkyivät hiekkavesisuihkutuksen aikana. Tiivistysainekäsitellyn peruspastan (B-X) kaikki koekappaleet särkyivät suihkutuksen aikana, joten siitä ei pystytty tekemään kulutusmääriä. Asfalttimateriaaleista oli muista poiketen testattavana vain yksi koekappale.

Kulutetuista koekappaleista tehtyjen laserprofiolimittausten tulokset esitetään kuvissa 6 ja 7. Sementtipohjaiseen saumalaastiin (S-P), lisäaineistettuun ja pintasuojattuun sementtisaumalaastiin (S-P-S), fluatointikäsiteltyyn betoniin (B-F) sekä kaikkiin asfalteihin syntyi kulutuksessa yli 1 mm:n syvyiset urat. Myös peruspastaan (B-P-2) ja silaani-impregnoituun (BE-S) pastaan syntyi noin 1 mm syvät urat. Muiden materiaalien kulutusurasyvyudet olivat huomattavasti pienempiä.



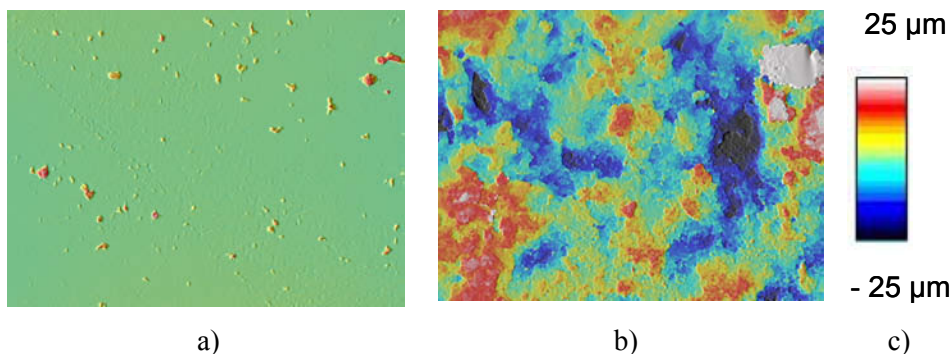
Kuva 6. Koemateriaalien vesihiekkasuihkukulutuksen kesto esitettynä kulutusurien keskimääräisenä syvyytenä. Pylväät ovat viiden mittauksen keskiarvoja, paitsi B-P-2, josta on vain yksi mittaus. Jana = keskihajonta ( $\pm SD$ ).



Kuva 7. Asfalttikappaleiden vesihiekkasuihkukulutuksen kesto esitettynä kulutusurien syvyytenä. Kustakin materiaalista tehty vain yksi mittaus.

Kulutetuille näytteille tehdyissä hylkivyyttä määrityksissä todettiin, että kulutus huononsi varsinkin materiaalien öljynhylkivyyttä. Hienotopografian määrityksissä (optinen profiometri, 20 kertaa suurentavalla optiikalla kuva-alana 0,64 mm x 0,48 mm) havaittiin, että kulutus muutti varsinkin alun perin polymeeriselta

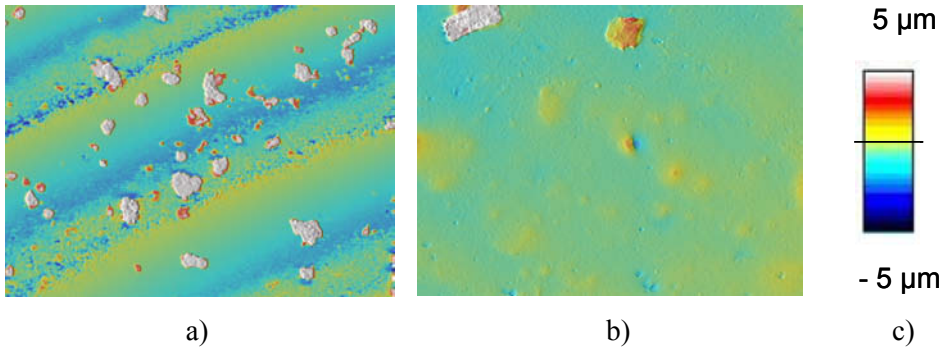
osaltaan verrattain sileän polyuretaanipinnoitteen rakennetta. B-PUR-1-näytteiden polymeeristen alueiden karheusparametrit ( $R_a$ ) moninkertaistuivat 2-kertaisen painepesun tuloksena (kuva 8).



*Kuva 8. Polyuretaanipinta kuluttamattomana (a) ja 2-kertaisesti kuluttettuna. Käytetty 20x-objektiiviä, jolloin kuva-ala on 0,637 mm x 0,477 mm. Karheusparametri  $R_a$ : kuluttamaton 0,15  $\mu\text{m}$ , kuluttettu 7,8  $\mu\text{m}$ . Kuvien korkeustasojen tunnustevärit näkyvät oikealla (c).*

#### 4.4.3 Kemiallinen kestävyys

Taulukossa 5 esitetään kemikaalialtistuskokeen visuaalisen arvostelun yhteenveto. Testiliuoksien aiheuttamat näkyvät muutokset yleistyivät ja voimistuivat liuoksen happamuuden lisääntyessä ( $\text{NaOH} < \text{maitohappo} < \text{AIV}$ ). Polyesteribetonissa (B-PE) kaikki testiliuokset aiheuttivat selkeitä värimuutoksia. Akryylipinnoite (PB-AK) puolestaan kesti parhaiten kemikaaleja, joiden vaikutuksesta ei havaittu merkkejä paljain silmin. Polyuretaanipinnoitteessakin havaittiin vain vähäistä kiillon muuttumista maitohappoaltistuksessa. Kemikaalialtistuksien vaikutusta tutkittiin osalle näytteistä myös hylkivyyss- ja profilometrimäärytyksillä silmin havaitsemattomien muutosten todentamiseksi. Niissäkin materiaaleissa, joissa ei ulkonäköarvostelussa nähty muutoksia, havaittiin kuitenkin topografiassa tai hylkivyyssominaisuuksissa eroja altistamattomaan tilaan nähden. Polyuretaanipinnoitteen topografiamuutokset (selvää tasoittumista) kahden tunnin AIV-liuosrasituksen jälkeen esitetään kuvassa 9.



Kuva 9. Polyuretaanipinnoitteen topografia ennen (a) ja jälkeen (b) AIV-liuoskokeen. Kuva-ala 0,255 mm x 0,191 mm (50-kertainen objektiivi). Kuvien korkeustasojen tunnustevärit näkyvät oikealla (c).

Taulukko 5. Kemikaalialtistuskokeen visuaalisen arvostelun tulokset.

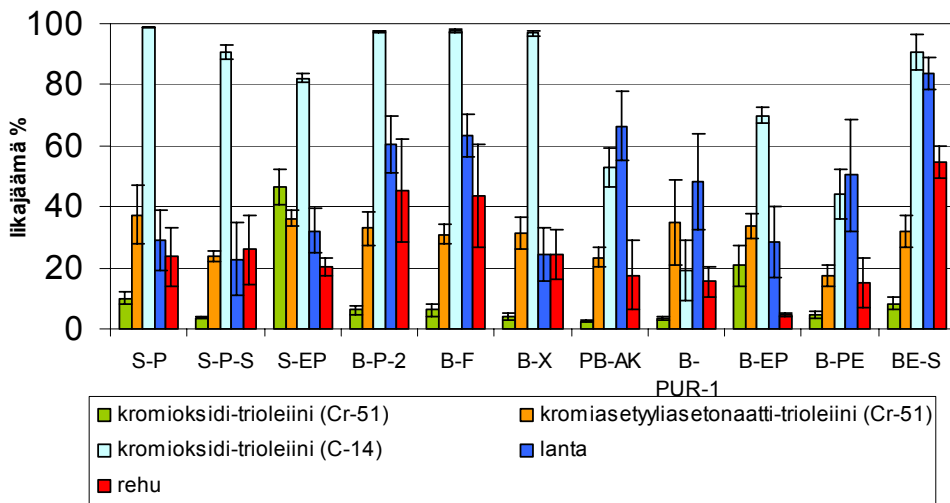
Materiaali	Tunnus	Kemiallinen kestävyys		
		NaOH (pH 13)	Maitohappo (pH 2)	AIV-liuos (pH 1)
Peruspasta	B-P-2	ei muutoksia	värimuut., läiskiä	selkeät värimuut.
Epoksip.pasta	B-PE	ei muutoksia	ei muutoksia	selkeät värimuut.
Polyuretaanip.	B-PUR-1	ei muutoksia	kiilto laskee	ei muutoksia
Polyesteribetoni	B-PE	- selkeät muutokset värissä, kiillossa - muuttuu täysin harmaaksi	- selkeät muutokset värissä, kiillossa - muuttuu harmahtavaksi	- selkeät muutokset värissä, kiillossa - muuttuu harmahtavaksi
Akryylipinnoite	PB-AK	ei muutoksia	ei muutoksia	ei muutoksia
Epoksisauha	S-EP	ei muutoksia	vähäisiä värimuutoksia	selkeät muutokset rakenteessa (pinnan hilseilyä)
Sementtipohj.sauha	S-P	ei muutoksia	selkeitä väri- ja rakennemuutoksia	selkeitä väri- ja rakennemuutoksia, syöpymää
Sementtip.sauha + lisäaineet	S-P-S	ei muutoksia	väri- ja rakennemuutoksia	selkeitä väri- ja rakennemuutoksia, syöpymää

#### 4.4.4 Pintojen likaantuminen ja puhdistuminen

##### Kuluttamattomat materiaaalipinnat

Likaantumisen ja puhdistumisen tutkimiseen kehitettiin tässä projektissa liete-lanta- ja rehulialle soveltuva radiokemiaan pohjautuva menetelmä. Betonimateriaalit ovat huokoisia materiaaleja, joten lika imeytyy niihin. Radiokemiallisen mittausten menetelmän etuna on, että sillä kyetään mittaamaan myös näytteeseen imeytyneen lian määrä. Pintojen puhdistuvuutta käsittelevien laboratoriokokeiden tulokset esitetään tässä pääpiirteittäin, mutta ne raportoidaan yksityiskohtaisesti eri julkaisuissa (Määttä 2007, Määttä *et al.* 2007a, 2007b, 2008a, 2008b).

Lioista  $^{51}\text{Cr}$ -leimatut mitattiin  $\text{Na}(\text{Ti})$ -kiteellä ja  $^{14}\text{C}$ -leimatut nestetuikelaskurilla. Kuluttamattomien pintojen likajäämätulokset ilmenevät kuvasta 10. Lanta- ja rehulian osalta kaikki saumat puhdistuivat melko hyvin. Molemmat sementti-pohjaiset saumat (S-P, S-P-S) puhdistuivat melko hyvin myös yksinkertaisista  $^{51}\text{Cr}$ -leimatuista mallilioista. Lisäaineistettu sementtisauma (S-P-S) puhdistui vain hieman paremmin kuin lisäaineeton. Epoksisauaman (S-EP) puhdistuvuus erosi sementtisaumoista vain yksinkertaisten mallilikojen osalta. Maatilaliat korreloivat keskenään ( $r = 0,629$ ). Yksinkertaisten mallilikojen ja todellisten likojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita, kun verrattiin kaikkia tutkittuja materiaaleja ja likajäämien keskiarvoja. Kromioksidi-trioleiniä sisältävän mallilian, jossa leimaisotooppi ( $^{14}\text{C}$ ) oli trioleinissa, puhdistuvuus oli heikointa lähes kaikilla pinnoilla. Myös aikaisemmissa tutkimuksissamme PVC-muoveille ja keraameille on havaittu sama asia. Yleisesti ottaen pinnoitetut materiaalit puhdistuivat pinnoittamattomia paremmin, kun lika ei niin helposti päässyt imeytymään materiaalin huokosiin. Lanta- ja rehulikojen likajäämät olivat samansuuruisia pinnoittamattomille materiaaleille ja saumasaineille. Pinnoitettujen materiaalien kohdalla rehulian likajäämät olivat alhaisempia lantalikaan verrattuna. Orgaanisen mallilian (kromiasetyyliasetonaatti-trioleini,  $^{51}\text{Cr}$ ) likajäämät olivat samansuuruisia kuin maatilalikojen likajäämät, mutta tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ei havaittu.



Kuva 10. Koemateriaalien puhdistuvuus viidestä malliliasta likajäämäprosentteina. Pylväät ovat viiden mittauksen keskiarvoja, jana = keskiarvo ( $\pm SE$ ) (HY, Määttä et al. 2007b).

Kuluttamattomat pintamateriaalit järjestettiin puhdistuvuuden mukaan parhaiten ja heikoimmin puhdistuneisiin (taulukko 6). Taulukosta voidaan todeta, että pinnoitetut materiaalit puhdistuivat yleisesti ottaen paremmin kuin pinnoittamattomat materiaalit. Polyesteri (B-PE), polyakryyli (PB-AK) ja polyuretaani (B-PUR-1) paransivat puhdistuvuutta eniten. Kiinnostavaa on silti huomata, että tiivistsainekäsitelty peruspasta (B-X) puhdistui lantaliasta pinnoitettuja materiaaleja paremmin. Yhteenlaskettuna epoksinnoitettu betoni (B-EP) puhdistui parhaiten maatilaloista.

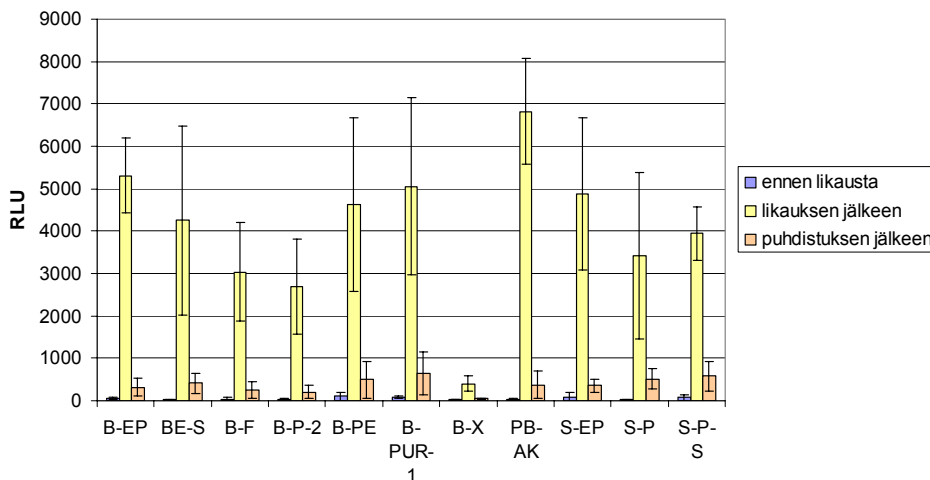
Taulukko 6. Materiaalien paremmuusjärjestys puhdistuvuuden mukaan, radio-kemiallinen menetelmä (1 = paras, 11 = huonoin) (HY, Määttä et al. 2007b).

Näyte	Kromi-oks.-triol. (Cr-51)	Kromi-aset. ase-ton.-triol. (Cr-51)	Lanta-lika (Cr-51)	Rehulika (Cr-51)	Kromi-oks.-triol. (C-14)	Summa	Järjestys
B-PE	5	1	7	2	2	17	1
PB-AK	1	2	10	4	3	20	2
B-PUR-1	2	9	6	3	1	21	3
S-P-S	3	3	1	8	7	22	4
B-EP	10	8	3	1	4	26	5
B-X	4	5	2	7	8	26	6
S-EP	11	10	5	5	5	36	7
B-F	6	4	9	9	10	38	8
B-P-2	7	7	8	10	9	41	9
S-P	9	11	4	6	11	41	10
BE-S	8	6	11	11	6	42	11

ATP-menetelmällä mitataan orgaanisen aineksen määrää pinnalla. Tavoitteena oli selvittää menetelmän soveltuvuus maatalalikojen mittaamiseen suhteellisen puhtaissa tiloissa (esim. maituhuone), johon ko. likoja saattaa joutua. ATP-menetelmä soveltuu näkymättömän lian, siis hygieenisen puhtauden, mittaamiseen. Menetelmä ei sovellu hyvin kohteisiin, joissa on runsaasti näkyvää likaa.

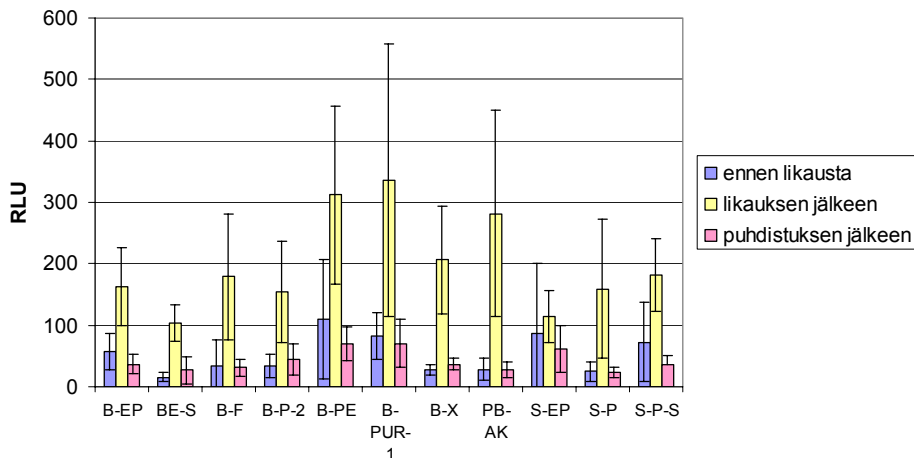
ATP-menetelmän osalta ensisijaista oli tutkimusmenetelmän kehittäminen. Ei esimerkiksi ollut käytettävissä aiempia tietoja maatalalikojen ATP-pitoisuuksista. Pintojen ATP-määrät mitattiin likaamattomilta, liatuilta ja puhdistetuilta pinnoilta. Pinnalta mitattu ATP-määrä ei useinkaan korreloinut pinnan visuaalisen likaisuuden kanssa. Tulokset esitetään kuvissa 11 ja 12. ATP-määrä oli lantialialla likaamisen jälkeen huomattavasti korkeampi kuin rehulialla likaamisen. Ensimmäinen puhdistuskierros poisti suurimman osan lantaliasta, mutta ainoastaan tiivistysainekäsittelöllä peruspastalla (B-X) päästiin likausta edeltäneelle tasolle. Muiden materiaalien kohdalla alkutaso saavutettiin toisen puhdistuskierroksen jälkeen. Rehulian kohdalla likausta edeltänyt taso saavutettiin kaikkien materiaalien kohdalla jo ensimmäisellä puhdistuskierroksella. Materiaalierot olivat merkityksellisiä (Määttä *et al.* 2007b).

### Lantalika



Kuva 11. Lantalian puhdistuminen mitattuna ATP-menetelmällä. Pylväät kertovat pinnalla olevan orgaanisen aineksen määrän RLU-yksiköissä (relative light unit). Pylväs = viiden mittauksen keskiarvo, jana = keskivirhe ( $\pm SE$ ) (HY, Määttä et al. 2007b).

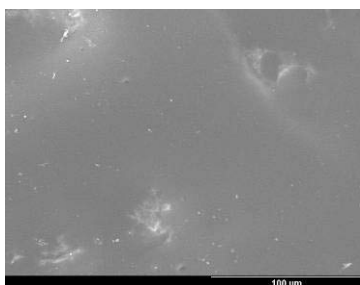
### Rehulika



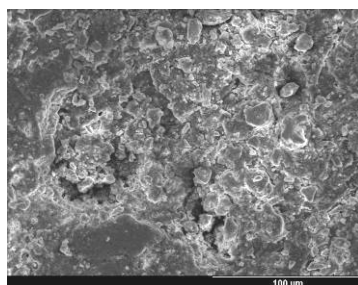
Kuva 12. Rehulian puhdistuminen mitattuna ATP-menetelmällä. Pylväät kertovat pinnalla olevan orgaanisen aineksen määrän RLU-yksiköissä (relative light unit). Pylväs = viiden mittauksen keskiarvo, jana = keskivirhe ( $\pm SE$ ) (HY, Määttä et al. 2007b).



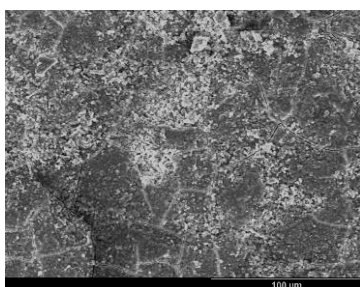
SEM-kuvista (kuvat 13–14) voidaan nähdä, että sementtipohjainen saumausaine (S-P) ja peruspasta (B-P-2) olivat huokoisia ja epätasaisia. Myös muissa saumausaineissa (S-P-2, S-EP) oli havaittavissa epätasaisuuksia. Pintakäsitellyt pastat (B-F, B-X) olivat pinnoitettuja pintoja karheampia, mutta tasaisempia kuin peruspasta. Pinnoitetuista materiaaleista polyesteripinnoite (B-PE) oli karhein, kun taas akryylipinnoite (PB-AK) tasaisin.



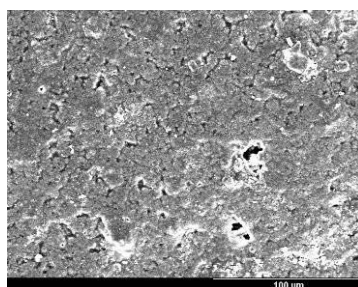
a) B-EP



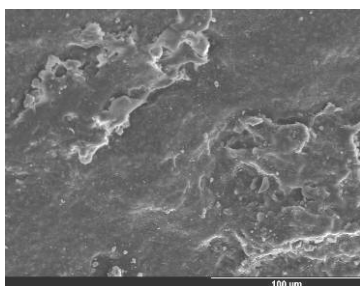
b) BE-S



c) B-F



d) B-P-2

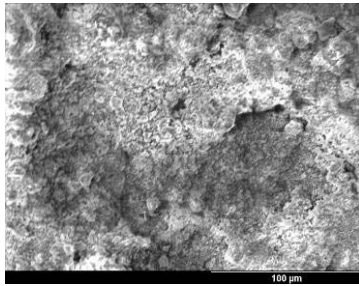


e) B-PE

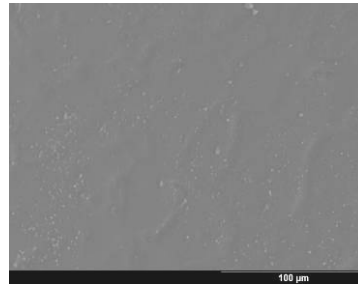


f) B-PUR-1

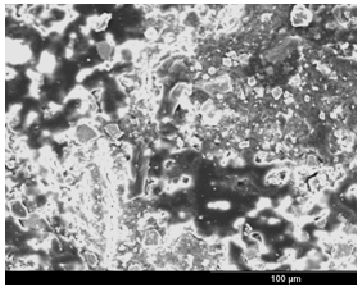
*Kuva 13. SEM-kuvat uusista pinnoista (a–f). Käytetty suurennos oli 500-kertainen (HY, Risto Kuisma). Kuva-ala on 233 µm x 175 µm.*



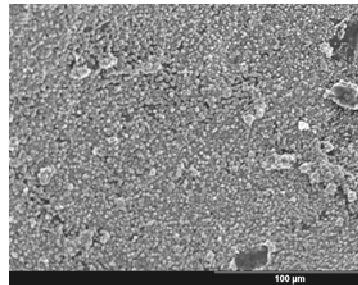
a) B-X



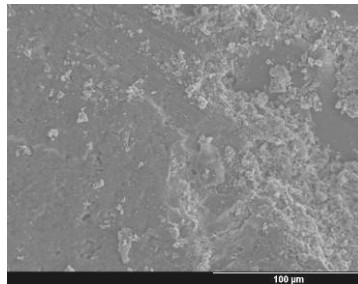
b) PB-AK



c) S-EP



d) S-P



e) S-P-S

*Kuva 14. SEM-kuvat uusista pinnoista (a–e). Käytetty suurennos oli 500-kertainen (HY, Risto Kuisma). Kuva-ala kuvissa on 233 µm x 175 µm.*

Määttä *et al.* (2007b) ovat tiivistäneet kuluttamattomien pintojen puhdistuskokeiden tulokset seuraavasti:

”Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää seitsemän erilaisen betonimateriaalin koostumuksen ja pinnoitteen vaikutus niiden puhdistuvuuteen. Lisäksi tutkittiin kolmea erilaista saumausainetta. Pintaominaisuudet selvitettiin kontaktikulmamittarilla, optisella profiometrillä ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM). Puhdistuvuutta mitattiin radiokemiallisilla määritysmenetelmillä sekä biokemial-

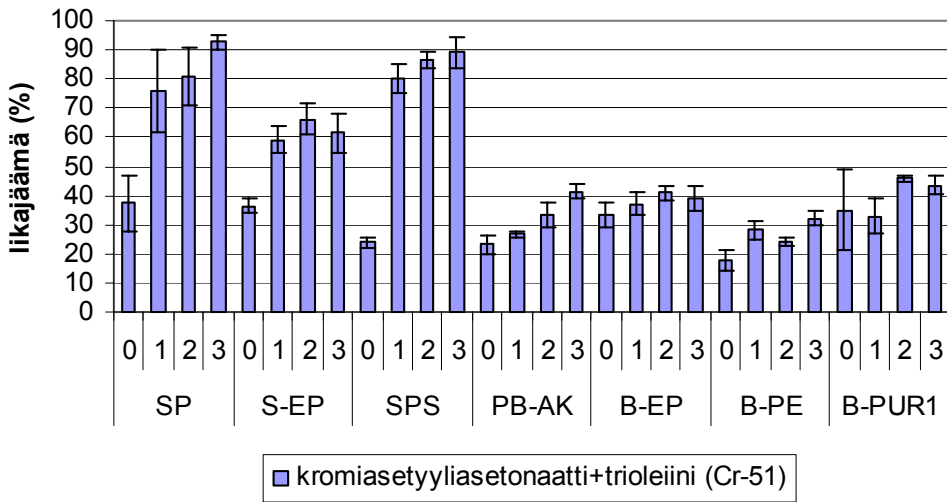
lisella menetelmällä, joka perustuu ATP:n (adenosiinitrifosfaatti) määrän mittaamiseen. Likoina käytettiin laboratoriotutkimuksiin kehitettyjä mallilikoja ja luonnollisia maatalouden likoja. Sekä radiokemialliset määrittämenetelmät että ATP-menetelmä soveltuivat maatalalikojen puhdistuvuuden sekä likajäämien määrittämiseen pinnoilta. Radiokemialliset menetelmät antavat kvantitatiivisen tuloksen, mutta niitä voidaan käyttää ainoastaan laboratorio-olosuhteissa.

Pinnoittamattomien ja pinnoitettujen betonien sekä sauma-aineiden kontaktikulmat erosivat toisistaan. Karheusarvojen ja SEM-kuvien perusteella sauma-aineet olivat karheimpia pintoja ja pinnoittaminen tasoitti betonipintoja. Radiokemiallisten puhdistuvuuskokeiden mukaan pinnoittaminen paransi myös puhdistuvuutta. ATP-menetelmällä ainoastaan tiivistetty betoni erosi muista materiaaleista; se puhdistui lantaliasta parhaiten ensimmäisen puhdistuksen jälkeen. Epoksipohjainen sauma-aine puhdistui öljymäisestä malliliasta parhaiten, kun sauma-aineita verrattiin keskenään. Kokonaisuutena polyesteri-, akryyli- ja polyuretaanipinnoitetut näytteet puhdistuivat parhaiten. Pinnoittamista suositellaan tiloihin ja pinnoille, joilta vaaditaan hygieenisyyttä, esimerkiksi ruokintapöydille ja lypsyasemille.”

### Mekaanisesti ja kemiallisesti kulutetut pinnat

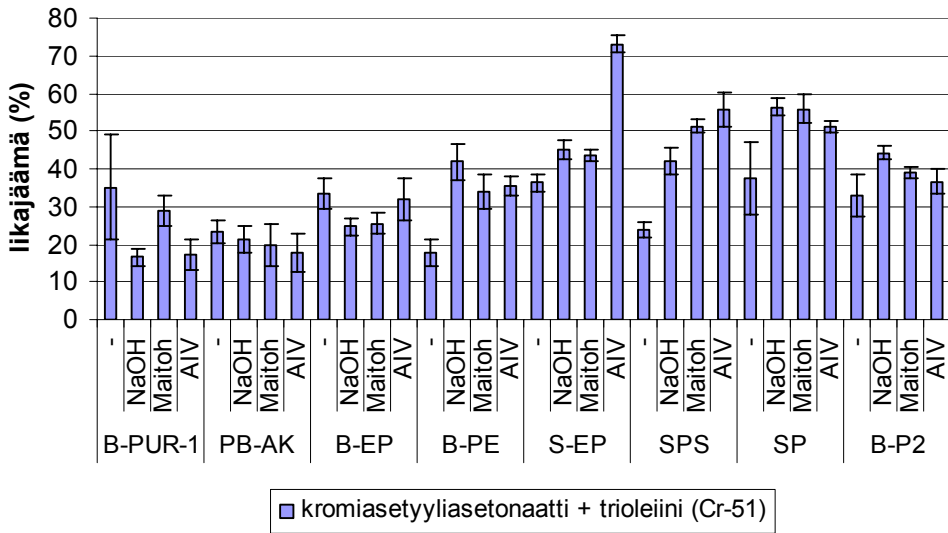
Tässä tutkimushankkeessa pintamateriaaleja kulutettiin mekaanisesti vesihiekkasuihkutuksella (kohta 4.3.2) ja erilaisilla kemiallisista yhdisteistä valmistetuilla liuoksilla (kohta 4.3.3). Käsitellyt peruspastat tuhoutuivat joko kulutuskäsittelyissä tai niitä seuranneissa puhdistuvuustutkimuksissa, joten niiden osalta ei saatu numeerisia mittaustuloksia. Mekaanisesti kulutettujen pintojen puhdistuvuustulokset voitiin siten selvittää sauma-aineista ja pinnoitetuista materiaaleista ja kemiallisen kulutuksen vaikutus lisäksi peruspastasta.

Kulutuskäsittelyjen vaikutus materiaalien puhdistuvuuteen esitetään kuvissa 15 ja 16 sekä yksityiskohtaisemmin artikkelissa Määttä *et al.* (2008b). Mekaaninen kulutus heikensi kaikkien tutkittujen näytteiden puhdistuvuutta. Näytteiden välillä oli eroja kulumisen voimakkuudessa. Mitä syvempi kulumisura näytteessä oli, sitä huonompi oli puhdistuvuus (korrelaatiokerroin  $r = 0,940$ ). Sauma-aineiden puhdistuvuus heikkeni kulutuksen vaikutuksesta huomattavasti enemmän kuin pinnoitettujen materiaalien puhdistuvuus.



Kuva 15. Mekaanisesti kulutettujen pintojen puhdistuvuus radiokemiallisesta malliliasta. Tulokset esitetään likajäämäprosentteina kolmen näytteen keskiarvona, ja jana kuvaa keskihajontaa ( $\pm SD$ ). Käsittelyissä 0 tarkoittaa uutta pintaa (tulokset Määttä et al. 2007b), 1–3 kertoo kulutussykliin määrän (Määttä et al. 2008b).

Kemiallinen kulutus heikensi kaikkien saumausaineiden (S-P, S-P-S, S-EP) puhdistuvuutta. Emäksinen NaOH heikensi peruspastan (B-P-2) puhdistuvuutta, kun taas happamien liuosten vaikutus pintojen puhdistuvuuteen oli vähäinen. Polyuretaani- ja epoksinnoitteen (B-PUR-1, B-EP) puhdistuvuus parani NaOH-käsittelyn jälkeen. Maitohappo paransi epoksinnoitetun (B-EP) betonin puhdistuvuutta. Kemiallisella käsittelyllä ei ollut vaikutusta akryylipinnoitteen (PB-AK) puhdistuvuuteen, kun taas polyesteripinnoitteen (B-PE) puhdistuvuus heikkeni kulutuskäsittelyissä.



Kuva 16. Kemiallisesti kulutettujen pintojen puhdistuvuus radiokemiallisesta malliliasta. Tulokset esitetään likajäämäprosentteina kolmen näytteen keskiarvona, ja jana kuvaa keskihajontaa ( $\pm SD$ ). Käsittelyissä - tarkoittaa uutta pintaa (tulokset Määttä et al. 2007b), NaOH natriumhydroksidia, Maitoh maitohappoa ja AIV tarkoittaa AIV-säilörehun valmistusliuosta (Määttä et al. 2008b).

## 4.5 Laboratoriotulosten monimuuttuja-analyysit

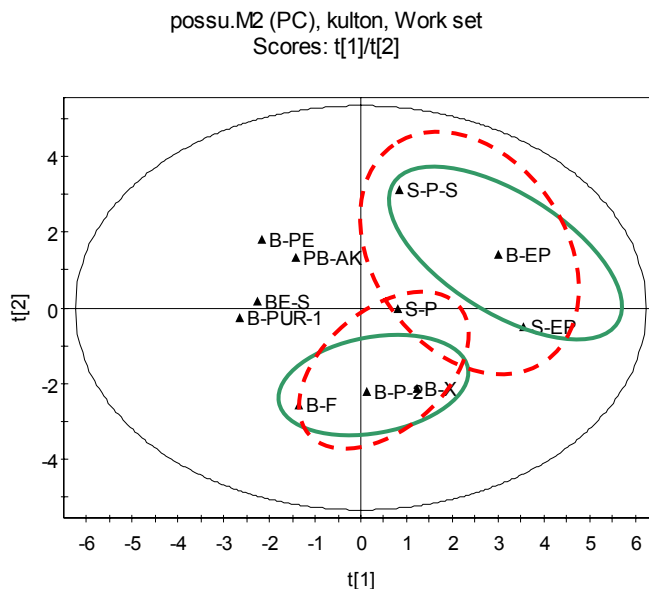
Laboratoriotutkimustulokset käsiteltiin monimuuttuja-analyysillä, jotta mahdolliset materiaalien ryhmittymiset ja materiaaliominaisuuksien riippuvuudet saataisiin selville. Monimuuttuja-analyysissä käytettiin Simca-P 7.01 -monimuuttuja-ohjelmaa ja tulosaineistoa tarkasteltiin pääkomponenttianalyysillä (PCA). Muuttujina analyysissä olivat veden, oleiinihapon, rasvattoman ja kulutusmaidon kontaktikulmat (alkutilanteessa 1 s),  $R_a$ -arvot (20x, 50x ja 100x -suurennuksilla) sekä likatulokset (5 likaa). Mallissa olivat mukana vain kuluttamattomat näytteet.

Kuvassa 17 esitetään analyysin tuloksena saatu havaintojen luokittelu. Kaikki havainnot sijoittuvat ellipsin sisälle, joten selvästi toisistaan poikkeavia havainnoja ei ollut. Analyysi ryhmitteli kuitenkin lisäaineistetun sementtipohjaisen saumalaastin (S-P-S) ja epoksisaumalaastin (S-EP) ominaisuuksiensa perusteella omaksi ryhmäkseen, johon kuului myös epoksinnoitettu betoni (B-EP). Tähän ryhmään vaikuttavat voimakkaasti karheusarvot (kuva 18). Sementtipohjainen

saumalaasti (S-P) näyttäisi sijoittuvan lähelle muita saumamateriaaleja. Kyseisten havaintojen ryhmittymistä omaksi joukokseksi tukevat myös profiometrianalyysillä saadut  $R_a$ -arvot, jotka olivat erityisen suuret tälle joukolle.

Peruspasta (B-P-2), fluatoitu pasta (B-F) ja tiivistyskäsitelty pasta (B-X) muodostivat oman ryhmänsä. Näitä havaintoja vetävät puoleensa likaantumiseen liittyvät muuttujat. Peruspastalla ja fluatoidulla peruspastalla saatiinkin hyvin samantyyppiset likatulokset (heikko puhdistuvuus). Sementtipohjaisella saumalaastilla (S-P) on likatuloksien perusteella samankaltaisuutta pastaryhmän kanssa, kuten sillä oli karheusarvojen suhteen yhtäläisyyksiä saumaryhmän kanssa, ja siten se on ilmeisesti sijoittunut näiden kahden joukon välimaastoon.

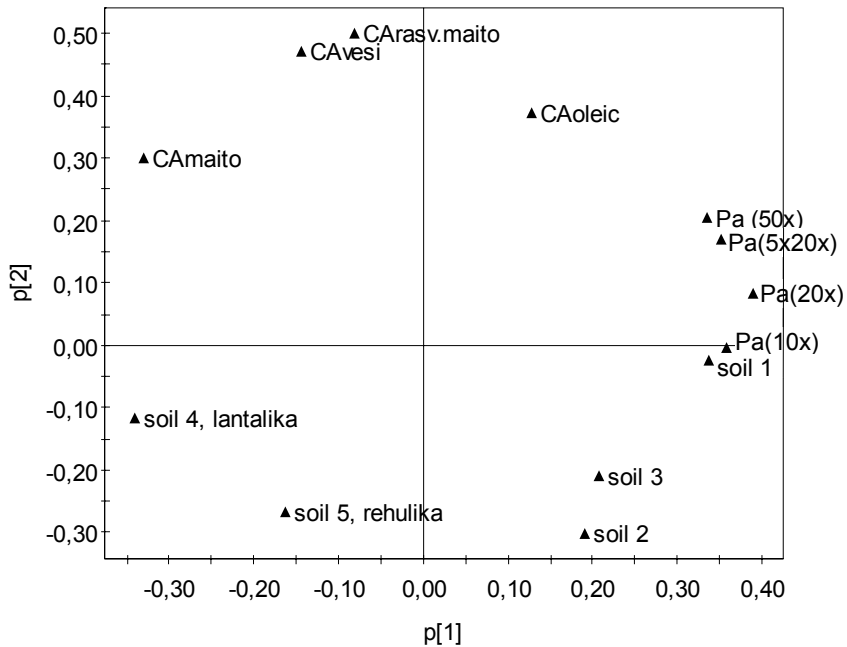
Kolmannen ryhmän muodostivat polyesteribetoni (B-PE), akryylipinnoitus (PB-AK), polyuretaanipinnoitus (B-PUR-1) ja silaani-impregnoitu sementtinen pinnoite (BE-S). Kolme edellä mainittua kuuluvatkin kuluttamattomina laboratorio-koeksissa parhaiten puhdistuvien materiaalien joukkoon.



Ellipse: Hotelling T2 (0,05)  
Simca-P 7.01 by Umetri AB 2007-02-12 13:46

*Kuva 17. Havaintojen poikkeamat mallin pääkomponenttien muodostaman tason suunnassa.*

possu.M2 (PC), kulton, Work set  
 Loadings: p[1]/p[2]



Simca-P7.01 by Umetri AB 2007-02-12 13:46

Kuva 18. Loadings-kuva: muuttujien suhde toisiinsa ja muuttujien merkitsevyys (mitä kauempana origosta, sitä merkitsevempi). Tämän kuvan muuttujien sijoittumisen vertailu edellisen kuvan havaintojen sijoittumisen kanssa osoittaa, mitkä muuttujat vaikuttavat voimakkaimmin havaintoihin. CA = kontaktikulmat, Pa = optisella profiometrillä saadut karheusarvot, soil1 = kromioksiditrioleiini-likatulos, soil2 = kromiasetyyliasetonaattitrioleiini-likatulos, soil3 = kromioksiditrioleiini-likatulos, soil4 = lantalikatulos ja soil5 = rehulikatulos.

## 5. Kenttäkokeet

### 5.1 Materiaalit

Koemateriaalit valittiin kenttäkokeisiin laboratoriokokeiden perusteella. Materiaalit ja niiden sijoittelu esitetään taulukossa 7. Erilaisten pintakäsittelyjen ja pinnoitteiden verrokkina oli tuotantorakennuksissa yleisimmin käytetty lattiamateriaali, teräshierretty betoni. Koepalat (100 x 100 mm<sup>2</sup>, neljä kerrannetta) asetettiin kehikkoihin, jotka asennettiin pihaton ruokintapöydälle ja lattialle (kuva 19).

*Taulukko 7. Kenttäkokeeseen laboratoriokokeiden perusteella valitut materiaalit (X).*

Perusmateriaali	Käsittely	Lyhenne	Sijoituskohte	
			Lattia	Ruokintapöytä
Betoni	Teräshierretty	BE	X	X
	Epoksi + hiekka	EP	X	X
	Silaani-impregnoitu sementtinen pinnoite	LA	X	X
	Akryyli + hiekka	AK	X	X
	Polyuretaani + hiekka	PUR	X	X
	Öljypohjainen pinnoite	ÖL	X	-
	Öljypohjainen pinnoite + kumi	ÖK	X	-
Polyesteribetoni	Tehdasvalmisteinen	PE	-	X





*Kuva 19. Lattialle älyportin kohdalle ja ruokintapöydälle asennetut koemateriaalikehikot.*

## 5.2 Menetelmät

Kenttäkoe käynnistettiin joulukuussa 2006 asentamalla ruokintapöydän materiaalit kohteeseen. Lattian älyporttiin koepalat asennettiin tammikuussa 2007. Koemateriaaleista tehdyt ominaisuusmittaukset ja niiden aikataulu esitetään taulukossa 8. Koska lattian koemateriaalien asennus tehtiin myöhemmin kuin ruokintapöydän, jäi niiden seurantajakso 9 kk:n mittaiseksi. Koekappaleiden massahäviöt määritettiin kokeen puolessavälissä ja lopussa tasaannuttamalla näytteet 65 %:n suhteellisessa kosteudessa (20 °C) ja punnitsemalla tasaannutuksen jälkeen. Pinnan topografia määritettiin Micro-Epsilon ILD1400-100 -laserprofilometrillä ja pintojen hienorakennetta tutkittiin konfokaalisella Sensofar Plµ 2300 -profilometrillä. Kenttäaltistuksen vaikutusta materiaalien vedenhyrkivyysominaisuuksiin tutkittiin kontaktikulmamittauksin. Väri mitattiin Minolta Chroma Meter CR-210 -värimittarilla viidestä kohdasta ja kiilto Picogloss 503 -mittarilla viidestä kohdasta (85°). Kustakin koekappaleesta tehtiin 3–5 mittausta tutkimusmenetelmästä riippuen. Kenttäkokeiden topografia-, väri- ja kiiltomittausmenetelmät ja tulokset esitetään yksityiskohtaisesti artikkelissa Kuisma *et al.* (2008).

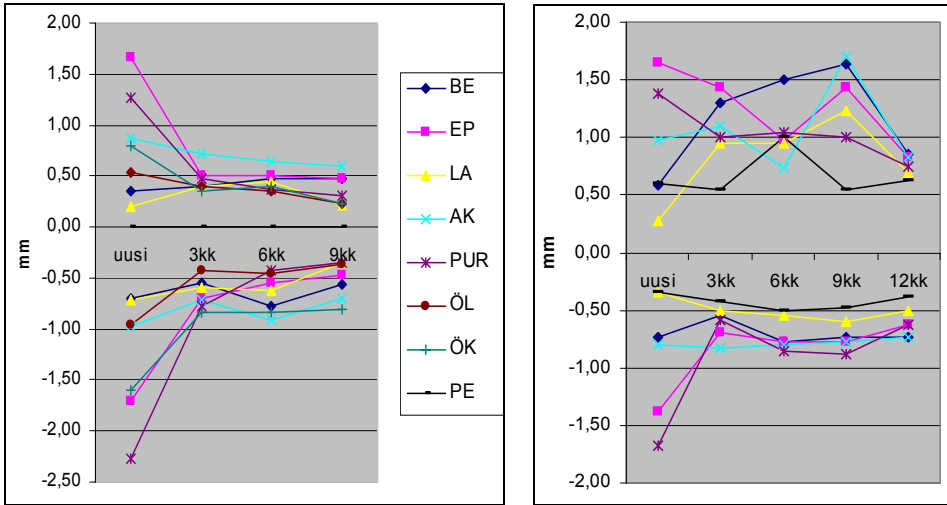
Taulukko 8. Koemateriaalien mittaukset (X) ja niiden ajoitus.

Mittattu parametri	Mittausajankohta				
	Kokeen aloitus	3 kk	6 kk	9 kk	12 kk, kokeen päätös
Paino	X	-	X	-	X
Pinnan topografia	X	X	X	X	X
Väri	X	X	X	X	X
Kiilto	X	X	X	X	X
Hylkivyyς	X	-	-	-	X
Puhdistettavuus	X	-	-	-	-

- ei mitattu

### 5.3 Tulokset

Laserprofilometrillä mitatut pinnan korkeimpien huippujen ja syvimpien kuoppien keskiarvot sekä ruokintapöydältä että lattialta esitetään kuvassa 20. Sekä lattialla että ruokintapöydällä koemateriaalien syvimät kuopat olivat madaltuneet, mihin vaikutti paitsi pinnan kuluminen, myös lian kerääntyminen syvennyksiin. Lattialla pinnan korkeimmat huiput olivat alentuneet, mutta samaa ei ollut havaittavissa ruokintapöydän pinnoissa. Vastaavasti lattiapintanäytteiden kiilto keskimäärin hieman kasvoi tai pysyi lähes muuttumattomana, kun ruokintapöydän pintanäytteiden kiilto useimmissa tapauksissa väheni (taulukko 9).



Kuva 20. Korkeimpien huippujen ja syvimpien kuoppien keskiarvot lattialla (vas.) ja ruokintapöydällä (oik.).

Vuoden koejakson aikana ruokintapöydän akryylipintanäytteiden väri muuttui 9 kk:n koejakson aikana vähiten (taulukko 9). Ruokintapöydän koepalat oli mahdollista jättää kenttäkohteeseen vielä toisen vuoden ajaksi, joten vuoden 2008 lopussa on mahdollista tarkastella hieman pidempiaikaisia muutoksia näissä pinnoissa.

Kaikki lattian koepalat pinttyivät ja tummuivat tasaisesti kenttäkokeen edetessä, mutta huokoiset teräshierretty betoni ja silaani-impregnoitu sementtinen pinnoite erottuivat muovipinnoitteista huomomman kosteudenhylkivyyden perusteella. Kaksi kerrannetta lattialle sijoitetuista öljypohjaisen pinnoitteen (ÖK) koepaloista kului osittain puhki 9 kk:n koejakson aikana. Laboratoriokokeiden perusteella muovipinnoitteet tasoittivat betonipintaa ja edistivät pinnan puhdistuvuutta (Määttä *et al.* 2007a, 2007b). Laboratoriokokeiden perusteella arvioiden tässä tutkimushankkeessa mukana olleella tiivistysaineella käsitellyn betonin puhdistuvuus oli kokonaisuutena vain keskitasoa eikä se myöskään ollut pinnaltaan kovin hylkivä.

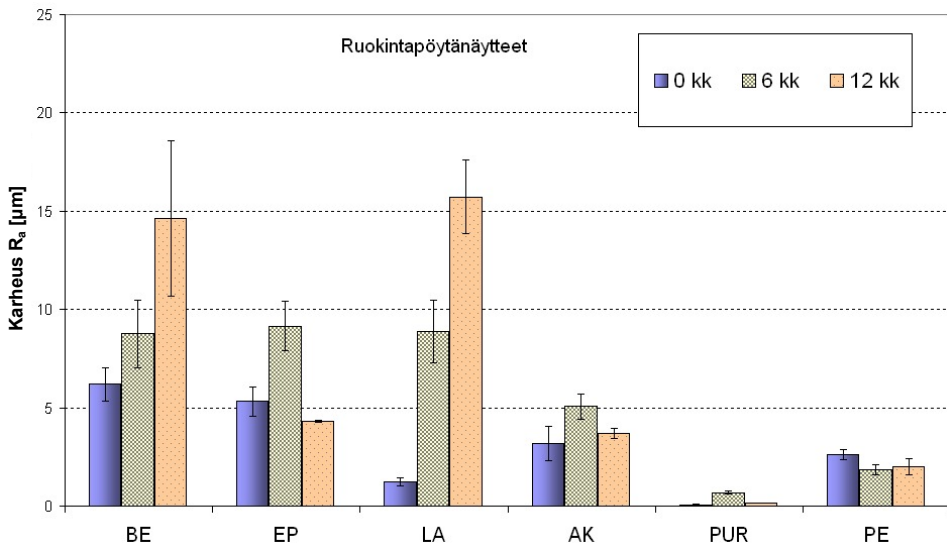
*Taulukko 9. Pintojen värin ja kiillon keskimääräiset muutokset navetan ruokintapöydällä ja lattiassa 9 tai 12 kk:n koejakson aikana (+ väri tummunut tai kiilto alentunut, - väri vaalentunut tai kiilto lisääntynyt, 0 ei selvää muutosta, \* ko. materiaalia ei kohteessa) (HY, Kuisma et al. 2008, Puumala et al. 2008).*

Pintamateriaalin lyhenne	Ruokintapöytä		Lattia	
	Väri	Kiilto	Väri	Kiilto
BE	-	+	+	-
EP	-	+	+	0
LA	-	+	+	0
AK	0	+	+	-
PUR	+	+	+	-
ÖL	*	*	+	-
ÖK	*	*	+	0
PE	+	0	*	*

Tarkasteltaessa kenttäkokeissa olleiden ruokintapöytänäytteiden hienorakennetta optisella profiometrillä (20-kertainen suurennus, 0,64 mm x 0,48 mm:n alan kuvannus) havaittiin näytteiden pinnoissa selkeästi karhentumista, lukuun ottamatta akryyli-, polyesteribetonin- ja polyuretaanipintoja, joissa altistuksen vaikutuksesta pinnan hienorakenteessa tapahtuneet muutokset olivat hyvin vähäisiä (kuva 21). Pintojen karhentumiseen voi kulumisen tai syöpymisen ohella olla syynä pintoihin pinttynyt lika. Optisella profiometrillä saadut tulokset koskevat siis materiaalien polymeerisiä alueita (hiekk- ja kiviaineksen välisiä alueita), ja siten kiviaineksen ja polymeerisen matriisin välillä tapahtuneet korkeuseromuutokset eivät tule näissä tuloksissa näkyviin toisin kuin laserprofiolimittauksissa (ks. edellä).

Ruokintapöytäkoekappaleiden massan muutokset olivat 12 kk:n altistuksen jälkeenkin hyvin pieniä, vain alle 1 %. Tuloksista kuitenkin havaittiin, että suurimmat massamuutokset (lähes 1 %) alkuperäisiin arvoihin nähden saatiin perusbetoninäytteille ja silaani-impregnoitulle sementtiselle pinnoitteelle. Edellisessä tapauksessa muutos oli negatiivinen (näytepinnan kuluminen), jälkimmäisessä materiaalissa muutos oli 6 kk:n jälkeen positiivinen (kosteuden tai lian kertymistä) ja myöhemmin (12 kk) pinnan lohkeilusta johtuen negatiivinen. On kuitenkin

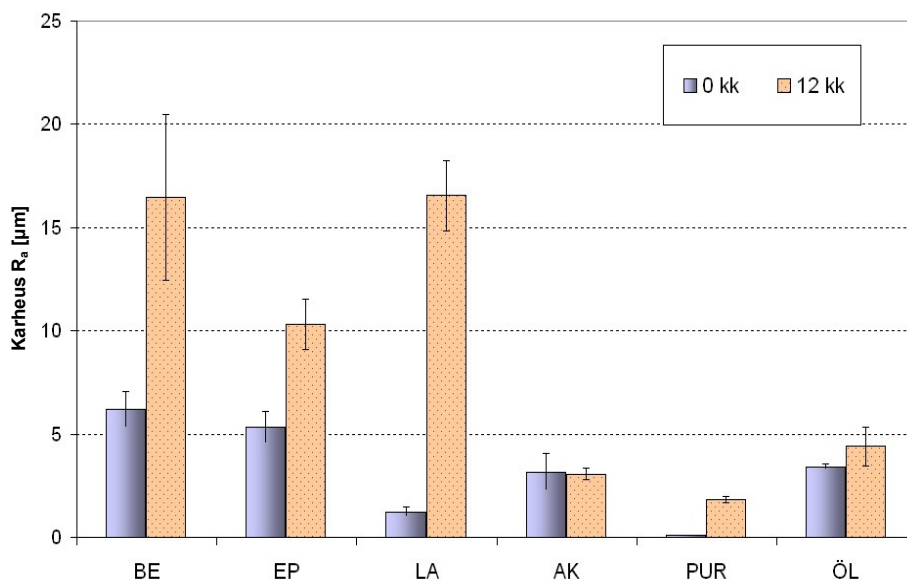
huomattava, että edes 1 % massan muutosta ei voida pitää merkittävänä tulosten erona, kun otetaan huomioon virhelähteet: näytteiden massa- ja kovuuskokeen aikana monitahoisesti vaikuttaneita tekijöitä, kuten näytteisiin imeytyneitä likaa ja toisaalta kulumista, ei voitu tässä koejärjestelyssä mitenkään yksilöidä eikä kvantifioida. Virheen tai hallitsemattoman selittäjän suuruus tuloksissa on todennäköisesti suurempi kuin nyt saatu enimmillään 1 %:n ero materiaalien massojen välillä.



Kuva 21. Kenttäkokeissa 6 ja 12 kk altistettujen ruokintapöytänäytteiden  $R_a$ -arvot altistamattomien näytteiden arvoihin verrattuna (määritetty optisella profiometrillä 20-kertaisella suurennuksella kuva-alasta 0,64 mm x 0,48 mm). Epoksi-, akryyli- ja polyuretaanipinnoista analyysit on tehty polymeeriselta matriisiosalta (kiviaineksen vaikutus ei mukana karheusarvoissa).

Koetilan älyportin kohdalle asennettuihin näytepintoihin syntyi altistuksen vaikutuksesta odotetusti suurempia ulkonäöllisiä sekä karheus-, massa- ja hylkiömuutoksia kuin ruokintapöytänäytteisiin (kuvat 23–25). Älyporttinäytteiden massoissa suurimmat muutokset (kosteuden tai lian kerääntymistä) saatiin teräshierretylle betonille, silaani-impregnoitulle pinnalle ja öljypohjaiselle kumia sisältävälle pinnoitteelle. Jälkimmäisen pintarakenteen oli laajalti haurastunut ja lohkeillut (massahäviö).

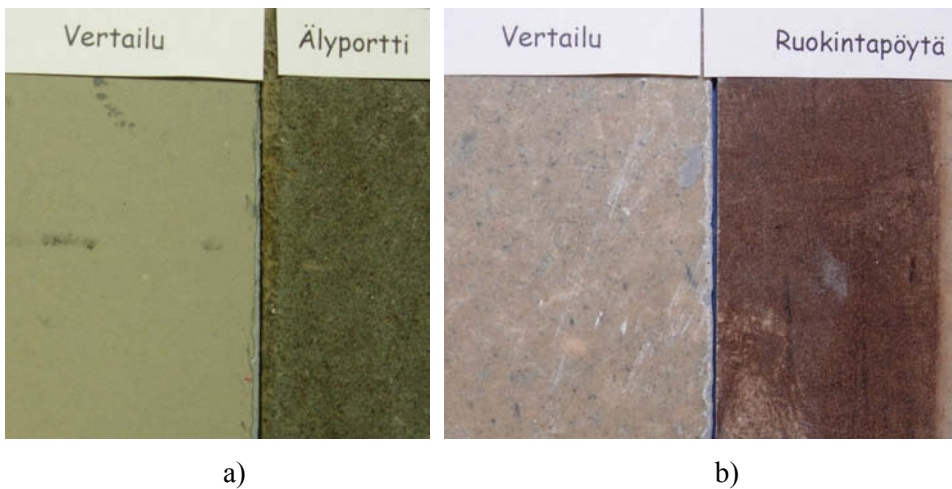
Profilometrimääritykset (optinen) osoittivat, että teräshierrettyssä betonissa, epoksinpinnoissa ja silaani-impregnoituissa sementtisissä pinnoissa karheusarvot vähintäänkin kaksinkertaistuivat altistuksen vaikutuksesta (kuva 22). Akryyli- ja polyuretaanipintojen hienorakenteessa oli tapahtunut karheusarvojen ( $R_a$ ) perusteella vain pieniä muutoksia 12 kk:n älyporttirasituksessa. Visuaalinen arviointi kuitenkin paljasti, että polyuretaanipintojen kiviaines oli lähes kauttaaltaan irronnut matriisista altistuksen aikana. Akryylibetonipinnoissa oli myös paikoin nähtävissä vastaava ilmiö (kuvat 23, 24 ja 25).



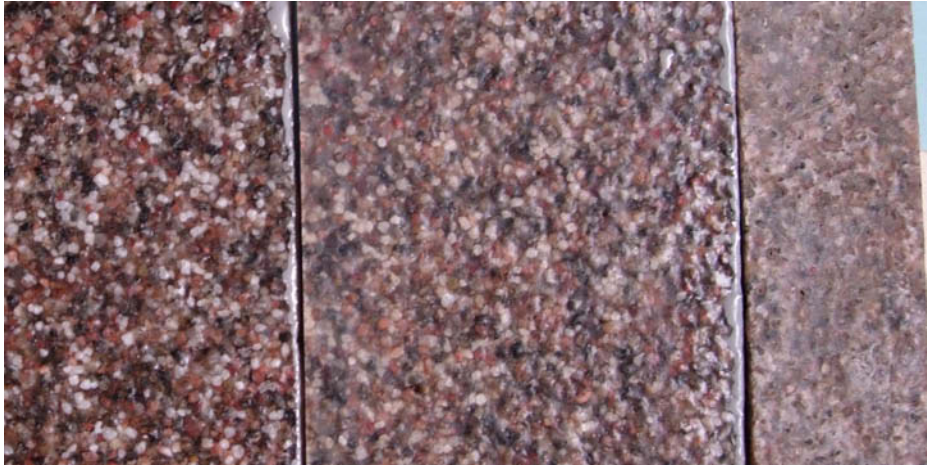
Kuva 22. Kenttäkokeessa 12 kk altistettujen älyporttinäytteiden  $R_a$ -arvot altistamattomien näytteiden arvoihin verrattuna (määritetty optisella profilometrillä 20-kertaisella suurennuksella kuva-alasta 0,64 mm x 0,48 mm).

Koetila-altistusten vaikutusta materiaalien hylkivyysominaisuuksiin tutkittiin määrittämällä vesipisaran kontaktikulmia kyseisillä pinnoilla ennen ja jälkeen altistusten. Ruokintapöytäalueelle sijoitettujen näytteiden vedenhylkivyyttä pääsääntöisesti huononi 12 kk:n altistusten aikana (taulukot 10 ja 11), mikä johtui niin fyysikaalisista kuin kemiallisista muutoksista pintamateriaaleissa (topografian muutoksista, lian kerääntymisestä). Teräshierrettyyn betoniin vesi imeytyi nopeasti jo alkutilanteessa, ja koetila-altistukset lisäsivät tai nopeuttivat veden imeytymistä betoniin. Silaani-impregnoitu sementtisellä pinnoitteella oli hyvät hylkivyysominaisuudet ennen koetila-altistuksia, mutta materiaalin vedenhylki-

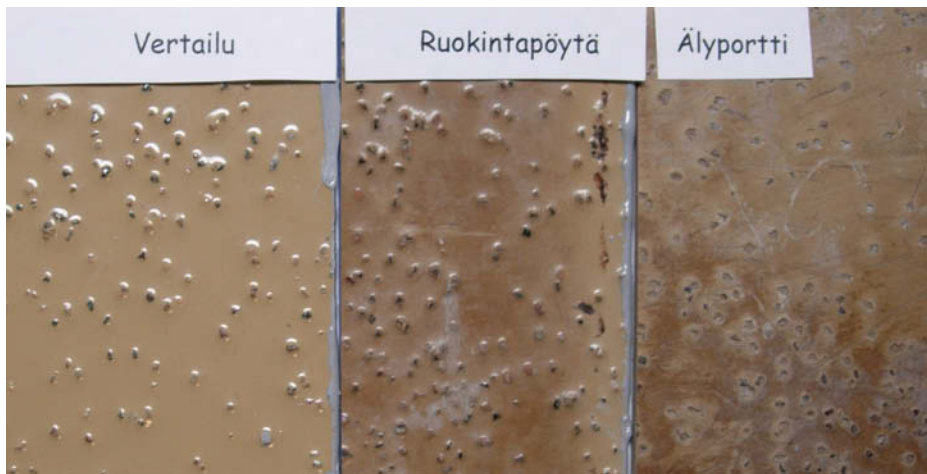
vyysarvot laskivat selvästi ja materiaali muuttui vettä läpäiseväksi 12 kk:n altistusten seurauksena. Akryyli-, epoksi- ja öljypohjainen sementtinen pinnoite sekä polyesteribetoni säilyttivät vedenhylkivyytensä ja -läpäisemättömyytensä altistuksissa. Altistettujen polyuretaanipintojen veden kontaktikulmat pisaran asetuttua pinnalle (1–5 s alustan kanssa kosketuksissa) olivat vertailupintojen arvoja suuremmat, mutta vesipisarat levisivät vähitellen vertailupintojen arvojen tasolle. Paikoitellen polyuretaanipintaissa älyporttikappaleissa oli kohtia (irronneiden hiekkajyvien jättämiä koloja, pintasäröjä), joihin vesi näytti myös imeytyvän. Öljypohjainen kumia sisältävä pinnoite oli vaurioitunut ja haurastunut älyportilla, ja pinnoite läpäisi siten altistettuna vettä.



*Kuva 23. Koetila-altistusten (12 kk) vaikutus silaani-impregnoitun sementtisen pinnoitteen (a) ja polyesteribetonin ulkonäköön (b).*



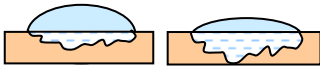
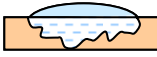
*Kuva 24. Koetila-altistusten vaikutus akryylipinnoitettujen näytteiden ulkonäköön: vasemmalla vertailupinta ilman altistusta, keskellä vastaava pinta 12 kk:n jälkeen asennuksesta ruokintapöytälattialle ja oikealla 12 kk:n jälkeen asennuksesta älyportille. Näytteet on puhdistettu ennen kuvausta lämpimällä vedellä ja kevyesti harjaamalla.*



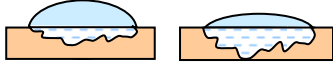

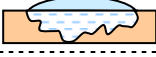
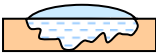
*Kuva 25. Koetila-altistusten vaikutus polyuretaanipinnoitettujen näytteiden ulkonäköön: vasemmalla vertailupinta ilman altistusta, keskellä vastaava pinta 12 kk:n jälkeen asennuksesta ruokintapöytälattialle ja oikealla 12 kk:n jälkeen asennuksesta älyportille. Näytteet on puhdistettu ennen kuvausta lämpimällä vedellä ja kevyesti harjaamalla.*



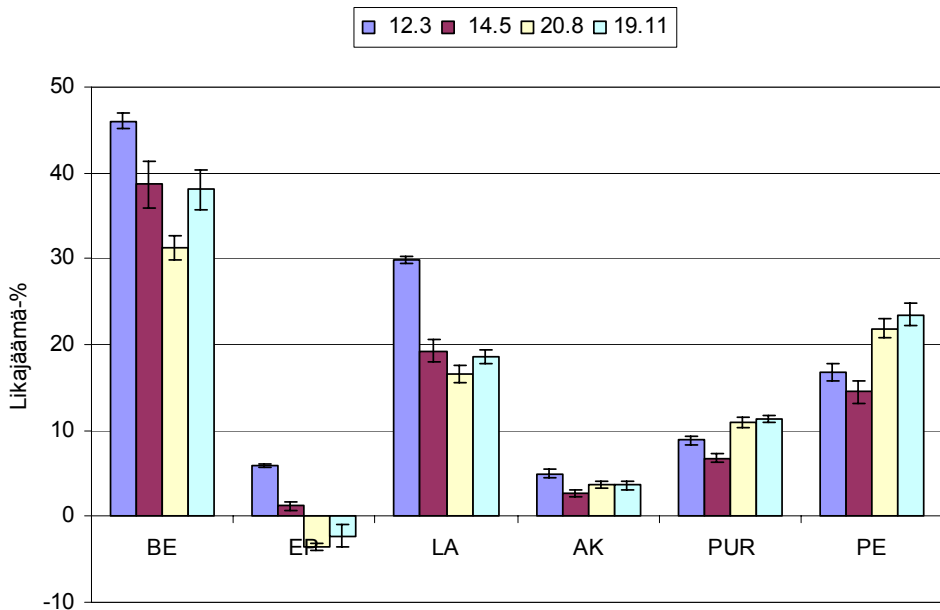
Taulukko 10. Materiaalipintojen vedenhylkivyyys ja vedenläpäisyominaisuudet ennen altistuksia ja 12 kk:n ruokintapöytäaltistuksen jälkeen.

Materiaali	Lyhenne	Ruokintapöytä			
		Veden kontaktikulma		Veden läpäisy	
		Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Teräshierretty betoni	BE	80	55		
Epoksi + hiekka	EP	62	48	ei läpäise	ei läpäise
Sil.impr. sem. pinn.	LA	120	105	ei läpäise	
Akryyli + hiekka	AK	85	72	ei läpäise	ei läpäise
Polyuretaani + hiekka	PUR	70	75	ei läpäise	ei läpäise
Polyesteribetoni	PE	70	90	ei läpäise	ei läpäise

Taulukko 11. Materiaalipintojen vedenhylkivyyys ja vedenläpäisyominaisuudet ennen altistuksia ja 12 kk:n älyporttialtistuksen jälkeen.

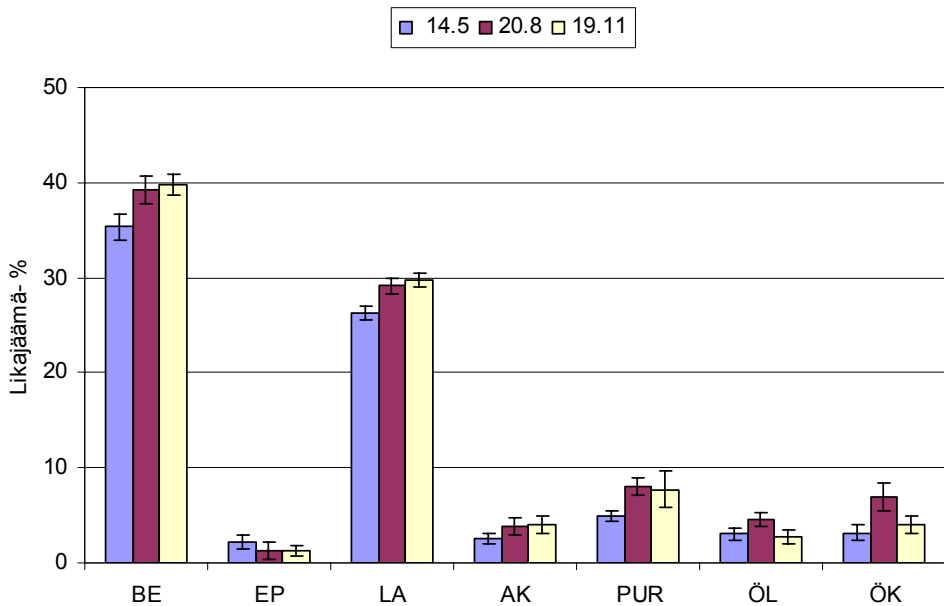
Materiaali	Lyhenne	Älyportti			
		Veden kontaktikulma		Veden läpäisy	
		Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Teräshierretty betoni	BE	78	59		
Epoksi + hiekka	EP	67	65	ei läpäise	ei läpäise
Sil.impr. sem. pinn.	LA	112	75	ei läpäise	
Akryyli + hiekka	AK	85	80	ei läpäise	ei läpäise
Polyuretaani + hiekka	PUR	73	95	ei läpäise	ei läpäise/ 
Öljypohj. pinnoite	ÖL	71	69	ei läpäise	ei läpäise
Öljypohj.pinn. + kumi	ÖK	70	59	ei läpäise	

Kenttäkokeessa ruokintapöydällä ja älyportin luona olevien pintojen likajäämä-  
tulokset esitetään kuvissa 26–27. Suurimmat vaihtelut ruokintapöydällä olevien  
pintojen likajäämissä 12 kk:n ajanjakson aikana havaittiin teräshierretyllä betonilla  
(30–50 %) (BE), silaani-impregnoidulla sementtisellä pinnoitteella (15–30 %) (LA)  
ja polyesteribetonilla (10–25 %) (PE). Epoksin (EP) ja akryylipinnoitetun  
(AK) pinnan likajäämissä vaihtelut 12 kk:n ajanjakson aikana olivat alle 5 %  
(kuva 26).



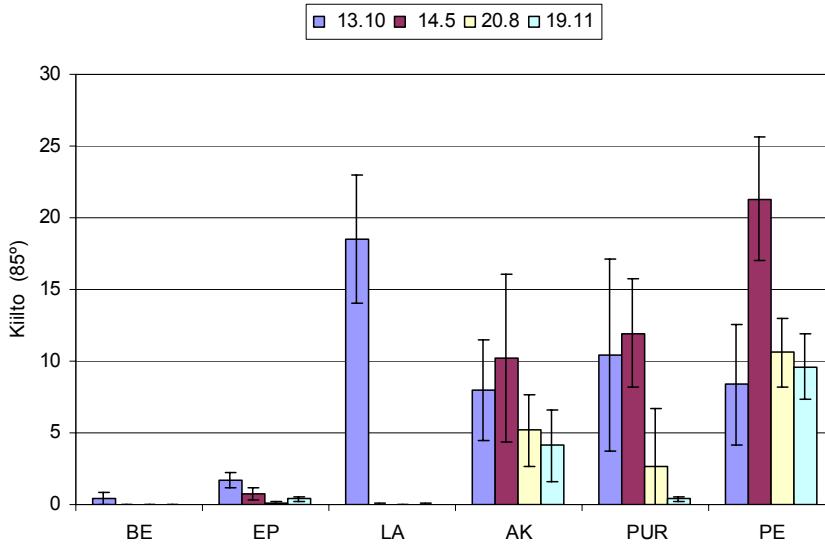
Kuva 26. Ruokintapöydälle sijoitettujen pintojen likajäämäprosentti mitattuna  
kolorimetrisellä menetelmällä. Pylväät kertovat pinnalla olevan orgaanisen ai-  
neksen määrän RLU-yksiköissä (relative light unit). Pylväs = viiden mittauksen  
keskiarvo, jana = keskihajonta ( $\pm SD$ ). (HY, Kuisma et al. 2008.)

Suurimmat vaihtelut älyportin luona lattialla olevien pintojen likajäämissä 9 kk:n  
ajanjakson aikana havaittiin teräshierretyllä betonilla (35–40 %) (BE) ja silaani-  
impregnoidulla sementtisellä pinnoitteella (25–30 %) (LA). Epoksin (EP), akryyli-  
pinnoitteen (AK) ja öljypohjaisen (ÖK) pinnoitteen likajäämissä vaihtelut 9 kk:n  
ajanjakson aikana olivat alle 5 % ja polyuretaanipinnoitteen (PUR) likajäämissä  
alle 10 % (kuva 27). Erityisesti teräshierretyn betonin (BE) ja silaani-impregnoidun  
sementtipinnoitteen (LA) likajäämien havaittiin kasvavan 9 kk:n koeajanjakson  
aikana.

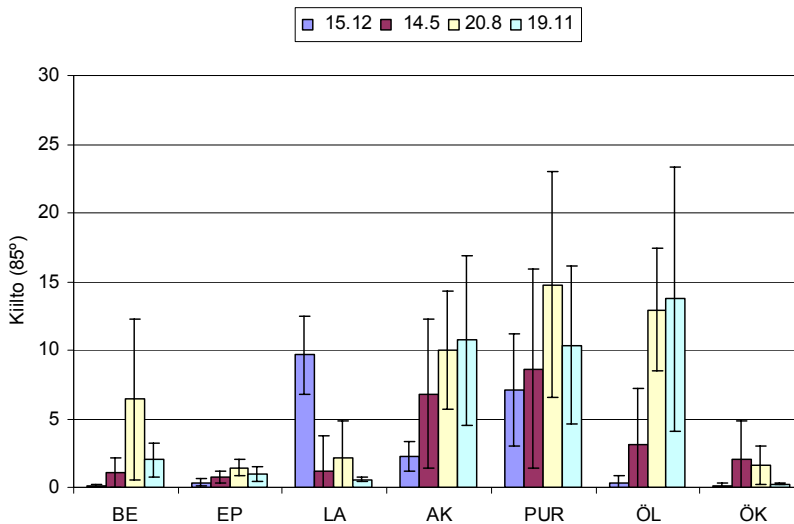


Kuva 27. Lattialle älyportin luo sijoitettujen pintojen likajäämäprosentti mitattuna kolorimetrisellä menetelmällä. Pylväät kertovat pinnalla olevan orgaanisen aineksen määrän RLU-yksiköissä (relative light unit). Pylväs = viiden mittauksen keskiarvo, jana = keskihajonta ( $\pm SD$ ). (HY, Kuisma et al. 2008.)

Koepaikkojen välinen ero on havaittavissa kiiltoarvoissa: lattialle sijoitettujen näytteiden kiiltoarvot kasvoivat 9 kk:n koeajanjakson aikana, kun taas ruokintapöydälle sijoitettujen näytteiden kiiltoarvot vaihtelivat eri materiaalien välillä huomattavasti 12 kk:n koeajanjakson aikana (kuvat 28–29).

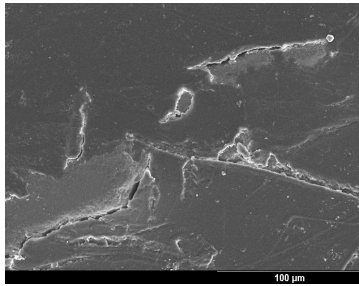


Kuva 28. Ruokintapöydälle sijoitettujen pintojen kiilto (mittauksissa 85° -kulma) mitattuna kiiltomittarilla. Pylväät kertovat pinnalla olevan orgaanisen aineksen määrän RLU-yksiköissä (relative light unit). Pylväs = viiden mittauksen keskiarvo, jana = keskihajonta ( $\pm$ SD). (HY, Kuisma et al. 2008.)

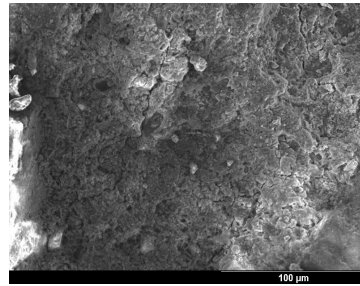


Kuva 29. Lattialle älyportin luo sijoitettujen pintojen kiilto (mittauksissa 85° -kulma) mitattuna kiiltomittarilla. Pylväät kertovat pinnalla olevan orgaanisen aineksen määrän RLU-yksiköissä (relative light unit). Pylväs = viiden mittauksen keskiarvo, jana = keskihajonta ( $\pm$ SD). (HY, Kuisma et al. 2008.)

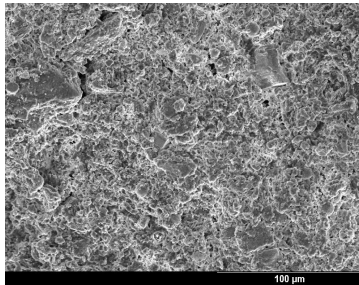
Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuvat (SEM) ruokintapöydällä ja älyportin luona lattialla olevista pinnoista esitetään kuvissa 30–31. Tyypillisimmät kuvat tutkimukseen valittiin rinnakkaisnäytteistä käytettäessä 500-kertaista suurennosta. Verrattaessa saatuja tuloksia uusiin pintoihin (Määttä *et al.* 2007b) havaittiin selviä muutoksia kaikkien koemateriaalien pinnoilla (kuvat 30–31). Uudet muovipinnoitteet (AK, PUR, EP ja PE) olivat sileimmät pinnat (Määttä *et al.* 2008b), mutta kulutuksen jälkeen ainoastaan akryylipinnoite (AK) lattialla ja polyuretaanipinta (PUR) ruokintapöydällä voitiin luokitella sileiksi (kuvat 30–31). Ruokintapöydällä ja älyportin luona lattialla olevien pintojen välillä havaittiin eroja: polyuretaanilla (PUR) pinnoitettu pinta oli enemmän kulunut lattialla kuin ruokintapöydällä, kun taas epoksi- (EP) ja akryylipinnoitteiden (AK) osalta pintojen sijoituspaikkojen välillä ei havaittu olevan eroa. Teräshierretyn betonin (BE) ja silaani-impregnoitun sementtipinnoitteen (LA) pinnoilla havaittiin muutoksia, mutta on vaikea arvioida, kuinka suuri osa näistä muutoksista aiheutui kulutuksesta ja kuinka paljon lioista pinnoilla.



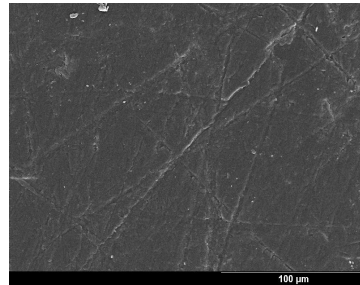
a) BE



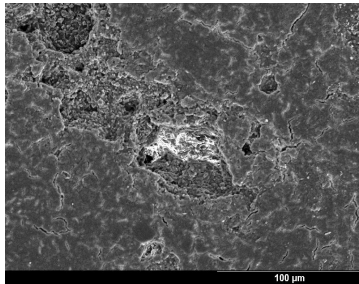
b) EP



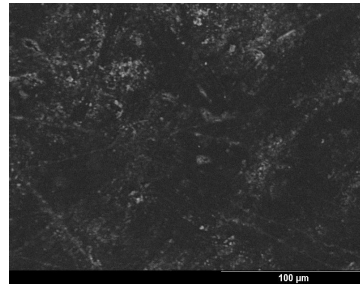
c) LA



d) AK

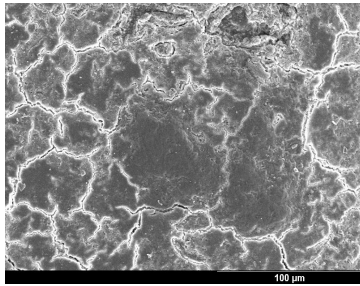


e) PUR

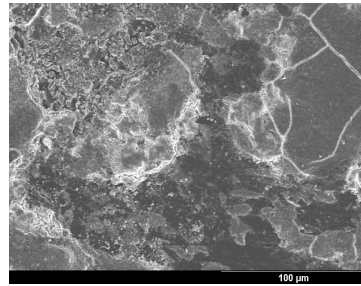


f) PE

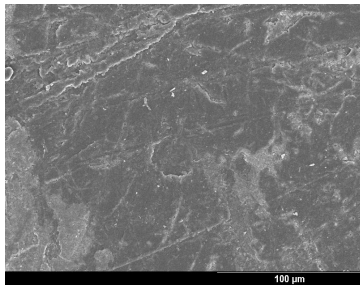
*Kuva 30. SEM-kuvat ruokintapöydällä olevista pinnoista (a–f). Käytetty suurennos oli 500-kertainen (HY, Risto Kuisma). Kuva-ala kuvissa on 233 μm x 175 μm.*



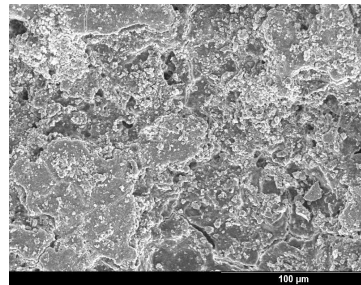
a) BE



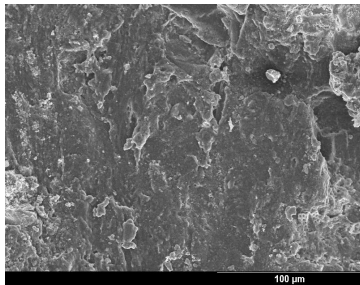
b) EP



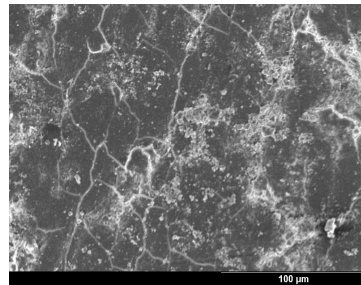
c) LA



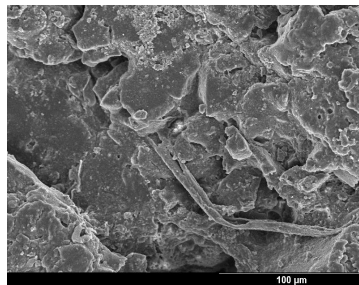
d) AK



e) PUR



f) ÖL



g) ÖK

*Kuva 31. SEM-kuvat lattialla älyportin luona olevista pinnoista (a–g). Käytetty suurennos oli 500-kertainen (HY, Risto Kuisma). Kuva-ala kuvissa on 233 µm x 175 µm.*

Yhteenvetona kenttäkokeen puhdistuvuusmittauksista todetaan artikkelissa Kuisma *et al.* (2008) seuraavaa:

Suurin osa lattialle sijoitetuista pinnoista tummui vuoden koejakson aikana, kun taas ruokintapöydälle sijoitetuissa näytteissä ei havaittu samanlaista muutosta. Molemmissa koepaikoissa muovipinnoitetut pinnat olivat yleisesti ottaen helpommin puhdistettavia kuin pinnoittamattomat näytteet. Suurimmat värinmuutokset havaittiin pinnoittamattomissa ja silaanilla kyllästetyissä betonipinnoissa. Koepaikkojen välinen ero havaittiin myös kiiltoarvoissa: lattialle sijoitettujen näytteiden kiiltoarvot kasvoivat vuoden koeajanjakson aikana, kun taas ruokintapöydälle sijoitettujen näytteiden kiiltoarvot vaihtelivat eri materiaalien välillä huomattavasti. Tämä kenttätutkimus vahvisti aikaisemmissa laboratoriotutkimuksissa (Määttä *et al.* 2007b, 2008b) tehdyt havainnot muovipinnoitteiden parantavasta vaikutuksesta betonin puhdistettavuuteen navettaympäristössä. Silaanilla kyllästetty pinta ei ollut tässä tutkimuksessa toiminnallisesti kilpailukykyinen muovipinnoitteiden kanssa. Koska markkinoilla on tarjolla erilaisia pinnoitekäsittelyjä, tulosta ei voida yleistää koskemaan muita kyllästyskäsittelyjä. Yleisesti ottaen tämän kenttätutkimuksen puhdistuvuustulokset olivat samansuuntaiset kuin aikaisempien laboratoriossa tehtyjen kokeiden tulokset. Kenttätutkimus antoi kuitenkin tietoa tutkittujen pintamateriaalien käyttäytymisestä käytännön olosuhteissa navetassa.

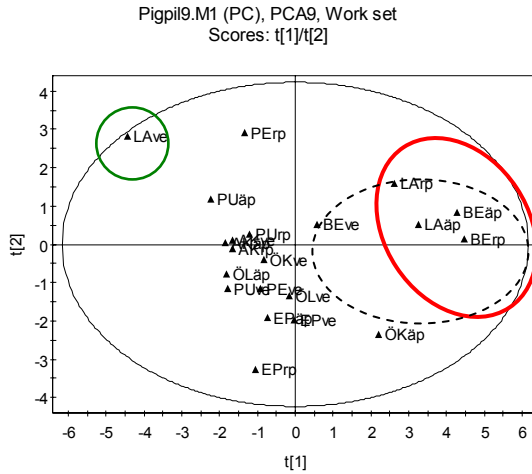
## 5.4 Pilotointitulosten monimuuttuja-analyysit

Koetilarasituksessa olleiden näytteiden tutkimustulokset käsiteltiin monimuuttuja-analyysillä materiaalien ryhmittelemiseksi ja materiaaliominaisuuksien riippuvuuksien selvittämiseksi. Monimuuttuja-analyyseissä käytettiin Simca-P 7.01 -monimuuttuja-ohjelmaa ja tulosaineistoa tarkasteltiin pääkomponenttianalyysillä (PCA). Koetilarasituksessa mukana olleiden materiaalien vertailemiseksi keskenään analyysiin otettiin mukaan seuraavat muuttujat: veden kontaktikulmat ennen altistusta ja 12 kk:n altistusten jälkeen (1 s ja 30 s), vedenläpäisy ennen ja 12 kk:n jälkeen (0 = ei läpäisevä, 1 = vesi tunkeutuu hitaasti, 2 = vesi tunkeutuu nopeasti),  $R_a$ -arvot (0 ja 12 kk), muutokset pintojen laaksojen ja huippujen etäisyyksissä 12 kk:n vanhenuksen aikana verrattuna alkuperäiseen, likäjäämäprosentti (3, 6, 9 ja 12 kk) sekä kiiltoarvot (0, 6 ja 12 kk).

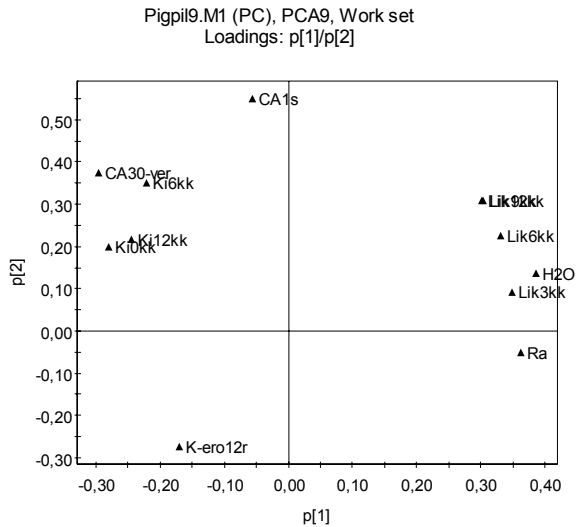


Kuvassa 32 esitetään havaintojen sijoittuminen mallin kahden pääkomponentin muodostamassa tasossa. Koska kaikki havainnot sijoittuvat Hotelling T2 -ellipsin sisään, selvästi muista poikkeavia havaintoja ei ollut. Altistamaton silaani-impregnoitu pintamateriaali poikkesi kuitenkin jossain määrin muista (lähes kehän ulkopuolella). Havaintojoukosta erottuvat lisäksi silaani-impregnoitun sementtisen pinnoitteen (LA) sekä teräshierretyn betonin (BE) ruokintapöytä- ja älyportti-ympäristössä altistetut näytteet. Tähän joukkoon kuuluu mahdollisesti myös altistamaton betoni (BE).

Kuvasta 33 nähdään muuttujien suhde toisiinsa: positiivisesti korreloivat muuttajat ovat lähellä toisiaan, negatiivisesti korreloivat sijoittuvat origon kautta kulkevan suoran vastakkaisille puolille ja toisistaan riippumattomat muuttajat sijoittuvat niin, että muuttujien välille syntyvän sektorin kulma on  $90^\circ$  (sektorin kärki origossa). Origosta kauimmaksi sijoittuvat muuttajat ovat mallissa merkitsevimpiä. Lisäksi kuvia 32 ja 33 vertailemalla nähdään, mitkä muuttajat vetävät havaintoja puoleensa. Siten altistetuilla LA- ja BE-pinnoilla on merkitsevinä muuttujina likaantumis- ja vedenläpäisytulokset. Analyysi vahvistaa näin ollen edellä esitettyjen tulosten perusteella todetun havainnon siitä, että silaani-impregnoitun sementtisen pinnoitteen ja teräshierretyn betonin toimivuus koetilaolosuhteissa on puhtaana pysymisen ja vedenpidätyskyvyn suhteen muita materiaaleja heikompi. Altistamattoman silaani-impregnoitun sementtisen pinnoitteen (LA) sijoittuminen ellipsin kehälle ja siten omaksi ”ryhmäkseen” johtuu todennäköisesti korkeista vedenkontaktikulma-arvoista, jotka säilyvät korkeina ajan funktiona (ei vesipisaran leviämistä tai tunkeutumista).

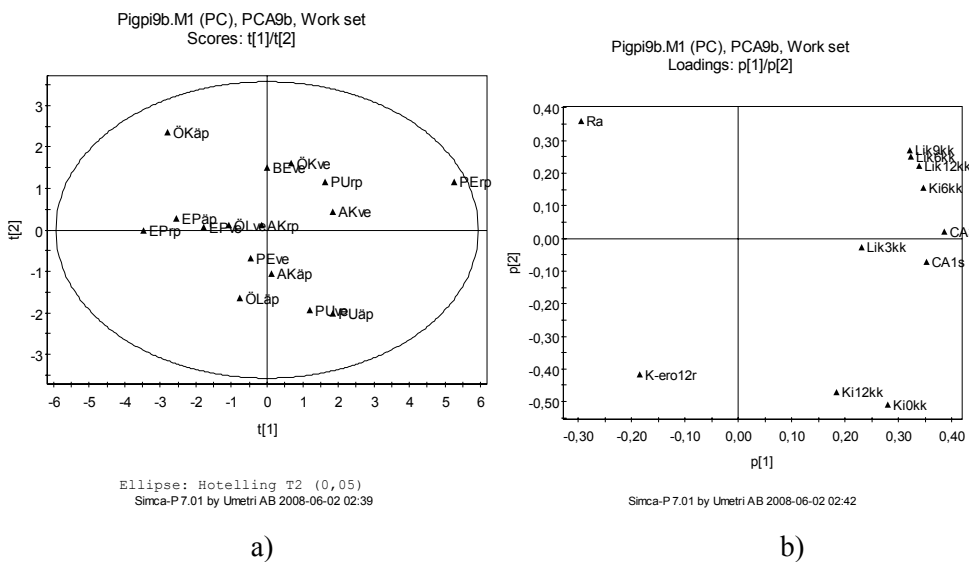


Kuva 32. PCA-mallin scores-kuva (ikkuna dataan suunnassa, jossa muuttujien hajonta on suurin ja materiaalit erottuvat toisistaan mahdollisimman hyvin).



Kuva 33. Loadings-kuva, josta nähdään muuttujien vaikutus havaintojen ryhmittymisen (edellinen kuva).  $H_2O$  = vedentunkeuma, CA = kontaktikulmat, Kero12 = pintojen huippujen ja laaksojen etäisyysmuutos 12 kk:n vanhennuksessa verrattuna alkuperäiseen, Lik = likajäämä ja Ki = kiilto.

Analyysiä jatkettiin jättämällä havaintojen joukosta pois edellä mainitut havainnot, jotka erottuivat muista (LA- ja BE-tulokset). Näin haluttiin selvittää, onko jäljelle jääneiden havaintojen joukossa omaksi luokaksi ryhmittyviä havaintoja. Tässä uudessa havaintojoukossa polyesteribetoni (PE) altistettuna ruokapöytäympäristössä ja kumia sisältävä öljypohjainen pinnoite (ÖK) altistettuna älyportilla sijoittuvat muista ja toisistaan erilleen (kuva 34). Edellisen tapauksessa likajäämät vaikuttavat erottumiseen muiden havaintojen joukosta, jälkimmäisen tapauksessa karheusarvot. Tämänkin analyysin tulosta puoltavat likaantumis- ja profilometritulokset: polyesteribetonin likajäämät ruokintapöytäaltistuksessa ovat keskitasoa (alhaisemmat kuin LA- ja BE-näytteiden mutta korkeammat kuin muiden), ja kumia sisältävän öljypohjaisen pinnoitteen karheus älyportilla vanhennettuna on korkeimpien joukossa.



Kuva 34. Scores- ja loadings-kuvat (a ja b vastaavasti) havaintojoukolle, josta on jätetty pois edellisessä mallissa erottuneet havainnot.

## 6. Teknillis-taloudellisuus

Kenttäkokeessa tutkittujen kaupallisten pinnoitteiden edustajilta kysyttiin kuvitteellisen esimerkkikohteen pinnoittamisen kustannuksia. Kuvitteellisen kohteen pinnoitettavat pinnat olivat: lehmien käyttämä lattia-ala 300 m<sup>2</sup>, maitohuoneen lattian ala 25 m<sup>2</sup> ja ruokintapöytä 30 m<sup>2</sup>. Kustannusarvio pyydettiin valmiiksi pinnoitusta varten esikäsitellyn (karhennetun ja puhdistetun) betonipinnan pinnoituksesta. Kustannusarviot koskevat ainoastaan aine-, tarvike- ja työkuluja.

Kesäkuun 2006 hintatason mukaiset lattian kustannusarviot ilman arvonlisäveroa esitetään taulukossa 12. Kaikkien pinnoitteiden neliöhinta on niin korkea, että pinnoittaminen on taloudellisesti järkevää kohdentaa kohteisiin, jossa siitä saadaan vastaava hyöty. Tällaisia ovat tarjouspyynnössäkin mainitut maidonkäsittelytilat, ruokintapöytä ja lypsyasema. Tehdasvalmisteisen polyesteribetonisen ruokintapöytälevyn korkeampaa neliöhintaa kompensoivat sekä ruokintapöydällä ko. levyn paksuutta vastaavasti pienentyvä betonin tarve että alusbetonipinnan viimeistelyn vaatimattomampi taso. Vaikka öljypohjaisesta pinnoitteesta on laskettu kustannusarvio myös ruokintapöydälle, on materiaalin soveltuvuudesta (mahdolliset eläimille haitalliset aineet) käyttötarkoitukseen varmistuttava ennen sen käyttöä.

Lattian epoksinpinnoite koostuu pohjusteesta, epoksikerroksesta, hiekkasirotteesta ja pinnoitteesta ja pinnoittamistyö koostuu seitsemästä työvaiheesta. Ruokintapöytälevyn epoksinpinnoite koostuu pohjusteesta ja pinnoitteesta ja pinnoitustyö on kaksivaiheinen. Tästä syystä lattian epoksinpinnoitteen kustannusarvio on korkeampi kuin ruokintapöydän. Muut pinnoitteet ja niiden työvaiheet ovat samantyyppiset sekä lattiassa että ruokintapöytälevyssä.

*Taulukko 12. Pinnoitteiden kesäkuun 2006 hintatason mukaiset arvonlisäverotomat kustannusarviot.*

Pinnoite	Hinta, €/m <sup>2</sup>	
	Lattia	Ruokintapöytä
Epoksinpinnoite (EP)	28	21–22
Tehdasvalmisteinen polyesteribetoninen ruokintapöytälevy (PE)	-	91–92
Silaani-impregnoitu sementtinen pinnoite (LA)	35	35
Akryylipinnoite (AK)	40–50	40–50
Polyuretaanipinnoite (PUR)	40–50	40–50
Öljypohjainen pinnoite (ÖL)	31	31
Öljypohjainen pinnoite + kumi (ÖK)	65	

### Ruokintapöytälevy

Teräshierrettyä betonia teknisesti paremmin pärjäivät ruokintapöytäaltistuksessa kaikki muut tutkitut pintaratkaisut paitsi silaani-impregnoitu laastipinnoite. Tutkituista pintavaihtoehtoista tehdasvalmisteinen polyesteribetonilevy oli teknisesti (puhdistuvuusominaisuudet eivät mukana) yksi parhaimmista, mutta myös kallein. Polyesteribetonin kanssa teknisesti vertailukelpoisia vaihtoehtoja ja keskenään samantasoisia ratkaisuja olivat polyuretaani-, akryyli- ja epoksinpinnoitus.

Polyesteribetonipinnat olivat tummuneet pilottikohteessa 12 kk:n tarkastelujakson aikana, mutta muilta osin levy pysyi lähes muuttumattomana. Puhdistuvuudeltaan polyesteribetoni oli keskiluokkaa. Vaikka polyesteripinnoitettu tehdasvalmisteinen levy on hankintahinnaltaan kallein, tämän tutkimuksen vuodennittaiset kenttäkoetulokset viittaavat siihen, että levyn käyttöikä on muihin tutkittuihin vaihtoehtoihin verrattuna niin pitkä, että se on yksi kustannustehokkaimmista materiaaleista ruokintapöytäympäristön omaisiin olosuhteisiin.

Polyuretaani- ja akryylipinnoitus ovat keskenään teknis-taloudellisesti samanarvoiset. Vaikka epoksinpinoitus oli teknisesti hieman heikompi kuin edellä mainitut pinnoitteet, se on teknis-taloudellisesti niiden kanssa kilpailukykyinen.

## Lattia

Muut tutkitut pintaratkaisut paitsi silaani-impregnoitu laastipinnoite ja öljypohjainen kumia sisältävä pinnoite olivat navetan lattiaan sekä teknisesti että teknis-taloudellisesti parempia kuin pelkkä teräshierretty betonipinta.

Öljypohjainen pinnoite ja epoksinpinnoite kuuluivat teknisesti parhaimpien materiaalien joukkoon. Hinnaltaan ne ovat keskenään samaa luokkaa ja muita edullisemmat. Edellä mainittuja kalliimpien, keskenään samanhintaisten polyuretaani- ja akryylipinnoitteiden karhennukseen käytetyn kiviaineksen irtoaminen viittaa siihen, että näiden materiaalien toiminnallisuus heikkenee tutkimuksen kestoaa pidemmällä aikajänteellä.

## 7. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa saatiin laboratorio- ja kenttäkokeilla tietoa erilaisten betoni-, asfaltti- ja saumamateriaalien pintaominaisuuksista ja puhdistuvuudesta. Laboratoriossa pintoja tutkittiin sekä uusina että mekaanisesti ja kemiallisesti kulutettuina. Lisäksi arvioitiin laboratoriokokeiden perusteella valikoitujen materiaalien toimivuutta käytännön olosuhteissa vuoden ajan. Kenttäkoe toteutettiin pihatonavetassa, jossa pintamateriaalit sijoitettiin lattiapinnalle ja ruokintapöydälle.

Yhteenvetona laboratoriokokeiden puhdistuvuustuloksista voidaan todeta, että kokonaisuutena polyesteri-, akryyli- ja polyuretaanipinnoitetut näytteet puhdistuivat parhaiten uusista, kuluttamattomista pinnoista. Karheusarvojen ja SEM-kuvien perusteella saumausaineet olivat uutena karheimpia pintoja ja pinnoittaminen tasoitti betonipastapintoja. Lisäksi pinnoittamattomien ja pinnoitettujen betonipastojen sekä saumausaineiden kontaktikulmat erosivat toisistaan. Radiokemiallisten puhdistuvuuskokeiden mukaan pinnoittaminen paransi puhdistuvuutta. Epoksipohjainen saumausaine puhdistui öljymäisestä radiokemiallisesta malliliasta parhaiten, kun saumausaineita verrattiin keskenään. ATP (adenosiinitrifosfaatti) -menetelmällä ainoastaan tiivistysaineella pintakäsitelty betonipasta erosi muista materiaaleista: se puhdistui lantaliasta parhaiten ensimmäisen puhdistuksen jälkeen.

Tässä tutkimushankkeessa pintamateriaaleja rasiettiin mekaanisesti vesihiekka-suihkutuksella ja erilaisilla kemiallisista yhdisteistä valmistetuilla liuoksilla. Käsitellyt peruspastat tuhoutuivat joko kulutuskäsittelyissä tai niitä seuranneissa puhdistuvuustutkimuksissa, joten niiden osalta ei saatu mittaustuloksia. Mekaaninen kulutus heikensi kaikkien tutkittujen näytteiden puhdistuvuutta, joskin näytteiden välillä oli eroja kulumisen voimakkuudessa. Mitä syvempi kulumisura näytteessä oli, sitä huonompi oli puhdistuvuus. Saumausaineiden puhdistuvuus heikkeni mekaanisen kulutuksen vaikutuksesta huomattavasti enemmän kuin pinnoitettujen materiaalien puhdistuvuus. Kemiallinen rasiutus heikensi kaikkien saumausaineiden puhdistuvuutta. Emäksinen (NaOH) käsittely heikensi peruspastan puhdistuvuutta, mutta paransi polyuretaani- ja epoksipinnoitteen puhdistuvuutta. Maitohappoaltistuksella ei ollut suurta vaikutusta peruspastan puhdistuvuuteen, mutta se paransi epoksipinnoitetun betonin puhdistuvuutta. Kemiallisella käsittelyllä ei ollut vaikutusta akryylipinnoitteen puhdistuvuuteen, kun taas polyesteripinnoitteen puhdistuvuus heikkeni kemiallisissa kulutuskäsittelyissä.

Materiaalien altistus NaOH-, maitohappo- tai AIV-liuoksille muutti useissa tapauksissa pintojen väriä tai rakennetta (hilseilyä, syöpymiä). Testiliuoksien aiheuttamat näkyvät muutokset yleistyivät ja voimistuivat liuoksen happamuuden kasvaessa (NaOH < maitohappo < AIV). Akryyli- ja polyuretaanipinnoitteet säilyivät lähes muutoksitta kaikilla testiliuoksilla. Kemiallisissa käsittelyissä materiaalipinnoilla tapahtui kuitenkin usein silmällä havaittavien väri- ja rakennemuutosten puuttuessaakin mikroskooppisia topografiamuutoksia. Esimerkiksi polyuretaani- ja akryylipinnoitteen pinnankarheudet vähenivät kemikaalialtistuksissa.

Yhteenvetona kenttäkokeen puhdistuvuusmittauksista voidaan todeta, että kenttätutkimus vahvisti laboratoriokoeosuudessa tehdyt havainnot muovipinnoitteiden parantavasta vaikutuksesta betonin puhdistettavuuteen navetta-ympäristössä. Silaanilla impregnoitu pinta ei ollut tässä tutkimuksessa toiminnallisesti kilpailukykyinen muovipinnoitteiden kanssa. Koska markkinoilla on tarjolla erilaisia pintakäsittelyjä, tulosta ei voida yleistää koskemaan muita impregnoitinkäsittelyjä. Pintamateriaalit likaantuivat ja kuluivat voimakkaammin lattiapinnalla kuin ruokintapöydällä. Molemmissa koepaikoissa muovipinnoitetut pinnat olivat yleisesti ottaen helpommin puhdistettavia kuin pinnoittamattomat näytteet, kun taas suurimmat värinmuutokset havaittiin pinnoittamattomissa ja silaanilla impregnoituissa betonipinnoissa. Koepaikkojen välinen ero havaittiin myös kiiltoarvoissa: lattialle sijoitettujen näytteiden kiiltoarvot kasvoivat vuoden koeajanjakson aikana, kun taas ruokintapöydälle sijoitettujen näytteiden kiiltoarvot vaihtelivat eri materiaalien välillä huomattavasti. Lisäksi älyporteille asennetuissa materiaaleissa veden ja siten myös liian tunkeutuminen materiaalien pintakerrokseen ja pintakerrosten läpi oli yleisempää kuin ruokintapöytänäytteissä. Tämä johtui älyportilla pinnoitteisiin syntyneistä mekaanisista ja kemiallisista vaurioista. Kenttätutkimus antoi tietoa tutkittujen pintamateriaalien käyttäytymisestä käytännön olosuhteissa navetassa. Pinnoittamista suositellaan tiloihin ja pinnoille, joilta vaaditaan hygieenisyyttä, esimerkiksi ruokintapöydille ja lypsyasemille.

Vuoden kenttäkokeen perusteella ei voida kiistattomasti päätellä tutkittujen materiaalien käyttöikä ja toiminnallisuutta pitkäaikaiskäytössä koejärjestelyjen mukaisissa olosuhteissa. Materiaalien altistukset koetilalla osoittivat kuitenkin, että tietyt materiaalit, kuten tutkimuksen öljypohjainen kumia sisältävä pinnoite, joutuvat alttiiksi liian suurelle kemialliselle ja mekaaniselle rasitukselle jo vuoden aikana älyporttiympäristössä eivätkä siten ole kustannustehokkaita kyseisiin olosuhteisiin. Tässäkään tapauksessa tulosta ei voida yleistää kaikkiin vastaavan



tyyppisiin pinnoitteisiin. Pitkäaikaisemmalla seurannalla pinnoiteratkaisujen toiminnallisuudesta pinnoittamattomaan betoniin nähden saataisiin luotettavampaa tietoa ja samalla voitaisiin arvioida, missä vaiheessa materiaalien uusiminen olisi välttämätöntä.

Liitteeseen A on koottu kenttäkoetulokset ja materiaalikustannukset taulukoihin, joista on nopeasti nähtävissä kunkin materiaalin toimivuus vuodenmittaisessa altistuksessa ruokintapöydällä tai älyporttialueella. Liitteen taulukoissa esitetty pisteytys osoitti saman kuin monimuuttuja-analyysit, joissa todettiin polyesteribetonin ja pinnoitettujen betonimateriaalien – lukuun ottamatta silaani-impregnoitua sementtistä pinnoitetta – toimivan teräshierrettyä betonipintaa paremmin ruokintapöytä- ja älyporttiolosuhteissa.

## Lähdeluettelo

Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R., Hellstedt, M., Jauhiainen, P., Määttä, J. & Sjöberg, A.-M. 2008. Properties and cleanability of new and traditional surface materials in cattle barns – a field study. *Agricultural and Food Science*, Vol. 17, s. 227–229.

Kymäläinen, H.-R., Määttä, J., Puumala, M., Kaustell, K. O., Mattila, T., Joutsen, B.-L., Hurme, K.-R., Uusi-Rauva, A. & Sjöberg, A.-M. 2008. A laboratory study of the effect of coating on cleanability of concrete flooring for use in piggeries. *Biosystems Engineering*, Vol. 99, s. 88–98.

Määttä, J. 2007. Modifications of surface materials and their effects on cleanability as studied by radiochemical methods. Väitöskirja. Agroteknologian laitos. MMTEK-julkaisu 26. Helsinki: Yliopistopaino. 61 s.

Määttä, J., Kymäläinen, H.-R., Mahlberg, R., Puumala, M., Kuisma, R., Uusi-Rauva, A., Hurme, K.-R. & Sjöberg, A.-M. 2007a. Properties and cleanability of traditional and new agricultural surface materials: a laboratory study. NJF 23rd Congress 2007, Trends and Perspectives in Agriculture, June 26–29 2007, Copenhagen, Denmark. NJF Report, Vol. 3, No. 2, s. 367–368.

Määttä, J., Kymäläinen, H.-R., Puumala, M., Mahlberg, R., Kuisma, R., Salparanta, L., Löija, M., Talibachew, A., Hurme, K.-R., Uusi-Rauva, A., Ritschkoff, A.-C. & Sjöberg, A.-M. 2008. Properties and cleanability of new and traditional surface materials. *Agricultural and Food Science*, Vol. 17, s. 210–226.

Määttä, J., Kymäläinen, H.-R., Kuisma, R., Puumala, M., Mahlberg, R., Salparanta, L. & Sjöberg, A.-M. 2008a. Helposti puhdistettavat pinnat maatalarakentamisessa – laboratoriotutkimus. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu 9.1.2008. Julkaistu 9.1.2008. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Helposti puhdistettavat pinnat maatalarakentamisessa – laboratoriotutkimus). ISBN 978-951-9041-51-3.

Määttä, J., Hellstedt, M., Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R., Mahlberg, R. & Sjöberg, A.-M. 2008b. Effects of chemical and mechanical wearing on cleanability and surface properties of traditional and new surface materials in cattle barns – a laboratory study. Submitted to Biosystems Engineering.

Parviainen, H. 2001. Porsastuotannon työmenetelmät ja työmenekki. Työteho-seuran maataloustiedote 5.2001 (534). Forssa. 8 s. ISSN 0782-6788.

Peltonen, M. & Karttunen, J. 2003. Lypsyn ja puhtaanapitotöiden työmenekki pihatossa – työmenetelmät ja toiminnallisuus. Työteho-seuran maataloustiedote 10.2002 (550). Forssa. 12 s. ISSN 0782-6788.

Puumala, M. & Lehtiniemi, T. 1993. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. Vakolan tutkimusselostus 67. Vihti: MTT. 85 s.

Puumala, M., Jauhiainen, P., Mahlberg, R., Salparanta, L., Kymäläinen, H.-R., Määttä, J., Kuisma, R. & Sjöberg, A.-M. 2008. Helposti puhdistettava lattia – hoitajien ja eläinten turvallisuustekijä. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu 9.1.2008. Julkaistu 9.1.2008. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi> (Helposti puhdistettava lattia – hoitajien ja eläinten turvallisuustekijä). ISBN 978-951-9041-51-3.

### **Muuta kirjallisuutta**

Hellstedt, M., Jauhiainen, P., Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R., Määttä, J., Mahlberg, R., Salparanta, L. & Sjöberg, A.-M. 2008. Evaluation of different kinds of floor materials in cattle barns. Teoksessa: International Conference on Agricultural Engineering: Proceedings: Agriculture & Biosystems Engineering for a Sustainable World. Greece, June 23–25, 2008. 7 s.

Kymäläinen, H.-R. 2007. Pinnoitteet ja uudet materiaalit betonin haastajina. Suomen Maataloustieteellinen Seura, Teknologia-toimikunnan iltakokous, Helsinki 27.3.2007. Julkaistu sähköisesti [http://www.smts.fi/teknologia/kym%E4I%E4inen\\_270307.pdf](http://www.smts.fi/teknologia/kym%E4I%E4inen_270307.pdf).

Kymäläinen, H.-R., Määttä, J., Kuisma, R., Nykter, M. & Sjöberg, A.-M. 2007. Soiling and cleaning of floorings in animal houses. The XIII International Congress on Animal Hygiene ISAH-2007, June 17–21 2007, Tartu, Estonia. Proceedings, Vol. 1, s. 543–548.

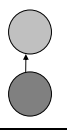
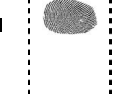



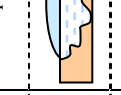





Määttä, J., Kymäläinen, H.-R., Hellstedt, M., Kuisma, R., Mahlberg, R., Salparanta, L., Hurme, K.-R., Uusi-Rauva, A. & Sjöberg, A.-M. 2008. Use of Radiochemical Methods to Determine Cleanability of Different Concrete Surfaces for Use in Cattle Barns. Teoksessa: International Conference on Agricultural Engineering: Proceedings: Agriculture & Biosystems Engineering for a Sustainable World. Greece, June 23–25, 2008. 10 s.

Puumala, M., Mahlberg, R., Salparanta, L., Kymäläinen, H.-R., Määttä, J., Kuisma, R. & Sjöberg, A.-M. 2007. Evaluation of easy-to-clean floor materials in farm conditions. NJF 23rd Congress 2007, Trends and Perspectives in Agriculture, June 26–29 2007, Copenhagen, Denmark. NJF Report, Vol. 3, No, 2, s. 37–38.

Sjöberg, A.-M. & Kymäläinen, H.-R. 2007. Navetan pintamateriaaleilla on merkitystä. Maaseudun Tulevaisuus, Maaseudun Tiede -liite 3/2007, 17.12.2007, s. 14.

# Liite A: Yhteenvetotaulukot kenttökoaltistuksen vaikutuksesta materiaalien ominaisuuksiin

Taulukko A1. Ruokintapöydällä vuoden ajan vanhennettujen materiaalien ominaisuuksien muutokset alkuperäiseen tilaan nähden.

Materiaali	Koodi	Kuluminen mikro- tasolla	Kuluminen makro- tasolla	Massa- muutos	Väri/Kiilto- muutos	Kosteuden läpäisy	Puhdistuvuus*	Hinta**	Ominai- suusmuu- toksista saadut pisteet***
Teräshierretty betoni	BE	+++	+++	--				-	15
Epoksi + hiekka	EP	++	-	±0		ei läpäise	±0	€€	5
Sil. impr. sem. pinn.	LA	+++	+++	--				€€€	13
Akryyli + hiekka	AK	+	-	±0	±0	ei läpäise	<	€€€€(€)	4
Polyuretaani + hiekka	PUR	±0	--	±0		ei läpäise		€€€€(€)	5
Polyesteri- betoni	PE	+	-	±0		ei läpäise		€€€€€€€€	5

\* ) 1 sormenjälki = 10 %-n likajäämä, 2 kpl sormenjälkiä = 20 %-n likajäämä jne.

\*\* ) € = hinta 10 €/m<sup>2</sup>, €€ = hinta 20 €/m<sup>2</sup> jne.

\*\*\* ) Laskettu yhteen miinus-, plus-, likapisteyden jne. määrät, kaikki ominaisuudet samanarvoisina. Mitä alhaisempi luku, sitä pienemmät muutokset ja siten sitä parempi materiaaliominaisuuksien kestävyys. Hintatiedot eivät ole mukana pisteytyksessä.

Taulukko A2. Älypölyttävällä vuoden ajan vanhennettujen materiaalien ominaisuuksien muutokset alkuperäiseen tilaan nähden.

Materiaali	Koodi	Kuluminen mikro-tasolla	Kuluminen makro-tasolla	Massamuutos	Väri/Kiilto-muutos	Kosteuden läpäisy	Puhdistuvuus*	Hinta**	Ominaisuuksien muutoksista saatut pisteet***
Teräshierretty betoni	BE	+++	-	++				-	13
Epoksi + hiekka	EP	++	---	+		ei läpäise	±0	€€€	7
Sil.impr. sem. pinn.	LA	+++	-	+++				€€€€	12
Akryyli + hiekka	AK	+	-	+		ei läpäise	<	€€€€(€)	6
Polyuretaani + hiekka	PUR	±0	---	+		ei /		€€€€(€)	7(8)
Öljypohj. pinnoite	ÖL	+	--	+		ei läpäise	<	€€€	7
Öljypohj. pinn. + kumi	ÖK	+++	-	--			<	€€€€€€	9r

\* ) 1 sorrenjälki = 10 %-n likajäämä, 2 kpl sorrenjälkiä = 20 %-n likajäämä jne.

\*\* ) € = hinta 10 €/m<sup>2</sup>, €€ = hinta 20 €/m<sup>2</sup> jne.

\*\*\* ) Laskettu yhteen miinus-, plus-, likapisteiden jne. määrä, kaikki ominaisuudet samanarvoisina. Mitä alhaisempi luku, sitä pienemmät muutokset ja siten sitä parempi materiaalinominaisuksien kestävyys. Hintatiedot eivät ole mukana pisteytyksessä.

r) Öljypohjainen kumia sisältävä pinnoite oli osittain rikkoutunut, ominaisuusmääritykset oli tehty rikkoutumattomista pinnoista.



Tekijä(t) Mahlberg, Riitta, Hellstedt, Maarit, Jauhiainen, Pekka, Kuisma, Risto, Kymäläinen, Hanna-Riitta, Määttä, Jenni, Salparanta, Liisa, Sjöberg, Anna-Maija & Ritschkoff, Anne-Christine		
Nimeke <b>Helposti puhdistettavat lattiamateriaalit lypsykarjatiloiissa</b>		
Tiivistelmä Maatalouden tuotantotilojen puhtaudella on suuri merkitys kotieläinten hyvinvointiin, terveyteen ja sitä kautta tuottavuuteen. Tuotantotilojen puhtana pysymiseen voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla. Maa- ja metsätalousministeriön Makera-tutkimusohjelman rahoittaman kolmivuotisen hankkeen ”Maatalouden puhtaat pinnat” tavoitteena oli selvittää likaa ja kosteutta hylkivien rakennusmateriaalien toimivuutta lypsykarjarakennuksien lattiamateriaaleina. Tutkimuksessa oli mukana sekä kaupallisia että tuotekehityksessä olevia pintamateriaaleja. Tutkimus toteutettiin VTT:n, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) ja Helsingin yliopiston agroteknologian laitoksen (HY) yhteistyönä.  Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin laboratoriokeihin betonin ja eri lailla seostettujen tai pintakäsiteltyjen betonimateriaalien, sauma-aineiden ja asfalttien hylkivyysominaisuuksia, kemiallista ja kulutuskestävyyttä sekä puhdistuvuutta malli-, rehu- ja lantaloista. Laboratoriokeiden tulosten perusteella valikoidut materiaalit asennettiin käytännön olosuhteisiin lypsykarjan pihatorakennuksen älyportti- ja ruokintapöytäalueille. Materiaalien kuntoa ja puhdistuvuutta seurattiin kolmen kuukauden välein toistuvien säännöllisten mittauksin kaikkiaan vuoden ajan. Kenttätutkimus vahvisti laboratoriokeoosuudessa tehdyt havainnot siitä, että tutkitut muovipinnoitteet ja -modifioinnit paransivat betonin puhdistettavuutta navettaympäristössä. Pintamateriaalit likaantuivat ja kuluiivat voimakkaammin älyporttialueella kuin ruokintapöydällä. Molemmissa koepaikoissa muovipinnoitetut pinnat olivat yleisesti ottaen helpommin puhdistettavia kuin pinnoittamattomat näytteet. Lisäksi älyporteille asennetuissa materiaaleissa veden ja siten myös lian tunkeutuminen materiaalien pintakerrokseen ja pintakerrosten läpi oli yleisempää kuin ruokintapöytänäytteissä. Tämä johtui älyportilla syntyneistä mekaanisista ja kemiallisista vaurioista pinnoitteisiin. Pinnoittamista suositellaan tiloihin ja pinnoille, joilta vaaditaan hygieenisyyttä, esimerkiksi ruokintapöydille ja lypsyasemille.		
ISBN 978-951-38-7234-2 (nid.) 978-951-38-7235-9 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Projektinumero 9253
Julkaisu-aika Lokakuu 2008	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 66 s. + liitt. 2 s.
Projektin nimi Maatalouden puhtaat pinnat		Toimeksiantaja(t) Lujabetoni Oy, Oy DeLaval Ab, Interpump Finland Oy, Hankkija-Maatalous Oy, maa- ja metsätalousministeriö, VTT
Avainsanat farms, production facilities, cleanability, building materials, floors, concrete, easy-to-clean surfaces, farm buildings, repellence properties, chemical resistance, abrasion resistance		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374



Series title, number and  
report code of publication

VTT Research Notes 2447  
VTT-TIED-2447

Author(s) Mahlberg, Riitta, Hellstedt, Maarit, Jauhiainen, Pekka, Kuisma, Risto, Kymäläinen, Hanna-Riitta, Määttä, Jenni, Salparanta, Liisa, Sjöberg, Anna-Maija & Ritschkoff, Anne-Christine		
Title <b>Easy-to-clean floor materials in cattle barns</b>		
Abstract Cleanliness of agricultural production facilities plays an important role in the well-being and health of the domestic animals, and thereby the productivity of the farm. The cleanability of production facilities can be influenced by proper choices of the building materials. The objective of the project “Easy-to-Clean Surfaces in Farm Buildings” was to determine the performance of dirt- and moisture-repelling building materials under agricultural conditions. The three year project was financed by the Makera research programme of the Ministry of Agriculture and Forestry in Finland. Commercially available surface materials or materials under development were included in the study. The research was conducted in co-operation between VTT Technical Research Centre of Finland, MTT Agrifood Research Finland and Helsinki University, Faculty of Agriculture and Forestry.  During the first stage, the repellence properties, chemical and abrasion resistance as well as cleanability from manure, feed mixture and different model soils were characterised by means of laboratory methods for concrete, for differently modified or coated concrete, for different type of asphalt and joint materials. Based on the laboratory results, test materials were selected for the field test and placed on the feeding table and the floor at a sorting gate of a cow barn. The appearance and cleanability of the test materials were monitored regularly at three months intervals altogether for one year. The results of the laboratory phase were confirmed by the field test showing that the modifications or surface coatings studied clearly improved the cleanability of concrete under farm conditions. The materials were more severely soiled and worn at the floor than on the feeding table. Due to mechanical and chemical wear, the materials installed at the sorting gate absorbed more moisture and soil than the ones installed on the feeding table. Plastic coatings or treatments are recommended to be used for surfaces with requirements of high hygiene, such as for feeding tables and milking stations.		
ISBN 978-951-38-7234-2 (soft back ed.) 978-951-38-7235-9 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Project number 9253
Date October 2008	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 66 p. + app. 2 p.
Name of project Easy-to-Clean Surfaces in Farm Buildings		Commissioned by Lujabetoni Oy, Oy DeLaval Ab, Interpump Finland Oy, Hankkija-Maatalous Oy, Ministry of Agriculture and Forestry, VTT
Keywords farms, production facilities, cleanability, building materials, floors, concrete, easy-to-clean surfaces, farm buildings, repellence properties, chemical resistance, abrasion resistance		Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374



## VTT Tiedotteita - Research Notes

- 2431 Nikkola, Juha, Mahlberg, Riitta, Siivinen, Jarmo, Pahkala, Anne, Lahtinen, Reima & Mahiout, Amar. Alumiinin pintaominaisuudet ja pintakäsittelyt. 2008. 49 s.
- 2432 Teknologiapolut 2050. Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. Taustaraportti kansallisen ilmasto- ja energiastrategian laatimista varten. Ilkka Savolainen, Lassi Similä, Sanna Syri & Mikael Ohlström (toim.). 2008. 215 s.
- 2433 Teknologiapolut 2050. . Skenaariotarkastelu kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. Antti Lehtilä, Sanna Syri & Ilkka Savolainen (toim.). 2008. 65 s.
- 2434 McKeough, Paterson & Kurkela, Esa. Process evaluations and design studies in the UCG project 2004- 2007. 2008. 45 p.
- 2435 Salmela, Hannu, Toivonen, Sirra & Pekkala, Petri. Tapaustutkimus kuljetus-rasituksista Trans-Siperian radalla. 2008. 59 s.
- 2436 Lindqvist, Ulf, Eiroma, Kim, Hakola, Liisa, Jussila, Salme, Kaljunen, Timo, Moilanen, Pertti, Rusko, Elina, Siivonen, Timo & Välikkynen, Pasi. Technical innovations and business from printed functionality. 2008. 73 p. + app. 6 p.
- 2437 Tiusanen, Risto, Hietikko, Marita, Alanen, Jarmo, Pátkai, Nina & Venho, Outi. System Safety Concept for Machinery Systems. 2008. 53 p.
- 2438 Koponen, Pekka, Pykälä, Marja-Leena & Sipilä, Kari. Mittaustietojen tarpeet ja saatavuus rakennuskannan automaattisten energia-analysien näkökulmasta. 2008. 62 s. + liitt. 3 s.
- 2439 Mobile TV should be more than a television. The final report of Podracing project. Ed. by Ville Ollikainen. 2008. 71 p. + app. 4 p.
- 2441 Bioenergy in Europe. Implementation of EU Directives and Policies relating to Bioenergy in Europe and RD&D Priorities for the Future. Ed. by Crystal Luxmore. 2008. 59 p.
- 2442 Operational decision making in the process industry. Multidisciplinary approach. Ed. by Teemu Mätäsniemi. 2008. 133 p. + app. 5 p.
- 2443 Hänninen, Markku & Ylijoki, Jukka. The one-dimensional separate two-phase flow model of APROS. 2008. 61 s.
- 2444 Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Piira, Kalevi, Porkka, Janne, Siltanen, Pekka, Tuomaala, Pekka & Kiviniemi, Arto. Roadmap for ICT-based Opportunities in the Development of the Built Environment. 2008. 58 s. + app. 33 p.
- 2447 Mahlberg, Riitta, Hellstedt, Maarit, Jauhiainen, Pekka, Kuisma, Risto, Kymäläinen, Hanna-Riitta, Määttä, Jenni, Salparanta, Liisa, Sjöberg, Anna-Maija & Ritschkoff, Anne-Christine. Helposti puhdistettavat lattiamateriaalit lypsykarjatiljoissa. 2008. 66 s. + liitt. 2 s.

---

 Julkaisu on saatavana

 VTT  
 PL 1000  
 02044 VTT  
 Puh. 020 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

Publikationen distribueras av

 VTT  
 PB 1000  
 02044 VTT  
 Tel. 020 722 4520  
<http://www.vtt.fi>

This publication is available from

 VTT  
 P.O. Box 1000  
 FI-02044 VTT, Finland  
 Phone internat. + 358 20 722 4520  
<http://www.vtt.fi>


---