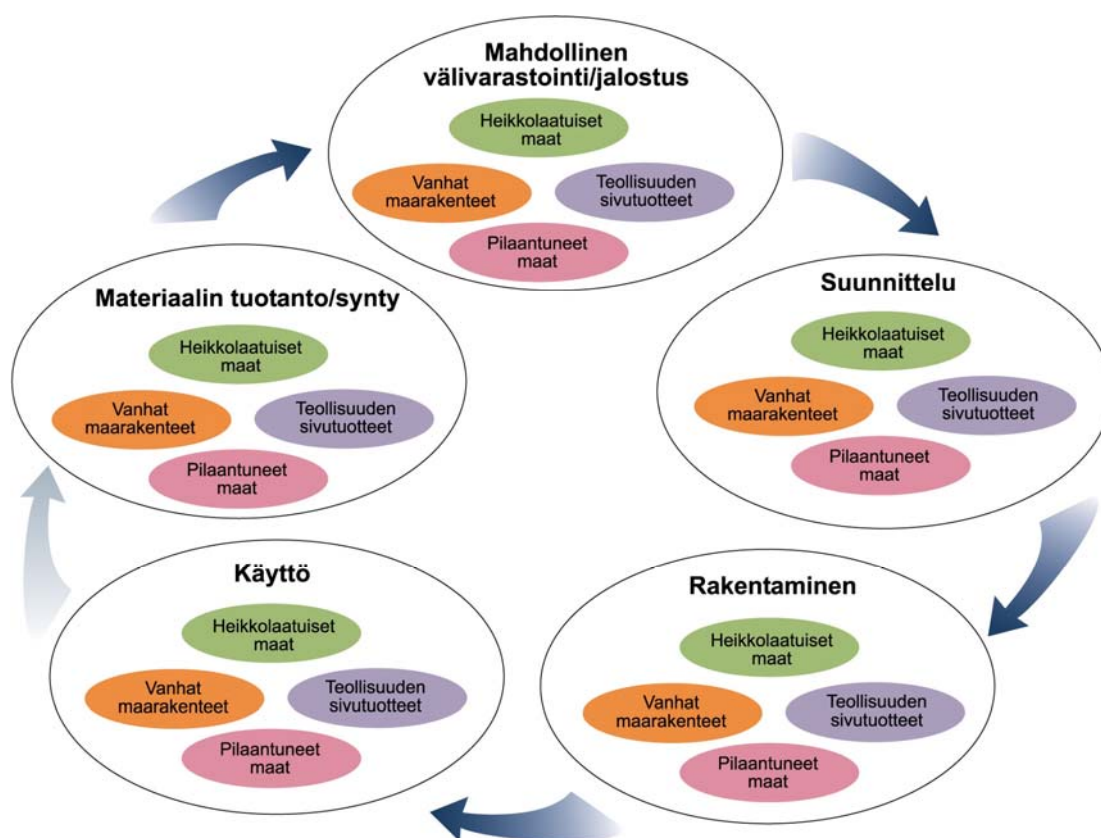


Knowledge taking people further ---

# UUMA-materiaalien ja -rakenteiden inventaari (raportti)



Ramboll  
Vohlisaarentie 2 B  
36760 Luopioinen  
Finland

Puhelin: 020 755 6740  
[www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)



# UUMA-inventaariprojektin loppuraportti

## UUMA-materiaalien ja -rakenteiden inventaari

Päiväys Joulukuu 2008  
Tarkistanut PLn  
Kirjoittanut AMa

Ramboll  
Vohlisaarentie 2 B  
36760 Luopioinen  
Finland

Puhelin: 020 755 6740  
[www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)

# Sisällys

<b>Sisällys</b>	<b>i</b>
<b>Käsitteitä</b>	<b>ii</b>
<b>1. Johdanto</b>	<b>1</b>
1.1 Yleistä	1
1.2 UUMA-inventaariprojektin sisältö ja toteutus	2
<b>2. UUMA-materiaalit</b>	<b>4</b>
2.1 Inventaari	4
2.2 Paikkatietojärjestelmä	11
<b>3. UUMA-rakenteet</b>	<b>13</b>
3.1 Rakenteiden kartoitus	13
3.2 Rakenteiden seurantatutkimusohjelma	16
3.3 Rakenteiden seurantatutkimustulokset	20
3.3.1 Kuitutuhkarakenteet	20
3.3.2 Lentotuhkarakenteet	31
3.3.3 Kipsi-, kuona- ja rikastushiekka-tuhkarakenteet	41
3.3.4 Kerrosstabiloidut rakenteet	52
<b>4. Yhteenvetoa ja johtopäätöksiä</b>	<b>66</b>
4.1 Yleisesti	66
4.2 Inventaari UUMA-materiaaleista	69
4.3 Selvityksen ja tutkimukset UUMA-rakenteista	69
4.4 Jatkotoimenpiteet	76
<b>LIITETIEDOSTOT</b>	<b>79</b>
<b>KIRJALLISUUTTA JA VIITTEITÄ</b>	<b>80</b>
<b>LIITELUETTELO</b>	<b>86</b>

## Käsitteitä

EOW-kriteerit	<p>End of Waste –kriteerit. Uusitussa EU:n jätedirektiivissä määritellään kriteerit sille, kun jäte lakkaa olemasta jäte. Direktiivin artiklan 5 mukaan jätteet lakkaavat olemasta jätteitä, kun ne ovat käyneet läpi hyödyntämistoimen kierrätystoimet mukaan lukien ja ovat tiettyjen arviointiperusteiden mukaisia:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ainetta tai esinettä käytetään yleisesti tiettyyn tarkoitukseen;</li><li>• aineelle tai esineelle on olemassa markkinat tai kysyntää;</li><li>• aine tai esine täyttää tiettyjen tarkoitusten mukaiset tekniset vaatimukset ja on tuotteisiin sovellettavien olemassa olevien säännösten ja standardien mukainen; ja</li><li>• aineen tai esineen käytöstä ei aiheudu haitallisia kokonaisvaikutuksia ympäristölle ja terveydelle.</li></ul> <p>(UUMA-asiantuntijaryhmä 2008).</p>
IRI	<p>International Roughness Index. Standardoitu, Maailman Pankin kehittämä tien pituussuuntaista tasaisuutta kuvaava kuntomuuttuja. Yksikkö on [mm/m].</p>
LCA	<p>Elinkaariarviointi. Laskentamenettely, jolla tuotteeseen, kuten rakennettuun kohteeseen liittyviä ympäristönäkökohtia, ympäristöhaittoja ja ympäristövaikutuksia arvioidaan määrättyissä elinkaaren vaiheissa tietyn tarkasteltavan elinkaarijakson ajalta (useimmiten käytännössä), tai kaikissa elinkaaren vaiheissa ja koko elinkaaren ajalta (standardiin SFS-EN ISO 14040 perustuvan määrittelyn mukaan).</p>
LCC	<p>Elinkaarikustannus. Laskentamenettely, jolla tuotteen, kuten rakennetun kohteen tai sen osan kokonaiskustannukset määritetään sen koko elinkaaren tai tarkastellun elinkaarijakson ajalta.</p>
PLV	<p>Paaluväli esim. tiemerkinnoissä</p>
PMS	<p>Pavement Management System, jota suomeksi kutsutaan päällystettyjen teiden ylläpidon suunnittelujärjestelmäksi. Tähän liittyviä mittauksia ovat mm. IRI ja URA.</p>
Sivutuote	<p>Sivutuotteella tarkoitetaan periaatteessa materiaalia, jota ei ole tuotettu tarkoituksellisesti tuotantoprosessissa, mutta joka ei ole jäte (KOM(2007)59).</p> <p>UUMA-inventaarissa käsitettä käytetään kuitenkin laajemmassa merkityksessä eli sivutuotteella tarkoitetaan aikaisemmasta käytöstä poistettua hyödyntämiskelpoista materi-</p>

aalia tai teollisuuden sivutuotteena syntyvää materiaalia. Osa näistä sivutuotteista luokitellaan edelleen jätteeksi.

Määritelmä ei koske luonnonmateriaaleja.

Tuotteistami-  
nen

Tuotteistamisella saatetaan erilaiset aineet ja materiaalivirrat jätelainsäädännön ulkopuolelle. Tämä voi tapahtua joko muuttamalla tuotannon sivu- ja jäännösvirrat sivutuotteiksi tai jalostamalla jätevirrat tuotteeksi tai tuotteenomaiseksi materiaaliksi.

Tuotteistamiseksi voidaan katsoa myös toimenpiteet, joiden avulla hyödyntämistä helpotetaan niin, että jättemateriaali voidaan hyödyntää tuotteenomaisesti jättesäännöksiä kuitenkin noudattaen. (UUMA-asiantuntijaryhmä 2008).

URA

Kuntomuuttuja, joka lasketaan tien poikittaisen profiilin perusteella Tiehallinnon hyväksymän ns. lankamalli-periaatteen mukaan. Ura(syvyys) kuntomuuttuja kertoo ajourien syvyyden. Yksikkö on [mm].

UUMA-  
materiaalit

**Ylijäämämaa-ainekset:** Infrarakentamisen yhteydessä muodostuvia, nykyisin yleensä läjitettäviä, kaatopaikkarakentamisessa tai sekundäärisissä täytöissä käytettävissä olevia maa-aineksia kuten savet, moreenit, hieno hiekka, siltit ja ruoppausmassat. Myös ensiluokkainen maa-aines voi tulla ylijäämämaterialiksi, mikäli sille ei ole käyttöä lähialueella ja lähiaikoina. Näiden materiaalien käyttömahdollisuuksia ja käytön kannattavuutta selvitetään mm. stabiloituvuustutkimusten kautta.

**Vanhon maarakenteiden materiaalit:** Olemassa olevien infrarakenteiden materiaalit, jotka saatetaan vaihtaa tai käsitellä kierrätystä ja uudelleenkäyttöä varten ao. infrarakenteiden ylläpitotoimintojen yhteydessä. Massojen vaihtoon liittyy vanhojen poistettujen massojen läjittäminen tai hyödyntäminen kaatopaikoilla. UUMA-materiaaleja ovat mm. jyrityt ja murskatut asfalttirouheet, betonimurskeet ja kairavantojen materiaalit sekä kaikki nykyisten infrarakenteiden, kuten tieverkoston materiaalit. Yhtenä keskeisenä kehittämistavoitteena on näiden massojen uudelleenkäyttö "in situ" (esim. sorateiden jyrinstabilointi).

**Teollisuuden sivutuotteet** ovat tuotantotoiminnan prosessin sivuvirtana muodostuva materiaali, jonka ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia on tutkittu ja selvitetty maarakentamisen kannalta (vrt. määritelmä sivutuotteista). Teollisuuden sivutuotteet ovat parhaiten inventoitavissa oleva UUMA-materiaaliryhmä.

**Pilaantuneet maa-ainekset:** Ympäristölle ja terveydelle haitallisten aineiden pilaamat maa-ainekset, joista vain osa voidaan käyttää muussa infrarakentamisessa kuin kaatopai-

koilla. Käyttömahdollisuudet riippuvat pilaantuneisuudesta ja materiaalien geoteknisistä ominaisuuksista. Monet materiaalit ovat rakentamisen kannalta rinnastettavissa joko ylijäämämaa-aineksiin tai vanhojen maarakenteiden materiaaleihin. Lisähaasteena näissä pilaantuneissa maa-aineksissa on niiden puhdistaminen tai haitta-aineiden stabilointi.

UUMA-  
teknologia

Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia, joka edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä maarakentamisessa (Ehdotus UUMA-kehitysohjelmaksi 2005)

# 1. Johdanto

## 1.1 Yleistä

Ympäristöministeriö teetti vuonna 2005 esiselvityksen Infrarakentamisen uudesta materiaaliteknologiasta. Esiselvityksen perusteella on vuonna 2006 käynnistetty UUMA-kehitysohjelma, joka on osana ympäristöklusterin tutkimusohjelmaa. UUMA-kehitysohjelman päämääränä on saada pääosa käyttökelpoisista UUMA-materiaaleista tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön sellaisissa maarakentamisen kohteissa, joissa UUMA-materiaalin käyttö on ympäristön, taloudellisuuden ja toimivuuden kannalta perusteltua. UUMA-materiaaleihin kuuluu ylijäämäaita, vanhojen maarakenteiden materiaaleja, teollisuuden sivutuotteita ja pilaantuneita maa-aineksia.

UUMA-inventaariprojekti eli "Selvitys UUMA-materiaalien tuotehyväksynnän ja materiaalikäytön ohjauksen kehittämisestä" käynnistyi 1.6.2006, tutkimukset päättyivät kesäkuussa 2008 ja raportointi saatiin valmiiksi syksyllä 2008. Projekti kuuluu osana UUMA-kehitysohjelmaan (ohjelman hanke nro 33), jota on rahoitettu ympäristöministeriön ympäristöklusterin tutkimusohjelmasta. UUMA-inventaariprojektin muita rahoittajia ovat Ramboll Finland Oy, Tiehallinto ja Skanska Asfaltti Oy. Lisäksi projekti sai Suomen Geotekniseltä Yhdistykseltä vuonna 2007 lisärahoitusta UUMA-inventaarin paikkatietojärjestelmän internetversion kehittämiseksi. Ohjausryhmä on seurannut projektin etenemistä ja kommentoinut sen tuloksia ja suunnitelmia. Ohjausryhmällä on ollut kuusi kokousta 10.6.2008 mennessä. Ohjausryhmän sisällä on tapahtunut pieniä muutoksia projektin aikana. Kokoonpano on ollut 1.1.2008 seuraava:

Anna-Maija Pajukallio, ympäristöministeriö; hankkeen valvoja  
Jukka Ahonen, Skanska Asfaltti Oy  
Ilkka Jussila, Tekes  
Tuomo Kallionpää, Tiehallinto  
Markku Kukkamäki, Suomen ympäristökeskus  
Katja Lehtonen, Rudus Oy  
Timo Parviainen, Outokumpu Stainless Oy  
Olavi Saarinen, Helsingin Energia  
Aarno Valkeisenmäki, Destia Oy  
Pentti Lahtinen, Ramboll Finland Oy  
Aino Maijala, Ramboll Finland Oy (siht.)

Projekti on toteutettu pääosin Ramboll Finland Oy:n henkilöresurssein. Projektin vastaavana johtajana on toiminut Pentti Lahtinen ja projektipäällikön tehtävästä vastasi Aino Maijala. Projektin koordinoitiryhmään ovat lisäksi kuuluneet Harri Jyrävä ja Juha Äijö. Merkittävän panoksensa projektin eri tehtäviin ovat antaneet myös mm. Merja Autiola, Juha Forsman, Miikka Hakari, Pirjo Hietala, Veli-Pekka Koskela, Ari Könönen, Tero Lassila, Antti Miettinen, Marjo Ronkainen, Terttu Salme-la, Antti Timonen, Marika Vaittinen ja Noora Virtanen. Projektissa on tehty yhteistyötä ja saatu tietoa monilta tahoilta kuten rakennuttajilta, materiaalitoimittajilta ja urakoitsijoilta, jotka ovat olleet mukana toteuttamassa erilaisia UUMA-kohteita (mm. tiepiirit, kunnat ja maarakennusalan urakoitsijat), sekä eri alueiden UUMA-materiaalivirtojen asiantuntijoilta (mm. alueelliset ympäristökeskukset, UUMA-materiaalien tuottajat, maakunnat, kunnat, tiepiirit, urakoitsijat).

Ympäristöklusterin UUMA-hankkeiden vetäjien kanssa on pidetty vuosittain yhteistyökokouksia, jolloin on esitelty projektien I. hankkeiden sisältöä ja välituloksia.



UUMA-inventaarin tuloksia täydentävät erityisesti seuraavissa hankkeissa saatavat tulokset:

- HUUMA. Heikkolaatuisten maarakennusmateriaalien hyötykäytön tehostaminen infrarakentamisessa.
- RAKI. Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä
- TUUMA. Tuhkan UUMA-tuotteistus
- PIRRE 2. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus. Jatkohanke
- MINERALI. Mineralogian vaikutus synteettisten maanrakennusaineiden liukoisuusominaisuuksiin

Hankkeiden kuvaukset löytyvät UUMA-kehitysohjelman www-sivuilta:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=238276&lan=FI#a0>

## 1.2 UUMA-inventaariprojektin sisältö ja toteutus

Kaksivuotisen UUMA-inventaariprojektin tavoitteena on ollut selvittää UUMA-materiaaleista ja –rakenteista käytettävissä oleva tieto sekä arvioida tätä tietoa suhteessa UUMA-kehitysohjelman tavoitteisiin, erityisesti tuote- ja ympäristöhyväksyntään sekä materiaalien hankintaan liittyviin tavoitteisiin seuraavin toimenpitein [alkuperäisessä hankkeen työsuunnitelmassa tehtävien kuvaus oli toisessa järjestyksessä, ts. 1) Olemassa olevat UUMA-rakenteet ja 2) UUMA-materiaalien alueellinen inventaario. Tässä järjestystä on muutettu projektin toteutuksen ja loppuraportin käsittelyn mukaiseen järjestykseen]:

1. UUMA-materiaalien alueellinen inventaario, jossa kartoitetaan Suomessa käytettävissä olevia UUMA-materiaaleja: erityyppisten materiaalien määrät, tähänastinen käyttö maarakentamisessa ja käytettävissä olevat tiedot materiaalien ominaisuuksista;
2. Olemassa olevat UUMA-rakenteet; kartoitetaan Suomessa olemassa olevia maarakenteita, joissa on käytetty UUMA-materiaaleja, keräämällä näistä mahdollisimman yksityiskohtaista tietoa ja tekemällä valituissa kohteissa lisätutkimuksia erityyppisten UUMA-materiaalien ja -rakenteiden ympäristövaikutusten ja pitkäaikaiskestävyyden selvittämiseksi; sekä
3. Tietojen testaus LCC-, LCA- ja ekotehokkuuslaskelmissa, ts. selvittämällä käytettävissä olevan tiedon käyttökelpoisuus ja laatu elinkaariarvioinnin (LCA, LCC) ja ekotehokkuuden näkökulmasta.

UUMA-inventaari käynnistyi kartoittamalla UUMA-materiaaleja sekä UUMA-rakennuskohteita UUMA-materiaaliryhmittäin. UUMA-materiaalien alueellinen inventaario (luku 2) on selvittänyt mitä, minkä laatuista ja minkälaisina määrinä UUMA-materiaaleja on käytettävissä maarakentamiseen. Tiedonkeruu toteutettiin materiaaleja tuottavan teollisuuden ja teollisuusjärjestöjen, energiayhtiöiden voimalaitosten, Suomen ympäristökeskuksen ja erityisesti Vahti-tietokannan, alueellisten ympäristökeskusten, urakoitsijoiden, kuntien ja tutkimuslaitosten avulla. Kyselyn tulokset taulukoitiin ja dokumentoitiin alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeavalla tavalla eli laatimalla niiden pohjalta paikkatietojärjestelmä, jota voi käyttää joko internetin kautta tai teemakarttatulosteiden avulla. Tämän paikkatietojärjestelmän hallintaan ja päivittämiseen liittyvät kysymykset ovat jääneet UUMA-inventaariprojektin yhteydessä päättämättä, mutta asiaa käsitellään edelleen eri palvelutuottajien, materiaalien käyttäjien sekä materiaalityöntekijöiden kanssa.

Olemassa olevien UUMA-rakenteiden kartoitus tehtiin vastaavalla tavalla kuin UUMA-materiaalien inventaario. Kyselyt suunnattiin mainittujen tahojen lisäksi mm. Tiehallinnolle ja tiepiireille. UUMA-rakenteiden jatkotutkimuksiin ja mittauksiin valittiin kohteita sen perusteella, minkälaista referenssitietoa näistä kohteista oli dokumentoitu ja käytettävissä. Parasta dokumentoitua tietoa oli saatavissa sellaisista kohteista, joissa oli käytetty teollisuuden sivutuotteita. Näistä on valittu myös ne kohteet, joissa tehtiin jatkoseurantatutkimuksia UUMA-inventaariprojektin yhteydessä. UUMA-inventaarin loppuraporttiin liittyvät liitetiedostot antavat yksityiskohtaista tietoa näistä UUMA-rakenteiden kohteista sekä niiden eri aikoina saaduista seurantatuloksista. Seurantatutkimuksiin on sisällytetty mahdollisuuksien ja aikaisempien seurantatutkimuksien mukaisesti rakenteiden kuntoseurantaa, päällystetyissä kohteissa niiden tasaisuuden ja urautuneisuuden mittausta, kantavuusmittauksia, kohteista otettujen rakennäytteen lujuusmittauksia laboratorioissa sekä pohjavesinäytteen analysointia. Tämän loppuraportin **luvussa 3** tulokset on esitetty yhteenvetomaisesti ryhmiteltyinä kuitutuhka-, lentotuhka-, kipsituhka-, kuona-, rikastushiekka- ja kerrosstabiloituihin rakenteisiin.

Nimensä mukaisesti UUMA-inventaariprojekti on toteutunut nimenomaan inventaarina UUMA-materiaaleista ja –rakenteista. Projektin aikana ilmeni, että käytettävissä olevat resurssit oli syytä keskittää edellä mainituista kahteen ensimmäiseen tehtävään. Tämä sai myös projektin ohjausryhmän hyväksynnän. Täten kolmas, varsin tärkeä osatehtävä eli tietojen testaus elinkaari- ja ekotehokkuuslaskelmin on jäänyt nimenomaan tässä projektissa pääosin toteutumatta. Toisaalta vastaavaa osatyötä on toteutettu samanaikaisesti käynnissä olleessa Ecoroad-hankkeessa (Maijala 2008). UUMA-inventaariprojektin yhteenvedossa eli **luvussa 4** on arvioitu saadun tiedon laatua, rakenteiden toimivuutta ja ympäristökelpoisuutta materiaalityypeittäin. Tässä on tuotu esille myönteiset kokemukset eri rakenteista ja havaitut ongelmat ja puutteet. Lisäksi on arvioitu, mikä eri materiaaleja yhdistää ja erottaa, sekä annettu ehdotuksia jatkotoimenpiteiksi. Täten UUMA-inventaari on ottanut kantaa käytettävissä olevaan tiedon laatuun ja käyttökelpoisuuteen tuotehyväksynnän ja materiaalikäytön ohjauksen kehittämiseksi edelleen.

UUMA-materiaalien ja –rakenteiden inventaarien yhteydessä on suunniteltu ja käynnistetty hankkeita, kuten

- Pirkanmaalla Hämeen tiepiiriin ”Pirkanmaan UUMA” kuitutuhkan tuotekehittämistä varten (metsäteollisuuden tuhkat). Rakentaminen käynnistyy kesällä 2009.
- Keski-Suomen tiepiiriin ”Keski-Suomen UUMA” tuhkamateriaalien, ml. kuitutuhkan tuotekehittämiseksi (metsäteollisuuden tuhkat). Rakentaminen käynnistyi syksyllä 2008.
- Kuusankosken kaupungin katurakennushankkeita, joissa hyödynnetään tuhkia. Rakentaminen käynnistyi syksyllä 2008.

UUMA-materiaalien käytön ja UUMA–rakenteiden suunnittelun ja rakentamisen esteiksi on koettu erityisesti niihin liittyvät ympäristölupiin liittyvät toimenpiteet, aikaviiveet ja kustannukset samoin kuin logistiset ongelmat, puuttuva ohjeistus suunnittelulle ja puuttuvat laatuvaatimukset rakenteiden toteutukselle. Nämä eivät ole sinänsä esteitä materiaalien ja rakenteiden käytölle, mutta vaikuttavat välillisesti alan toimitsijoiden halukkuuteen sisällyttää hankkeisiinsa UUMA-rakentamista. UUMA-materiaalien ja UUMA-rakenteiden ohjeistaminen ja hyväksyminen käyttöön kiviainesten rinnalle antaa alan toimijoille mahdollisuuden tehdä nopeita ja joustavia päätöksiä ja edellytykset kannattavalle UUMA-hanketoiminnalle.

## 2. UUMA-materiaalit

### 2.1 Inventaari

UUMA-materiaalien kartoitus käynnistyi hankkeen käynnistyessä kesäkuussa 2006. Tarkoituksena oli kerätä tietoa siitä, mitä ja paljonko UUMA-materiaaleja on maarakentamisen käytettävissä Suomen eri alueilla vuosittain. Tietoja kerättyä pyrittiin selvittämään, paljonko eri materiaaleja muodostuu vuosittain, tai ainakin viime vuosina, ja paljonko ao. materiaaleja on varastoituna. Lisäksi haluttiin tietää, onko näistä materiaaleista dokumentoitua tietoa, sekä hankkia yhteystiedot niihin tahoihin, joiden kautta täsmällisempää ja lisätietoa on saatavissa. Kerätyt tiedot taulukoitiin alla olevan luettelon mukaisesti UUMA-materiaaleittain:

- materiaalin tuottaja / haltija
- tuotanto- /varastointialue (tiepiiri tai maakunta)
- vuosittain muodostuva määrä / viimeisin tieto
- varastoituna oleva määrä
- varastointitapa
- tiedossa oleva hyötykäyttö (paljonko ja miten hyötykäytetty)
- laatutietoja (mm. annetaanko tiedot märkä- vai kuivamassasta)
- käytettävissä olevat dokumentit
- yhteyshenkilö ja yhteystiedot

Tietolähteinä olivat Ramboll Finland Oy:n lisäksi UUMA-materiaaleja tuottava teollisuus ja teollisuusjärjestöt, energiayhtiöiden voimalaitokset, Suomen ympäristökeskus (mm. Vahti tietokanta), alueelliset ympäristökeskukset, kunnat ja tutkimuslaitokset. Tietoja kerättiin suunnattujen kyselyjen ja saatavilla olevien dokumenttien, kuten raporttien, avulla. Täsmällisimmät tiedot saatiin teollisuuden sivutuotteista.

Peruskartoitus saatettiin päätökseen syksyllä 2006, mutta tämän jälkeen on tietoja täydennetty ja päivitetty erityisesti UUMA-materiaalien paikkatietojärjestelmää varten (luku 2.2). Ylijäämämaa-aineksista, teollisuuden sivutuotteista ja pilaantuneista maa-aineksista on odotettu syntyvän lisää ja täydentävää tietoa myös yhteistyöhankkeiden yhteydessä (ks. luku 1.1: RAKI, HUUMA, TUUMA ja PIRRE II). Taustatiedot on tallennettu excel-tiedostoina. Seuraavassa on lyhyt yhteenveto, jota täydentää taulukko (1) ja tähän liittyvät täsmennykset:

- Ylijäämämaa-aineksia kertyy vuosittain arviolta 20 – 30 miljoonaa tonnia ja tämän lisäksi niitä on määrittelemätön määrä läjitettyinä ja varastoituna. Mitään tilastointia ei ole tehty. Joitakin hajanaisia massatietoja saatiin Uudenmaan, Turun, Hämeen ja Savo-Karjalan tiepiireistä, pääosin erittelemättä materiaalityyppejä.
- Vanhojen maarakenteiden materiaaleista on saatu tietoa lähinnä asfalttimurskeen ja -rouheen osalta, joita voi pitää teollisuuden sivutuotteisiin rinnastettavina "muina sivutuotteina", ks. taulukko (1). Urakoitsijoilta saadun tiedon perusteella taulukon lukujen tulisi olla huomattavasti suurempia. Tarkkaa määrätietoa syntyvästä rouhemäärästä ei siis ole saatavilla, mutta

vuotuinen kokonaiskäyttö on Tiehallinnon arvion mukaan noin 250000 tonnia.

- Teollisuuden sivutuotteita ja niihin luettavia materiaaleja on kerättyjen tietojen mukaan vuosittain käytettävissä vähintään 22 miljoonaa tonnia. Taulukko (1) kertoo, mitä tietoja on saatu tiepiireittäin Suomen alueelta. Tiedot on saatu osittain suoraan materiaalien tuottajilta, osittain Vahti-tietokannasta. Taulukosta puuttuvat jo maarakennuskäytössä vakiintuneet ja tuotteistetut sivutuotteet, kuten esim. terästeollisuuden kuonista masuuni- ja ferrokromikuonat. Taulukosta nähdään selvästi, että tiedoissa on vielä mittavia aukkoja. Monista syistä johtuen tuotantomäärät elävät jatkuvasti. Täten tietojen tilastointi ja päivittäminen ovat ongelmia, joille pitää tehdä jotakin, jotta meillä olisi käytettävissä hyvin rakentamista palveleva tietokanta. Tällainen paikkatietojärjestelmä on perustettu UUMA-inventaariprojektissa saatujen tietojen pohjalta (luku 2.2). Taulukon tietoja on täsmennetty taulukon jälkeen seuraavassa tekstissä.
- Pilaantuneista maamassoista saadut tiedot olivat alun perin varsin puutteelliset. Näitä tietoja tarkistettiin vielä vuonna 2008. Suomen ympäristökeskus on selvittänyt kaivettujen pilaantuneiden maamassojen määrää, laatua, käsittelymenetelmiä ja hyötykäyttöä vuosina 2005 ja 2006 (Jaakkonen 2008). Selvityksen mukaan Suomessa syntyy vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia kaivettuja pilaantuneita maita. Näistä lievästi pilaantuneita maita oli 61 % v. 2005 ja 43 % v. 2006. Voimakkaasti pilaantuneiden maiden vastaavat osuudet olivat 24 ja 45 %. Ongelmajätteen suhteellinen osuus, 8 %, pysyi samana. Vuosien 2005 ja 2006 luvuissa olevat isot erot selittyvät paljolti parin yksittäisen kohteen suurilla massamäärillä.

Taulukko 1: UUMA-materiaalien inventaari (2006). Teollisuuden ja muut sivutuotteet tiepiireittäin. Tuotanto ja/tai varastot. (nd = ei tilastoitua tietoa)

Teollisuuden sivutuotteet [10 <sup>3</sup> tonnia]		Alueet (tiepiirit)									Koko maa
		U	T	KaS	H	SK	KeS	V	O	L	
Yhteensä		490	1327	949	416	16271	146	539	1767	401	22280
Metsäteollisuus	Kuitulietteet	7	nd	84	122	nd	11	nd	5	24	253
	Muut lietteet	nd	4	45	38	7	64	10	30	5	203
	Sakat	nd	16	58	12	19	5	28	0,7	16	154
	Pastat	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2	nd	2
	Rejektit	nd	nd	3	nd	nd	1	nd	nd	nd	4
Energian tuotanto	Lentotuhkat	80	85	99	63	33	32	210	76	17	696
	Pohjatuhkat	nd	48	17	13	13	nd	38	6	3	138
	Rikinpoiston lopputuotteet	25	16	nd	nd	nd	nd	13	nd	nd	54
	Hiekat	nd	1	6	nd	nd	0,3	2	nd	nd	9
Teräs- ja metalliteollisuus	Teräskuonat	nd	nd	40	nd	nd	nd	nd	nd	282	322
	Muut kuonat	nd	560	0	1	nd	nd	nd	nd	nd	561
	Valimohiekat	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pölyt, sakat, lietteet, hienojakeet ym.	11	nd	nd	nd	6	nd	nd	58	47	122
Kaivannaisteollisuus	Rikastushiekat	nd	nd	190	nd	8922	nd	nd	1 546	nd	10658
	Vuolukivijauhe	nd	nd	nd	nd	19	nd	nd	nd	nd	19
	Kaivosten sivukivet	nd	409	384	34	5210	nd	nd	nd	nd	6037; 13200 v2007?
Kemian teollisuus	Prosessikipsit	nd	100	nd	nd	1701	nd	nd	nd	nd	1802
	Suotokakku	nd	nd	nd	nd	nd	nd	35	nd	nd	35
	Pasute	nd	nd	nd	nd	304	nd	nd	nd	nd	304
	Neutraloitu ilme- niittijäänös	nd	50	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	50
Muut	Betonimurske	167	25	17	57	9	26	10	26	5	343
	Asfalttimurske ja - rouhe.	171	7	nd	24	23	2	8	7	nd	243
	Tiilimurske	22	nd	3	11	4	nd	nd	nd	2	42
	Sementin, kalkin ja laastin valm. jät- teitä	2	2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4
	Kumijätteet	6	4	3	10	0,5	4	0,2	10	nd	38
	Jarosiitti	nd	nd	nd	nd	nd	nd	186	nd	nd	186

**Metsäteollisuuden** prosesseissa syntyy merkittäviä määriä sivutuotteita, joista suuri osa voidaan hyödyntää syntypaikoilla kierrättämällä. Joka tapauksessa huomattava määrä materiaalia poistuu ulos prosessista (mm. Harri Jussila, UPM-Kymmene Oy, 15.11.2007, UPM ympäristö- ja yhdyskuntaraportti 2006). Kuitulietteet ovat jäteveden käsittelyn tuottamia primäärilietteitä, selluteollisuudessa tuotettuna lähinnä sellukuitua ja paperitehtaan sivutuotteena kuitusavea eli kuidun ja täyte- ja päällystyspigmenttien (savi, kalsiumkarbonaatti) seosta. Kuitusavea on myös uusiomassan valmistuksessa syntyvä siistausjäte, joka sisältää uusiopaperin valmistukseen käytettävään massaan soveltumatonta kuitumateriaalia, painovärejä ym.. Kuitulietteitä on käytetty kaatopaikkojen tiivistysrakenteiden materiaaleina, täyttöihin ja maisemointiin sekä polttoaineena (mm. kuoren ja turpeen seassa). Hyötykäyttöaste on ollut hyvin korkea, monien tuotantolaitosten osalta jopa 100 %. Muut lietteet ovat hyvin sekalainen ryhmä lietteitä kuten mm. biolietettä ja pastalietettä. Monet lietteistä soveltuvat polttoon, osa on käytetty kaatopaikkarakenteisiin ja osa läjitetty kaatopaikoille. Sakat-ryhmään on luettu mm. viherlipeäsakka, meesa ja soodasakka (jota syntyy poltettaessa sellukeitossa liuennut puu, mustalipeä, soodakattilassa). Rejektit ovat esim. sellun laadun takaamiseksi lajittelussa poistunutta, rejektoitua kuitua, jota voidaan käyttää polttoaineena, tai hakkeen pesussa poistettua puuperäistä jätettä. Viimeksi mainittu jäte ei sovellu poltettavaksi. Pastat ovat lähinnä paperin päällystyksessä käytettäviä aineita, joiden raaka-aineita ovat kaoliini, kalsiumkarbonaatti ja talkki. Vaikka pastat voidaan käyttää varsin tarkasti, niitäkin poistuu prosessista sekä pastana että pastalietteenä. Eri sivutuotetyypeistä kerätyt tiedot on saatu pääosin teollisuudesta suoraan, osittain Vahtitietokannasta. Joistakin sivutuotetyypeistä, kuten rejekteistä ja pastoista on saatu vain yksittäisiä lukuja.

**Energiantuotannon polttoprosessien sivutuotteina** syntyy lähinnä lento- ja pohjatuhkia sekä savukaasujen rikinpoistossa muodostuvia rikinpoiston lopputuotteita. Eri sivutuotteiden vuotuiset määrät vaihtelevat polttolaitoksesta toiseen, riippuen käytetystä tekniikasta. Kivihiilenpolton tuhkien hyötykäytöstä on pitkäaikaisinta kokemusta ja tilastoitua tietoa. Esimerkiksi Uudenmaan alueella niiden hyödyntämistäaste oli v. 2004 noin 76 % (UUMA-esiselvitys 2005). Metsäteollisuuden ja muita puu-ainesta ja turvetta käyttävän energiantuotannon tuhkia on tutkittu 1990-luvun puolivälistä alkaen maarakennuskäytössä, joten niistä saatavat kokemukset ja referenssit ovat lyhytaikaisempia.

Energiantuotannon sivutuotteita on hyödynnetty paljon maarakennekäytössä; Energiateollisuus ry:n tuhkatilaston mukaan erityisesti kenttärakenteissa ja erilaisissa täytöissä sekä kaatopaikkojen pinta- ja maisemointitoissa. Lisäksi lentotuhkaa käytetään lisäaineena mm. betonin, sementin, laastin ja asfaltin tuotannossa, ja maanparannuksessa, lentotuhkia ja pohjatuhkia ja maa- ja pohjarakenteiden stabiloinnissa, sekä rikinpoiston sivutuotteita mm. rakennuslevytuotannossa. Lisää tietoa saa mm. Energiateollisuus ry:n nettisivujen kautta:

<http://www.energia.fi/fi/ymparisto/energiantuotannonja-siirronmuutuymparistovaikutukset/kiinteatjatteen>

ja

<http://www.energia.fi/fi/julkaisut/ymparistopooli/tutkimusaineisto>

**Teräs- ja metalliteollisuuden sivutuotteista** ovat maarakennuskäytön kannalta mielenkiintoisimpia erilaiset teräskuonat, joita on tutkittu jo 1970-luvulta lähtien ja joista mm. masuunikuona ja ferrokromikuona ovat jo vakiintuneessa käytössä (UUMA-esiselvitys 2005). Jaloteräspuolen terässulatoilla syntyy kuonia kromikonvertterissa (CRC-kuonat), valokaariuunissa (EAF-kuonat) ja AOD-konvertterissa (AOD-kuonat; AOD: argon, oxygen, decarburization). Kuonanmuodostuksessa käytetään kalkkia, joten näitä kutsutaan myös kalkkikuoniksi. Kuonista erotetaan me-

tallit mahdollisimman täydellisesti ennen kuin jäljelle jäävä kuonaliete (metallipitoisuus 0,1-0,2 %) läjitetään esim. merestä padottuihin altaisiin (Näätasaari 1998). Näiden jaloteräskuonien tuotteistaminen ei ole yhtä pitkällä kuin hiilliteräskuonien (kuten masuunikuonat). Euroopassa ja Japanissa ym. suuri osa loppusijoitetaan kaatopaikoille. Joitakin kuonia, kuten OKTO-filleriä, käytetään mm. betoniteollisuudessa. Samoin kuonista valmistetaan murskeita. Amerikassa (etenkin Etelä-Amerikassa) kuonia käytetään viljelymaiden kalkitukseen. Euroopassa ovat kaatopaikalle viemisen helppous sekä tiukat ympäristösäädökset ja ehkä myös asenteet olleet esteenä jaloteräskuonien tuotteistamiselle (Parviainen 12.11.2007 – sähköposti). Outokumpu ja ympäristö 2007 –raportin mukaan Outokummun tavoitteena on mm. kaatopaikalle menevän jätteen puolittaminen seuraavien viiden vuoden aikana. Vuonna 2007 tuotettiin yli 60000 tonnia ja vuoden 2008 tavoitteena on tuottaa yli 120000 tonnia teräskuonatuotteita. Vuonna 2007 muodostui kuonaa runsaat 547000 tonnia, ja tästä hyödynnettiin 220000 tonnia eli 40 %. Tornion tehtaiden teräskuonatuotteille on myönnetty CE-merkintä vuonna 2007. Tämän perusteella tuote täyttää välttämättömät eurooppalaiset terveys-, turvallisuus- ja ympäristönsuojelulainsäädännön mukaiset vaatimukset. Muut kuonat (runsaat 561000 tonnia) käsittää tässä lähinnä Bolidenin Harjavallan tuotannossa muodostuvat hieno- ja raekuonan. Hienokuonan hyötykäyttöä rajoittaa lähinnä sen pieni raekoko; toistaiseksi sitä on hyödynnetty lähinnä läjitysalueen patorakenteissa. Raekuonaa on hyödynnetty kattahuopateollisuudessa ja hiekkapuhalluksessa. Pääosa molemmista menee edelleen teollisuusalueen läjityspaikalle. (Pekka Österman 20.11.2006). Ryhmä "pölyt, sakat, lietteet, hienojakeet ym." on hyvin sekalainen kokoelma jätteitä, joita on muodostunut eri tuotantolaitoksissa ja joista tiedot on saatu Vahti-tietokannasta vuodelta 2005.

Vuonna 2003 hyötykäyttöön toimitetut masuunihiekan, -murskeiden ja erilaisten kuonatuotteiden tuotantomäärät olivat arviolta yhteensä 625 000 tonnia eli noin 16500 kasettiautollista maarakennusmateriaalia, jolla voi rakentaa noin 100 kilometriä uutta tietä vuosittain (leveys 8 m, kerrospaksuus 0,5 m). (Marko Mäkikyrö, esitys: Tekes\_Ruukki\_30112004.pdf). Esimerkiksi Oulun kaupungin katutuotannossa (2007-08) käytetään näitä materiaaleja yhteensä noin 360 000 tonnia vuodessa. Tähän määrään sisältyy masuunihiekkaa 90 000 tn/a (noin 25 %) ja OKTO-eristettä 30 000 tn/a (noin 8 %). (Oulun Logistiikka, Hankinta, tarjouspyyntö 27.3.2007).

**Kaivannaisteollisuuden sivutuotteet** ovat erittäin kiinnostavia rakennusmateriaaleja jo pelkästään niiden vuosittain syntyvän merkittävän määrän vuoksi. Taulukosta (1) puuttuu kuitenkin tietoja esimerkiksi Lapin ja Turun alueen osalta, vaikka näillä alueilla on merkittävää kaivannaisteollisuuden toimintaa. Vuoriteollisuuden tilastotiedoissa vuodelta 2007 sivukiven määräksi arvioitiin 13 200 000 tn. Määrä sisältää Kittilän Suurikuusikon (2 235 000 tn), Ilomantsin Pampalon (4 930 tn), Polvijärven Horsmaahon ja Luumäen Kännäsalon (675 tn) sivukivet, jotka eivät ole johtaneet malmin tai hyötykiven saantiin vielä lainkaan (TEM 239/2008). Taulukko (2) korjaa vuoden 2006 inventaarin sekä antaa GTK:n ehdotuksen näiden sivutuotteiden ryhmittelyksi. GTK (Nikkarinen lokakuussa 2008) suosittelee ainakin näiden osalle maakunnallista tilastointia, koska maakunnat kokoavat tietoa alueiltaan ja kiviainesten tarveselvityksiä tehdään maakuntakaavatyön yhteydessä.

*Taulukko 2: Kaivannaisteollisuuden sivutuotteet jaoteltuna Suomessa [ miljoona tonnia / vuosi], (Maria Nikkarinen 2008).*

Rikastushiekat	4,6
Luonnonkivituotannon sivukivet	4,2
Metallimalmikaivosten sivukivet	1,5
Teollisuusmineraalituotannon sivutuotteet	7,0
Yhteensä	17,3

Hyötykäytön esteenä pidetään etenkin logistisia tekijöitä, kuten sivutuotevarastojen kaukaista sijaintia rakennuskohteista. Kaivannaisteollisuuden toimintaa voidaan mm. louhinnan osalta harjoittaa vain siellä, missä hyödynnettävä raaka-aine sijaitsee, mutta jalostustoiminta voi tapahtua muuallakin. Kaivannaisteollisuusklusteriin luetaan kuuluviksi metalliset malmit, teollisuusmineraalit ja –kivet, kiviainesala, luonnonkiviteollisuus, raaka-aineiden etsintä, laitevalmistajat, urakoitsijat ja kaivannaisteollisuutta tukevat palvelut. Täten taulukon (1) kaivannaisteollisuuden sivutuotteet, joiden määrällinen osuus on runsaat 70 % taulukon ilmaisemasta kokonaismäärästä, ovat vain pieni osa tämän sektorin sivutuotteista – tuotantolaitoksia on nykyisessä paikkatietojärjestelmässäkin (luku 2.2) vain murto-osa. Härmä ym. (2005) on julkaissut tuloksia kaivostoiminnan sivuvirtoja (poistomaa, sivukivi ja rikastushiekka sekä mm. vuolukivituotannon vuolukivijauhe) käsitelleestä selvityksestä. Sivukivi muodostuu erikokoisia kivikappaleita sisältävästä louheesta, jota syntyy missä tahansa kalliorakennustöissä. Sivukivestä saadaan murskaamalla ja seulomalla erilaisia kiviaineslajitteita kuten sepeliä ja filleriä. Louhinnan jälkeen malmi murskataan ja jauhetaan hienoksi. Rikastusprosessissa erotetaan toisistaan malmi- ja sivukivimineraalit ja jäljelle jää rikastushiekkaa ja rikastushiekkalietettä. Vuonna 2003 oli 40 kaivoksessa/louhoksessa nostettu yhteensä n. 31 miljoonaa tonnia kiviainesta, josta malmia ja hyötykiveä n. 19 miljoonaa tonnia. Erotus on noin 12 miljoonaa tonnia, mikä vastaa hyvin taulukon (1) lukuja.

Sivukivien pääkäyttö on maarakennusmateriaalina kaivosalueella teihin, kaivospatoihin, pengerverhouksiin ja meluvalleihin. Edelleen sivukiviä käytetään tukirakennusaineena kaivostäytössä. Rikastushiekkoja voidaan käyttää läjitysalueiden peittämateriaalina ja sekatäyttönä läjityksessä lisäten läjityksen neutralointikapasiteettia ja vedenpuhdistamojen suotopatomateriaalina. Kaivosalueen ulkopuolella ympäristökelpoisia jätekiviä käytetään mm. tierakennuksessa, meluvalleina ja täyttömaana. Nykyisin suurin osa sivukivistä ja rikastushiekasta jää jätteeksi läjitykseen. Osa metallimalmikaivosten jätteistä voi olla tulevaisuuden raaka-ainetta ja korvata neitseellisten malmiesiintymien louhintaa. Rikastushiekkoja voitaisiin hyödyntää esim. raudan raaka-aineena erottamalla rautasulfidit tai ne voivat olla harvinaisten hivenalkuaineiden raaka-ainevarastoja sisältäessään esimerkiksi germaniumia, niobiumia jne. Uusimpia asiaan keskeisesti liittyviä julkaisuja ovat mm. Aatos 2003, Heikkinen ym. 2005, Räisänen ym. 2007, Heikkinen ym. 2007 ja Nikkarinen ym. 2008 (Nikkarinen lokakuussa 2008). Sivukivien jalostuksen edistämistä on käsitelty myös mm. GTK:n ja Tampereen teknillisen yliopiston UUMA-hankkeessa RAKI (Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä).

**Kemian teollisuuden sivutuotteista** erityisen kiinnostavia ja koerakentamisessa testattuja sivutuotteita ovat erilaiset prosessikipsit sekä suotokakku:

- Prosessikipsit: Yara Suomi Oy:n Siilinjärven fosforihappotuotannossa syntyy nk. fosfokipsiä n. 1,6 miljoonaa tonnia/a ja rikkihappotuotannossa taulukossa (1) mainittua pasutetta. Fosfokipsiä voidaan käyttää maarakentamisessa, rakennustuoteollisuudessa sekä maataloudessa. Pasutetta voidaan käyttää rautamalmin korvikkeena terästeollisuuden raaka-aineena.
- Porissa syntyy (Sachtleben Pigments Oy:n) titaanidioksidin tuotannon sivutuotteena mm. jäteveden neutraloinnissa rautaa ja titaania sisältävää kipsiä ja ilmeniittäjännöstä. Kipsiä on käytetty tuotemerkillä Finnstabi sideaineseoksissa. Finnstabi on sovelnut mm. pehmeiden turve- ja savimaiden lujittamiseen. Nykyisin tätä materiaalia käytetään pääosin tuottajan omien kaatopaikkojen verhoiluun, samoin tapahtuu tuhalla stabiloitavalle ilmeniittäjännökselle.
- TETRA Chemicals Europe Oy valmistaa kalsiumkloridia liuottamalla kalkkikiveä suolahappoon. Kalsiumkloridin pääkäyttökohteet Suomessa ovat pölynsidonta ja liukkaudentorjunta. Suotolietettä I. suotokakku muodostuu kalsiumkloridin valmistuksen sivutuotteena noin 35 000 tonnia vuosittain. Se



syntyy puristussuodatuksessa ja sisältää kalsiumkloridia (noin 20-25 %), reagoimatonta kalkkikiveä, kipsiä ja vettä. Suotokakku ei sisällä kielletyssä määrin ympäristölle haitallisia aineita, kuten esim. raskasmetalleja. Suotokakku läjitetään suurimmaksi osaksi, mutta sille etsitään eri käyttöalueita nimenomaan maarakennussovelluksissa. Sekä suotokakun että kalsiumkloridin on todettu parantavan maamateriaalin tiivistymistä, ja vaikutus maamateriaalin routakäyttäytymiseen on positiivinen. Suotokakun hyväksikäyttöä on kokeiltu ja analysoitu monessa käyttökohteessa, mm. tienrakenuksessa ja kaatopaikan sulkemisessa. Suotokakku on käytetty eri käyttökohteissa Suomessa ja Pohjois-Ruotsissa soratien kulutuskerroksen parantamiseen. Se lisää tien kulutuskerroksen hienoinesta ja aikaansaa kestävämmän kulutuskerroksen. Suotokakun sisältämä kalsiumkloridi sitoo pölyä, eikä lisäpölynsidontaa välttämättä tarvitse suorittaa. Käyttämällä suotokakku on siis päästy korvaamaan teiden suolausta. (Niina Salmi 2006).

**Muista sivutuotemateriaaleista**, joiden vuosittainen volyyymi on merkittävä ja jotka kiinnostavat maarakennuskäytössä, on annettavissa seuraavia lisäyksiä:

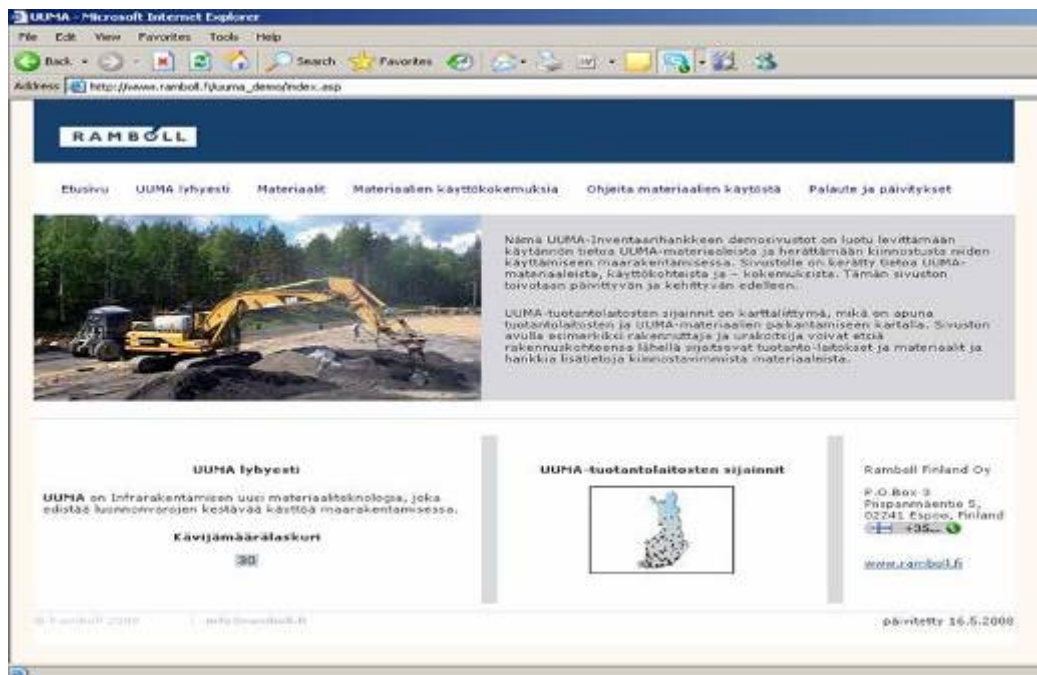
- Betonimurske: Betonimurskeen osalta ovat taulukon (1) tiedot Vahti-tietokannasta, pääosin jätehuoltoyhtiöiden ilmoituksiin perustuvaa tietoa. Tämänkin perusteella murske on suurimmaksi osaksi käsitelty uudelleenkäyttöä varten. Taulukon esittämä määrä on vain osa totuudesta: Ruduksen oma tuotanto on nykyisin suurempi kuin taulukon 343 000 tonnia (Katja Lehtonen 18.9.2008).
- Tiilimurskeesta on saatu tietoja vain Vahti-tietokannasta (2005). Sama koskee sementin, kalkin ja laastin valmistuksen, muovi- ja kumijätteitä.
- Asfalttimurske ja -rouhe. Taulukon (1) tiedot ovat myös Vahti-tietokantaan (2005) perustuvaa tai joidenkin jätehuoltoyhtiöiden antamaa tietoa. Erikseen on saatu tietoa mm. Skanskalta ja Lemminkäiseltä, ja tämän perusteella asfalttimursketta ja -rouhetta on pelkästään eri urakoitsijoiden varastoissa huomattavasti enemmän kuin taulukon (1) 243000 tonnia. Asfalttillitolta ei ole saatavissa tilastotietoja (Jämsä 2008). Asfalttirouheen uudelleenkäyttö asfaltin valmistuksessa on vakiintunutta, ja pääosa hyödynnetään päällysteen teossa. Tätä varten on olemassa ohjeistus. Asfalttirouheen hyödyntäminen on vakiintunutta ja kierrätys toimivaa.
- Jarosiitti: Bolidenin Kokkolan sinkkitehtaalta saatujen tietojen (ympäristöpäällikkö Kai Nykänen 2006 sekä Bolidenin YKVraportti vuodelta 2005) perusteella jarosiitti eli rautasakka, jota on vuosina 2003-2005 muodostuu tuotantomäärästä riippuen 130000 – 190000 tonnia/a, sijoitetaan tehtaan omalle jätealueelle ongelmajätteen kaatopaikalle. Osa käytetään jätealueen penkererakenteissa. Toistaiseksi jarosiitillä ei ole hyötykäyttöä, vaikka tuottaja on teettänyt selvityksiä mm. jarosiitin käyttämiseksi penkereissä ja tiivistyskerroksena kaatopaikalla. Jarosiitin koostumusta ja laatua seurataan jatkuvasti ja erityisenä ongelmana sen korkea raskasmetallien kuten sinkin ja kadmiumin pitoisuus ja liukoisuus. Jarosiitin lisäksi Kokkolan prosesseissa muodostuu rikkirikastetta (n. 40000 - 80000 tonnia/a) ja kadmiumsakkaa (alle 1000 tonnia/a).

Esimerkkinä betoni- ja tiilimurskeen ja vastaavien ainesten osalta Rudus Oy on kehittämässä kiviaineksen kierrätystoimintaa pääkaupunkiseudulla vastaanottaen, välivarastoiden ja murskaton ylijäämälouhetta, kierrätysbetonia, -tiiltä ja -asfalttia sekä kivihiilen polton lento- ja pohjatuhkia (Lohja Rudus Oy Ab, Pääkaupunkiseudun kiviaineksen kierrätysalueet - ympäristövaikutusten arviointiselostus. 20.12.2006 Insinööri-toimisto Paavo Ristola Oy). Tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla syntyy ylijäämälouhetta arviolta noin 2,7 milj. tonnia vuodessa. Tähän lukuun eivät sisälly suuret esirakennuskohteet (esim. Tuupakka, Honkanummentie, Länsisalmi, Juvanalmi) eivätkä muut vastaavat, joissa louhe käsitellään louhintapaikalla. Kos-

ka suuntaus on pois työmaamurskauksesta kohti kierrätyskeskustoimintaa, on mahdollista, että ylijäämälouheen käsittelytarve kasvaa, jopa nelinkertaistuu. Pääkaupunkiseudulla syntyy vuodessa kierrätysbetonia 200 000 tonnia, kierrätystiiltä 50 000 tonnia ja kierrätysasfalttia 150 000 tonnia. Lentotuhkaa muodostuu noin 3 – 15 % kivihiilen alkuperäisestä massasta, pääkaupunkiseudun voimalaitoksissa yhteensä n. 150 000 tonnia vuodessa. Tästä noin 50000 – 70000 tonnia hyöty käytetään jo nykyään betoni-, sementti- ja asfalttiteollisuudessa. Maarakentamiseen käytettävissä oleva määrä on noin 20000 – 80000 tonnia vuodessa. Pohjatuhka on kivihiilen poltossa muodostuva lentotuhkaa raskaampi tuhka- ja, joka otetaan talteen polttokammion pohjalta. Käyttöpotentiaalin omaavaa pohjatuhkaa muodostuu tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla noin 40 000 tonnia vuodessa.

## 2.2 Paikkatietojärjestelmä

UUMA-materiaalien inventaarin tuotoksena on syntynyt UUMA-materiaalien paikan-  
 nus Suomen kartastolle, jolloin käytettävissä on joko teemakartasto tai UUMA-  
 inventaarin www-sivun internetpalveluna (kuva 1) osoitteessa:  
<http://projektit.ramboll.fi/uuma/index.asp>



Kuva 1: UUMA-inventaarin www-sivuston etusivu (toukokuu 2008). Sivustoa kehitetään edelleen

Paikkatietojärjestelmässä on linkki karttapalveluun, jossa UUMA-inventaarin teollisuuden sivutuotteiden tuotantolaitokset on sijoitettu Suomen kartalle. Muut UUMA-materiaalit on jätetty ulkopuolelle, koska niitä ei synny tuotantolaitoksissa, joiden osoitteet ovat kiinteitä. Tulevaisuudessa on mahdollista täydentää paikkatietoja esimerkiksi erilaisten, mm. ylijäämämassoja varastoivien alueiden tiedoilla. UUMA-

inventaarin paikkatietojärjestelmää täydentävät muut kehitettävät ja kehittyvät massapankit ja tietojärjestelmät kuten GTK:n kiviainesten tilinpitopalvelu.

GTK:n mukaan (Nikkarinen, lokakuu 2008) kiviaineksia käytetään maassamme yli 100 miljoonaa tonnia vuosittain, mikä tarkoittaa 20:tä tonnia henkilöä kohti vuosittain. Väestökeskittymissä on kiviaineksista pulaa, ja siksi valtion eri hallinnonalat mm. ympäristöhallinto ja Geologian tutkimuskeskus (GTK) ovat yhteistyössä kehittäneet kiviainesten tilinpitopalvelun helpottamaan kiviainestiedon löytyvyyttä. Ensivaiheessa varsinaisen kiviainestilinpidon piirissä on mukana pääkaupunkiseudun keskeinen kulutusalue, mutta varanto-, lupa- ja seurantatietoja palvelu sisältää tietoja koko maasta. GTK päivittää varantotietoja aktiivisesti ja kaikki keskeiset kulutusalueet ovat tilinpidon piirissä viiden vuoden kuluessa.

Kiviainestilinpitopalvelu löytyy GTK:n ylläpitämästä [www.geo.fi](http://www.geo.fi) -verkkopalvelusta. Suuri osa UUMA-materiaaleista on geologisia, joten on luontevaa, että niihin liittyvä tiedonkeruu järjestetään tulevaisuudessa geologisen tilinpitotiedonkeruun yhteydessä.

UUMA-inventaarin karttapalvelun avulla esimerkiksi urakoitsija voi hakea tietoa rakennuskohteen läheisyydessä sijaitsevista teollisuuslaitoksista, joiden sivutuotteita on mahdollista käyttää maarakentamisessa. Karttapalvelusta saatavien yhteystietojen avulla on mahdollista ottaa yhteyttä kiinnostavan teollisuuslaitoksen yhteyshenkilöön ja hankkia tarkempia tietoja sen materiaaleista. Internet-sivustolla on muutakin UUMA-inventaariin liittyvää tietoa, kuten tietoa projektista, materiaalien käyttökohteista ja -kokemuksista, ja sille pyritään kehittämään mahdollisuus jatkaa elämäänsä ainakin määräajoin päivittyvänä palvelimena. Linkki paikkatietojärjestelmään on Suomen Geoteknisen yhdistyksen (SGY) etusivulla otsakkeen "Uusiomateriaalit" alla (<http://www.sgy.fi>) sekä UUMA-kehitysohjelman www-sivuilla <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=238276&lan=FI#a0>.

Paperille tulostettavat teemakartat ovat toinen vaihtoehto UUMA-inventaarin materiaali-inventaarin tuloksista. Teemakartoilla esitetään taulukoituna ja numeroituna kaikki mukana olevat tuotantolaitokset sekä tietyllä aineryhmittelyllä karttojen paperiversiot. Vuonna 2008 tuotettu teemakartasto perustuu pääosin vuosina 2006 ja 2007 koottuihin tietoihin. Tämä UUMA-inventaariprojektin yhteydessä luotu teemakartasto on tämän raportin liitteenä (1). Aineistoa täydentää liitteenä (2) jaettava tiedosto Tuotantolaitokset & koordinaatit, jossa ovat taulukoituna paikkatietojärjestelmän laatimisessa käytetyt tuottajien osoitteiden gps-koordinaatit.

### 3. UUMA-rakenteet

#### 3.1 Rakenteiden kartoitus

UUMA-inventaariprojektin käynnistyessä kesäkuussa 2006 käynnistettiin myös UUMA-rakenteiden kartoitus Suomessa. Varsinainen kartoitustyö saatettiin päätökseen syksyllä 2006, mutta tietoja on täydennetty mahdollisuuksien mukaan koko projektin ajan.

UUMA-rakenteiden kartoitus tehtiin UUMA-materiaaliryhmittäin. Tietolähteinä olivat Ramboll Finland Oy:n lisäksi Tiehallinto ja eri urakoitsijat, UUMA-materiaaleja tuottava teollisuus ja teollisuusjärjestöt, energiayhtiöiden voimalaitokset, Suomen ympäristökeskus, alueelliset ympäristökeskukset, kunnat ja tutkimuslaitokset. Tietoja kerättiin lähinnä suunnattujen kyselyjen sekä saatavilla olevien dokumenttien, kuten raporttien, avulla.

UUMA-rakenteista taulukoitiin excel-tiedostona ja se sisältää seuraavaa tietoa:

- Alue, jossa rakenne sijaitsee (maakunta tai tiepiiri)
- Tarkempi sijainti, esim. tierekisteriosoite, tiennumero, tien nimi
- UUMA-rakennetyyppi (esim. kaatopaikka- ja tierakenne)
- Rakennusvuosi
- Kohteen laajuus, mm. käytetty massamäärä (tähän saatu hyvin niukasti tietoa)
- Arvio saaduista kokemuksista (asteikolla 1-4: 1/ epäonnistunut, 2/jotain puutteita, 3/ hyvä, 4/erinomainen)
- Dokumentit, muut lisätietolähteet
- Yhteyshenkilötiedot tarkempaa kyselyä varten

Tehdyn inventaarin perusteella on todettavissa, että selkeästi dokumentoituja kohteita, joissa olisi tehty kattavia ja pitkän aikavälin seuranta tutkimuksia, on hyvin vähän. Parhaiten dokumentoidut ja seuratut kohteet ovat niitä, joissa on käytetty teollisuuden sivutuotteita (taulukko 3). Nämäkin kohteet ovat lähinnä vähäliikenteisiä teitä, joko päällystettyjä tai vain murskepeitettyjä soratiekohteita, joissa on testattu teollisuuden sivutuotteiden käyttöä (koe- ja pilottirakenteet). Muiden UUMA-materiaaliryhmien osalta on todettava että

- Ylijäämämaa-massoja on todennäköisesti käytetty merkittävästi enemmän kuin tulokset (17 kohdetta) antaisivat ymmärtää. Rakenteita joissa näitä massoja tai materiaaleja on käytetty, ei ole dokumentoitu eikä seurattu. Käyttökohteet ovat olleet pääosin täyttöjä tai pengerryksiä.
- Vanhojen maarakenteiden materiaalit -ryhmään ei saatu kerättyä tietoa. Se sisältää mm. olemassa olevat rakenteet, joiden kunnostus on mahdollista toteuttaa esimerkiksi stabiloimalla. Tällöin rakenteiden sisältämää maa- ja kiviainesta käytetään osana uusittua rakennetta. Nämä kohteet on luettu teollisuuden sivutuotteiden -ryhmään silloin, kun stabiloinnin sideaineet ovat perustuneet teollisuuden sivutuotteisiin. Periaatteessa tähän ryhmään kuuluisivat kohteet, joissa on käytetty asfalttirouhetta, mutta nämä kohteet on tässä projektissa luettu teollisuuden sivutuotteiden ryhmään.
- Pilaantuneet maa-massat -ryhmä voidaan jakaa pilaantuneisiin ruoppausmassoihin (tai jopa sedimentteihin) ja maa-alueiden pilaantuneisiin massoi-

hin. Pääosa dokumentoiduista kohteista (69 kohdetta) on ollut käytössä kaatopaikkojen tie- ja pohjarakenteissa sekä päivittäispeitoissa sekä kaatopaikkojen sulkemisessa. Jaakkosen (2008) mukaan luvussa 2.1 mainituista, vuosittain kaivetuista pilaantuneista massoista hyödynnettiin 67 % vuonna 2005 ja 84 % vuonna 2006. Suurin osa vastaanotetuista pilaantuneista massoista (määrä oli 40 % v. 2005 ja 51 % v. 2006) käytettiin hyödyksi kaatopaikan peitemaina tai rakenteissa. Tähän kategoriaan kuuluvat sekä päivittäispeittoihin että kaatopaikan tie- ja pohjarakenteisiin käytetyt massat. Kaatopaikkojen sulkemiseen on tarvittu myös runsaasti massoja.

UUMA-rakenteita koskevan inventaarin tulosten perusteella valittiin kohteita seuraavaan UUMA-rakenteita koskevaan vaiheeseen eli seurantatutkimuksiin. Osa valinnoista ja tutkimuksista tehtiin jo loppusyksyllä 2006, mutta pääosa valinnoista tehtiin ja tutkimuksista käynnistettiin vasta keväällä 2007. Tutkimukset ovat jatkuneet syksyllä 2008 asti.

*Taulukko 3a: UUMA-rakenteita, joissa on käytetty teollisuuden ym. sivutuotteita ja niihin rinnastettavia sivutuotteita. Tiedot on saatu UUMA-inventaari-projektin yhteydessä vuonna 2006.*

UUMA-rakenteita [kpl]		Tiet, kadut, pihat, kentät	Meluvallit	Kaatopaikkarakenteet	Putki-, ja johtorak.	Urheilukentät	Pysäytys	Täytöt	Pengerak.	Padot	Muut	Yhteensä
Metsäteollisuus	Kuitusavi	10	1	45		2		1			1	60
	Muut lietteet			1								1
	Sakat	1	1	2								4
	Pastat											0
Energiantuotanto 1)	Lentotuhkat	78	2	8	1	2		7	14	1		113
	Pohjatuhkat	18	3	1	2	1		8	4			37
	Rikinpoistion lopputuotteet	13		2	1				3			19
Metalliteollisuus	Teräskuonat	6										6
	Masuunkuonat 2)	28										28
	Ferrokromikuonat 2)	1										1
	Valimohiekat											0
Kaivannais-teollisuus	Rikastushiekat	2		1				1		1		5
	Kaivosten sivukivet	9						5	3	2		19
Kemian teollisuus	Prosessikipsit	10									1	11
	Suotokakku	3		1		1						5

jatk.

Taulukko 3b (jatkoa edelliseen): UUMA-rakenteita, joissa on käytetty teollisuuden sivutuotteita ja niihin rinnastettavia sivutuotteita. Tiedot on saatu UUMA-inventaari-projektin yhteydessä vuonna 2006.

UUMA-rakenteita [kpl]		Tiet, kadut, pihat, kentät	Meluvallit	Kaato- paikka- rakenteet	Putki-, ja johtorak.	Urheilukentät	Pysäytys- eritys	Täytöt	Pengerak.	Paadot	Muut	Yhteensä
Muut	Betonimurske <b>3)</b>	62	1					1				64
	Tiilimurske	4	1			1		1	1			8
	Asf. rouhe ja -murske <b>4)</b>	4										4
	Muovijätteet	2										2
	Kumijätteet	6	4						3			13
	Jarosiitti											0
	Biotiitti	2										2
	Betoniliete											0
	Lasi	2		1								3
Vuorivilla	1										1	
Yhteensä		262	13	62	4	7	0	24	28	4	2	406

Täsmennyksiä taulukkoon (3); numerot viittaavat taulukon numerointiin:

1) Energian tuotanto: suuri osa lento- ja pohjatuhkista käytetään tuotetyyppisesti mm. sementin, asfaltin ja betonin täyteaineena. Kohteissa, joissa on käytetty rikinpoiston lopputuotetta (useimmat kivihiilen polton puolikuivan rikinpoistomenetelmän sivutuotteita), tämä on yleensä ollut seoksena lentotuhkan kanssa.

2) Metalliteollisuus: masuunikuonat ja ferrokromikuonat ovat jo tuotteita, joita käytetään rakennusmateriaaleina. Täten vain osa kohteista on dokumentoitu UUMA-inventaarin yhteydessä. Nämä kohteet eivät edellytä seurantaa tai tutkimusta, joten niistä ei ole projektin kaipaamaa dokumentoitua tietoa

3) Betonimursketta käytettä pääasiassa katu-, tie- ja kenttärakenteiden jakavissa ja kantavissa kerroksissa. Niitä voidaan käyttää myös erilaisissa täyttötöissä, putki-johtokaivantojen täytteenä jne.. Käyttö on varsin vakiintunutta etenkin pääkaupunkiseudulla (Rudus Oy 2008).

4) Asfalttirouheen käyttö uudelleen asfaltin valmistuksessa on vakiintunutta ja ohjeistusta tätä varten on olemassa. Taulukon neljä kohdetta liittyvät rouheen käyttöön muutoin kuin päällysteessä.

### 3.2 Rakenteiden seurantatutkimusohjelma

UUMA-rakenteiden seurantakohteiden valinnassa haluttiin priorisoida sellaiset kohteet, joissa on käytetty UUMA-materiaaleja, joiden käyttöpotentiaali on merkittävä, ja joista on olemassa lupaavaa tutkimustietoa mihin tarvitaan kuitenkin vielä lisätietoa ja varmistusta tuote- ja ympäristöhyväksyntää varten. Priorisointi oli tarpeen aineiston järkeväksi rajaamiseksi. Kohteiden sekä niissä suoritettavien tutkimusten alustavan valinnan suoritti UUMA-inventaarin koordinoitiryhmä. Valinnasta keskusteltiin projektin ohjausryhmässä, ja lopullisessa valinnassa sekä suoritettavissa seurantatutkimuksissa otettiin mahdollisimman hyvin huomioon ohjausryhmän kannanotot.

Seurantakohteiden valintaa varten UUMA-materiaalit luokiteltiin taulukon (4) periaatteiden mukaan neljään luokkaan. Jatkoseurantaa varten kiinnostavimpina nähtiin luokkiin II ja III kuuluvat UUMA-materiaalit, koska näiden tuotteistamiselle on hyvät edellytykset ja niiden toimivuudesta ja vaikutuksista rakennemateriaaleina saatavat lisätiedot hyödynnettävissä tuotteistamisessa. Luokan II materiaalit on luoteltu taulukossa (5) ja luokan III materiaalit taulukossa (6).

*Taulukko 4: UUMA-materiaalien luokitteluryhmät*

I	Jo valmiina tuotteina olevat materiaalit, joiden hyötykäytölle ei ole esteitä ja joiden käyttö on ohjeistettu ja tuotteenomainen. Näitä ovat mm. monet rakennushankkeiden yhteydessä tuotetut sivukivet, edellä mainitut masuuni- ja ferrokromikuonat, tietyt prosessikipsit (Finnstabi®), betonimurske ja asfalttimurske.
II	Lähellä (arviolta 5 vuoden päässä) tuotteistamisesta olevat materiaalit, joille tuotteistamisen edellyttämää T&K-työtä on tehty varsin pitkälle. Näitä materiaaleja on esitetty taulukossa 5.
III	Materiaalit, joille on tehty tuotteistamistutkimuksia, mutta joiden tuotteistaminen tulee vaatimaan edellistä pidemmän ajan (arviolta ainakin 10 vuotta). Näitä materiaaleja on kuvattu taulukossa 6.
IV	Materiaalit, joiden tuotteistaminen vaatii erityisen paljon panostusta (mm. jarosiitti ja ehkä osa muovijätteistä) tai joiden tuotteistamisen edellytykset nähdään tässä vaiheessa vähäisiksi (mm. biotiitti, betoniliete, vuorivilla ja pääosa metsäteollisuuden pastoista ja sakoista).

*Taulukko 5: UUMA-materiaalien luokittelu rakenneseurantakohteiden valintaa varten (2006): Lähellä (arviolta 5 vuoden päässä) tuotteistamisesta olevat materiaalit, joille tuotteistamisen edellyttämää T&K-työtä on tehty varsin pitkälle.*

Ylijäämämaa-ainekset	Turpeet
	Savet
	Moreeni
	Siltit, hieno hiekka
	Luonnonkivituotannosta; sis. rakennuskivet
	Ruoppausmassat
Vanhojen maarakenteiden materiaalit	Vanhan rakenteen kerrosstabilointi ym.
Teollisuuden sivutuotteet	Kuituliete
	Metsäteollisuuden sakat
	Lentotuhkat
	Pohjatuhkat
	Rikinpoiston lopputuotteet
	Teräskuonat
	Rikastushiekat
	Kaivosten sivukivet
	Prosessikipsit: fosfokipsi ym.
	Suotokakku
	Tiilimurske
	Lasi (vrt. Norja, Ruotsi ym.: vaahtolasi)
	Kumijätteet

*Taulukko 6: UUMA-materiaalien luokittelu rakenneseurantakohteiden valintaa varten (2006): Materiaalit, joille on tehty tuotteistamistutkimuksia, mutta joiden tuotteistaminen tulee vaatimaan useita vuosia (arviolta ainakin 10 vuotta)*

Teollisuuden sivutuotteet	Muut metsäteollisuuden lietteet (vrt. taulukko 5)
	Viherlipeä, OPA- yms. sakat
	Päällystepasta
	Valimohiekat

UUMA-materiaaliluokkiin II ja III osuvista UUMA-rakennekohteista jatkettiin karsintaa seurantatutkimuksia varten seuraavin perustein:

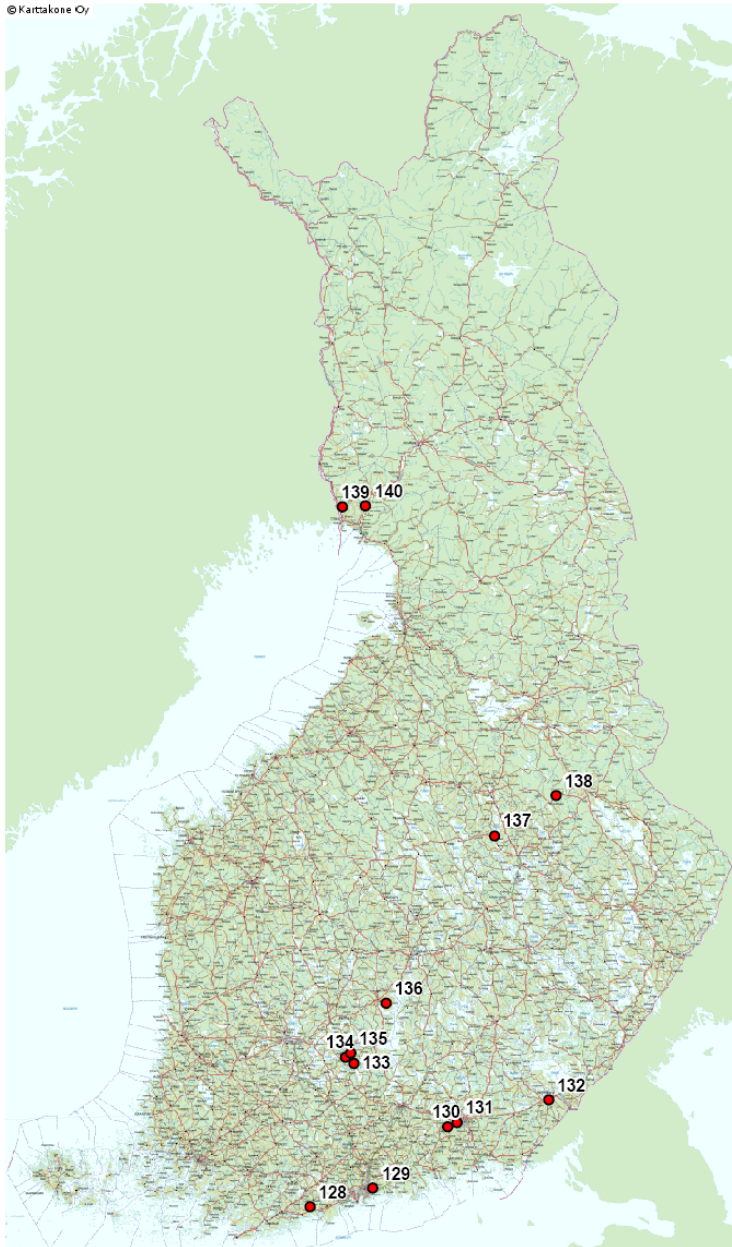
- kohteesta on käytettävissä dokumentoitua suunnittelutietoa kohteen rakenteesta ja kohteen paikantamiseksi
- kohteissa on tehty ennen ja jälkeen rakentamisen sekä teknisiä että ympäristötutkimuksia, joiden tulokset on dokumentoitu ja UUMA-inventaariprojektin käytössä



- näihin aikaisempiin tutkimuksiin sisältyy ainakin osa seuraavista tutkimuksista, joiden tuloksiin UUMA-inventaarin seurannan tuloksia voidaan verrata:
- rakennetutkimuksia (rakennekerrosten kunnon ja lujuuden kehityksen seuranta laboratoriotestauksineen),
- ympäristöseuranta mm. pohjavesinäytteiden avulla,
- kantavuusmittauksia, ja
- päällystetyissä rakenteissa mahdollisesti myös IRI/URA-mittauksia.

UUMA-inventaarin yhteydessä tehtävissä seurantatutkimuksissa päädyttiin **taulukoiden 7, 9, 11 ja 13** mukaisiin kuitutuhka-, lentotuhka-, kipsi-, teräskuona- ja rikastushiekkarakenne- sekä kerrosstabiloitujen rakenteiden kohteisiin, joiden sijainti on osoitettu kuvan (2) kartalla. Kaikki tämän hankkeen yhteydessä seurattavat kohteet ovat tiekohteita, joissa on käytetty teollisuuden sivutuotteita. Seurantatutkimukseen sisältyi seuraavia toimenpiteitä, joiden toteutuminen kohteittain on kuvattu edellä mainituissa taulukoissa:

- IRI/URA –mittaukset päällystetyissä kohteissa; PMS-mittaukset (Ramboll)
- Kantavuusmittaukset
- Kuntokartoitus ja valokuvaus
- Rakennetutkimukset (rakennenäytteet ja näiden testaukset laboratoriossa)
- Ympäristöseuranta: kohteissa, joissa on ollut aiempaa ympäristöseuranta mm. pohjavesien, lysimetrien tai orsivesien avulla. Ympäristöseurannan näytteiden otto valmisteltiin tarkistamalla pohjavesiputkien ja mahdollisten lysimetrien / orsivesikaivojen kunto. Tällöin todettiin muutamissa kohteissa, että näytteiden ottoon ei enää ole mahdollisuutta.



Numero	Rakenteen sijainti
128	Inkoo, Pt 11146 plv 0-3000
129	Sipoo, Pt 11636 plv 3200-3580
130	Elimäki, Pt 14547/01 plv 0-8165
131	Koria, Pt 14567/01 plv 1500-2550
132	Lappeenranta, Pt 14790 plv 1600-2000
133	Luopioinen, Mt 3201/03 plv 1058-5851 ja 04 plv 0-7356
134	Luopioinen, Rajalantie
135	Luopioinen, Pt 13981 plv 340-760 ja 2000-2500
136	Jamsa, Pt16569/01 plv 1340-2890
137	Maaninka, Pt 16207 pvl 30-1700 ja 3600-5240
138	Rautavaara, Kt87/14 plv 9500-10500
139	Tornio, Pt 19552/01 plv 1450-2050
140	Keminmaa, Vt4/429 plv 6715 – 6815

Kuva 2: Seurantatutkimuksien kohteiden sijainti

### 3.3 Rakenteiden seurantatutkimustulokset

Tässä luvussa esitetään yhteenveto UUMA-rakenneseurannan tuloksista UUMA-materiaalien käyttötyypeittäin ja kohteittain:

- Kuitutuhkarakenteet (luku 3.3.1, taulukko 7)
- Lentotuhkarakenteet (luku 3.3.2, taulukko 9)
- Kipsi-, teräskuona- ja rikastushiekka-tuhkarakenteet (luku 3.3.3, taulukko 11)
- Kerrosstabiloidut rakenteet (luku 3.3.4, taulukko 13)

Yhteenveto eri materiaalityypeittäin on kunkin luvun alussa, ja se sisältää UUMA-inventaarin yhteydessä tehtyjä, käytettävissä olevaan aineistoon ja seurantatutkimuksiin perustuvia johtopäätöksiä. Poikkeuksellisesti luvussa 3.3.3 yhteenvedot kipsi-, teräskuona- ja rikastushiekka-tuhkarakenteista esitetään kunkin ryhmän yhteydessä. Jokaisesta kohteesta on lisäksi esitetty tietoa kohteen rakentamisesta, seurantatutkimuksista ja niiden tuloksista koko rakenteen olemassaolon ajalta.

Yksityiskohtaisemmat tiedot ovat kohteittain raporteissa, joiden luettelo on tämän raportin lopussa ja jotka ovat saatavissa UUMA-inventaariprojektin internetsivuilla:

<http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/index.asp?fr=tul>

#### 3.3.1 Kuitutuhkarakenteet

##### 3.3.1.1 Yhteenveto kuitutuhkarakenteista

Kuitutuhka on metsäteollisuuden kuitulietteen (ml. siistauslietteet) eli kuitusaven ja energiantuotannon lentotuhkan seos, jonka ominaisuudet riippuvat näiden seossuhteesta. Lentotuhkan osuutta kasvattamalla materiaalista tehdystä rakennekerroksesta tulee lujempi ja jäykempi, kun taas kuitusaven osuutta kasvattavalla rakennekerroksesta tulee joustavampi ja myötävämpi ja samalla esimerkiksi kuormitusta kestävämpi.

UUMA-inventaarissa seurantatutkimuksia tehtiin **taulukon (7)** mukaisesti neljässä kohteessa, joista kaksi sijaitsee Pirkanmaalla (Pälkäne), yksi Keski-Suomessa (Jämsä) ja yksi Kaakkois-Suomessa (Lappeenranta). Kuitutuhkaa käytettäessä on pyritty mahdollisimman ohuisiin rakennekerroksiin. Pälkäneen ja Jämsän kohteissa kuitutuhkaa on käytetty 200 mm paksuisena kantavana rakennekerroksena, Pälkäneen Luopioisissa päällystetyssä katurakenteessa ja paikallisessa soratiessä ja Jämsässä soratiellä. Lappeenrannassa kuitutuhkarakenne on päällystetyn paikallistien jakavana kerroksena (300 mm).

Kuitusavi tuo siis kuitutuhkarakenteelle muodonmuutoskestävyyttä. Puristuskokeissa tämä on havaittavissa siitä, että lujittuneen koekappaleen muodonmuutos (%) on varsin korkea saavutettaessa murtolujuus. Kuitutuhka on myös routaa eristävä materiaali. Kuitutuhkamateriaali on täten mm. kohtuullisia routaliikkeitä kestävä, mikä todettiin esimerkiksi seurattaessa Rajalantien rakenteiden routanousua ja lämpötiloja seurantatutkimuksissa vuosina 1996–2002 ja Pihtisalmentien lämpötilaseurannassa.

Kuitutuhkan lujittuminen perustuu sen sisältämän lentotuhkan ominaisuuksiin ja reaktiivisuuteen (lisäksi tietenkin käytettäviin muihin sideaineisiin, kuten sementtiin tai masuunikuonaan). Lentotuhkaa sisältäviä massoja käytettäessä on ratkaiseva merkitys rakenteen käyttäytymiseen sillä, kuinka nopeasti eri komponenttien sekoittamisen ja (tarvittavan) veden lisäyksen jälkeen massat levitetään ja tiivistetään kohteessa. Mitä suurempi viive, sitä heikompi on lujittumisen tulos. Tämä tuli ilmi mm. Jämsän Tyryn paikallistien koekohdetta toteutettaessa.

Kuitutuhkaa on UUMA-inventaarin rakennetutkimuskohteissa testattu tierakenteissa, kantavana ja jakavana kerroksena. Jo ensimmäiset käyttökohteet ovat osoittaneet, että lentotuhkan osuuden pitäisi olla vähintään 50 % kuitutuhkaseoksesta, jotta rakenteelle saadaan riittävä jäykkyys ja kestävyys. Kokemukset ovat myös osoittaneet, että kuitutuhkarakenteen päällä tulee olla riittävän jäykkä kerros, esimerkiksi 200 mm murskekerros kulutuskerroksena. Kuitutuhkan routaeristävyys ja muodonmuutoskestävyys edellyttävät sen päällä olevien rakenteiden olevan vastaavasti muodonmuutoksia kestäviä: liian ohuet päällysteet eivät kestä kuitutuhkarakenteissa.

Määritettäessä kuitutuhkamateriaalien liukoisuutta läpivirtaus- I. kolonnitestin avulla, on todettu, että eri alkuaineiden liukoisuudet ovat pieniä. Pilotti- ja koekohteiden ympäristöseuranta on perustunut, kohteesta riippuen, maa-, pintavesi-, kaivo- ja pohjavesinäytteisiin. Näytteistä on analysoitu pääasiassa alkuainepitoisuuksia, usein myös mm. sulfaatti ja TOC. Näiden seurantatulosten perusteella kuitutuhkarakenteet eivät lisää ympäristökuormituksia. Toisaalta rakenteet on sijoitettu siten, että niistä ei tulisi olla mitään riskiä ympäristölle. Mahdollisia haittavaikutuksia ja ympäristöriskejä liittyy ilmeisesti lähinnä kuitutuhkan lentotuhkakomponentin kuljetuksiin ja käsittelyyn (pölyäminen) – sekä tietysti tarvittavan aktivaattorin, kuten sementin valmistukseen (energian kulutus) ja käsittelyyn (pölyäminen).

Taulukko 7a: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Kuitutuhkarakenteet, massiivirakenteet

Rakenteen sijainti	Rakenteen numero kartalla (kuva 2)	Rakennusvuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	IRI/URA	Kantavuus	Kuntokartoitus	Rakennetutkimukset	Ympäristö / pohjavedet	Ympäristö / muut
Luopioinen, Rajalantie	134	1996	Kolme koerakenneosuutta, plv 160-350 ja 550-794 kuitutuhkarakenteet eri seossuhteilla ja plv 95-160 lentotuhkarakenne. Välissä vertailurakenteena murskerakenne. Uusitut rakenteet: 200 mm uusiomateriaalia, 200 mm mursketta ja 50 mm asfalttia.	koko tie, plv 0-800	x	ei	x	x	ei	ei
Jämsä, Tyryn Pt; Pt16569,01 /1340-2890	136	1998	Kuitutuhkarakenteet plv 30-395; 3 eri osuutta (eri tuottajien kuitulietteet ja lentotuhkat), joissa kuitutuhka stabiloituna kerroksena (stabilointiaineena yleissementti); päällä 10 cm kulutuskerros. Vertailuosuus (murskekerros 20 cm + kulutuskerros) plv 395-610	kohdepaalutus - 30...610	ei	ei	x	x	x	ei
Luopioinen, Pihtisalmentie, Pt 13981/1/3 40/760 ja 13981/1/2 000/2500	135	2003	Kaksi kuitutuhkarakenne-osuutta 400 ja 500 m; Kuitutuhkakerros 200 mm (55 % märkämassasta kuitulietettä ja 39 % märkämassasta lentotuhkaa sekä 6 % yleissementtiä); päälle 50 mm mursketta sekä 50 mm suotokakku + murskeseosta (suotokakkua 7,5 % murskeen kuivamassasta). LIFE Kukkia Circlet.	plv 300-1000 ja 1700-2700	ei	ei	x	x	ei	ei

jatk.

Taulukko 7b: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Kuitutuhkarakenteet, massiivirakenteet

Rakenteen sijainti	Rakenteen numero kartalla (kuva 2)	Rakennusvuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	IRI/URA	Kantavuus	Kuntokartoitus	Rakennetutkimukset	Ympäristö / pohjavedet	Ympäristö / muut
Lappeenranta, Vihtola-Jätkö; yksityistie Vihtolan paikallistieksi ; pt 14790/1725-2000	132	2006	Lentotuhka ja kuitusavi märkämassasuhteessa 4:1 + yleisementti 5,5 % edellisestä laskettuna. Kuitutuhkarakenne 275 m (plv 1600-2000). Kuitutuhka jakavassa kerroksessa 300 mm. Alla jakava-sora ja suodatinkerros, päällä kantava murske 300 mm ja päällyste AB	plv 400–2300	x	x	x	ei	ei	x

### 3.3.1.2 Rajalantie, Luopioinen (1996)

#### **Yleistä**

Kyseessä ovat maailman vanhimmat toteutetut kuitutuhkarakenteet, jotka tehtiin vuonna 1996 peruskorjattaessa Pälkäneellä Luopioisten kirkonkylän Rajalantietä. Hankkeen rahoittajina olivat Pirkanmaan liitto, Luopioisten kunta, Ramboll Finland Oy (silloinen Viatek Oy) ja materiaalitoimittajat. Kuitusaven (l. siistauslietteen) toimitti Georgia Pacific Nordic Oy / Nokia Paperi Oy Nokialta ja lentotuhkan (viskoosikuitujen ja fossiilisen polttoaineen polton sekotuhka) Säteri Oy (nyk. Kuitu Finland Oy) Valkeakoskelta. Kuitutuhkan toimivuutta verrattiin perinteiseen murskeratkaisuun ja jo useammassa kohteessa käytössä olleeseen lentotuhkarakenteeseen.

Kuitutuhkaa käytettäessä on pystytty ohentamaan katurakenteessa tarvittavaa rakennepaksumutta. Sillä on ollut vaikutusta paitsi tarvittaviin massamääriin myös katurunustavan koivukujan säilymiseen (ei ole tarvittu juuret tuhoavaa massanvaihtoa)

Koekohteessa kantavan kerroksen yläosa korvattiin sivutuoteseoksilla. Sivutuotekerrosten paksuus oli 20 cm ja leveys 4-4.5 m. Sivutuotekerrosten päälle on levitetty n. 10 cm mursketta ja päällyste. Rakenteet ovat seuraavia:

Lentotuhkarakenne (plv 95–160): Lentotuhkatuhka + sideaine 4 % (Rapidsementti+ masuunikuonajauhe 3:7). Sideainemäärä on laskettu kuivan lentotuhkan massasta.

**Kuitutuhkarakenne** KT1 (plv 160–350): Kuitusavi + 40 % lentotuhkaa laskettuna kuitusaven märkämässasta. Sideaineena on yleissementti 5 % (laskettuna kuitusavi-lentotuhkaseoksen märkämässasta).

Vertailurakenne (plv 350–550): Sivutuotekerroksen sijasta murske.

**Kuitutuhkarakenne** KT2 (plv 550–794): Kuitusavi + 20 % lentotuhkaa laskettuna kuitusaven märkämässasta. Sideaineena on yleissementti 9 % (laskettuna kuitusavi-lentotuhkaseoksen märkämässasta).

#### **Tutkimukset**

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia käytettävillä sivutuotekomponenteilla ja niiden erityyppisillä seoksilla. Geoteknisten laboratoriotutkimusten lisäksi tehtiin ympäristökelpoisuuteen liittyviä kemiallisia analyyseja. Rakentamisen jälkeiseen seurantaan (vuoteen 2002 saakka) on kuulunut kunnan seuranta, kantavuusmittaukset, rakennetutkimukset, instrumenttien avulla tehdyt kerroslämpötila-, kerroskosteus- ja siirtymämittaukset, ja ympäristövaikutusten seuranta salaojien kokoomakaivoista. UUMA-inventaarin yhteydessä on kohteessa tehty silmämääräinen kuntokartoitus ja geoteknisiä rakennetutkimukset vuonna 2008. Lisäksi kohteessa on mitattu päällysteen tasaisuus ja urautuneisuus eli IRI/URA. Tutkimuksia täydentää Pälkäneen kunnan rakennusmestarin haastattelu.

**Yleisesti** on todettu, että Rajalantien kuitutuhka- ja tuhkarakenteet ovat toimineet hyvin ja tie on pysynyt kaikkien sivutuoterakenteiden osuudella paremmassa kunnossa kuin vertailurakenteena toimineen murskerakenteen osuudella. Kuitutuhka toimii myös lämmöneristeenä ja pienentää routanousuja; kuitutuhkaosuuksilla mitatut routanousut ovat olleet pienempiä kuin murskeosuudella. Kuitutuhkerrosten lujuustaso on jäänyt jonkin verran tavoitetason alapuolelle, mutta rakenteiden toi-

mivuuteen tai kestävytyteen sillä ei ole ollut seurannan perusteella ratkaisevaa vaikutusta.

**Ympäristöseuranta** ei ole voitu jatkaa enää UUMA-inventaarin yhteydessä, koska salaojakaivot eivät enää ole olleet käytettävissä (liitetiedosto "Rajalantie"). Aikaisemmassa seurannassa todettiin, että salaojakaivoista otetuista näytteistä saadut analyysitulokset eivät yksiselitteisesti kerro tuhka- tai kuitutuhkarakenteiden ympäristövaikutuksia, joten näillä tuloksilla ei ole merkitystä.

**Kantavuus** on määritetty vuonna 1996, 1997, 1999 ja 2002. Sivutuoterakenteiden (myös lentotuhkan) osuudella kantavuus on ollut vertailuosuutta parempi eikä niissä ole tapahtunut rakenteen toimivuuden kannalta ratkaisevia muutoksia kantavuuden tai lujuusominaisuuksien suhteen. Sen sijaan murskerakenteen kantavuus on ollut lievässä laskusuunnassa ja vaurioituminen muita osuuksia runsaampaa.

**IRI/URA**-mittaukset tehtiin v. 2008. Tiehallinnon kuntoluokituksen mukaan (TIEH 3200969-v) tämän 12-vuotiaan vähäliikenteisen kylätien kunto vaihtelee kaikilla osuuksilla tasaisuusmittausten (IRI) perusteella tyydyttävästä huonoon. Urautuminen vastaa hyvää ja lentotuhkaosuudella jopa erinomaista kuntoa. Urautuminen on vähäistä, sillä tien kautta ei kulje raskasta liikennettä. Tuloksena saadun tasaisuuden perusteella tien pintakunto on korjausta edellyttävässä kunnossa.

**Kuntokartoitus.** UUMA-inventaarin yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella enemmän tuhkaa sisältävällä KT1-kuitutuhkaosuudella esiintyy verkkohalkeilua. Lisäksi osuuden vasemman kaistan reuna on lievästi painunut verkottuneilta osuuksilta. Halkeamia on osuudella vähän verrattuna muihin koerakente- ja vertailuosuuksiin. Vähemmän tuhkaa sisältävällä KT2-kuitutuhkaosuudella on useita jaksoja, jossa esiintyy verkkohalkeilua, halkeamia ja painumia. Poikkihalkeamia ei tällä osuudella kuitenkaan ole havaittu. Kuntokartoituksen ja rakennetutkimustulosten välillä on selkeä korrelaatio.

**Rakennetutkimukset.** Kuitutuhkaosuudella KT1 (plv 160–350) puristuslujuuksien keskiarvo oli 269 kPa, joka on selkeästi parempi kuin kuitutuhkarakenteessa KT2 (89 kPa) (vuoden 2008 tulokset). KT1-näytteiden puristuslujuus on hieman korkeampi kuin vuoden 2002 näytteistä mitattu lujuus (keskimäärin 240 kPa). KT2-näytteiden perusteella puristuslujuus on pienentynyt vuoden 2002 näytteistä mitatuista lujuuksista (keskimäärin 260 kPa). Tämä on johdonmukaista kuntokartoituksen tulosten kanssa: KT2 kohdalla päällyste on ollut pitemmän aikaa vaurioituneena, mikä on vaikuttanut myös kantavan kerroksen vaurioitumiseen.

**Haastattelu.** Pälkäneen kunnan rakennusmestaria, Asko Valkamaa, haastateltiin Rajalantien osalta 15.8.2008. Asko Valkaman haastattelussa ilmeni, että Rajalantien peruskorjausta sivutuoterakenteilla pidetään taloudellisena ja teknisesti onnistuneena ratkaisuna, johon rakennuttaja (nyk. Pälkäneen kunta) on erittäin tyytyväinen.

### 3.3.1.3 Tyryn paikallistie, Jämsä (1998)

#### **Yleistä**

Pilottikohde Pt 16569 Tyryntie sijaitsee Jämsän kaupungin alueella. Tyryntien ongelmana oli ennen koerakentamista heikko kevätkantavuus, tien reunojen leviäminen ojiin ja ojien tukkeutuminen, sekä tierungon painuminen ja sekoittuminen pohjamaahan. Tietä oli aiemmin korjattu useaan otteeseen mm. lisämursketta ajamalla, mutta tilanne palautui aina nopeasti entiselleen. Tyryn paikallistien peruskorjaus vuonna 1998 toteutettiin osana silloisen tielaitoksen "Sorasteiden kelirikkoaurioiden korjaaminen 1990-2000" projektia. Koerakentaminen tarkoituksena oli löytää uusia



menetelmiä erityisesti soratieverkon kunnon parantamiseen. Tavoitteena oli myös laatia käyttökelpoisiksi havaittavien ratkaisujen osalta ohjeistus, jonka pohjalta myös materiaalien laajempimittakaavainen käyttöönotto olisi mahdollista. Jämsän kohde oli yksi tielaitoksen projektin kaikkiaan seitsemästä toteutettavaksi tarkoitetusta kohteesta.

Jämsän kohteessa toteutettiin kesällä 1998 kolme stabiloitua kuitutuhkarakennetta kolmen eri paperitehtaan siivoustajätteellä ja kolmen eri voimalaitoksen lentotuhkalla (puun ja turpeen polton tuhkia). Kuitutuhkarakenteiden lisäksi kohteessa testattiin tieverkon ja geoverkon käyttöä, kahta lentotuhkarakennetta sekä kahta vertailurakennetta. Kuitutuhkarakenteiden toimivuutta on verrattu mm. sitä vastaavaan murskerakenteeseen. Kokonaisuudessaan kohteen pituus oli 1550 m ja kuitutuhkarakenteiden pituudet olivat 150, 150 ja 135 metriä. Vertailuosuuden pituus oli 215 m. Yksityiskohtaisempaa tietoa kuitutuhkamateriaaleista ja -rakenteista on annettu taulukossa 8.

*Taulukko 8. Vuonna 1998 peruskorjatun Tyryn paikallistien koerakenteiden sijoittuminen, materiaalit ja koerakenteet.*

Paaluväli	Rakenne
30–110	Kuitutuhkarakenne 1. Georgia Pacific Nordic Oy:n siivoustajäte ja UPM-Kaipolan lentotuhka 100:40 stabiloituna kerroksena (20 cm). Sideaineena yleisementti (7 %). Stabiloidun kerroksen päällä mursketta n. 10 cm (kulutuskerros).
110–260	Kuitutuhkarakenne 2. Metsä Tissue Oy:n siivoustajäte ja Mäntän Energian lentotuhka 45:55 stabiloituna kerroksena (20 cm). Sideaineena yleisementti (7 %). Stabiloidun kerroksen päällä murske n. 10 cm (kulutuskerros).
260–395	Kuitutuhkarakenne 3. UPM-Jämsänkosken kuitujäte ja lentotuhka 20:135 stabiloituna kerroksena (20 cm). Sideaineena yleisementti (6,25 %). Stabiloidun kerroksen päällä mursketta n. 10 cm (kulutuskerros).
395-n.610	Vertailuosuus, Murskekerros n. 20 cm + kulutuskerros.

## Tutkimukset

Ennen rakentamista määritettiin reseptit käytettäville seoksille ja näille määritettiin myös tekniset optimitasot lujuudelle, vesipitoisuudelle, tiiviydelle ja tiivistystyömäärälle (vrt. liitetiedosto JämsäTyry). Ennakkotesteihin sisältyi rakenteissa käytettyjen sivutuotekomponenttien alkuaineiden kokonaispitoisuuksien määrittely. Projektin yhteydessä kokonaispitoisuuksia verrattiin mm. pilaantuneelle maa-ainekselle annettuihin ohje- ja raja-arvoihin sekä UUMA-inventaarin yhteydessä näitä täydentäen myös valtioneuvoston asetuksessa 591/2006 annettuihin (tuhkien) kokonaispitoisuusraja-arvoihin (kaikkien osalta alittuvat VNA 591/2006 raja-arvot lento- ja pohjatuhkille). Liukoisuustestejä ei tehty.

Kohteessa on rakentamisen jälkeisinä vuosina 1998-2002 tehty kuntokartoituksia, näytteenottoa ja rakennetutkimuksia, kantavuusmittauksia ja ympäristövaikutusten seuranta maa- ja vesinäytteiden perusteella. UUMA-inventaarin seurantatutkimuksiin (2007-2008) ovat kuuluneet kohteen silmämääräinen kuntokartoitus, rakennetutkimukset, pohjavesinäytteiden otto ja analyysit sekä tiemestarin ja urakoitsijan haastattelut. IRI/URA-mittauksia ei ole tehty, koska kyseessä on päällystämätön tie. Kantavuuden mittaus ei myöskään toteutunut mittausohjelmassa.

**Kantavuus** mitattiin vuosina 1999-2001. Kantavuudet ovat olleet kaikilla osuuksilla korkeampia kuin lähtötilanteen kantavuus v. 1998. Korkeimmillaan kantavuudet olivat vuonna 1999. Kuitutuhkarakenteiden osuudella kantavuudet ovat olleet joko samaa luokkaa tai alempia kuin vertailurakenteen osuudella. Tähän on vaikutusta sillä, että vertailurakenteen pohjaolosuhteet olivat paremmat kuin kuitutuhkarakenteilla.

**Kuntokartoitus.** Keväällä 2001 ja 2002 tehtiin kohteen eri osuuksilla kuntokartoitus Tieliikelaitoksen (nykyisin Destia Oy) toimesta. Tulos oli kaikilla osuuksilla, ml. vertailuosuudet, suhteellisen hyvä. Vuonna 2001 koeosuuksilla ei todettu kelirikkoa eikä routaheittoja. Reikiintymiseen näytti vaikuttavan tien muoto. Niissä kohdissa, missä kaltevuus oli pieni, esiintyi enemmän reikiä. Vuoden 2002 kartoitusajankohdalla varsinainen kelirikko oli alkanut koeosuuksilla. Routaheittoja ei ollut. Reikiintymistä oli koeosuuksilla aikaisempia vuosia enemmän.

Vuoden 2008 huhtikuussa kuitutuhkaosuudet olivat pääosin hyväkuntoisia, mutta kohteissa todettiin etenkin tien reunojen painumista, pettämistä tai sortumista.

**Rakennetutkimukset.** Viimeistä edelliset rakenneseurantatutkimukset tehtiin elokuussa 2001 otetuille näytteille. Samalla tehtiin arvioita sivutuote- ym. rakennekerroksien kunnosta. Tällöin kuitutuhkarakennekerrokset olivat kohtalaisen hyväkuntoisia; yhdellä osuudella raiteiden kohdalla rakennekerros oli tosin painunut ja sen yläosaan sekoittunut hieman mursketta. Rakennekerrokset eivät vaikuttaneet erityisen lujilta, mutta olivat kiinteitä. Täysin ehjiä porakappaleita oli vaikea – osin mahdotonkin – saada laboratoriotutkimuksiin. Porakappaleiden lujuudet olivat 0,41 – 0,77 MPa, mikä on samalla tasolla ennen rakentamista suoritettujen materiaali-testien lujuuksien kanssa (0,31 – 0,58 MPa). Vuonna 2008 kahdelta reunaosuudelta ei saatu koekappaleita, joista olisi saanut yksiselitteisiä lujuusmäärytyksiä.

**Ympäristötutkimukset.** Jämsän koekohteen seurantatutkimuksiin sisältyivät sekä maa- että pohjavesinäytteiden otto ja näytteiden analyysit. Maanäytteet otettiin ja analysoitiin v. 1998 ennen rakentamista ja syyskesäisin vuosina 1999 ja 2001. Tuloksia verrattiin maan saastuneisuudelle v. 1997 ehdotettuihin ohjearvoihin (nykyisen VNa 213/07 "edeltäjä"). Pohjavesinäytteiden otto ja analysointi tehtiin vastaavasti ennen rakentamista v. 1998 sekä syyskuun rakentamisen jälkeen vuosina 2000–2001; vuonna 1999 saatiin näyte vain yhdestä putkesta. Vesinäytteiden pitoisuuksia verrattiin talousvedelle asetettuihin kemiallisiin laatuvaatimuksiin ja -suositukseen (STM 461/2000). Maa- ja vesinäytteiden alkuainepitoisuudet eivät ole ylittäneet edellä mainittuja ohjearvoja, ja olivat monien alkuaineiden osalta koko seuranta-ajan joko alempia tai samaa suuruusluokkaa kuin referenssivuoden näytteissä (ks. seurantakohteet -raportti).

Vuonna 2007 otettiin pohjavesinäytteet niistä neljästä pohjavesiputkesta, jotka sijaitsivat kuitutuhkarakenteiden ja vertailurakenteen kohdalla. Tulokset vastaavat aikaisemmin otettuja tuloksia, eli talousveden kemiallisia laatuvaatimuksia ja –suosituksia ei ole ylitetty.

**Tienpitäjän johtopäätöksiä kohteesta.** Kohteen seurannan yhteydessä on v. 2008 keväällä haastateltu tiemestaria ja kohteen urakoitsijan edustajaa (vrt. liitetiedosto Jämsä/Tyry). Kumpikaan ei selkeästi erotellut kuitutuhkaosuudesta saatuja kokemuksia. Tien ylläpito on ollut normaalia ja pintakelirikon aikana tien käyttä-

jät ovat valittaneet tien kuntoa. Reunat ovat kautta linjan pehmeitä ja kelirikkoai-  
kaan käytössä on vain tien keskiosa. Vastaavia rakenteita toteutettaessa on murs-  
kekerroksen oltava paksumpi ja kuitutuhkaseoksessa lentotuhkan osuuden suu-  
rempi.

#### 3.3.1.4 Pihtisalmentie, Luopioinen (2003)

### **Yleistä**

Pilottikohde, Pt 13981 340–760 ja 2000–2500 Pihtisalmentie Auraanpohjan tie-  
osuus, sijaitsee Pälkäneen kunnassa, entisen Luopioisten kunnan puolella. LIFE02  
ENV/FIN/329 eli Kukkia Circler –projektin pilottikohde oli erittäin huonokuntoinen,  
routavaurioitunut paikallistie, jossa kahdella varsin lyhyellä 400-500 metrin osuu-  
della on testattu peruskorjausta kantavalla kuitutuhkarakennekerroksella. Materiaa-  
litutkimuksiin, rakentamiseen ja seurantaan liittyvä tarkempi kuvaus on liitetiedos-  
tossa ”Pihtisalmentie”. Lisäksi seikkaperäistä aineistoa, kuten raportteja, on saata-  
vissa [www-osoitteesta](http://www.osoitteesta):

<http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/index.htm>

Vuonna 2003 peruskorjattujen kuitutuhkaosuuksien rakenteissa käytetyt kuitutuh-  
kan sivutuotekomponentit olivat Georgia Pacific Nordic Oy:n kuitusavi sekä Jäm-  
sänkösken voimalaitoksen lentotuhka, joka muodostuu pääosin puun kuoriaineksen  
ja turpeen poltosta.

Kuitutuhkaseoksien stabiloitumisen varmistamiseksi kuitusaven ja lentotuhkan  
seokseen (10:7) lisättiin sementtiä (noin 6 % kuitutuhkaseoksen kuivamassasta).  
Pilottirakentamisen ohjeen mukaisesti höylättiin soratien pinnasta ohut kerros pin-  
tamursketta valliksi tienreunaan. Tähän ”kaukaloön” levitettiin ja tiivistettiin kuitu-  
tuhka noin 200 mm:n kerrokseksi. Kulutuskerrokseksi levitettiin ensin 50 mm ker-  
ros pintamursketta ja sen päälle 50 mm kerros suotokakku - murske –seosta (suo-  
tokakku on kalsiumkloridin valmistuksessa muodostuva sivutuote). Toisen osuuden  
rakentamisessa tehtiin virheitä, joiden seuraukset ovat näkyneet seuranta-  
tutkimuk-  
sien tuloksissa (esim. rakennetutkimuksissa).

### **Tutkimukset**

Ennen rakentamista tehtiin kohteessa käytettävien materiaalien ennakkotutkimuk-  
sia laboratorioissa ja määritettiin resepti kuitutuhkaseokselle. Rakentamiseen vali-  
tulle seokselle annettiin tämän perusteella tavoitearvot rakentamista ja seuranta-  
tutkimuksia varten.

Rakentamisen jälkeen kohteessa on tehty kuntotarkistuksia, rakennetutkimuksia ja  
kantavuusmittauksia vuosina 2003 ja 2004. UUMA-inventaari-projektin seuranta-  
tutkimukset tehtiin vuosina 2006-2008; tässä yhteydessä ei tehty kantavuusmittauksia  
eikä IRI/URA-mittauksia (päällystämätön tie). Kohteessa ei myöskään ole  
tehty enää ympäristöseurantaa.

**Kantavuudet** on määritetty ennen rakentamista keväällä 2002, ja rakentamisen  
jälkeen syksyllä 2003 ja kesällä 2004. Eri vuodenaikoina tehdyt kantavuusmittauk-  
set tekevät kuitenkin niiden tulosten vertailun vaikeaksi, vaikka tulosten ja käytän-  
nön kokemusten perusteella kantavuus on ilmeisesti parantunut seuranta-aikana.

**Ympäristökelpoisuutta** on tutkittu v. 2003 -2005. Ennen rakentamista arvioitiin myös ympäristökelpoisuutta lentotuhkan ja kuitusaven kokonaispitoisuuksien ja stabiloidun kuitutuhkan liukoisuuden (kolonnitesti NEN 7343) avulla. Vertailtaessa tuloksia valtioneuvoston asetuksen (VNA 591/2006) raja-arvoihin alitti lentotuhkanäytteen pitoisuus nämä tuhkien pitoisuuksille asetetut raja-arvot. Ympäristöluo-velvoitteiden mukaisesti kohteiden ympäristöseuranta toteutettiin kaivovesi- ja maaperänäytteiden avulla ennen rakentamista vuonna 2003 sekä rakentamisen jälkeen vuosina 2004 ja 2005.

Näytteistä määritettiin epäorgaanisia alkuaineita, pH, sähkönjohtavuus ja TOC. Ra-  
kentamisen jälkeisen seurannan maanäytteiden analyysituloksia on verrattu maan  
pilaantuneisuudelle ehdotettuihin ohjearvoihin ja vesinäytteiden analyysituloksia  
talousvedelle annettuihin ohjearvoihin (STM 461/2000), ja molempia lähtötilantee-  
seen 2003. Kaikki tulokset ovat tämän kohteen osalta seurantaraportissa. Tämän  
seurannan perusteella kuitutuhkarakenteet eivät ole kuormittaneet ympäristöä.

**Kuntokartoitus.** Vuosien 2003 ja 2004 tehdyssä silmämääräisessä kuntoseuran-  
nassa todettiin kuitutuhkaosuuksien olleen yleisesti ottaen hyvät, ongelmia on ollut  
lähinnä tien reunoilla sekä osuuksien päissä. Keväällä 2008 tehdyn kuntokartoituk-  
sen perusteella tie on 1. osuudella hyväkuntoinen, mutta 2. osuudella on selkeitä  
vaurioita ja sitä on mm. jouduttu korjaamaan murskeella.

**Rakennetutkimukset.** Poranäytteet otettiin molemmilta osuuksilta vuonna 2003  
(noin 30 d rakentamisen jälkeen) sekä vuosina 2004 ja 2006, tien keskiviivan vie-  
restä ja reunoilta. Rakennetutkimuksien perusteella kuitutuhkakerrosten lujuus oli  
vuonna 2004 suurempi kuin laboratoriossa valmistetuilla koekappaleilla. Tämän pe-  
rusteelle rakenne lujittui odotusten mukaisesti. Vuoden 2006 rakennetutkimukset  
tehtiin UUMA-inventaarin yhteydessä. Näytteistä testattiin puristuslujuus (1-  
aksiaalinen) ja määritettiin tiheys ja vesipitoisuus. Tulokset ovat osoittaneet lujuuk-  
sien hieman heikentyneen vuoden 2004 tuloksiin verrattuna (keskiosalla 15...25 %,  
reunassa enemmän), ja toisella osuudella myös vuoden 2003 tulokseen verrattuna.

**Lämmöneristävyys.** Pilottiosuuksilla seurattiin lämpötila-anturien avulla kuitutuh-  
kan lämmöneristävää vaikutusta ja eri kerrosten lämpötilojen vaihtelua. Syksystä  
2003 keväälle 2004 ulottuneen seurannan tuloksien perusteella kuitutuhka on läm-  
pöä eristävä, mikä pienentää routasyvyyttä ja hidastaa roudan sulamista erityisesti  
pinnasta käsin.

**Haastattelut.** Pilottiosuudet ovat kaksi lyhyttä patkää Pihtisalmentiellä, ja niiden  
vaikutus koko tien kuntoon on pieni. Tiemestari ja urakoitsijan edustaja voivat ar-  
vioida vain koko tien kuntoa, mikä etenkin keväisin on edelleen heikko ja vaatii  
ajoittain painorajoituksia.

### 3.3.1.5 Vihtola-Jäkkö, Lappeenranta (2006)

#### **Yleistä**

Vihtolan pilotti on Kaakkois-Suomi – Venäjä naapurisuusohjelman Ecoroad- hankkeen  
(Ecological utilization of industrial waste materials on road construction, 2006–  
2007) pilottikohde, joka toteutettiin Kaakkois-Suomen tiepiirin toimesta. Uudelle  
tielinjalla sijoittuvassa vajaan 300 metrin osuudessa kuitutuhkaa on käytetty mate-  
riaalina osana tierakenteen jakavasta kerroksesta.

Kohteen ongelmia olivat kuivatus- ja tien pysty- ja vaakageometrian puutteet, sekä kantavuus ja roudaongelmat. Viimeksi mainittuihin haettiin ratkaisua kuitutuhkarakenteen avulla (toisena ratkaisuvaihtoehtona oli rikastushiekka-tuhkarakenne, jota käsitellään erikseen rikastushiekkarakenteiden yhteydessä, luku 3.3.3).

Rakenteessa stabiloitu kuitutuhkakerros (300 mm) on osana jakavaa kerrosta, kantavan murskekerroksen ja päällysteen AB alapuolella. Kuitutuhkaseoksessa oli lentotuhkaa ja kuitusavea märkämassasuhteessa 4:1 ja yleissementtiä 5,5 % lentotuhka + kuitusavi –seoksen märkämassasta laskettuna (vrt. liitetiedosto Vihtola-Jäkkö)

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja kuitutuhkan reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi eri sivutuotekomponenteista (lentotuhka ja kuitusavi) määritettiin kokonaispitoisuudet, joita verrattiin VNa 591/2006 asetuksen raja-arvoihin tuhille. Kokonaispitoisuudet alittivat ao. raja-arvot. Kahdella erilaisella stabiloituilla kuitutuhkaseoksilla, joista toisessa lentotuhkan suhteellinen osuus oli pienempi ja toisessa suurempi kuin käyttöön valitussa seoksessa, määritettiin eri haitta-aineiden liukoisuudet läpivirtaustestillä CEN/TS 14405. Verrattuna asetuksen raja-arvoihin kromin ja molybdeenin sekä sulfaatin liukoisuudet ylittivät peitetyn rakenteen raja-arvot, mutta alittivat päällystetyn rakenteen raja-arvot (vrt. liitetiedosto Vihtola-Jäkkö).

Ennen rakentamista tehtiin kohteessa kairaus- ja koekuoppatutkimuksia maaperän ominaisuuksien ja kerrossuhteiden selvittämiseksi. Näitä tutkimuksia täydennettiin keväällä 2006 maatutkaluotauksella ja kantavuusmittauksilla, joista viimeksi mainitut eivät kuitenkaan koskeneet uudelle tielinjalle sijoittuvaa kuitutuhkaosuutta.

Ennen rakentamista otettiin ja analysoitiin maa- ja vesinäytteitä kohteen referensinäytteiksi. Noin vuoden kuluttua rakentamisesta otettiin ja analysoitiin seuranta-näytteet. Kuitutuhkarakenteen kohdalla vesinäytteet otettiin kahdesta laskuojasta sekä yhdestä talousvesikaivosta. Vuonna 2007 otetuissa näytteissä ei todettu merkittäviä tai kuitutuhkarakentamiseen liittyviä muutoksia verrattuna vuoden 2006 näytteisiin. Maanäytteet otettiin tielinjan sivusta, n. 10 metrin etäisyydellä tien keskiliinjasta kahdelta eri syvyydeltä. Vuoteen 2007 mennessä ei ole voitu havaita kuitutuhkarakentamiseen liittyviä muutoksia maanäytteiden pitoisuuksissa. Tulokset on esitetty tarkemmin liitetiedoston Vihtola-Jäkkö taulukoissa.

UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seuranta-tutkimukset (2007-2008) ovat sisältäneet vauriokartoitusta kohteesta, IRI/URA –mittaukset, kantavuusmittaukset sekä tiemestarin haastattelun. Kuitutuhkarakenteesta ei otettu poranäytteitä rakennetutkimuksia varten, koska rakenne oli todettu hyväkuntoiseksi eikä ollut perusteltua lähteä rikkomaan hyväkuntoista rakennetta.

**IRI/URA.** Vihtolan tiellä suoritettiin tasaisuusmittaus toukokuussa 2007. Kuitutuhkarakenteen mitattu IRI-arvo on jonkin verran suurempi kuin kohteella keskimääräisesti ja vertailurakenteilla, mutta sen sijaan URA-arvo on pienempi. Tasaisuusmittausten (IRI/URA) perusteella tien kunto vaihtelee hyvän ja tyydyttävän tasolla. Kuitutuhkaosuuden IRI-lukemat ovat pilotin keskiarvotason yläpuolella. Tehdyt havainnot tulee suhteuttaa rakenteen lyhyeen käyttöikään.

**Kantavuus.** Kuitutuhkarakenteelle asetettu kantavuusvaatimus oli 145 MPa päällysteen alapinnassa. Ennen rakentamista keväällä 2006 määritettiin kohteen kantavuus vain rikastushiekkarakenteen kohdalta. Pilotin seuranta käynnistettiin noin kaksi kuukautta rakentamisen jälkeen tehdyillä kantavuusmittauksilla. Kuitutuhkaosuudella kantavuudet (k.a. 303 MPa; yksittäiset mitatut arvot 228...360 MPa). ovat

ylittäneet tavoitetason. Kantavuudet mitattiin uudelleen noin seitsemän kuukauden kuluttu rakenteiden valmistuttua pahimpaan kelirikko aikaan toukokuun alussa 2007, jolloin E2-kantavuuksien keskiarvo oli kuitutuhkarakenteelle 257 MPa (yksittäiset mitatut arvot 171...344 MPa).

Tiepiiri ei mitannut lainkaan päällystämättömien vertailuosuuksien kantavuuksia eli siltä osin ei ole käytettävissä vertailutietoa.

**Kuntokartoitus** on toteutettu pääosin kunnossapidon ohjauksen (Kaakkois-Suomen tiepiiri) yhteydessä ilman erillisiä kohdekäyntejä. Tällöin on tehty havaintoja yleiskunnosta ja mahdollisista poikkeamista normaalista, valokuvattu kohdetta ja arvioitu kunnossapitotarvetta (työmäärä ja kustannukset). Seurannan yhteydessä on tehty arvioita myös pilottikohteiden laadusta vertailuosuuksiin nähden. Maaliskuun 2007 lopulla on todettu että koerakenteessa on keskikohdan halkeamia, jotka vaikuttavat päällystystyön aikaisilta keskisaumavirheiltä. Kuitutuhkarakenteen osuudella ei ollut muita vaurioita. Pahimpaan kelirikko-aikaan (huhti-toukokuu 2007) ajoitetun kohdekäynnin yhteydessä kiinnitettiin silmämääräisen seurannan tekijöiden lisäksi huomiota muun muassa painumiin, heittoihin, routaongelmiin, kantavuuteen, raiteistumiseen, kuoppiin, reikiin, tien leviämiseen, silmäkkeisiin, päällystevaurioihin yms.. Kuitutuhkarakenteessa oli kaksi pituushalkeamaa keskilinjalla. Päällystevauriokartoitus toteutettiin Ecoroad - projektin toimesta 15.5.2007. Kuitutuhkarakenteessa ei ollut havaittavissa vaurioita keskisauman halkeamaa lukuun ottamatta. Rakenteen pinta oli suhteellisen tasainen ja pahoja vaurioita ei esiintynyt.

**Haastattelut.** Marraskuun 2007 haastattelussa tiemestari totesi pilottirakenteiden ja vertailuosuuksien yleiskunnon hyväksi. Myöskään ajoradan tasaisuus ei poikennut muusta vastaavan tasoisesta tiestöstä. Kohteessa esiintyy jonkin verran kapeita pituushalkeamia, jotka on bitumisaumattu, mutta vastaavia pituushalkeamia esiintyy yleisesti tämän tasoisen tiestön päällysteissä eli kohde ei tässäkään poikkea yleisestä kuntotasosta. Kunnossapidon kannalta pilottirakenteet eivät ole tähän mennessä vaikuttaneet kunnossapitokustannuksiin. Ensimmäisen seurantavuoden aikana tien käyttö ei ole vaikuttanut tien kuntoon ja pilottirakenteet kestivät ensimmäisen talven rasitukset hyvin. Tiemestarin mukaan pilottirakenteiden toimivuusennuste jatkossa on hyvä. Vuoden 2008 alussa teki tiemestari Juhani Valjakka havainnon tien pinnan jäisyydestä pilottirakenteiden kohdalla, kun muu tieosuus oli pinnaltaan sula. Tiemestari kuvasi kuitutuhkarakenteen pintaa "jäiseksi". Muuten tien pinta oli "sulanut".

### 3.3.2 Lentotuhkarakenteet

#### 3.3.2.1 Yhteenveto lentotuhkarakenteista

Rakentamisessa käytetty lentotuhka on energiaa tuottavien polttolaitosten sivutuotetta, jota polttoaineen perusteella voidaan kutsua esimerkiksi kivihiilen, puun, turpeen tai sekapolton tuhkaksi. Valtioneuvoston asetus VNA 591/2006 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakennuksessa koskee kivihiilen, turpeen ja puupölyn aineksen polton lentotuhkia (jätenimikkeet 10 01 02, 10 01 03 ja 10 01 17) ja pohjatuhkia (jätenimikkeet 10 01 01, 10 01 15). Asetuksen mukaan

- Kivihiilen polton lento- ja pohjatuhkalla tarkoitetaan jätettä, joka on eroteltu kivihiilen poltossa syntyvistä savukaasuista mekaanisesti tai sähköisesti tai joka on poistettu kivihiilen polttolaitoksen polttokammion pohjalta.
- Turpeen ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkalla tarkoitetaan jätettä, joka on eroteltu mekaanisesti tai sähköisesti turpeen, puuhakkeen, kuorijätteen, ensiomassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvän kuituainetta sisältävän kasviperäisen jätteen, käsittelemättömän puujätteen tai muun näihin rinnastettavan puuperäisen aineksen taikka niiden seoksen poltossa syntyvistä savukaasuista tai poistettu polttolaitoksen polttokammion pohjalta.

Näiden tuhkien hyödyntämistä varten on asetuksessa annettu kriteerit tuhkien pitoisuudelle ja liukoisuudelle asetuksen mukaista ilmoitusmenettelyä käytettäessä. Asetuksen vaatimukset eivät sido luvanmukaista lentotuhkan käyttöä.

UUMA-inventaarissa seurantatutkimuksia tehtiin taulukon (9) mukaisesti neljässä kohteessa, joista kaksi sijaitsee Koriällä, Elimäellä, osana samaa paikallistietä (soratietä), mutta ne on toteutettu eri aikoina. Tuhkia on käytetty kantavana rakennekerroksena (200 mm). Kolmas kohde sijaitsee Uudellamaalla Sipoossa, nk. Knutersin soratiekohde, ja tässä on kyseessä kolme erilaista tuhkarakennetta kantavana rakennekerroksena. Neljäs kohde on PAB-päällysteinen paikallistie, joka sijaitsee Lapissa Torniossa, Kourilehdossa. Tässäkin lentotuhkaa on käytetty kantavana kerroksena. Knutersin kohteen lentotuhka on kivihiilen polton tuhkaa, Korian kohteissa on käytetty sekä kivihiilen polton että metsäteollisuuden puun ja turpeen sekapolton tuhkia, ja Tornion kohteessa metsäteollisuuden (puun ja turpeen sekapolton) tuhkia.

Rakenteet, joissa on käytetty lentotuhkaa jakavassa tai kantavassa kerroksessa ovat yleensä toimineet teknisesti hyvin. Myöskään ympäristön kannalta ei ole ollut aihetta toimenpiteisiin, koska seurantatutkimussa ei ole todettu lentotuhkasta aiheutuneen lisäkuormitusta ympäristöön.

Stabiloidun ja usein myös stabiloimattoman lentotuhkarakenteen lujuus kasvaa melko pitkällä aikavälillä, ja samoin tapahtuu myös rakenteen kantavuuden kehitymisessä.

Tekniset ongelmat ovat yleensä liittyneet joihinkin sellaisiin tekijöihin, joita ei ole osattu ottaa huomioon rakennetta suunniteltaessa – tai rakentamisen yhteydessä tapahtuneisiin huolimattomuuksiin tai virheisiin. Esimerkiksi Knutersin kohteen stabiloimattomien lentotuhkarakenteiden pinnan pehmeneminen osoittaa, että jäätymis-sulamiskestävyys ei ole riittävä kantavan kerroksen yläosassa ilman sideainetta. Koerakenteista saatu tulos on yhtenevä laboratoriossa tehtyjen ennakkokokeiden kanssa, jotka myös ovat osoittaneet, että pienikin sideainelisyys parantaa oleellisesti jäätymis-sulamiskestävyyttä. Vaikka stabiloidun lentotuhkan normaalisäilytyksen jälkeinen puristuslujuus on selvästi LT + RPT –seosta pienempi, sen jäätymis-sulamiskestävyys on kuitenkin parempi. Tämä puolestaan osoittaa sen, että pelkkä puristuslujuus ei kerro jäätymis-sulamiskestävyydestä mitään.

Erilaiset testatut rakenteet osoittavat, että kantavien lentotuhkarakenteiden päällä tarvitaan vähintään 150 mm murskekerros. Lisäksi tuhka-, kuitutuhka- ym. rakentamisessa on varmistettava rakenteen riittävästä kallistumisesta, jotta rakenteen pinnalle kulkeutuva vesi pääsee poistumaan sivulle. Esimerkiksi lentotuhkakerroksen alhainen vedenläpäisevyys (LT noin  $10^{-7}$  m/s ja LT + RPT noin  $10^{-8}$ ... $10^{-9}$  m/s) saattaa muussa tapauksessa kerryttää vettä lentotuhkakerroksen pinnalle, mikä vähitellen aikaansaa pehmenemistä ym. haittavaikutuksia.

Taulukko 9a: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Lentotuhkarakenteet, massiivirakenteet

Rakenteen sijainti	Rakenteen numero kartalla (kuva 2)	Rakennusvuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	IRI/URA	Kantavuus	Kuntokartoitus	Rakennetutkimukset	Ympäristö / pohjavedet	Ympäristö / muut
Pt 14567/01 Metsäkulman pt, Korja (Elimäki)	131	2001	Kaksi koerakennetta joiden runkoaineena on Espoon sähkön lentotuhka ja Helsingin Energian rikinpoistotuote suhteessa 85:15. Sideaineena CaO ja yleissementti (1:1) 5 %. Rakennekerros 200 mm ja kulutuskerros 150 mm mursketta.	plv 500–1500	ei	x	x	x	ei	ei
Pt 14567/01 /1500–2550 Metsäkulman pt, Korja (Elimäki)	131	1998	3 lentotuhkarakennetta (plv 1695-1840, 1860-2000, 2135-2250) ja 1 arinatuhkarakenne (plv 2250-2385); koko rakenne plv 1500-2550 vertailu- ym. osuuksineen. Eri tuottajien lentotuhkista massiivirakennekerrokset (20 cm); eri sideaineita.	plv 1695–2550	ei	x	x	x	x	ei

jatk.



Taulukko 9b: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Lentotuhkarakenteet, massiivirakenteet

Raken- teen sijainti	Raken- teen numero kartalla (kuva 2)	Raken- nus- vuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	IRI/URA	Kantavuus	Kuntokartoi- tus	Rakennetut- kimukset	Ympäristö / pohjavedet	Ympäristö / muut
Sipoo, Pt 11636  ent. Knuters- Öster- sundom yksityistie plv 3200- 3580	129	1997	Koerakenteiden kokonaispituus 400 m. Murskerakenne vertailurakenteena (plv 3200– 3300); LT+RPT-(75+25 %) kantavana 600 mm (plv 3300–3400), bitumiliuos+sorasirote ja päällä sorapintausta; lentotuhkakerros kantavana (plv 3400–3500), puolet osuudesta 500 mm ja puolet 800 mm.	plv 3200– 3620	x	ei	x	x	x	x
Tornio, Pt 19552/ 01/1450– 2050 Ylilieikka- Kourilehto paikallistie	139	1999	Kahden eri tuottajan tuhkillä toteutetut koera- kenneosuudet, 100 ja 150 m (plv 1450-1550 ja 1650-1800). Eri sideaineratkaisut. Kerroskorkeus 200 mm, tasausmurske 50 mm, päällyste PAB-V 16/100 40 mm. Vertailuraken- teena murske 200 mm suodatinkankaan päällä.	plv 1450- 2050	x	x	x	x	x	x

### 3.3.2.2 Korja, Metsäkulman paikallistie, pt 14567 (1998 ja 2001)

#### Yleistä

Vuoden 1998 koeosuudet (plv 1695 – 2550) toteutettiin osana silloisen tielaitoksen "Sorasteiden kelirikkovaurioiden korjaaminen 1990–2000" –projektia. Jatkohanke toteutettiin vuonna 2001 (plv 1000 – 1500). Pilottikohteen kokonaispituus on 1550 metriä, ja siinä on viisi eri pituista lentotuhkarakenneosuutta (115 ... 500 metrin pituisia osuuksia).

Lentotuhkarakenteella on korvattu heikosti kantavan tierakenteen yläosa (kantava ja jakava kerros). Vertailurakenne sisältyy pilottikohteeseen. Eri aikoina toteutettujen tuhkarakenteiden väliin jää lisäksi geovahvisteverkko- ja teräsverkkorakenteita.

Lentotuhkarakenteissa on käytetty viiden eri voimalaitoksen lentotuhkia (sekä kivihiilen että puun/turpeen poltosta), yhdellä osuudella käyttämättä mitään sideaineita. Rakenneseurantaportissa on tämän kohteen osalta yksityiskohtia eri osuuksista.

Taulukossa (10) on kuvattu tuhkarakenteet ja seurannassa mukana ollut vertailuosuus.

*Taulukko 10. Korian tuhkarakenteiden sijainnit sekä rakenneratkaisut.*

Paaluväli	Rakenne	Rakennusvuosi
1000–1350	Tuhkarakenne 2001/1; Stabiloitu Espoon sähkön lentotuhka ja Helsingin Energian rikinpoistotuote 85:15 (200 mm). Sideaineena CaO ja yleissementti (1:1) 5 %. Stabiloidun kerroksen päällä murske (150 mm).	2001
1350–1500	Tuhkarakenne 2001/2; Stabiloitu Espoon sähkön lentotuhka ja Helsingin Energian rikinpoistotuote 85:15 (200 mm). Sideaineena CaO ja yleissementti (1:1) 5 %. Stabiloidun kerroksen päällä murske (100 mm).	2001
1695–1840	Tuhkarakenne 1: Lahden Lämpövoima Oy:n stabiloitu lentotuhka (200 mm). Sideaineena Nordkalk Oy:n FT2 6 %. Stabiloidun kerroksen päällä murske (100 mm);	1998
1860–2000	Tuhkarakenne 2: Kymenso Oy:n (Anjalankoski) stabiloitu lentotuhka (200 mm) Sideaineena YSe 3 %. Stabiloidun kerroksen päällä murske (100 mm)	1998
2000–2135	Vertailuosuus: seurannassa mukana oleva osuus, jolla ei ole kuitenkaan toteutettu varsinaista koe- tai vertailurakennetta.	1998
2135–2250	Tuhkarakenne 3: UPM:n Voikkaan lentotuhka (200 mm) Ei sideainetta. Tuhkakerroksen päällä murske (100 mm)	1998
2250–2385	Tuhkarakenne 4: Myllykoski Paper Oy:n stabiloitu, kasavarastoitu arinatuhka (200 mm) Sideaineena YSe 6 % Stabiloidun kerroksen päällä murske (100 mm)	1998

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja eri tuhkarakenteiden reseptien kehittämistä varten. Tämän lisäksi määritettiin eri lentotuhkien kokonaispitoisuudet niiden tuottajien toimesta. Tulokset ovat nykyään voimassa olevan asetuksen VNa 591/2006 tuhkillle asetettujen raja-arvojen alapuolella. UPM teetti Voikkaan lentotuhkalle myös liukoisuustutkimuksen, jonka tulokset alittivat VNa 591/2006 kriteerit päällystetyille rakenteelle muuten paitsi seleenin vuoksi.

UUMA-inventaari edeltäen on kohteen eri osuuksilla tehty rakennetutkimuksia, silmämääräisiä kuntoarvioita ja kantavuusmittauksia. Lisäksi kohteessa on tehty ympäristöseurantaa. Vuonna 2001 rakennettu osuus on ollut seurantavuosina 2002 ja 2003 pääosin hyväkuntoinen. Vuonna 1998 rakennettuja osuuksia on seurattu pidempään. Viimeisimmässä seurannassa vuonna 2002 todettiin tien olevan eri tuhkarakenteiden kohdalla hyväkuntoisen. Korian kohteessa on tehty myös ympäristöseurantaa maaperänäytteiden (1999, 2002) ja pohjavesinäytteiden (1999–2002) analyysien perusteella.

UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet rakennetutkimuksia kuntokartoituksineen, kantavuusmittaukset, ympäristötutkimukset pohjavesinäytteistä ja tiemestarin haastattelun. Murskeella peitetyillä tieosuuksilla ei ole tehty IRI/URA -mittauksia.

**Kantavuus.** Koerakennuskohteessa on tehty kantavuusmittauksia ennen rakentamista sekä rakentamisen jälkeen, vuoden 2001 kohteessa kahdesti rakentamisen jälkeen ja vuoden 1998 kohteessa rakentamisen jälkeen yhteensä neljänä vuonna: toukokuussa 1998, 1999, 2000, 2001, 2003, sekä UUMA-inventaarin yhteydessä v. 2008. Vuonna 1998 ja 2001 toteutetut rakenteet ovat kantavuudeltaan parempia kuin ennen rakentamista, ja sama koskee vertailurakennetta. Tuhkarakenteet ovat seurannan aikana säilyttäneet kantavuusominaisuutensa eivätkä poikkea merkittävästi toisistaan, ja ne täyttävät kantavuuden osalta hyvin rakenteelle asetetut tavoitteet.

**Kuntokartoitus.** Vuoden 2007 rakennetutkimusten yhteydessä kohteessa tehtiin silmämääräinen kuntotarkoitus. Kaikki osuudet olivat hyväkuntoisien näköisiä. Rakenteiden välillä ei ollut merkittäviä eroja lukuun ottamatta yhtä tuhkarakennetta vuodelta 1998, jonka alueella esiintyi tiessä pieniä kuoppia. Kuoppien esiintymisen syynä saattaa olla kuoppien kohdalla tiessä oleva loiva notko.

**Rakennetutkimukset.** Vuoden 1998 osuuksista ei yhdeltä osuudelta saatu näytettä kuin rakenteen keskeltä (n. 3,5 MPa) ja tästä ei ole aikaisempien vuosien vertailutuloksia. Näytteet saatiin pääosin kaivamalla eivätkä ne olleet täysin ehjiä (lujat ja hauraat tuhkarakennekerrokset). Puristuslujuustulosten perusteella vuoden 2007 lujuudet olisivat tuhkarakenteiden 2 ja 3 osuuksilla alemmat kuin v. 2002 ja muilla osuuksilla paremmat, mutta näytteiden laadun vuoksi tulokset eivät ole luotettavia.

Vuoden 2001 osuuksista on otettu rakennetutkimusnäytteet 28 vrk, 1 vuosi, ja 6 vuotta (saatu vain toisesta osuudesta) rakentamisen jälkeen. UUMA-inventaarin yhteydessä ei näiltä osuuksilta saatu näytteitä (erittäin lujia, mutta myös hauraita rakennekerroksia).

**Ympäristöseuranta.** Vuoden 1998 koekohteen ympäristöseuranta on toteutettu maa- ja pohjavesinäytteiden avulla. Maanäytteistä analysoitiin epäorgaanisten alkuaineiden pitoisuuksia v. 1998 ennen rakentamista (referenssivuosi) ja v. 1999 ja v. 2002 rakentamisen jälkeen. Pitoisuudet vaihtelivat hieman referenssivuoden taustapitoisuuksiin nähden, mutta mitään merkittävää haitta-aineiden pitoisuuksien kohoamista ei todettu. Vesinäytteet otettiin kerran vuodessa yhteensä viisi kertaa; ennen rakentamista vuonna 1998, vuosina 1999-2002 sekä vuonna 2007. Vuosien 1998-2002 näytteenotto toteutettiin tielaitoksen, myöhemmin nykyisen Destia Oy:n toimesta, ja vuonna 2007 Ramboll Finlandin toimesta. Vuoden 2007 näytteistä analysoitiin epäorgaanisten alkuaineiden lisäksi myös kloridit, sulfaatit ja fluoridit. Tuloksia on verrattu paitsi referenssivuoden 1998 taustapitoisuuksiin, myös talousveden kemiallisiin laatuvaatimuksiin ja – suosituksiin (STM 461/2000). Pohjavesinäytteiden pitoisuuksissa oli vaihtelua taustapitoisuuksiin nähden. Useimmissa osuuksissa tämä ilmeni erityisesti arseenin, boorin, bariumin, koboltin ja vanadiinin pitoisuuksissa, ja yhdellä puu/turvepolton tuhkan osuudella myös kromin, kuparin ja sinkin pitoisuuksina. Missään vaiheessa nämä pitoisuudet eivät ylittäneet STM 461 (tai joidenkin alkuaineiden osalta vanhempia vuoden 1994) – ohjearvoja. Seikkaperäisempää tietoa saa rakenneseurantaraportista (liitetiedosto "Koria").

**Haastattelut.** Kesällä 2008 haastatellun tiemestarin mukaan koeosuudet toimivat hyvin ja vastaavan luokan muihin teihin verrattuna suorastaan erinomaisesti. Tienkäyttäjät eivät ole antaneet huomautuksia tien kunnosta.

### 3.3.2.3 Knuters, Sipoo (1997)

#### **Yleistä**

Knutersin kohde on eräs vanhimmista hyvin seuratuista ja dokumentoiduista koekohteista, jossa on käytetty kivihiilen polton lentotuhkaa ja rikinpoiston lopputuotetta (Helsingin Energian sivutuotteet). Kyseessä on energiayhtiöiden ja Tekesin Ympäristögeotekniikka-ohjelman projektin "Tuhkat hyötykäyttöön" koekohte, johon liittyi suhteellisen laajaa eri voimalaitosten tuhkien tutkimusta ja analysointia sekä ao. koekohteen yhteydessä tapahtunutta rakennetutkimusta ja käyttäytymisen seuranta.

Koerakenteita tehtiin kolmella eri tuhcaseoksella (vrt. liitetiedosto "Knuters"). Projektissa tehtiin tarkoituksellisesti riskirakenteita: kantavissa rakenteissa haluttiin kokeilla stabiloimatonta lentotuhkaa, epähomogeenista ja kasalla varastoitua lentotuhkaa sekä lentotuhkan ja rikinpoistolopputuotteen seosta. Lisäksi rakenteet päällystettiin ohuella kulutuskerroksella (koekohte jäi soratieksi suhteellisen ankariin olosuhteisiin):

- Rakenteet 2A ja 2B: lentotuhkan ja rikinpoistolopputuotteen seosta (LT+RPT 3:1 %, 600 mm) käytettiin kantavassa kerroksessa plv 3300 – 3350 ja jakavassa plv 3350 - 3400
- Rakenteet 3A ja 3B: suoraan siilosta otettua lentotuhkaa käytettiin jakavassa (600 mm) plv 3400 – 3450 ja suodatinkerroksessa (600 mm) plv 3450-3500
- Rakenteet 4A ja 4B: kasavarastoitua sementtistabiloitua tuhkaa käytettiin jakavassa (500 mm) plv 3500 - 3540 ja kantavassa kerroksessa (800 mm) plv 3540 - 3580.

Tuhkakoerakenteiden lisäksi rakennettiin murskerakenteinen vertailurakenne (Rakenne 1). Maaperä koerakenteiden kohdalla vaihtelee kalliroleikkauksesta savikkoon siten, että vertailurakenne oli kalliopohjalla. Eri rakenteiden kohdalla on erilaiset pohjasuhteet, joten niitä ei tulisi verrata toisiinsa.

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin mittavia laboratoriotutkimuksia mm. koerakenteiden mitoituspparametrien määrittämistä ja eri rakenteiden reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi tehtiin kohteessa pohjatutkimukset ennen rakentamista.

Projektin materiaalitutkimuksiin laboratoriossa sisältyi eri voimalaitosten tuhkien kokonaispitoisuuksien analyyssejä sekä projektiin liittyvään mallinnukseen tarvittavia liukoisuustestejä (NEN 7343, EN 12457). Näitä tuloksia ei ole rakenneseurantaraportissa, mutta niitä on käytetty hyväksi mm. VNA 591/2006 tausta-aineistoa laadittaessa.

Rakentamisen aikana kohteessa tutkittiin tuhkan pölyämistä pöyleijumamittauksin. Silloisen tielaitoksen murskausaseman ympäristöön liittyvissä ohjeissa (TIEL 2243980 / 1994) on leijuvan pölyn enimmäisarvo 0,4 mg/ilma-m<sup>3</sup>, mitä ei rakentamisen aikana ylitetty. Rakentamisen aikana seurattiin lisäksi tuhkarakennekerrokseen tulevien materiaalien vesipitoisuuksia ja seoksiin otetuille materiaaleille tehtiin koetiivistyksiä (Proctor). Koekappaleita tiivistettiin myös muottiin, ja noin kuu-kauden kuluttua niistä määritettiin puristuslujuudet, joita verrattiin ennakkokokoiden tuloksiin.

Rakenteisiin oli asennettu **instrumentteja** muodonmuutoksia (painumaletkut, potentiometrit), kosteutta (kosteusanturit) ja lämpötilaa (termoelementit) mittaamaan. Vuoden 2002 elokuuhun mennessä tehtyjen painumamittausten perusteella painumia oli keskimäärin 30 – 50 mm. Vähäisintä oli painuma vertailu- ja koerakenteessa 2A, jotka sijaittivat kallio- ja moreenipohjalla. Paalun 3400 kohdalla (rakenteet 2B/3A) painumat olivat suurimmat ja epätasaisimmat perustuen voimakkaasti laskevaan pohjamaan pintaan ja tierakenteen alapuolisen savikerroksen kokoonpuristumiseen. Routaliikkeitä seurattiin potentiometreillä. Vertailurakenteessa routanousuja oli hyvin vähän hyvästä pohjamaasta johtuen. Lentotuhkarakenteissa routanousut olivat seuranta-aikana hyvin vähäisiä ja niillä ei ollut merkitystä tien käytön tai rakenteen kestävyuden kannalta. Vertailurakenteen ja stabiloidun lentotuhkarakenteen osuudella routa on ulottunut pohjamaahan saakka.

Kohteessa mitattiin **kantavuutta** rakentamisen jälkeen yksitoista kertaan, viitenä vuonna keväällä ja kesällä, pudotuspainolaitteella kantavan murskekerroksen, bitumisoran tai sorapinnoitteen päältä. Tavoitekantavuus oli 150 MPa kantavan kerroksen päältä. Pääosa rakenteista täytti vuosina 2001 ja 2002 tavoitekantavuuden, rakenteissa 3 kantavuus alitti tavoitteen vuonna 2001 ja rakenteessa 3A näin kävi myös vuonna 2002 (sijainti savipehmeikköosuudella vaikuttanee asiaan).

Hankkeen muu seuranta 1998- 2001 samoin kuin UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset on sisältänyt rakennetutkimuksia, kuntokartoituksia, ja ympäristöseurantaa lysimetrien ja pohjavesiputkien vesistä. Tämän lisäksi vuonna 2008 tehtiin IRI/URA-mittaukset, vaikka kyseessä ei ole päällystetty kohde, ja haastateltiin tiemestaria.

**Rakennetutkimukset.** Syksyllä 1998 ja 1999 otettiin kohteen eri rakenteista ja kahdelta eri syvyydeltä näytteitä, joista määritettiin puristuslujuus, vesipitoisuus, kuivatiheys ja tiiviysaste. Vuoden 1999 tulosten perusteella puristuslujuudet olivat pääosiltaan pienemmät kuin vuoden 1998 näytteissä. Nämä tulokset tulevat liitetiedostossa "Knuters" esille vuoden 2008 rakennetutkimustuloksien yhteydessä.

Keväällä 2008 kohteesta saatiin puristuslujuuden mittausta varten näytteet vain osuuksien 2A ja 2B koekuopista. Tällä osuudella, jossa rakennekerroksissa käytettiin lentotuhkan ja rikinpoistotuotteen seosta, on rakenteiden lujuus ilmeisesti parantunut vuoden 1999 jälkeen. Lentotuhka- ja stabiloidun lentotuhkan osuuksilla ei saatu porattua ehjiä näytteitä.

**Kuntokartoitus.** Rakenteissa tehtiin seuranta-aikana eri vuosina myös kuntoarvioita, joita (samoin kuin muuta seurantaa) on selostettu liitetiedostossa "Knuters". Vuonna 2001 oli todettu etenkin LT+RPT- ja lentotuhkarakenteiden selkeästi pehmenneen, vaikkakin pääosin ilman silmin havaittavia vaurioita. Tämä osoittanee, että aktivaattoreiden käyttö on välttämätöntä etenkin päällysrakennekerroksissa. Rakenteita on korjattu pahimmin pehmenneitä kohdilta kaivamalla viereisiä ojia auki ja lisäämällä soraa tai mursketta pinnalle (vrt. tiemestarin haastattelu).

Kevään 2008 kuntokartoitus tehtiin rakennetutkimusten näytteenoton ja koekuopatutkimusten yhteydessä. Vertailurakenteen ja rakenteen 2 osuuksilla todettiin kuluneet ajoraitteet, ja vertailurakenteessa lisäksi hieman kuoppaisuutta. Osuudella 3 todettiin raiteistumista, kuoppia ja painumia. Stabiloidun tuhkan osuus 4 oli samantasoinen osuuden 2 kanssa, eli varsin hyväkuntoinen.

**Ympäristötutkimukset.** Ympäristövaikutuksia seurattiin v. 1998 jälkeen pohjavesi- ja lysimetrinäytteiden avulla. Kolme pohjavesiputkea ja kolme lysimetriä oli asennettu eri kohtiin koekohtetta. Vesien haitta-ainepitoisuuksien seurantaa tehtiin vuosittain syksystä (lysimetreillä kesästä) 1998 syksyyn 2001. Näytteitä on saatu kaikista muista osuuksista paitsi lentotuhka-RPT –rakenteen lysimetristä (näyte vain heinäkuussa 1998).

Vuonna 2007 saatiin näytteet vain referenssirakenteen kohdalla olevasta pohjavesiputkesta ja kahdesta, referenssirakenteen ja lentotuhkarakenteiden kohdalla olevista lysimetreistä. Analyysituloksia verrattiin kulloinkin voimassa oleviin talousveden ohjearvoihin. Pohjavesi on täyttänyt talousvedelle asetetut normit muiden määritettyjen alkuaineiden ja yhdisteiden paitsi kloridin osalta, johon osasyynä lie nee ollut pölynsitomiseen käytetty kalsiumkloridi. Sama koskee lysimetrin vesiä, jotka ovat täyttäneet muiden paitsi kloridin osalta talousvesien 100-kertaiset ohjearvot (1990-luvulla vallinnut käytäntö maarakennuskohteiden näytteiden analyysitulosten vertailua varten).

**Haastattelut.** Kesällä 2008 haastatellun tiemestarin mukaan koeosuuksien kunnossapitokustannukset ovat olleet suuremmat kuin saman tien muiden, normaalirakenteisten osuuksien. Pehmeälle tien pinnalle on jouduttu keväisin ajamaan mursketta, tosin viime vuosina enää harvemmin. Koeosuudet eivät nykyisellään enää edusta alkuperäisiä koerakenteita.

#### 3.3.2.4 Tornio, Yliliakka-Kourilehto (1999)

##### **Yleistä**

Tornion Yliliakka-Kourilehto paikallistien (pt 19552) koeosuudet toteutettiin elokuussa 1999 osana silloisen tielaitoksen "Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen 1990-2000" –projektia. Koekohteen kokonaispituus oli 750 m. Koeosuuksia oli kolme: stabiloitu lentotuhkarakenne, stabiloimaton lentotuhkarakenne sekä teräskuonarakenne. Tämän lisäksi koekohteeseen luettiin mukaan vertailurakenne. Kantavana kerroksena käytettyjen UUMA-rakenteiden tarkoituksena oli parantaa tien kantavuutta.

Stabiloitua lentotuhkaa käytettiin paaluvälillä 1450 – 1550. Seos sisälsi Stora Enson Kemian tehtaiden lentotuhkaa sekä yleissementtiä 4 % tuhkan kuivamassasta. Sta-

biloimaton lentotuhka käytettiin paaluvälillä 1650 – 1800 ja siinä oli samaa Stora Enson tuhkaa. Tavoiteltu kerrospaksuus oli molemmissa tapauksissa 200 mm. Vertailurakenteena oli 200 mm:n murskerakenne levitettynä suodatinkankaan päälle. Kaikki rakennekerrokset saivat päälleen 70 mm tasaumursketta ja PAB-päällysteen (40 mm).

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja optimaalisen reseptin kehittämistä varten. Vesipitoisuudelle, maksimaaliselle kuivairtoteheydelle ja puristuslujuudelle asetettiin rakentamisen yhteydessä käytettävät tavoitearvot. Lisäksi määritettiin tuhkanäytteen kokonaispitoisuudet monien alkuaineiden osalta. Kun kokonaispitoisuuksia verrataan nykyisin voimassa olevan asetuksen VNa 591/2006 raja-arvoihin tuhkillle, voidaan todeta Stora Enson Kemian tuhkanäytteestä saatujen pitoisuuksien olevan raja-arvoja alemmat. Ennen rakentamista on koekohteessa tehty tarvittavat pohjatutkimukset.

Rakentamisen jälkeinen seuranta on sisältänyt kuntokartoitusta ja rakennetutkimuksia, kantavuusmittauksia sekä ympäristöseurantaa maa- ja vesinäytteiden avulla.

UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet vuonna 2007 kuntokartoituksen sekä rakennetutkimuksia, keväällä 2008 kantavuusmittaukset ja kesällä 2008 IRI/URA-mittaukset. Ympäristöseurantaa tehtiin syksyllä 2007 otettujen pohja- ja orsivesinäytteiden avulla. Näiden lisäksi on haastateltu tiemestari Tarmo Postia.

**Rakennetutkimukset.** Vuosien 2000 ja 2002 seurannassa koekappaleet saatiin poraamalla stabiloidun tuhkan osuudella ilman ongelmia, mutta ei stabiloimattoman tuhkaosuuden loppupäästä. Saatujen näytteiden perusteella sekä stabiloidun että stabiloimattoman tuhkarakenteen lujuus kohosi vielä kolmantena vuonna rakentamisesta ollen rakennuskohteessa merkittävästi korkeampi kuin laboratorion ennakkotestit olivat antaneet olettaa. Stabiloidulla tuhalla saavutettiin parhaimmillaan yli 9 MPa:n puristuslujuuksia.

Vuoden 2007 rakennetutkimuksissa näytteet saatiin stabiloidun tuhkaosuuden keskiosalta ja stabiloimattoman tuhkaosuuden loppupään keskiosalta, koska monet poraukset aiheuttivat koekappaleen murtumisen. Saaduista näytteistä määritetyt puristuslujuudet osoittavat, että lujuuden kehittyminen on varsin pitkäaikaista. Kolmen vuoden kuluttua puristuslujuus oli 2,3-kertainen (stabiloitu) ja 1,7-kertainen (stabiloimaton) rakentamisen jälkeen määritettyyn puristuslujuuteen nähden.

**Kuntokartoitus.** Kuntokartoituksen perusteella tuhkaosuudet ovat olleet varsin hyväkuntoisia vuosina 2000 ja 2002. Vuoden 2007 seurannassa todettiin stabiloidun tuhkarakenteen kohdalla tien pinnalla pitkittäshalkeamia ja keskihalkeamia sekä jonkin verran painumia. Tuhkarakennekerros oli pinnaltaan kiinteä ja selkeä. Stabiloimattomalla osuudella halkeamia esiintyi lähinnä tien reunoilla, mutta muuten vähemmän kuin stabiloidulla osuudella. Tuhkarakennekerros oli selkeästi erotuva ja sekoittumaton, mutta pinnasta irtosi helposti tuhkasiivuja ja oli havaittavissa vaakasuuntaisia hiushalkeamia. Vain loppupään paalulukemalla 1780 tuhkarakenne oli sen verran kiinteä, että saatiin poranäytekin rakennetutkimuksiin.

**IRI/URA.** Tien tasaisuus- ja urasyvyysmittaustuloksien perusteella tien kunto vaihtelee hyvän ja erittäin hyvän välillä.

**Kantavuus.** Vuosina 1999 – 2002 tehtyjen kantavuusmittauksien perusteella kantavuus parani molemmilla tuhkaosuuksilla sekä vertailuosuudella vuoteen 2001 saakka ja heikentyi lievästi vuonna 2002. Kaikilla osuuksilla kantavuus on ollut korkeampi kuin lähtötilanteessa vuonna 1999. Rakenteiden lujuus on kasvanut ensimmäisten käyttövuosien aikana, mutta nykyisellään se vaikuttaa laskevan (lujuustaso edelleen kohtuullinen). Tien kantavuus kasvoi noin 2-kertaiseksi lähtötilanteeseen nähden stabiloidulla (tasolta 70...80 MPa tasolle 130...160 MPa) ja stabiloimattomalla (tasolta 110...120 MPa tasolle 220...250 MPa) tuhkarakenteella. Stabiloimattoman tuhkarakenteen kantavuudet ovat vuoden 2008 mittausten perusteella laskeneet ja näyttävät olevan alle lähtötilanteen kantavuuden. Stabiloitu tuhkarakenne on ollut koko seurannan ajan kantavuudeltaan huonompi kuin stabiloimaton rakenne, mutta on edelleen vuonna 2008 keskimäärin korkeampi kuin lähtötilanteessa vuonna 1999.

**Ympäristötutkimukset.** Vuoteen 2001 ulottuneessa ympäristöseurannassa ei maanäytteiden avulla ole saatu tuloksia, joiden perusteella voisi olettaa tuhkarakentamisella olevan haittavaikutuksia tieympäristöön. Pohjavesiputkista ja orsivesikaivoista saadut tulokset eivät myöskään ole antaneet mitään aiheutta toimenpiteisiin, mutta kertoivat joidenkin haitta-ainepitoisuuksien ainakin väliaikaisesta kohoamisesta verrattuna lähtötasoon ennen rakentamista. Tuhkarakenteiden kohdalta saatujen vesinäytteiden tuloksia on verrattu lähtötason lisäksi vertailuosuuden vesien tuloksiin ja talousvedelle asetettuihin ohjearvoihin (aluksi STM 74/1994, myöh. STM 461/2000). Selvimmät tuhista aiheutuneet muutokset vesinäytteiden pitoisuuksissa ovat liittyneet boorin, bariumin ja kromin pitoisuuksiin.

Syksyllä 2007 näytteitä ei saatu stabiloimattoman lentotuhkan pohjavesiputkesta eikä orsivesikaivosta, jotka olivat kuivia. Lisäksi vertailurakenteen kohdalla oli orsivesikaivo kuivana. Saaduissa näytteissä vesien laatu oli parempi kuin aikaisemmissä näytteissä.

**Haastattelu.** Tiemestarin mukaan alueen muilla vastaavan luokan teillä on usein ja runsaasti pahoja routavaurioita, mutta näillä koeosuuksilla ei tällaista ole koerakentamisen jälkeen havaittu. Koeosuuksilla on vähän raskasta liikennettä ja kantavuus on ollut riittävä.

### 3.3.3 *Kipsi-, kuona- ja rikastushiekka-tuhkarakenteet*

Kipsituhka on Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tehtailla muodostuvan fosforihappotehdastaan sivutuotteen, fosfokipsin, sekä lentotuhkan seos. Lentotuhkana on tutkittavassa Maaningan kohteessa ollut turpeen poltossa muodostuva tuhka (Kuopion Energia). Kipsituhkarakenne soratien kantavana kerroksena sijaitsee Maaningassa, Käänninniementiellä.

Kuonarakenteet ovat perustuneet Outokumpu Stainless Oy:n Tornion yksikön tuotamiin sivutuotteisiin, ruostumattoman teräksen valmistusprosessissa muodostuviin terässulatto- eli kalkkikuoniin. Teräskuonarakenteista toinen on toteutettu päällystetyn (PAB-V) kantavana kerroksena Torniossa Kourilehdossa ja toinen Keminmaalla päällystetyn (AB) VT4-kohteen suodatinkerroksena ja jakavana kerroksena.

Nordkalkin Lappeenrannan yksikön rikastushiekkaa on tutkittu aiemmin mm. suodatinmateriaalina, mutta Lappeenrannan (Vihtola-Jäkkö) -kohteessa sitä on käytetty lentotuhkan kanssa seostettuna tierakenteen kantavan kerroksen materiaalina.



Kohteet ja UUMA-inventaarin yhteydessä toteutetut seuranta tutkimukset on esitetty taulukossa 11. Yhteenveto tuloksista on esitetty ao. rakenneryhmien yhteydessä.

Taulukko 11a: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Kipsi-, teräskuona- ja rikastushiekkarakenteet, massiivirakenteet

UUMA-materiaali	Rakenteen sijainti	Rakenteen numero kartalla (kuva 2)	Rakennusvuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	IRI/URA	Kantavuus	Kuntokartoitus	Rakennetutkimukset	Ympäristö / pohjavedet	Ympäristö / muut
Kipsi	Maaninka, Kään-ninniementie, Pt 16207 / 3600-5240	137	1999	Toteutettu LIFE98 ENV/FIN/566 -projektina. Rakennekerros plv 3600-5240; fosfokipsi 83,5 % + 12,4 % lentotuhkaa + 4,1 % masuunisementtiä. Tavoitepaksuus 200 mm. Kulutuskerros murskeesta n. 70 mm.	plv 0-5240	ei	x	x	x	x	ei
Teräskuonat	Tornio, Pt 19552 / 01/1450-2050 (Yli-liakka-Kourilehto paikallistie)	139	1999	Tornion teräsulattokuonasta stabiloitu massiivirakenne (150 m) plv 1900-2050. Sideaineena Rapid-sementti + masuunikuona (1:2), 6 %. Rakennekerros 200 mm, tasaumurske 50 mm, päällyste PAB-V 40 mm. Vertailurakenteena murske 200 mm suodatinkankaan päällä; sama tasaumurske ja päällyste.	plv 1450-2050	x	x	x	x	x	x

jatk.

Taulukko11b: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Kipsi-, teräskuona- ja rikastushiekkarakenteet, massivirakenteet

UUMA- mate- riaali	Rakenteen sijainti	Raken- teen nume- ro kar- talla (kuva 2)	Raken- nus- vuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mit- taus väli	IRI/URA	Kantavuus	Kuntokartoitus	Rakennetutki- mukset	Ympäristö / pohjavedet	Ympäristö / muut
Teräs- kuonat	Vt 4, tieosa 429 plv 6715 – 6815	140	2005	Tornion kuonarakenteita. Suodatinkerros KKA 0/6 mm (KKA=kevytkiviaines, kromikonvertteri- tai valokaari-uunikuonista tehty seos, (500 mm)). Jakava KKA 0/32 mm materiaalia, joka oli sekoitus CRK- ja VKU-kuonista (750 mm). Kantava 0/56 mm soramursketta (650 mm) ja päällyste AB 16 B100/150- massalla, jonka runkoaineena käytettiin OKTOa-mursketta.	mit- taus noin 2- 300 m	ei	ei	x	x	x	ei
Rikastus- hiekkä	Lappeenranta, Vih- tola-Jätkö ; plv 500-900 (400- 2300)	132	2006	Stabiloitu rikastushiekkä-tuhka kerros kantavana kerroksena, 400 m (plv 500- 900). Rikastushiekkä + 20 % märkämässasta lentotuhkaa (kosteaa) + 4 % YSe. Sivutuotekerroksen paksuus 250 mm, koko päällysrakenteen paksuus 900 mm.	plv 400- 230 0	x	x	x	x	ei	x

### 3.3.3.1 Kipsituhkarakenne: Maaninka, Käänninniementie (1999)

#### **Yleistä**

Maaningan koerakentamisessa tutkittiin fosfokipsin ja lentotuhkan käyttömahdollisuuksia tierakentamisessa osana EU:n LIFE-ympäristöjärjestelmän rahoittamaan projektia "Teollisen fosfokipsin ja lentotuhkan hyötykäyttö. LIFE98 ENV/FIN/566". Kokemuksista suunnittelua ja rakentamista varten on laadittu julkaisu, joka löytyy internetistä osoitteesta:

[http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/pdf/julkaisut/LIFE02\\_ENV\\_FIN\\_329\\_ohje\(0305\).pdf](http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/pdf/julkaisut/LIFE02_ENV_FIN_329_ohje(0305).pdf)

Maaningan kelirikkojen vaurioittaman ja heikosti kantavan paikallistien (pt 16207) koerakenteet toteutettiin kesällä 1999. Kohteessa toteutettiin 1640 metriä pitkä fosfokipsiin ja lentotuhkaan perustuva massiivirakenne ja tämän lisäksi 1670 metriä pitkä kerrosstabilointi, jossa sideaineena käytettiin fosfokipsin ja lentotuhkan seosta (vrt. luku 3.2.2.6.2). Fosfokipsin tuottaja oli silloisen Kemira Chemicals Oy:n, nyk. Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tehtaat. Turpeen poltossa muodostuvan lentotuhkan toimitti Kuopion Energia Oy.

Pilottirakentamisen tarkoituksena oli maksimoida fosfokipsin käyttö ja hakea rajat fosfokipsin käyttökelpoiselle määrälle massiivirakennekerroksessa. Massiivisena kipsituhkarakenteena oli kantava rakennekerros paaluvälille 3600 – 5240. Kipsituhkan komponentteina olivat fosfokipsi (83,5 %), lentotuhka (12,4 %) sekä masuunisementti (4,1 %, masuunikuonan ja sementin seos 7:3). Resepti oli säädetty tuhkan kosteuden perusteella. Rakennekerroksen tavoitepaksuus oli 200 mm. Tien kulutuskerrokseksi tuli noin 70 mm paksuinen murskekerros.

#### **Tutkimukset**

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia mm. koerakenteen mitoituspärametrien määrittämistä ja seoksen optimaalisen reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi määritettiin materiaalien tuottajien toimesta fosfokipsin ja lentotuhkan alkuainepitoisuudet, jotka nykyisin alittaisivat valtioneuvoston asetuksen VNA 591/2006 raja-arvot tuhkien pitoisuuksille. Fosfokipsistä ja sen eri seoksista lentotuhkan kanssa (ml. massiivirakenneseosuudelta otetusta näytteestä) tehtiin liukoisuustutkimukset diffuusiotestillä NEN 7345 mukaan. Liukoisuustutkimuksissa määritettiin fluoridin, fosforin ja sulfaatin liukoisuudet ao. materiaaleista. Näiden aineiden liukoisuudet ylittivät hollantilaiset ohjearvot fluoridin ja sulfaatin osalta – fosforille ei ollut ohjearvoa. Mainittuja aineita seurattiin myöhemmin myös kohteen ympäristöseurannassa.

Seurantatutkimuksiin on sisällynyt kuntoseurantaa, rakennetutkimuksia, kantavuusmittauksia ja ympäristövaikutusten seurantaa maa- ja vesinäyttein. UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet kuntokartoituksen ja rakennetutkimukset, kantavuusmittaukset, pohjavesinäytteiden analyysin ja tiemestari Marja Bäckin haastattelun. IRI/URA-mittauksia ei tässä päällystämättömässä kohteessa tehty.

**Kuntokartoitus.** Vuosien 1999 -2001 silmämääräisen vaurio- ja kuntoarvioinnin perusteella todettiin massiivirakenteen osuuden olevan suhteellisen hyvässä kunnossa. Keväisin havaittiin tien kummassakin reunassa halkeamia, jotka kuitenkin painuivat kiinni kevätkelirikon jälkeen. Syksyn 2007 kunto- ja vauriokartoituksen perusteella tie oli melko kiinteää massiivirakenteen osuudella. Rakenteen loppupäässä pinta oli irtonaisempaa. Oikealla ajokaistalla havaittiin lieviä painumia.

**Rakennetutkimukset.** Vuosien 1999 – 2001 rakennäytteidien puristuslujuusmääritysten perusteella lujuuskehitys on ollut varsin suotuisa ensimmäiset kaksi vuotta rakentamisen jälkeen. Syksyllä 2007 saatiin näytteitä kahdelta paalulta rakennetutkimuksia varten. Kipsikerros oli hieman sekoittunut yläpinnaltaan eikä kovin lujaa. Koekappaleiden puristuslujuustulokset olivat heikkomat kuin aikaisemmassa seurannassa. Tämä tulos osoittaa, että fosfokipsin ja lentotuhkan seossuhdetta tulee muuttaa siten, että lentotuhkan osuus kasvaa huomattavasti.

**Kantavuus.** Kantavuusmittauksia tehtiin ennen rakentamista (~61 MPa) ja seuranta vuosina 2000 (~90 MPa) ja 2002 (~83 MPa). Vuoden 2008 (~68 MPa) kantavuusmittausten perusteella tien kantavuus näyttää olevan hieman alempi verrattuna aikaisempiin tuloksiin vuosilta 2000 ja 2002, mutta toisaalta mittausajankohta on voinut olla epäedullisempi (vrt. myös tiemestarin mielipide).

**Ympäristötutkimukset.** Kipsituhkaosuuden kohdalle oli asennettu 3 pohjavesiputkea ja vertailurakenteen kohdalle 1 putki ympäristöseuranta varten. Vuosina 1999 – 2000 pohjavesinäytteistä määritettiin fluoridit, sulfaatti ja fostaatit (kok.) kenttäanalyysointilaboratoriossa. Pitoisuudet ovat olleet samalla tasolla tai alempia kuin referenssijankohdan (kesä 1999) vesinäytteiden pitoisuudet. Pitoisuudet ovat täyttäneet myös talousveden ao. aineille asetetut kemialliset laatu-vaatimukset ja –suositukset (STM 461/2000). Syksyllä 2000 määritettiin näytteistä myös joitakin alkuaineita samoin kuin sähkönjohtavuus ja pH analyysilaboratoriossa. Näidenkin osalta pitoisuudet täyttivät talousveden ao. aineille asetetut kemialliset laatu-vaatimukset ja –suositukset.

Syksyn 2007 pohjavesinäytteissä ei muuten ollut merkittäviä muutoksia aikaisempiin pitoisuuksiin, paitsi paalulla 4350 sijaitsevan pohjavesiputken näytteiden pitoisuuksissa etenkin sulfaatin ja kloridin osalta. Myös bariumin pitoisuus on koholla, mutta vastaavaa kohoamista on myös vertailuosuuden pohjavedessä. Sulfaattipitoisuuden nousun arvellaan johtuvan kipsirakenteen löyhtymisestä ja kipsin pursuamisesta ulos rakenteesta sekä kipsin pintahuuhtoumasta. Toisaalta vesinäytteessä ei ole todettu fosfaatin pitoisuuden merkittävää nousua, joten syy on mahdollisesti kipsituhkarakenteesta riippumaton.

**Haastattelut** . Elokuussa 2008 tiemestari totesi kohteen olevan hyväkuntoisen ja tien kantavuuden parantuneen.

## Yhteenveto

Maaningan kipsituhkarakenteet ovat varmaankin ainoat tiedossa oleva kipsituhkaan perustuvat massiivirakenteet. Tulosten perusteella on pyritty osoittamaan, että fosfokipsin ja lentotuhkan seokset ovat kiinnostavia ratkaisuja maarakentamisen kannalta. Rakenteiden tekninen toimivuuden kannalta lentotuhkan suhteellisen osuuden tulee kuitenkin olla suurempi kuin koerakenteissa, todennäköisesti yli 40 %. Kipsituhkaa on testattu myös sideaineena (ks. kerrostabiloidut rakenteet).

### 3.3.3.2 Kuonatuhkarakenne: Tornio, Yliliakka-Kourilehto (1999)

#### Yleistä

Tornion Yliliakka-Kourilehto paikallistien pt 19552 koeosuudet toteutettiin elokuussa 1999 osana silloisen tielaitoksen "Sorasteiden kelirikkovaurioiden korjaaminen 1990-2000" –projektia. Koekohteiden kokonaispituus oli 750 m. Koeosuuksia oli kolme:

stabiloitu lentotuhkarakenne, stabiloimaton lentotuhkarakenne sekä terässulatto-kuonarakenne. Tämän lisäksi koekohteeseen luettiin mukaan vertailurakenne. Kantavassa kerroksessa käytettyjen UUMA-rakenteiden tarkoituksena oli lisätä tien kantavuutta.

Terässulattokuonarakenne toteutettiin paaluvälillä 1900-2050. Sideaineena käytettiin kuonan kuivamassasta laskettuna 6 % sementin ja masuunikuonajauheen seosta 1:2. Tavoiteltu kerrospaksuus oli 200 mm. Kuonarakenteen vertailurakenne (200 mm murske suodatinkantaan päällä) tehtiin paaluvälille 1800–1900.

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin kohteen pohjatutkimukset sekä laboratoriotutkimuksia pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja reseptin kehittämistä varten. Seoksille asetettiin rakentamisen yhteydessä käytettävät tavoitearvot vesipitoisuudelle, maksimaaliselle kuivairtoihyeydelle ja puristuslujuudelle.

Tämän lisäksi määritettiin terässulattokuonanäytteen kokonaispitoisuudet monien alkuaineiden osalta. Kun kokonaispitoisuuksia on verrattu nykyisin voimassa olevan asetuksen VNa 591/2006 raja-arvoihin tukkille, voidaan todeta terässulattokuonasta saatujen pitoisuuksien ylittävän tukkille asetetut raja-arvot varsin odotetusti kromin ja molybdeenin osalta.

Rakentamisen jälkeinen seuranta vuoteen 2002 saakka on sisältänyt kuntokartoitusta ja rakennetutkimuksia, kantavuusmittauksia sekä ympäristöseurantaa maa- ja vesinäytteiden avulla. UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet vuonna 2007 kuntokartoituksen sekä rakennetutkimuksia, keväällä 2008 kantavuusmittaukset ja kesällä 2008 IRI/URA-mittaukset. Ympäristöseurantaa tehtiin syksyllä 2007 otettujen pohja- ja orsivesinäytteiden avulla. Näiden lisäksi on haastateltu tiemestari Tarmo Postia.

**Rakennetutkimukset** . Vuosina 2000-2002 saatiin näytteitä rakennetutkimuksiin poraamalla ilman ongelmia (vuoden 2001 ja 2002 näytteet otettiin koekuopasta yhdeltä paalulta). Puristuslujuudet nousivat suuremmiksi kuin laboratorion ennakkotestien perusteella oli odotettavissa. Tien keskiosalta otetuissa koekappaleissa puristuslujuuden nousu oli vakaata ainakin kolme vuotta koerakentamisesta. Tien reunoilta otetut koekappaleissa lujuus nousi vastaavasti, mutta ei yhtä korkeaksi kuin tien keskiosassa.

Vuoden 2007 rakennetutkimuksissa näytteet otettiin terässulattokuonaaosuudelta kahdelta paalulta. Määritetyt puristuslujuudet osoittavat kuonarakenteen lujuuden pitkäaikaista kehittymistä.

**Kuntokartoitus.** Kuntokartoituksen perusteella kuonaaosuus on ollut varsin hyväkuntoinen vuosina 2000 ja 2002. Kuonarakenteet olivat kovia, ehyitä ja sekoittumattomia. Vuonna 2007 todettiin tien reunojen olevan pääasiassa ehjät. Joitakin pitkittäis- ja poikkisuuntaisia halkeamia todettiin. Itse kuonakerros oli edelleen selkeästi erottuva ja luja ja porattaessa homogeenisen ja kovan tuntuinen.

**IRI/URA.** Tien tasaisuus- ja urasyvyysmittaustuloksien perusteella tien kunto vaihtelee hyvän ja erittäin hyvän välillä.

**Kantavuus.** Vuosina 1999 – 2002 tehtyjen kantavuusmittauksien perusteella kantavuus on noussut kuonan ja vertailuosaosuudella vuoteen 2001 saakka ja heikentynyt kuonan osuudella lievästi vuonna 2002. Kuonaaosuuden kantavuus oli rakentamisen jälkeen koko ajan korkeampi kuin vertailuosaosuuden kantavuus. Molemmilla osuuksilla kantavuus on ollut selvästi korkeampi kuin lähtötilanteessa vuonna 1999.

Kevään 2008 kantavuusmittauksien perusteella terässulattokuonan osuudella kantavuuksissa ei ole tapahtunut vuosien kuluessa suurempia muutoksia. Runsaat

kahdeksan vuotta rakentamisen jälkeen kuonaosuuden kantavuus on edelleen parempi kuin vertailuosuuksilla – tai kummallakaan tuhkaosuudella.

**Ympäristötutkimukset.** Ympäristöseurannassa ei maanäytteiden avulla saatu tuloksia, joiden perusteella voisi olettaa kuonarakentamisella olevan haittavaikutuksia tieympäristöön. Terässulattokuonan osuudelle oli asennettu ympäristöseurantaa varten kaksi orsivesikaivoa ja yksi pohjavesiputki. Kahden ensimmäisen seuranta-vuoden aikana (2000 ja 2001) orsivesikaivoista otettujen näytteiden alkuainepitoisuudet olivat pääosiltaan korkeampia kuin pohjavesinäytteissä. Haitta-aineiden kohtaminen oli kohteessa kuitenkin lyhytaikaista ja pitoisuudet ovat selkeästi laske-neet sen näytteen mukaan, mikä vuonna 2007 saatiin pohjavesiputkesta.

Syksyllä 2007 näytteet saatiin terässulattokuonan osuudella vain pohjavesiputkes-ta; orsivesikaivot olivat kuivia. Saaduissa näytteissä vesien laatu oli siis parantunut aikaisempiin tuloksiin verrattuna.

**Haastattelu.** Tiemestarin mukaan alueen muilla vastaavan luokan teillä on usein ja runsaasti pahoja routavaurioita, mutta näillä koeosuuksilla ei tällaista ole koeraken-tamisen jälkeen havaittu. Koeosuuksilla on vähän raskasta liikennettä ja kantavuus on ollut riittävä.

### 3.3.3.3 Terässulattokuona-massanvaihtorakenne; VT4, Keminmaa (2005)

#### Yleistä

Kyseessä on heinäkuussa 2005 rakennettu pilottikohde, jossa vertailtiin luonnonki-viainesten ja Outokumpu Stainless Oy:n sivutuotteiden vaikutusta massanvaihdon leikkaussyvyyteen ja korjattavan tiekohteen ominaisuuksiin. Kuonamateriaalia käy-tettiin suodatinkerroksena ja jakavassa kerroksessa. Tämän lisäksi päällystemassan (AB) runkoaineena käytettiin kuonamursketta. Yksityiskohtaisempia kuvauksia käy-tetyistä materiaaleista sekä tyyppipoikkileikkaus suunnitellusta rakenteesta on esi-tetty liitetiedostossa "VT4 Keminmaa".

#### Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin todennäköisesti materiaalitutkimuksia laboratoriossa, mutta näistä ei ole saatu mitään yksityiskohtaisempaa tietoa.

Kohteeseen asennettiin rakentamisen yhteydessä lämpötila-antureita, kosteusmit-tareita, painuma-anturi sekä pohjaveden havaintoputkia. Koerakenteesta on suori-tettu levykantavuusmittaukset ennen rakentamista ja tulosten seurannassa. Sa-moin pohjavesistä on otettu näytteitä, joista on määritetty pH, sähkönjohtokyky ja kromin, nikkelin ja molybdeenin pitoisuudet. Instrumenttien ym. mittaus- ja määri-tystuloksia ei ole saatu UUMA-inventaariprojektin tiedoksi.

UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet kesällä 2007 tehdyn kuntokartoituksen ja rakennetutkimuksia. Tämän lisäksi Outo-kumpu Stainless Oy on tehnyt ympäristöseurantaa. Lisäksi haastateltiin tiemestari Tarmo Postia.

**Kuntokartoitus ja rakennetutkimukset.** Rakennetutkimusten perusteella raken-nekerrokset eivät ole sekoittuneet eikä kiviaines ollut hiertynyttä. Kuonakerros oli selkeästi lujittunut. Tie oli vaurioton koerakenteen kohdalta.

**Ympäristötutkimukset.** Outokumpu Stainless Oy:n antaman lausunnon perus-teella tähän mennessä massanvaihdon kohdalla olevien pohjavesiputkien vesissä kromin, nikkelin ja molybdeenin liukoiset pitoisuudet ovat olleet alhaisempia tai samaa tasoa kuin vertailualueen pohjavesiputkissa.

**Haastattelu.** Tiemestarin mukaan kohteessa ei ole ollut havaittavissa mitään poikkeavaa. Koeosuus on toiminut hyvin.

#### 3.3.3.4 Yhteenveto kuonarakenteista

Tornion jo yhdeksän vuotta vanha terässulattokuonaan perustuva koekohde on toistaiseksi antanut erittäin rohkaisevia tuloksia. Rakennekerrosten lujuudet ovat vuonna 2008 testattujen näytteiden perusteella edelleen kohtalaisen korkeita. Kantavuusmittausten perusteella terässulattokuonan kantavuuksissa ei ole tapahtunut vuosien aikana suuria muutoksia. Tasaisuusmittaustulosten perusteella tien kunto vaihtelee hyvän ja erittäin hyvän välillä. Ympäristöseurantaa on tehty pohja- ja orsivesinäytteiden avulla.

Vuonna 2007 otetuissa vesinäytteissä, myös vertailurakenteen kohdalta otetuissa, on yleisesti todettu koholla olevia raudan ja mangaanin ja monissa näytteissä myös alumiinin pitoisuudet. Negatiivisia ympäristövaikutuksia ei ole ollut havaittavissa

Destian arvion mukaan käytetyt VT4:ssä Keminmaalla v. 2005 käytetyt kuonamateriaalit soveltuvat hyvin normaaliin tierakentamiseen. Materiaalien ominaisuudet mahdollistivat niiden päällä liikennöinnin heti kevyen tiivistämisen jälkeen. Destia on viimeistelemässä OKTO-tuotteiden suunnitteluohjetta.

#### 3.3.3.5 Rikastushiekka-tuhkarakenne: Vihtola-Jäkkö, Lappeenranta (2006)

##### **Yleistä**

Vihtolan pilotti on Kaakkois-Suomi – Venäjä naapurisuusohjelman Ecoroad- hankkeen (Ecological utilization of industrial waste materials on road construction, 2006-2007) pilottikohde, joka toteutettiin Kaakkois-Suomen tiepiirin toimesta. Parannettavalle tieosuudelle sijoittuvassa 400 metrin osuudessa rikastushiekan ja lentotuhkan stabiloitua seosta on käytetty tierakenteen kantavan kerroksen materiaalina.

Kohteen ongelmia olivat kuivatus- ja tien pysty- ja vaakageometrian puutteet, sekä kantavuus ja routaongelmat. Viimeksi mainittuihin haettiin ratkaisua mm. rikastushiekka-tuhka –rakenteen avulla.

Rakenteessa stabiloitu rikastushiekan ja lentotuhkan seos (RH+LT) on siis kantavana kerroksena (250 mm). Kosteaan, kasalla varastoituun rikastushiekkaan on sekoitettu 20 % kostutettuna varastoitua lentotuhkaa ja 4 % yleissementtiä (kostean tuhkan ja sementin määrät on laskettu suhteessa rikastushiekan kuivamassaan). RH+LT -kerroksen ala- ja yläpuolella on murskeesta tehty tasauskerros ja rakenne on AB-päällystetty (vrt. liitetiedosto Vihtola-Jäkkö).

##### **Tutkimukset**

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja RH+LT -seoksen optimaalisen reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi eri sivutuotekomponenteista (lentotuhka ja rikastushiekka) määritettiin kokonaispitoisuudet, joita verrattiin VNa 591/2006 asetuksen raja-arvoihin tuhille. Kokonaispitoisuudet alittivat ao. raja-arvot. Yhdellä stabiloituilla RH+LT -seoksilla, jossa sementin määrä oli 3 %, määritettiin eri haitta-aineiden liukoisuudet läpivirtaustestillä CEN/TS 14405. Verrattuna asetuksen raja-arvoihin kromin ja molybdeenin liukoisuudet ylittivät niukasti peitetyn rakenteen raja-arvot, mutta alittivat päällystetyn rakenteen raja-arvot (vrt. liitetiedosto Vihtola-Jäkkö).



Ennen rakentamista oli kohteessa tehty kairaus- ja koekuoppatutkimuksia maaperän ominaisuuksien ja kerrossuhteiden selvittämiseksi. Näitä tutkimuksia täydennettiin keväällä 2006 maatumauksella ja kantavuusmittauksilla. Lisäksi on tehty ympäristöseuranta. UUMA-inventaarin yhteydessä tehdyt seuranta-tutkimukset ovat sisältäneet kunto- ja vauriokartoitusta kohteesta, IRI/URA – mittaukset, kantavuusmittaukset, rakennetutkimukset sekä tiemestarin haastattelun.

**Kunto- ja vauriokartoitus** . Kuntokartoitus on toteutettu pääosin kunnossapidon ohjauksen (Kaakkois-Suomen tiepiiri) yhteydessä ilman erillisiä kohdekäyntejä. Tällöin on tehty havaintoja yleiskunnosta ja mahdollisista poikkeamista normaalista, valokuvattu kohdetta, ja arvioitu kunnossapitotarvetta (työmäärä ja kustannukset). Seurannan yhteydessä on tehty arvioita myös pilottikohteiden laadusta vertailuun nähden.

Maaliskuun 2007 lopulla oli havaittu keskikohdan halkeamia, jotka vaikuttavat alustavasti päällystystyön aikaisilta saumausriveiltä. Lisäksi todettiin päällysteen läpi ulottuva poikkihalkeama sekä selvä kohoutuma kohdassa, jossa pelto muuttuu metsäksi ja pengerrys leikkaukseksi; tämän vaurion todellinen syy voi olla tien poikki menevä vesijohtokaivanto. Lisäksi ko. kohdan yhteydessä olevan maantien liittymän ja päätien kulmauksessa tien luiska on purkautunut siten että koerakenne näkyy piennarmurskeen alta. Muulta osin koerakenne oli tasainen.

Pahimpaan kelirikko-aikaan (huhti-toukokuu 2007) ajoitetun kohdekäynnin yhteydessä tehtiin koko osuudelta systemaattinen vauriokartoitus (paalutukseen sidottu). Kohdekäynnillä kiinnitettiin silmämääräisen seurannan tekijöiden lisäksi huomiota muun muassa painumiin, heittoihin, rautaongelmiin, kantavuuteen, raiteistumiseen, kuoppiin, reikiin, tien leviämiseen, silmäkkeisiin, päällystevaurioihin yms.. RH+LT – rakenteen osuudella oli poikkihalkeamia, keskihalkeamaa ja kapeaa pituushalkeamaa.

**IRI/URA**. Vihtolan tiellä suoritettiin tasaisuusmittaus toukokuussa 2007. RH+LT - rakenteessa mitattu IRI-arvo on pienempi kuin kohteella tai vertailurakenteilla keskimäärin, mutta URA-arvo on suurempi (erityisesti oikean kaistan osalta). Tehdyt havainnot tulee suhteuttaa rakenteen lyhyeen käyttöikänsä. Tasaisuusmittausten (IRI/URA) perusteella tien kunto vaihtelee hyvän ja tyydyttävän tasolla. RH+LT - osuudella on havaittavissa selvästi enemmän urautumista (erityisesti oikealla kaistalla) kuin pilotilla keskimäärin. Tämä voi johtua rakennusaikaisista tiivistysongelmista / työmenetelmistä.

**Kantavuus**. RH+LT -rakenteen mitoitussuureksi käytettiin 550..880 MN/m<sup>2</sup> (laboratoriossa jopa yli 1000 MN/m<sup>2</sup>). Ennen rakentamista määritettiin kohteen kantavuus keväällä 2006.

Kantavan kerroksen pinnasta mitattuna ennakoarvio kantavuudelle oli 145..185 MPa (päällyste vaikuttaa +30..+40 MPa). Pilotin seuranta käynnistettiin noin kaksi kuukautta rakentamisen jälkeen tehdyillä kantavuusmittauksilla, jolloin toteutuneet pilottirakenteiden kantavuudet ylittivät selvästi ennakoitun tavoitetaso. Mittaukset on tehty ennen talvea eli rakenne ei ollut jäänyt vielä kertaakaan. Kantavuudet mitattiin uudelleen noin seitsemän kuukauden kuluttua rakenteiden valmistuttua pahimpaan kelirikko-aikaan, toukokuun alussa 2007. Kantavuus oli noin 360 MPa rikastushiekka-tuhka rakenteelle. Kantavuusmittaustuloksissa on hajontaa. Rakenteiden keskiosan kantavuudet olivat parempia verrattuna reunaan. Tiepiiri ei mitannut lainkaan päällystämättömien vertailuosuuksien kantavuuksia eli siltä osin ei ole käytettävissä vertailutietoa.

**Rakennetutkimukset** . Kohteelta otettiin elokuussa 2007 rakennäytteitä tiemanttiporalla. Poranäytteiden oton yhteydessä mitattiin kerrospaksuudet, valokuvattiin kohdetta ja tehtiin kuntoarviointia. Tutkimuksia tehtiin neljästä poikkileikka-

uksesta. Stabiloidusta kantavasta kerroksesta otettujen poranäytteiden lujuustaso vaihteli välillä 1,7...4,9 MPa keskiarvon ollessa 3,4 MPa. Rakenteelle asetettu tavoitelujuustaso saavutettiin jokaisessa tutkimuspisteessä ja lujuuden keskiarvotaso ylittää tavoitetason. Tältä osin tulos on hyvä ja pienentää rakenteessa esiintyvän epähomogeenisuuden aiheuttamia riskejä lopputuloksen laadun ja erityisesti pitkäaikaiskestävyyden osalta.

**Ympäristöseuranta.** Ennen rakentamista otettiin ja analysoitiin maa- ja vesinäytteitä kohteen referenssinäytteiksi. Noin vuoden kuluttua rakentamisesta otettiin ja analysoitiin seurantanäytteet. RH+LT -rakenteen kohdalla vesinäytteet otettiin kahdesta laskuojasta sekä yhdestä talousvesikaivosta. Vuonna 2007 otetuissa näytteissä ei todettu merkittäviä tai sivutuoterakentamiseen liittyviä muutoksia verrattuna vuoden 2006 näytteisiin. Vuoden 2006 näytteenotossa oli todettu, ettei kaivovesi ollut hygieenisesti moitteetonta. Vuonna 2007 vesinäytteistä löydettiin koliformisia bakteereita, joilla ei ole yhteyttä koerakentamiseen. Maanäytteet otettiin tielinjan sivusta, n. 10 metrin etäisyydellä tien keskilinjasta kahdelta eri syvyydeltä. Vuoteen 2007 mennessä ei ole voitu havaita RH+LT -rakentamiseen liittyviä muutoksia maanäytteiden pitoisuuksissa.

**Haastattelut.** Kohteen tiemestarin puhelinhaastattelu toteutettiin marraskuussa 2007. Tiemestarin mukaan pilottirakenteiden yleiskunto on hyvä, mutta myös vertailuosuuksien kunto on samalla tasolla. Myöskään ajoradan tasaisuus ei poikkea muusta vastaavan tasoisesta tiestöstä. Kohteessa esiintyy jonkin verran kapeita pituushalkeamia, jotka on bitumisaumattu, mutta vastaavia pituushalkeamia esiintyy yleisesti tämän tasoisen tiestön päällysteissä eli kohde ei tässäkään poikkea yleisestä kuntotasosta. Ensimmäisen seurantavuoden aikana tien käyttö ei ole vaikuttanut tien kuntoon ja pilottirakenteet kestivät ensimmäisen talven rasitukset hyvin. Tiemestarin mukaan pilottirakenteiden toimivuusennuste jatkossa on hyvä.

15.1.2008 Juhani Valjakka teki havainnon tien pinnan jäisyydestä pilottirakenteiden kohdalla, kun muu tieosuus oli pinnaltaan sula. Tiemestari kuvasi rikastushiekka-tuhka rakenteen pintaa "polanteiseksi".

## Yhteenveto

Nordkalk Oy:n Lappeenrannan kaivoksen rikastamoilla, kalsiitin rikastuksessa, muodostuvaa rikastushiekkaa on tutkittu hyötykäytön kannalta vuodesta 1997 lähtien sekä laboratorio- että kenttäkokein. Näiden perusteella rikastushiekka on rutiimatonta materiaalia eikä sisällä VNA 591/2006 -asetuksen kokonaispitoisuuksille ja liukoisuuksille määrittämiä raja-arvoja ylittäviä määriä ympäristölle haitallisia aineita ja yhdisteitä. Rikastushiekan käytölle tie- ja katurakenteiden suodatinkerroksessa sekä kaatopaikkarakenteissa on laadittu suunnittelu- ja mitoitusohjeet jo vuonna 2002 (Kujala 2002). Rikastushiekka on kaiken kaikkiaan lupaava, monipuolisesti käytössä oleva materiaali joko sellaisenaan tai lentotuhkan kanssa seostettuna.

Vihtolantien toteutuksessa esiintyi jonkin verran ongelmia ja poikkeamia suunnittelusta, mikä voi ainakin rikastushiekka-tuhka rakenteen osalta vaikuttaa heikentävästi lopputuloksen laatuun. Sekoitustyön ja massojen käytön välinen aikaviive oli tavoiteltua paljon pitempi, vaikka massojen laatu sinällään saatiinkin pysymään hyväksyttävällä laatusalolla. Työn toteutus poikkesi muutenkin oleellisesti työohjeissa esitetystä, mikä osaltaan vaikuttaa lopputuloksen laatuun. Kokonaisuudessaan rakentamisen toteutuksen voidaan katsoa onnistuneen vain kohtuullisesti ja on mahdollista, että stabiloidun rakenteen laadussa nähdään edelleenkin esiintyvän vaihtelua.

Keväällä 2007 mitattu kantavuus oli noin 360 MPa rikastushiekka-tuhka rakenteelle. Kantavuusmittaustuloksissa on hajontaa. Tässä vaiheessa on liian varhaista arvioida sitä, mistä hajonta johtuu. Kantavuusmittauksia onkin syytä jatkaa. Muutenkin on toivottavaa, että Vihtolantien kohteet (vertailuosuuksineen) ovat pitempään mukana tiepiirin seurantaohjelmassa, ml. IRI- ja URA-mittaukset sekä vaurioinventoinnit.

### 3.3.4 Kerrosstabiloidut rakenteet

#### 3.3.4.1 Yhteenveto kerrosstabiloinneista

Kerrosstabiloinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä lähinnä alemman luokan teiden, kuten päällystettyjen tai sorapintaisten paikallisteiden kunnossapitomenetelmää, jossa tien olemassa olevaan ja huonokuntoiseen päällyskerrokseen sekoitetaan jyrsimällä sivutuotteeseen perustuva sideaine tai sideaineseos. Sekoitussyvyys on 20-30 cm. Jyrsinsekoitusta edeltää valmistelevia toimenpiteitä kuten sideaineen valmistus, tiepinnan muotoilu/tasaus ja sideaineen levitys. Jyrsinsekoituksen jälkeen päällyskerroksen ainakin tiivistetään ja muotoillaan/tasataan ennen lopullista pin-tausta tai päällystämistä.

Taulukon 12 mukaisesti UUMA-inventaarin seurantakohteissa on käytetty erilaisia sideaineseoksia, kuten

- fosfokipsin, lentotuhkan ja masuunikuonan sekä sementin seosta Rautavaarassa vuonna 2004 sekä Maaningassa vuonna 1999
- lentotuhkan, rikinpoistotuotteen ja sementin seosta Inkoon Sohlbergintiellä vuonna 2000
- lentotuhka+sementti, lentotuhka+FTC (Nordkalkin sivutuoteseos) ja lentotuhka+rikinpoistotuote+sementti –seoksia Luopioisissa vuonna 2002 sekä
- lentotuhkan ja sementin seosta Elimäellä Teuroisissa vuonna 2006.

Kaikille on yhteistä lentotuhkan ja sementin mukanaolo seoksessa.

UUMA-materiaaleihin I. teollisuuden sivutuotteisiin perustuva kerrosstabilointi on monesti taloudellinen ja teknisesti toimiva ratkaisu. Kerrosstabilointirakenteen tekniset ominaisuudet ja rakenteen odotettavissa oleva pidempi kestoikä tekevät kerrosstabiloinnin useimmiten kilpailukykyiseksi ratkaisuksi verrattuna perinteiseen murskerakenteeseen, kun huomioon otetaan rakenteen elinkaaren aikaiset kunnossapitokustannukset ja ympäristövaikutukset. Kerrosstabiloinnissa selvittää useimmiten oleellisesti vähemmällä massojen kuljetuksilla, ohuemmillä rakennepaksuuksilla ja pienemmällä kiviainesmäärällä, täten pienemmällä energiankulutuksella – jota tosin sementin tarve lisää - ja uusiutumattomien luonnonvarojen käytöllä.

Tuhkan tai tuhkan ja rikinpoiston lopputuotteen seoksen käytössä sideaineena (esim. Inkoo, Kuohijoki-Kyynärö, Teuroinen) on todettu seuraavaa:

- Tuhka-RPL-YSe –stabilointi onnistuu sekä työteknisesti että laadullisesti hyvin. Valmista rakennetta tuotetaan noin 400 metriä päivässä.
- Tuhkastabiloinnilla voidaan saavuttaa kantavuustaso, mikä on esim. vaahtobitumistabilointia korkeampi
- Stabiloinnilla pystytään vaikuttamaan tien kuntotasoon positiivisesti. Stabiloidun kerroksen ominaisuudet säilyvät suhteellisen pitkään

- Ympäristökelpoisuuteen liittyneet liukoisuustutkimukset samoin kuin pohjavesien ja maaperänäytteiden seuranta aikaisempina vuosina osoittavat, että tuhkan käyttö sideaineena ei ole ympäristöllinen riski.
- Murskeen vaihtoehtona käytettävien sivutuotteiden saatavuus ja kuljetusmatkat vaikuttavat merkittävästi siihen, onko niiden käyttö taloudellisesti järkevää. Kustannuksia syntyy lentotuhkan kuljettamisesta ja välivarastoinnista, sementistä sekä sideaineseoksen sekoittamisesta, kuljetuksesta kohteelle ja sekoitusjyrsinnästä. Perinteisessä rakentamisessa raskaimmat kustannustekijät liittyvät kiviaineksen, kuten murskeen, tuotantoon ja kuljetuksiin.

Kipsituhkan käytöstä kerrosstabiloinnin sideaineena (Maaninka ja Rautavaara) on voitu todeta seuraavaa:

- Fosfokipsi+lentotuhka+masuunisementti on toimiva sideaineseos, jolla on hyvät pitkäaikaislujuusominaisuudet.
- Työn toteutus onnistuu hyvin, vaikka sääolot olisivat hankalat; esimerkiksi vähäinen sade ei estä työskentelyä.
- Sideaineen sekoitus onnistuu myös asfalttiasemalla. Tulevissa projekteissa voisi sekoittamiseen kokeilla tehokkaampaa jatkuvatoimista sekoitinlaitteistoa. Myös aumasekoitinta on mahdollista käyttää.
- Asfalttilevitin- ja jyrsinstabilointilaitteet ovat tehokkaita välineitä ja antavat työle hyvän laadun. Sideaineseoksen sekoittamiseksi rakenteeseen jyrsinstabilointitekniikka on hyvän lopputuloksen kannalta itse asiassa välttämätön.
- Päälyste voidaan tehdä suoraan stabiloinnin päälle. Tämä on sekä edullisempi että teknisesti toimivampi vaihtoehto kuin tasaumurskeen käyttö edellyttäen, että päälystystyö voidaan tehdä nopeasti stabiloinnin jälkeen.
- Rautavaaran kohteessa on voitu konkreettisesti todeta, että kerrosstabilointi ei voi estää routanousuja. Routanousu on aiheuttanut siellä asfaltin halkeilua. Monesti on voitu todeta, että roudan sulaessa halkeamat painuvat kiinni. Pitkän aikavälin vaikutuksia ei tunneta, joten seuranta tulee voida jatkaa.
- Rakennuskustannuksiltaan kipsistabilointi tulee isommissa kohteissa jonkin verran edullisemmaksi kuin teräsverkkorakenne (projektin laskelmat).
- Kipsistabiloinnilla saadaan selvästi paremmat kantavuudet kuin teräsverkkorakenteella. Teräsverkkoa käytettäessä kantavuuslisäys oli hieman yli 20 MPa, kun 200 mm kipsistabiloinnilla saatiin 320 MPa ja 250 mm stabiloinnilla liki 500 MPa kantavuuslisäykset. Seurannan perusteella kipsistabiloinnilla saavutetut ominaisuudet myös säilyvät hyvin.

Taulukko 12a: Rakenneseurantakohteet ja seuranta tutkimukset. Kerrosstabiloidut rakenteet (sideaineseoksissa teollisuuden sivutuotteita).

Sideaine	Rakenteen sijainti	Rakenteen numero kartalla (kuva 2)	Rakennusvuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	Seuranta-tutkimukset
Fosfokipsi + lentotuhka + masuunikuona-sementti	Rautavaara, Kt87 - koeosuus 14/9500-10500	138	2004	Plv 9500-10500 toteutettu 4 kerrosstabilointia, jotka eroavat stabilointisyvyyden (200-250 mm) ja tasaumurskeen käytön osalta (osassa ei tasaumursketta päällysteen alla).	plv 9000-11000	kantavuus, kuntokartoitus, rakennetutkimukset
Fosfokipsi + lentotuhka + masuunikuona-sementti	Maaninka, Käänninniementie, Pt16207 / pvl 30-1700	137	1999	Toteutettu LIFE98 ENV/FIN/566 -projektina. Vanhan rakenteen stabilointi plv 30-1700. Stabilointipaksuus 200 mm. Kulutuskerros murskeesta n. 70 mm.	plv 0-5240	kantavuus, kuntokartoitus, rakennetutkimukset, pohjavedet

jatk.

Taulukko 12b: Rakenneseurantakohteet ja seurantatutkimukset. Kerrosstabiloidut rakenteet (sideaineseoksissa teollisuuden sivutuotteita).

Sideaine	Rakenteen sijainti	Rakenteen numero kartalla (kuva 2)	Rakennusvuosi	Massat ja rakenteet; tarkempaa kuvausta	Mittausväli	Seuranta-tutkimukset
Lentotuhka + rikinpoistolopputuote + yleissementti	Inkoo, Solbergintie, Degerby-Tyris, Pt11146, plv 0-3000	128	2000	Vanhan tierakenteen stabilointi (250 mm) toteutettiin paaluvälillä 500-1500. Vertailurakenteena vaahto-bitumistabilointi plv 1500-3000 ja 0-500.	plv 200-2200	kantavuus, kuntokartoitus, rakennetutkimukset
Lentotuhka + yleissementti / lentotuhka + FTC / lentotuhka + rikinpoistolopputuote + yleissementti	Luopioinen, Mt 3201/03-04 Kuohijoki-Kyynärö; 3201/2/1058/5851 ja 3201/4/0/7356	133	2002	Vanhan tierakennekerroksen stabilointi keskimäärin 200 mm syvyydeltä.	kohdepaalutus Plv 0-12180 (= Kuohijoki-Kyynärö)	kuntokartoitus, rakennetutkimukset
Lentotuhka + perussementti	Elimäki, Teuroisten pt 14547/01/0-8165	130	2006	Vanha tierakenne stabiloitu 250/300 mm paksuudelta.	plv 0-8165	IRI/URA, kantavuus, kuntokartoitus, rakennetutkimukset

### 3.3.4.2 Rautavaara (2004)

#### **Yleistä**

Koetiehanke oli osa Tiehallinnon S14-projektia eli vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito -tutkimusohjelmaa, jonka tavoitteena on mm. kehittää alempiasteisten teiden hoitoon, ylläpitoon ja parantamiseen nykyistä taloudellisempia toimenpiteitä, toimintamuotoja ja menetelmiä. Lisätietoja projektista löytyy osoitteesta <http://www.tiehallinto.fi/s14/>. Koekohteena olevalla tiellä KT 87 on ollut sekä kanta- vuus- että routaongelmia.

Koekohteella pyrittiin selvittämään kipsituhkaseokseen perustuvan sideaineen käytökelpoisuutta huonokuntoisten päällystettyjen teiden kunnostamisessa kerrosstabiloinnilla. Kerrosstabiloinnilla korvattiin perinteisempi teräsverkkorakenne. Sideaineena oli fosfokipsi-tuhka-masuunisementti –seos (kipsituhka). Kipsituhka-stabilointiratkaisua ei ollut aikaisemmin sovellettu päällystetyille rakenteille. Savo-Karjalan tiepiirissä voitiin aiemmin toteutetuilta päällystämättömiltä referenssi-kohteilta saatujen tietojen ja kokemusten perusteella olettaa, että ratkaisu tulee toimimaan hyvin (vrt. Maaninka). Stabiloinnin lisäksi kohteella pyrittiin selvittämään myös mitä vaatimuksia työtekniikoille ja lisäkustannuksia tai säästöjä aiheuttaa tasaumurskeen pois jättämisestä pehmeän asfalttibetonin alta.

Koerakentamisessa käytetty fosfokipsi oli nykyisen Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tuotantolaitokselta fosforihappotuotannon sivutuotteena syntyvää dihydraattikipsiä. Tuhka oli Kuopion Energia Oy:n turpeenpoltossa muodostuvaa lentotuhkaa, joka toimitettiin kostutettuna 25 % vesipitoisuuteen. Aktivaattorina käytettiin masuunisementtiä, valmiiksi sekoitettua kuonajauhe KJ400:n ja rapidsementin seosta suhteessa 7:3.

Kerrosstabilointi toteutettiin heinäkuussa 2004. Sideaineen resepti oli: kostea kipsi 56 %, kostutettu lentotuhka 8,5 % ja masuunisementti 35,5 %. Sideainetta käytettiin 12 % vanhan tierakennekerroksen (murskeen) kuivamassasta eli stabilointisyvyydestä riippuen 50 tai 62 kg/tie-m<sup>2</sup>. Koeosuudelle tehtiin 4 koerakennetta, jotka erosivat toisistaan stabilointisyvyyden ja tasaumurskeen käytön osalta. Stabilointijärsinnän tavoitesyvyys oli 200-250 mm. Tiivistetyn rakenteen päälle tuotiin kahdella koeosuudella tasaumursketta noin 50 mm kerros. Päällysteeksi tuli pehmeä asfalttibetoni (PAB-B16/100).

#### **Tutkimukset**

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja sideainereseptin kehittämistä varten. Itse kohteessa oli tehty maatutkaus ja silmämääräinen vauriokartoitus, joiden perusteella valittiin eri osuuksien kunnostustavat.

Sideaineena käytettyjen kipsin ja tuhkan kokonaispitoisuudet oli tutkittu tilaajien toimesta vuonna 1997 Maaningan Käänninniemen tien suunnittelun yhteydessä. Rautavaaran kohteessa käytettiin samoja materiaaleja. Sekä kipsin että tuhkan kokonaispitoisuudet alittavat tutkituilta osin VNa 591/2006 määritellyt lentotuhkan kokonaispitoisuuksien raja-arvot. Kokonaispitoisuuksien lisäksi kipsistä on selvitetty fosforin, fluoridin ja sulfaatin liukoisuuksia sekä käsittelemättömällä materiaalilla että lopputilannetta kuvaavilla stabiloiduilla koekappaleilla Maaningan Käänninniementien suunnittelun yhteydessä vuonna 1997. Nämä tulokset olivat siis suuntaa antavaa tietoa kohteessa käytettyjen materiaalien liukoisuuskäyttäytymisestä.

Kohteessa on vuosina 2001 ja 2005 tehty kantavuusmittauksia ja vuonna 2005 rakennetutkimukset sekä silmämääräinen vauriokartoitus. UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimuksiin sisältyivät rakennetutkimukset sekä silmämääräinen kuntokartoitus syksyllä 2007, kantavuusmittaukset toukokuussa 2008 ja tiemestarin Marja Bäck haastattelun kesällä 2008.

**Rakennetutkimukset ja kuntokartoitus.** Vuoden 2005 rakennetutkimukset ja silmämääräinen vauriokartoitus kertoivat stabiloidun kerroksen lujittuneen tasolle 3–4 MPa ja rakenteen olevan lujaa ja ehjää. Vuoden 2007 kuntokartoituksen mukaan tiessä havaittiin joitakin pituus- ja poikkisuuntaisia halkeamia ajokaistoilla ja keskiosassa tietä lähes koko koerakenteen osuudella ja enemmän kuin vertailurakenteena toimivan teräsverkkorakenteen osuudella. Asfaltin halkeamat johtuvat routanousuista, joita kerrosstabilointi ei voi estää. Poranäytteistä tehtyjen puristuslujuusmääritysten tulosten mukaan rakenne on lujempaa tien keskiosalla kuin reunoilla. Lujuuskehitys on hyvä ja eri koeosuuksien lujuus on joissakin kohdissa lisääntynyt vielä vuoden 2005 jälkeenkin.

**Kantavuus.** Kohteessa tehtiin vuonna 2005 kantavuusmittauksia (480 MPa – 200 mm / 680 MPa – 250 mm), joiden perusteella kantavuus oli lisääntynyt 3...3,7-kertaiseksi vuoden 2001 tuloksiin verrattuna (160 MPa / 183 MPa). Vuonna 2008 (533 MPa / 660 MPa) todettiin kantavuuksien pysyneen samalla tasolla kuin vuonna 2005.

**Haastattelut.** Tiemestari totesi koekohteen olevan hyvässä kunnossa ja poikkeavan lähellä sijaitsevista vertailurakenteista vain päällysteen halkeilun osalta. Routavaurioita ei esiinny.

#### 3.3.4.3 Maaninka, Käänninniementie (1999)

##### **Yleistä**

Maaningan koerakentamisessa tutkittiin fosfokipsin ja lentotuhkan käyttömahdollisuuksia tierakentamisessa osana EU:n LIFE-ympäristöjärjestelmän rahoittamaan projektia "Teollisen fosfokipsin ja lentotuhkan hyötykäyttö. LIFE98 ENV/FIN/566". Kokemuksista suunnittelua ja rakentamista varten on laadittu julkaisu, joka löytyy internetistä osoitteesta:

[http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/pdf/julkaisut/LIFE02\\_ENV\\_FIN\\_329\\_ohje\(0305\).pdf](http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/pdf/julkaisut/LIFE02_ENV_FIN_329_ohje(0305).pdf)

Maaningan kelirikkojen vaurioittaman ja heikosti kantavan paikallistien pt 16207 koerakenteet toteutettiin kesällä 1999. Kohteessa toteutettiin 1640 metriä pitkä fosfokipsiin ja lentotuhkaan perustuva massiivirakenne ja tämän lisäksi 1670 metriä pitkä kerrosstabilointi, jossa sideaineena käytettiin fosfokipsin ja lentotuhkan seosta. Fosfokipsin tuottaja oli silloisen Kemira Chemicals Oy:n, nyk. Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tehtaat. Turpeen poltossa muodostuvan lentotuhkan toimitti Kuopion Energia Oy.

Vanhan tierakenteen stabilointi toteutettiin jyrsinsekoittamalla vanhaan tiekerrokseen 12 % sen kuivamassasta sideainetta, joka koostui fosfokipsistä (56,1 %), lentotuhkasta (8,4 %) ja masuunisementistä (35,5 %). Tavoitteena oli 200 mm stabiilisyvyys.



## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia mm. koerakenteen mitoituspärametrien määrittämistä ja seoksen reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi määritettiin materiaalien tuottajien toimesta fosfokipsin ja lentotuhkan alkuainepitoisuudet, jotka nykyisin alittaisivat valtioneuvoston asetuksen VNa 591/2006 raja-arvot tuhkien pitoisuuksille. Fosfokipsistä ja sen eri seoksista lentotuhkan kanssa (ml. massiivirakenneosuudelta otetusta näytteestä) tehtiin liukoisuustutkimukset diffuusiotestillä NEN 7345 mukaan. Liukoisuustutkimuksissa määritettiin fluoridin, fosforin ja sulfaatin liukoisuudet ao. materiaaleista. Näiden aineiden liukoisuudet ylittivät hollantilaiset ohje-arvot fluoridin ja sulfaatin osalta – fosforille ei ollut ohje-arvoa. Mainittuja aineita seurattiin myöhemmin myös kohteen ympäristöseurannassa.

Kohteessa tehtiin vuosina 1999 -2001 seurantatutkimuksina kuntoseurantaa ja rakennetutkimuksia (poranäytteiden puristuslujuuksia määrittämällä). Kantavuusmittauksia tehtiin ennen rakentamista ja seurantavuosina 2000 ja 2002. Lisäksi tehtiin ympäristöseurantaa pohjavesinäytteiden analyysien avulla. UUMA-inventaarin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet kuntokartoituksen ja rakennetutkimukset, kantavuusmittaukset, pohjavesinäytteiden analyysin ja tiemestari Marja Bäckin haastattelun. IRI/URA-mittauksia ei tässä päällystämättömässä kohteessa tehty.

**Kuntokartoitus.** Vuosien 1999 – 2001 aikana tehdyissä koekuoppatutkimuksissa todettiin kerrosstabiloitu osuus erittäin hyväkuntoiseksi, samoin silmämääräisen vaurio- ja kuntoarvioinnin perusteella. Keväisin havaittiin tien kummassakin reunassa pituussuuntaista halkeamaa, joka kuitenkin painui kiinni kevätkelirikon jälkeen.

Kunto- ja vauriokartoituksen perusteella stabiloitu osuus oli syksyllä 2007 hyväkuntoinen, vaurioton ja pinnaltaan melko kiinteä.

**Rakennetutkimukset.** Vuosien 1999 – 2001 rakennenäytteiden puristuslujuusmääritysten perusteella lujuuskehitys oli varsin suotuista ensimmäiset kaksi vuotta rakentamisen jälkeen ja lujuuksissa päästiin jopa ennakkokokeissa saatuja lujuuksia parempiin tuloksiin.

Syksyllä 2007 otettiin rakennetutkimuksia varten näytteitä kahdelta stabiloidun osuuden paalulta. Koekappaleiden puristuslujuustulokset olivat hyviä ja rakenteen toimivuusennustekin on hyvä.

**Kantavuus.** Stabilointirakenteen tien kantavuus nousi 71 MPa:sta (ennen rakentamista) 122 MPa:iin (vuonna 2000) ollen 127 MPa vuonna 2002. Kerrosstabiloidun rakenteen kantavuus oli siis noin 1,7-kertainen 1-3 vuoden kuluttua rakenteen valmistumisesta. Kerrosstabiloinnin osuudella ei ole tehty kantavuusmittauksia UUMA-inventaarin yhteydessä.

**Ympäristötutkimukset.** Kerrosstabiloidun osuuden kohdalle oli asennettu 3 pohjavesiputkea ja vertailurakenteen kohdalle 1 putki ympäristöseurantaa varten. Vuosina 1999 – 2000 pohjavesinäytteistä määritettiin fluoridit, sulfaatti ja fosfaatit (kok.) kenttäanalyysointilaboratoriossa. Pitoisuudet ovat olleet samalla tasolla tai alempia kuin referenssiajankohdan (kesä 1999) vesinäytteiden pitoisuudet. Pitoisuudet ovat täyttäneet myös talousveden ao. aineille asetetut kemialliset laatuvaatimukset ja –suositukset (STM 461/2000). Syksyllä 2000 määritettiin näytteistä myös joitakin alkuaineita samoin kuin sähkönjohtavuus ja pH analyysilaboratoriossa. Näidenkin osalta pitoisuudet täyttivät talousveden ao. aineille asetetut kemialliset laatuvaatimukset ja –suositukset. Syksyn 2007 pohjavesinäytteissä ei voitu todeta mitään merkittävää poikkeamaa aikaisempiin, syksyn 2000 näytteiden pitoisuuksiin.

**Haastattelut.** Elokuussa 2008 tiemestari totesi kohteen olevan hyväkuntoisen ja tien kantavuuden parantuneen.

#### 3.3.4.4 Inkoo(2000)

### **Yleistä**

Inkoon pilotti -hanke on osa Tiehallinnon Uudenmaan tiepiirin ja Ramboll Finland Oy:n yhteistyössä toteuttamaa kehityshanketta, jonka tavoitteena on ollut etsiä uusia mahdollisuuksia erityisesti vähäliikenteisen tieverkon kunnon parantamiseen. Projektin puitteissa pyrittiin saamaan tietoa ja kokemuksia materiaalien ominaisuuksista ja rakentamistekniikasta sekä rakennerratkaisujen toimivuudesta todellisissa käyttöolosuhteissa.

Pilottikohteena oli huonokuntoinen SOP-tie, jossa esiintyi runsaasti päällystevaurioita, kantavuusongelmia ja reunaongelmia. Myös tien kuivatuksessa oli paikoin puutteita. Korjausrakentamisen vaihtoehtoina oli erilaisia tuhka- ja kuitutuhkarakenteita ja vanhan rakenteen stabilointi tuhkiin perustuvalla sideaineella. UUMA-inventaarin seuranta keskittyi stabilointiosuuteen.

Stabiloinnissa käytettiin 7 % sideainetta, laskettuna stabiloitavan runkomateriaalin kuiva-aineesta. Sideaineena oli Helsingin Energian lentotuhkan (LT) ja rikinpoistotuotteen (RPL) sekä yleisementin (YSe) seos suhteessa 1:1:1. Ennen kerrosstabilointia jyrättiin kohteen huonokuntoinen päällyste koko osuudella vanhan tierakenteen sekaan. Kerrosstabiloinnin tavoitesyvyys oli 250 mm. Stabiloidun pinnan päälle levitettiin ja tiivistettiin tasaumurske ja PAB-päällyste.

### **Tutkimukset**

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia mm. pilottirakenteen mitoituspärametrien määrittämistä ja sideainereseptin kehittämistä varten. Teknisten tutkimusten lisäksi projektiin sisältyi hollantilaisen standardin NEN 7343 mukaiset liukoisuustestit. Kun tuloksia myöhemmin verrattiin asetuksen VNa 591/2006 raja-arvoihin liukoisuudelle, voidaan todeta kloridin ja kromin kumulatiivisen liukoisuuden ylittäneen ao. raja-arvot.

Vuosien 2000 – 2004 seurantaan on sisältynyt kuntokartoituksia, rakennetutkimuksia ja kantavuusmittauksia sekä ympäristöseurantaa maa- ja pohjavesinäytteiden avulla. UUMA-inventaarin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet rakennetutkimuksia syksyllä 2006, kuntokartoituksen ja kantavuusmittaukset keväällä 2008 sekä tiemestari Jarmo Puharisen ja urakoitsijan edustajan Destian Sepo Partasen haastattelut.

**Rakennetutkimukset.** Vuosina 2000 – 2004 todettiin poratuista näytteistä, että rakenteen lujuus nousi pitkällä aikavälillä ja ylitti keskimäärin tavoitetason (4...4,5 MPa) ollen korkeimmillaan jopa lähellä 9 MPa. Vuonna 2006 tehtyjen rakennetutkimusten perusteella lujuudet olivat edelleen nousseet, vaikka voimakasta hajontaa-kin esiintyi eri näytekappaleiden lujuuksissa. Keskimääräinen lujuustaso ei kuitenkaan ole laskusuunnassa. Lujuudet saattavat olla jopa yli 10 MPa.

**Kuntokartoitus.** Vuosien 2000 – 2004 rakennetutkimusten yhteydessä tehdyssä kuntoarvioinnissa on todettu tien ja stabiloidun kerroksen olleen hyvässä kunnossa ja tien toimivuusennusteen olevan hyvä. Kohteen silmämääräinen kuntokartoitus keväällä 2008 kertoo kerrosstabiloidun rakenneosuuden olevan pääosin reunoilta

halkeillutta, paikoin jopa verkkomaisesti. Keskihalkeamiakin esiintyy, mutta ei painumia.

**Kantavuus.** Kerrosstabiloinnin osuudella keskikantavuudet nousivat vuoden 2000 lähtötasosta (97 MPa) vuonna 2001 254 MPa:n. Taso säilyi vuoden 2003 mittauksiin asti yli 230 MPa:n

Vuoden 2008 kantavuusmittaustulosten (217 MPa) perusteella on todettavissa, että kantavuustaso ei ole oleellisesti muuttunut vuodesta 2003. Kerrosstabiloinnilla on saavutettu tielle hyvä kantavuus, joka on säilynyt hyvällä tasolla nyt kahdeksan vuotta.

**Ympäristöseuranta.** Vuosina 2000 – 2003 eivät vesinäytteet missään vaiheessa ylittäneen talousvedelle asetettuja kemiallisia laatuvaatimuksia ja –suosituksia, vaikka lieviä joidenkin alkuaineiden kohoamisia todettiin vuoden 2000 referenssipitoisuuksiin verrattuna. Maanäytteissä todettiin arseenin, boorin ja vanadiinin pitoisuuksien nousseen vuosina 2001 – 2002 korkeammiksi kuin puhtaalle maa-ainekselle ehdotettu raja-arvot, mutta muuten ei merkittäviä muutoksia ollut vuoden 2000 referenssitason nähden.

**Haastattelut** . Tiemestari arvelee kohteessa havaitun verkkohalkeilun johtuneen liian ohuesta (40 mm) päällysteestä. Pahiten verkkohalkeillut vertailuosuus (vaahdotobitumistabiloitu/tuhkarakenne) on päällystetty uudestaan. Kohteen yleiskunto on hyvä, samoin kantavuus. Kunnossapito on ollut vastaava kuin muilla samantasoisilla teillä ja rakennuskohteen muilla osuuksilla. Urakoitsijan edustajan mukaan kohtien pinta jäätyy talviaikaan nopeammin kuin muiden alueen teiden pinta. Tämä havaitaan etenkin sateen yhteydessä.

#### 3.3.4.5 Kuohijoki-Kyynärö (2002)

##### **Yleistä**

Vuoden 2002 pilottirakentaminen I. huonokuntoisen soratien peruskorjaus Luopioisten kunnan alueella toteutettiin osana LIFE-Environment järjestelmän rahoittamaa hanketta LIFE02 ENV/FIN/329. Projektin raportit ja muuta aineistoa löytyy www-sivuilta:

<http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/index.htm>

Korjattavilla teiosilla oli ongelmana tien routivuus ja hyvin heikko kantavuus. Kohteessa tehtiin erilaisilla tuhkaan perustuvilla sideaineseoksilla kerrosstabilointia ja kulutuskerrokseksi kalsiumkloridin valmistuksessa muodostuvalla "suotokakulla" stabiloitua mursketta. Projektissa testattiin työmenetelmiä, metsäteollisuuden tuhkiin perustuvien sideaineiden valmistusta ja käyttöä, sekä stabiloinnin toimivuutta ja kestävyyttä. Suotokakun käytöllä kulutuskerroksessa oli tarkoituksena testata, saadaanko tällaisella seoksella paremmin pölyämistä estävä, vähemmän suolausta vaativa ja tekniseltä kannalta kestävämpi pintakerrosrakenne kuin suolaliuosta käyttämällä.

Tien peruskorjausta testattiin stabiloimalla kantava murskekerros teollisuuden sivutuotteisiin perustuvilla uusilla sideaineseoksilla. Pilottikohde koostuu vertailurakenteosuuksista ja kerrosstabiloiduista osuuksista. Rakenteiden kuvaukset ovat taulukossa 13. Liitetiedostossa "Kuohijoki-Kyynärö" on enemmän yksityiskohtia.

Taulukko 13. Pilottikohteen rakenteiden sijainnit ja kuvaukset.

Paaluväli	Rakenne	Huom.
0-1400	Vertailurakenne 2	Kelirikkokunnostus. Pahimpien routapaikkojen kohdalle toteutettiin kelirikkokorjaus, jossa suodatinkankaan päälle pantiin noin 300 mm mursketta (0-32 mm). Kulutuskerrokseksi tuli noin 20 mm:n murskekerros (0-16 mm).
1400-2850	Vertailurakenne 1	Ns. syyssorastus. Tielle levitettiin kauttaaltaan uusi 20 mm kulutuskerros murskeesta (0-16 mm). Tälle osuudella tehtiin keväällä normaali kevätkunnostus eli tähän kulutuskerrokseen sekoitettiin suola pinnan kiinteyttämiseksi. Syksyllä tehtiin normaali pölynsidonta suola-liuoksella.
2850-4350	Stabilointi A	Vanha tierakennekerros (tavoitesyvyydelle 200 mm) stabiloitiin sideaineella, joka sisälsi lentotuhkaa ja yleisementtiä suhteessa 3:2. Sideaineen määrä oli n. 10 % stabiloitavan runkomateriaalin (murskeen) massasta. Stabiloitu osuus peitettiin 100 mm murskerakenteella.
4350-5800	Vertailurakenne 3	Tien pinta peitettiin 100 mm murskerakenteella (50 mm mursketta + 50 mm murskeen ja rakeistetun suotokakun seosta; suotokakku 3 – 5 % murskeen kuivamassasta)
5800-7640	Stabilointi B	200 mm syvyydeltä stabiloitiin vanhaa tiekerrosta käyttämällä sideainetta B = 10 % lentotuhkan ja FTC:n seosta suhteessa 3:2. FTC on Nordkalk Oy:n sideaineseos. Stabiloitu osuus peitettiin 100 mm murskerakenteella (50 mm mursketta + 50 mm murskeen ja rakeistetun suotokakun seosta; suotokakku 3 – 5 % murskeen kuivamassasta)
7640-8690	Stabilointi A	Kuten 2850-4350, mutta peitettiin 100 mm murskesuotokakku kulutuskerroksella (50 mm mursketta + 50 mm murskeen ja rakeistetun suotokakun seosta; suotokakku 3 – 5 % murskeen kuivamassasta)
8690-9150	Stabilointi B	Kuten 5800-7640
9150-9320	Vertailurakenne 3	kuten 4350-5800
9320-10340	Stabilointi E	200 mm syvyydeltä stabiloitiin vanhaa tiekerrosta käyttämällä sideainetta E = 10 % lentotuhkan, rikinpoiston lopputuotteen ja sementin seosta suhteessa 3:3:4. Stabiloitu osuus peitettiin 100 mm murskerakenteella (50 mm mursketta + 50 mm murskeen ja rakeistetun suotokakun seosta; suotokakku 3 – 5 % murskeen kuivamassasta).
10340-12180	Stabilointi A	Kuten 7640-8690

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia mm. pilottirakenteen mitoituspärametrien määrittämistä ja sideaineiden reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi kartoitettiin peruskorjattavan kohteen kunto keväällä 2000, määritettiin kohteen lähtökantavuudet keväällä 2000 ja 2002, ja tehtiin lähtötilanteeseen liittyvät ympäristötutkimukset kaivovesistä, laskuojista ja maanäytteistä.

Vuosina 2003 ja 2004 toteutusta seurattiin silmämääräisin kuntotarkistuksin, kantavuusmittauksin ja rakennetutkimuksin. Lisäksi seurattiin ympäristövaikutuksia mm. kaivovesi- ja tien vierestä otettujen maanäytteiden avulla. UUMA-inventaarin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet rakennetutkimuksia vuonna 2006, kuntokartoituksen keväällä 2008 ja tiemestari Seppo Riippin sekä urakoitsijaa edustavan Seppo Rädyn (Destia Oy) haastattelut loppukesällä 2008.

**Rakennetutkimukset.** Vuosien 2003 ja 2004 rakennetutkimuksissa saatujen pöranäytteiden puristuslujuustuloksien perusteella rakenteet olivat toimineet suunnit-

tellusti. Lujuudet olivat hyviä ja täyttivät asetetut tavoitteet. Vuoden 2004 eri kohdista stabiloituja osuuksia otettujen poranäytteiden lujuudet vaihtelivat noin 3,5 MPa:n tasolta ja jopa lähes 9 MPa:n tasoon.

Vuoden 2006 seurantanäytteet otettiin poraamalla lokakuussa. Kappaleista määritettiin laboratoriossa puristuslujuus, tiheys ja vesipitoisuus. UUMA-inventaarin seuranta tutkimuksissa 2006 havaittiin kerrosstabiloitujen rakenteiden lujuudessa merkittävää lisäystä vuoden 2004 tuloksiin nähden. Rakenteesta keskilinjalta ja reunoilta porattujen koekappaleiden keskiarvoiset puristuslujuudet on esitetty taulukossa 14. Keskilinjalta otetut näytteet ovat lähes kaikki olleet 0,5 – 2 Mpa lujempia kuin reunoilta vastaavilta kohdilta otetut näytteet. Näytteet on otettu syyslokakuussa.

*Taulukko 14. Pilottikohteen eri sideaineilla stabiloitujen rakenteiden lujuuden kehitystä vuosina 2003 – 2006. Lisäksi on esitetty vuoden 2002 laboratoriotutkimuksissa tehtyjen ennakkotestien tulokset.*

		Laboratorio	Seuranta / poranäytteet			Muutos
		2002	2003	2004	2006	2003→2006
Rakenne A	LT6+YSe4	2,50	4,98	5,33	6,86	38 %
Rakenne B	LT6+FTC4	2.26	4,31	4,38	8,18	90 %
Rakenne E	LT3+RPT3+YSe4	3,33	6,40	5,40	9,31	46 %

**Kuntokartoitus.** Kuntotarkistuksia on tehty rakentamisen jälkeen vuonna 2003 ja 2004. Ongelmana oli lähinnä pintamurskeen pehmeneminen joillakin osuuksilla veden kertyessä tiiviin stabiloidun kerroksen pintaan. Muuten tie on ollut etenkin stabiloiduilla osuuksilla hyväkuntoinen.

Vuoden 2006 kuntokartoituksen perusteella tien kunto jossain määrin vaihtelee eri osuuksien kesken johtuen paitsi toteutetusta ratkaisusta myös mm. pohjamaan ominaisuuksista. Stabiloiduilla osuuksilla tie on kuitenkin pääosin hyväkuntoinen ja ryhdikäs, mutta pieniä kuoppia esiintyy monin paikoin.

**Kantavuus.** Kantavuutta seurattiin syksyllä 2003 ja kesällä 2004. Vaikka näitä eri vuodenaikoina tehtyjä mittauksia ei suoraan voidakaan vertailla keskenään, voidaan todeta kantavuuden selvästi parantuneen stabiloiduilla koeosuuksilla. Kantavuudet kohosivat myös vertailuosuuksilla jonkin verran. Aikaisemmista vuosista poiketen tielle ei tarvinnut asettaa painorajoituksia vuosien 2003 ja 2004 pahimpaan kelirikko aikaan.

**Ympäristöseuranta.** Ympäristötutkimuksissa maanäytteiden osalta voitiin todeta, että eri alkuaineiden pitoisuudet vaihtelivat ollen lähes säännönmukaisesti aina jonkin verran puhtaan maan tavoitearvoja korkeampia (Sorvari 2000). Pitoisuuksien vaihtelu, samoin kuin korkeahkot alumiinin ja mangaanin pitoisuudet ovat varsin tyypillisiä ilmiöitä Suomen maaperässä. Vesinäytteiden laatu on vastannut ennen rakentamista otettujen referenssinäytteiden laatua. Kaivovesissä pitoisuudet ovat olleet alle STM 461/2000 asettamien kemiallisten laatuvaatimusten ja laatusuosituksen. Joitakin poikkeuksia on ollut mangaanin pitoisuuden osalta. Las-kuojien vesien voidaan todeta olevan alumiinipitoisuudeltaan korkeita ilmeisesti savisesta veden pohjasta ja ojaympäristöstä johtuen, mutta muiden seurattavien alkuaineiden osalta varsin "puhtaita".

**Haastattelut** . Tiemestarin mukaan Kuohijoki-Kyynärö osuudelta tulee usein valituksia etenkin kelirikkoaikaan, mutta valitukset pääosin koskevat muita kuin stabiloituja osuuksia. Toteutus on sikäli onnistunut, että tie on ennen koerakentamista ollut usein keväisin painorajoitettu tie. Esimerkiksi keväällä 2008 ei tarvittu painorajoitusta erityisen pahana kelirikkoaikana. Urakointia hoitavan Destian Sep-po Rädyn mukaan kyseessä ei ole huonokuntoinen tie. Huomautusten taustalla on tienkäyttäjien luulo siitä, että koerakentamisen lopputuotteena olisi syntynyt päällystetyn tien kaltaisen rakenne. Kun tien kunto ei vastaa päällystettyä tietä, huomautuksia tulee. Tien kunto on urakoitsijan mielestä hyvä.

### 3.3.4.6 Teuroinen (2006)

#### **Yleistä**

Ecoroad-hankkeen (Kaakkois-Suomi – Venäjä naapurisuusohjelman Ecoroad- hankkeen "Ecological utilization of industrial waste materials on road construction, 2006-2007) pilottikohde on Teuroisten paikallistiellä Elimäen kunnan alueella. Pilottikohteen kokonaispituus on 8057 m ja koerakentaminen toteutettiin kesäkuussa 2006. Teuroisten vähäliikenteisen paikallistien kunto oli lähtötilanteessa heikko ja rakenteen voidaan katsoa olleen elinkaarensa loppupäässä. Edellinen näkyi mm. kantavuudessa ja päällystevaurioina. Lisäksi kohteella esiintyi selviä puutteita kuivatuksessa.

Tien osalta oli jo tehty päätökset tien parantamisesta. Ecoroad-projektin puitteissa yhdeksi kunnostustoimenpiteeksi valittiin tierakenteen korjaus kerrosstabiloinnilla. Kerrosstabiloinnilla korvattiin perinteinen lisämurske- tai teräsverkkorakenne. Pilotissa pyrittiin saamaan tietoa ratkaisun parhaista mahdollisista rakentamistekniikoista, käytön aikaisesta laadusta ja ratkaisun käyttökelpoisuudesta sekä tekemään kustannusvertailut perinteisempiin vaihtoehtoihin. Tuhkan osalta testattiin myös materiaalin kuivavarastointia suojatussa aumassa tehtaan läjitysalueella.

Sideaineen sivutuotekomponenttina käytettiin UPM-Kymmene Oyj:n Kuusankosken voimalaitoksen lentotuhkaa (KYVO:n voimalaitoksen biotuhkaa). Toisena sideainekomponenttina oli sementti (2,5 % sementtiä ja 8 % lentotuhkaa laskettuna stabiloitavan runkomateriaalin kuivamassasta). Muita rakennetietoja on esitetty taulukossa 15.

*Taulukko 15. Teuroisten pilotin suunnitellut rakenteet. Sideaineena on kostutettu perussementin ja tuhkan seos (2,5 % + 8 % laskettuna stabiloitavan runkomateriaalin kuivamassasta). Sideaineseoksen tavoitevesipitoisuudeksi oli asetettu  $w = 30$  % levitysvaiheessa. Päällysteen alle levitettiin tasausmurske yhden kilometrin osuudella pilotin loppupäässä, muualla päällyste levitettiin suoraan stabiloinnin päälle.*

Paaluväli	Rakenteen pituus (m)	Stabilointi- leveys (m)	Stabilointi- paksuus (mm)	Päällyste
108-4500	4392	6,5	250	PAB
4500-8165	3665	6,5	300	AB

## Tutkimukset

Ennen rakentamista tehtiin laboratoriotutkimuksia mm. pilottirakenteen mitoitusparametrien määrittämistä ja sideaineen reseptin kehittämistä varten. Tämän lisäksi kohteessa määritettiin lähtötilanteen kantavuus (keskimäärin 147 MPa); tavoitekantavuudeksi asetettiin 200–210 MPa. Kohteessa suoritettiin maatutkaluotaus keväällä 2000. Keväällä 2005 tehtiin koekuoppatutkimukset päällysrakenteen varmentamiseksi ja sideaineseoksen viimeisteleviä tutkimuksia varten.

Ympäristökelpoisuuden selvittämiseksi määritettiin käytettävästä lentotuhkamateriaalista kokonaispitoisuuksia useaan otteeseen vuosina 2005 ja 2006. Pitoisuudet eivät ylittäneet VNA 591/2006 raja-arvoja tuhille. Sideaineseoksessa käytetylle tuhalle ja kohteessa käytettävällä sideaineseoksella stabiloidulle murskeelle tehtiin liukoisuustestit (SFS-EN 12457-03). Tulokset löytyvät Ecoroad hankkeen www-sivuilla [<http://www2.lut.fi/kete/ecoroad/ajankohtaista.htm>] olevista esityksistä (Noora Virtanen ja Jarmo Kilpeläinen 15.11.2007).

UUMA-inventaariprojektin yhteydessä tehdyt seurantatutkimukset ovat sisältäneet rakennetutkimukset ja kuntokartoituksen vuonna 2006 ja 2007, IRI/URA – ja kantavuusmittaukset keväällä 2007 ja tiemestari Kari Kurosen haastattelun keväällä 2007.

**Rakennetutkimukset.** Tavoitepuristuslujuus oli 4...6 MPa ja vuonna 2006 Teuroisten rakenteesta otettujen näytekappaleista määritetyt puristuslujuudet ovat noin 3,5...5,5 MPa. Tämän perusteella stabilointikerroksen lujuus vastaa hyvin suunnitellun yhteydessä asetettua tavoitetta. Vuoden 2007 koekappaleiden puristuslujuus on 3,5...8,5 MPa, joten vuoden 2006 tuloksiin nähden arvot ovat samalla tasolla ja osittain jopa korkeampia.

**Kunto- ja vauriokartoitus.** Kunto- ja vauriokartoituksen perusteella pinnalla on havaittavissa pituushalkeilua ja poikkihalkeilua. Ilmeisesti AB-päällyste ei kestä kovin hyvin alla olevan stabiloidun kerroksen pieniä muutoksia.

**IRI/URA.** Kohteen IRI/URA-mittausten ja Tiehallinnon kuntoluokituksen (TIEH 3200969-v) mukaan tien kuntoluokka on hyvästä erittäin hyvään.

**Kantavuus.** Kohteen kantavuus oli ennen stabilointia keskimäärin 147 Mpa. Tavoitekantavuudeksi asetettiin 200 – 210 Mpa. Kohteen kantavuus on mitattu pudotuspainolaitteella päällysteen päältä. Kantavuus on keskimäärin 60–136 MPa korkeampi kuin tavoitetaso, kun stabilointipaksuus on 250 mm ja päällysteenä PAB. Kantavuus kasvoi 2,2-kertaiseksi lähtötilanteeseen nähden ja oli 1,5-kertainen tavoitetasoon nähden. Kun stabilointipaksuus on 300 mm ja päällysteenä AB, saatiin keskikantavuudeksi 374–456 MPa korkeampi kantavuus kuin tavoitetaso. Kantavuus kasvoi 4-kertaiseksi lähtötilanteeseen nähden ja oli 2,8-kertainen tavoitetasoon nähden.

**Haastattelut.** Syksyllä 2007 tiemestari Kari Kuronen totesi Teuroisten tien parannushankkeen verrattain onnistuneeksi suunnittelultaan, toteutukseltaan ja myös käyttäjien näkökulmasta. Kohteella tehdään normaaleja kunnossapitotoimia normaalein kustannuksin ja tien käyttäjiltä ei ole tullut mitään kommentteja tai huomautuksia tien kunnosta. Pilottirakenne kokonaisuutena on kunnossa: kuivatus toimii, ajorata on tasainen, ei ole uraa tai painumaa, kantavuus on hyvä raskaalle liikenteelle ja rakenne kesti talven 2006-2007 pakkaskauden. Päällysteosuuksien ero poikkihalkeilussa eivät tässä vaiheessa vaikuta tien käyttöön ja ylläpitoon.

Kesällä 2008 tiemestari totesi, että tien toimivuudessa ei ole havaittu muutoksia edelliseen haastattelukertaan. Tiellä oli runsaasti raskasta liikennettä, savenajoa läheiselle lekasoratehtaalle. Raskas liikenne olisi jo nyt aiheuttanut tiehen vaurioita,

mikäli kantavuudessa olisi ongelmia. Kohde on tiemestarin mukaan toteutukseltaan onnistunut ja saavuttanut hyvin sille asetetut tavoitteet.

Teuroisten kerrosstabilointipilottiin perustuen on tehty **elinkaaritarkasteluja**, jotka on esitetty Ecoroad-hankkeen projektiraportista (Maijala 2008).

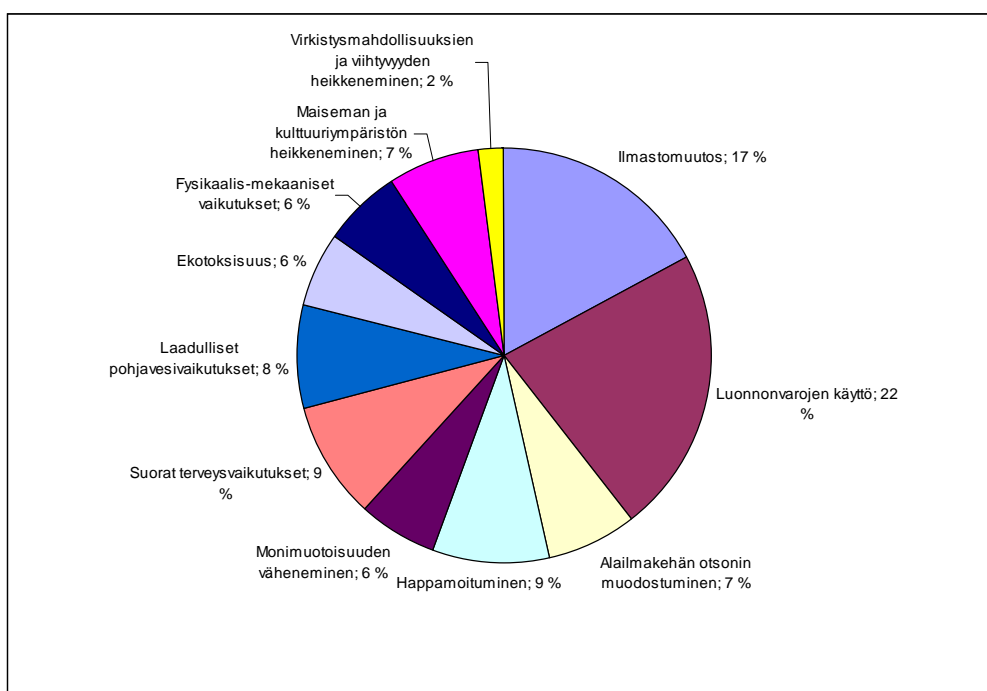


## 4. Yhteenvetoa ja johtopäätöksiä

### 4.1 Yleisesti

Ympäristöministeriö käynnisti vuoden 2005 alussa selvityksen infrarakentamisen uudesta materiaaliteknologiasta. Selvitystyön tuloksena syntyi ensin esiselvitys nykytilanteesta ja tarpeista, ja tämän pohjalta valmistui suunnitelma yhteisrahoitteiseksi UUMA-kehitysohjelmaksi. Kehitysohjelman tavoitteena on, että pääosa käytökelpoisista UUMA-materiaaleista saadaan tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön maarakentamisen sellaisissa kohteissa, joissa UUMA-materiaalin käyttö on ympäristön, taloudellisuuden ja toimivuuden kannalta perusteltua. Tällöin luonnon kiivaineksien käyttö vähenee merkittävästi ja keskittyy ainoastaan sellaisiin infrarakentamisen kohteisiin, joissa näiden käytölle ei ole tiedossa olevia vaihtoehtoja.

UUMA-materiaalien hyödyntämiseen liittyy lukuisia yhteiskunnallisia ja ympäristöllisiä, mutta myös puhtaasti taloudellisia etuja, joiden perusteella näiden materiaalien hyödyntämisen edistäminen nähdään mielekkääksi – minkä osoittavat jo tähänastiset teollisuuden, rakennuttajien sekä julkishallinnon tutkimus- ja kehittämispanokset UUMA-kehitykseen. UUMA-materiaalien hyödyntämisen mielekkyys voidaan perustella esimerkiksi kiinnittämällä huomio ympäristöindikaattoreihin (kuva 3), joiden painoarvo on määritetty julkaisussa Tiehallinnon selvityksiä 22/2006 (Korkiala-Tanttu ym. 2006). Ympäristöindikaattoreissa painottuvat ilmastomuutoksen ja luonnonvarojen käytön vaikutusluokat, joihin UUMA-materiaalien järkevällä hyödyntämisellä voidaan vaikuttaa. Toisaalta on toki otettava huomioon joidenkin UUMA-materiaalien sisältämät haitalliset aineet, niiden mahdolliset haittavaikutukset sekä hallinta.



Kuva 3: Väylärakentamisen ympäristöindikaattoreita (Korkiala-Tanttu ym. 2006).

UUMA-teknologiaa on kehitetty erityisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Huolimatta lupaavista tuloksista ja kokemuksista UUMA-materiaalien hyödyntäminen ei ole merkittävästi edistynyt johtuen eri syistä (UUMA-esiselvitys 2005):

- Ympäristöhyväksyntä on hankalaa ja aikaa vievää
- Tuotehyväksynnän käytäntö puuttuu
- Yleisesti hyväksytyjä mitoitus- yms. perusteita tarvitaan lisää
- Tuotantoketjut eivät ole kehittyneet tarpeeksi
- Tuotteiden varastointijärjestelmät puuttuvat ja saatavuus aiheuttavat kapasiteettiongelmia
- Elinkaariarvioinnin työkalut puuttuvat
- Nykyiset hankintamenettelyt eivät aina mahdollista UUMA-materiaalien käyttöä
- UUMA-materiaaleista ei ole riittävästi tietoa

UUMA-materiaalien kilpailukykyyn vaikuttavat siis merkittävästi logistiset kysymykset kuten niiden tuotanto- ja varastopaikkojen sijainti suhteessa käyttöpaikkaan, tiedot niiden ominaisuuksista ja saatavuudesta sekä eri materiaalien ja niiden seosten tekniset ja ympäristölliset ominaisuudet.

UUMA-inventaari on yksi UUMA-kehitysohjelman hankkeista, jolla halutaan luoda edellytyksiä UUMA-materiaalien hyödyntämiselle. UUMA-inventaari on pyrkinyt tarttumaan erityisesti ympäristö- ja tuotehyväksyntään liittyviin sekä hankintamenettelyjä palveleviin haasteisiin.

Ympäristö- ja tuotehyväksyntää varten on keskitytty erityisesti teollisuuden sivutuotteisiin, joiden tuotteistaminen on mahdollista viidestä kymmeneen vuoden kuluessa. Aineistoa ja tietoa on kerätty sellaisista UUMA-rakennekohteista samoin kuin UUMA-materiaaleista, joiden hyväksyttämistä maarakennusmateriaaleiksi kiiviainesten rinnalle ja vaihtoehtoiksi pidetään tärkeänä ja käytännössä mahdollisena (ks. luku 3 sekä erilliset liitetiedostot).

UUMA-materiaalien saatavuuteen liittyvä tieto on tarpeen sekä rakennuttajille että urakoitsijoille, ja tätä varten on kerätty tietoa UUMA-materiaalien määristä sekä tuotanto- ja varastopaikoista. Maarakentamisen hankintatoimintaa palvelemaan on kehitetty teollisuuden sivutuotteita koskeva UUMA-paikkatietojärjestelmä (ks. luku 2.2 ja liitteet).

UUMA-inventaarin perusteella maarakennuskäyttöön kelvolliseksi arvioituja teollisuuden sivutuotteita muodostuu vuosittain varsin runsaasti. Näiden materiaalien käytössä korostuvat sekä stabiloinnit että mahdollisuudet tavanomaista ohuempiin rakenteisiin, jotka täyttävät ao. rakenteelle asetetut tekniset vaatimukset.

Kun maarakennuskäyttöön kelvollisten teollisuuden sivutuotteiden volyyymiin lisätään varastoidut ja vuosittain muodostuvat lukuisat miljoonat tonnit ylijäämämaaineksia, lievästi pilaantuneita maamassoja sekä olemassa olevien maarakenteiden sisältämät maamassat, on periaatteessa täysin mahdollista korvata merkittävä osa maarakentamisen vuosittain käyttämistä materiaaleista UUMA-materiaaleilla. Tällöin uusiutumattomien, neitseellisten luonnonvarojen käyttö keskittyy vain sellaisiin kohteisiin, joissa UUMA-materiaalien käyttö ei ole taloudellisesti ja/tai teknisesti tarkoituksenmukaista. Tämä vaikuttaa edullisesti maisemiin, ekosysteemeihin ja biologiseen monimuotoisuuteen. UUMA-materiaalien hyödyntäminen on yhteiskunnallisesti edullista myös maankäytön ja jätehuollon kannalta, kun kaato- ja läjitys- paikkojen tarve vähenee.

Tutkimus- ja kehityshankkeisiin sekä pilotti- ja koerakentamiseen liittyviin kokemuksiin perustuen on voitu vakuuttua siitä, että

- Teollisuuden sivutuotteisiin perustuvat massiiviset UUMA-rakenteet sisältävät keskimäärin 30 % vähemmän luonnon kiviaineksiä kuin teknisesti vastaavat murskerakenteet. Kerrosstabiloinnissa voi luonnon kiviainesmassojen säästö olla 80 – 90 %.
- Energian kulutus käytettäessä UUMA-materiaaleihin perustuvaa ratkaisua on vähäisempää kuin käytettäessä uutta luonnon kiviainesta edellyttävää ratkaisua esim. tien peruskorjauksessa. Rakentamisen liittyen pääosa energian kulutuksesta syntyy materiaalien tuotannossa (mm. kalliomurskeen tuotanto) ja massojen kuljetuksissa. Esimerkiksi teollisuuden sivutuotteita käytettäessä voidaan keventää kuljetettavia massoja.

Murskeen vaihtoehtona käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ja muiden UUMA-materiaalien saatavuus ja kuljetusmatkat sekä tarvittava kuljetusten määrä vaikuttavat merkittävästi siihen, onko niiden käyttö taloudellisesti järkevää. Perinteisessä rakentamisessa raskaimmat kustannustekijät liittyvät kiviaineksen, kuten murskeen, tuotantoon ja kuljetuksiin. UUMA-materiaalien käytössä tarvitaan myös kuljetuksia, välivarastointia, kaupallisten materiaalikomponenttien toimituksia sekä sideaineseoksen sekoittamista, ja koneiden käyttöä työmailla. Pelkkien rakentamiskustannusten vertaaminen ei ole kuitenkaan ainoa vertailukriteeri, vaikka sen painoarvo on kieltämättä suuri. Myös elinkaaren tai tietyn elinkaarijakson (esim. 40-100 vuotta) aikaiset muut kustannukset on otettava huomioon, ja näihin vaikuttavat rakenteiden kestoikä, kunnossapidon tarve ja jaksotus sekä kunnossapidon menetelmät. Esimerkiksi kerrosstabilointirakenteen tekniset ominaisuudet ja rakenteen odotettavissa oleva pidempi kestoikä tekevät kerrosstabiloinnin taloudellisesti kilpailukykyiseksi ja ainakin varteenotettavaksi ratkaisuksi perinteisten vaihtoehtojen rinnalle.

Alla olevassa taulukossa on Rambollin näkökulma eri tyyppisten UUMA-rakenteiden "kehitysvaiheeseen" perustuen UUMA-inventaariprojektin rakenneseurantaan. Rakennetyypit on ryhmitelty niiden käyttö- ja sovellutusvalmiuksien kannalta vahvoihin ja eri määrin vielä kehitystyötä vaativiin materiaalityypiryhmiin. Luvussa 4.2 esitetään yhteenveto edellä mainittuihin UUMA-materiaaleihin perustuvien rakenteiden ominaisuuksista.

*Taulukko 16. UUMA-rakenteiden kehitysvaiheita*

Pitkälti valmis	●	Kerrosstabilointi
		Lentotuhka
		Kuitutuhka
		Rikastushiekka - tuhka
		Terässulattokuona
Vaatii kehitystyötä	▼	Kipsituhka

Kerrosstabilointi on tehokas ja ympäristön kannalta turvallinen ratkaisu eri asteisten teiden ja rakenteeltaan vastaavien kenttien peruskorjaukseen. Massiivirakenteista lentotuhkarakenteita on toteutettu pisimpään ja niistä on jo runsaasti tietoa. Muutkin tässä mainitut teollisuuden sivutuotteisiin perustuvat materiaalit ovat hyviä ja lupaavia materiaaleja oikein käytettyinä, mutta edellyttävät vielä tuotekehitystä ja lisäkokemuksia pilottirakentamisen avulla.

## 4.2 Inventaari UUMA-materiaaleista

UUMA-inventaari käynnistyi kartoittamalla UUMA-materiaaleja sekä UUMArakennuskohteita UUMA-materiaaliryhmittäin. UUMA-materiaalien alueellinen inventaario (luku 2) on selvittänyt mitä, minkä laatuista ja minkälaisina määrinä UUMA-materiaaleja on käytettävissä maarakentamiseen. Tiedonkeruu toteutettiin materiaaleja tuottavan teollisuuden ja teollisuusjärjestöjen, energiayhtiöiden voimalaitosten, Suomen ympäristökeskuksen ja erityisesti Vahti-tietokannan, alueellisten ympäristökeskusten, urakoitsijoiden, kuntien ja tutkimuslaitosten avulla.

Tietoja kerättiin suunnattujen kyselyjen ja saatavilla olevien dokumenttien, kuten raporttien, avulla. Täsmällisimmät tiedot saatiin teollisuuden sivutuotteista. Seuraavassa on lyhyt yhteenveto tuloksista

Ylijäämämaa-aineksia kertyy vuosittain arviolta 20 – 30 miljoonaa tonnia ja tämän lisäksi niitä on määrittelemätön määrä läjitettyinä ja varastoituna. Mitään tilastointia ei ole tehty. Joitakin hajanaisia massatietoja saatiin Uudenmaan, Turun, Hämeen ja Savo-Karjalan tiepiireistä, pääosin erittelemättä materiaalityyppejä.

Vanhojen maarakenteiden materiaaleista on saatu tietoa lähinnä asfalttimurskeen ja -rouheen osalta, joita voi pitää teollisuuden sivutuotteisiin rinnastettavina "muina sivutuotteina". Urakoitsijoilta saadun tiedon perusteella lukujen tulisi olla huomattavasti suurempia kuin mitä inventaaritulokset kertovat. Tarkkaa määrätietoa syntyvästä rouhemäärästä ei siis ole saatavilla, mutta vuotuinen kokonaiskäyttö on Tiehallinnon arvion mukaan noin 250000 tonnia.

Teollisuuden sivutuotteita ja niihin luettavia materiaaleja on kerättyjen tietojen mukaan vuosittain käytettävissä vähintään 22 miljoonaa tonnia. Tiedot on saatu osittain suoraan materiaalien tuottajilta, osittain Vahti-tietokannasta. Tiedoista puuttuvat jo maarakennuskäytössä vakiintuneet ja tuotteistetut sivutuotteet, kuten esim. terästeollisuuden kuonista masuuni- ja ferrokromikuonat. Tiedoissa on vielä mittavia aukkoja. Monista syistä johtuen tuotantomäärät elävät jatkuvasti. Täten tietojen tilastointi ja päivittäminen ovat asioita, joille pitää tehdä jotakin, jotta meillä olisi käytettävissä hyvin rakentamista palveleva tietokanta.

Pilaantuneista maamassoista saadut tiedot olivat alun perin varsin puutteelliset. Näitä tietoja tarkistettiin vielä vuonna 2008. Suomen ympäristökeskus on selvittänyt kaivettujen pilaantuneiden maamassojen määrää, laatua, käsittelymenetelmiä ja hyötykäyttöä vuosina 2005 ja 2006 (Jaakkonen 2008). Selvityksen mukaan Suomessa syntyy vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia kaivettuja pilaantuneita maita. Näistä lievästi pilaantuneita maita oli 61 % v. 2005 ja 43 % v. 2006. Voimakkaasti pilaantuneiden maiden vastaavat osuudet olivat 24 ja 45 %. Ongelmajätteiden suhteellinen osuus, 8 %, pysyi samana. Vuosien 2005 ja 2006 luvuissa olevat isot erot selittyvät paljolti parin yksittäisen kohteen suurilla massamäärillä.

Kyselyn tulokset taulukoitiin ja dokumentoitiin alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeavalla tavalla eli laatimalla niiden pohjalta paikkatietojärjestelmä, jota voi käyttää joko internetin kautta tai teemakarttatulosteiden (kuten liite 1) avulla. Tämän paikkatietojärjestelmän hallintaan ja päivittämiseen liittyvät kysymykset ovat jääneet UUMA-inventaariprojektin yhteydessä päättämättä, mutta asiaa käsitellään edelleen eri palvelutuottajien, materiaalien käyttäjien sekä materiaalityöntekijöiden kanssa.

## 4.3 Selvityksen ja tutkimukset UUMA-rakenteista

Olemassa olevien UUMA-rakenteiden kartoitus (luku 3) tehtiin vastaavalla tavalla kuin UUMA-materiaalien inventaario. Kyselyt suunnattiin mainittujen tahojen lisäksi

mm. Tiehallinnolle ja tiepiireille. UUMA-rakenteiden jatkotutkimuksiin ja mittauksiin valittiin kohteita sen perusteella, minkälaista referenssitietoa näistä kohteista oli dokumentoitu ja käytettävissä. Parasta dokumentoitua tietoa oli saatavissa sellaisista kohteista, joissa oli käytetty teollisuuden sivutuotteita. Näistä on valittu myös ne kohteet, joissa tehtiin jatko-seurantatutkimuksia UUMA-inventaariprojektin yhteydessä. UUMA-inventaarin loppuraporttiin liittyvät liitetiedostot antavat yksityiskohtaista tietoa näistä UUMA-rakenteiden kohteista sekä niiden eri aikoina saaduista seurantatuloksista. Seurantatutkimuksiin on sisällytetty mahdollisuuksien ja aikaisempien seurantatutkimuksien mukaisesti rakenteiden kuntoseurantaa, päällystetyissä kohteissa niiden tasaisuuden ja urautuneisuuden mittausta, kantavuusmittauksia, kohteista otettujen rakennenäytteiden lujuusmittauksia laboratorioissa sekä pohjavesinäytteiden analysointia. Tulokset on esitetty yhteenvetomaisesti ryhmiteltyinä kuitutuhka-, lentotuhka-, kipsituhka-, kuona-, rikastushiekka- ja kerrosstabiloituihin rakenteisiin. Liitteessä (3) on taulukko joidenkin UUMA-materiaalien käytömahdollisuuksista.

### **Kuitutuhkarakenteet**

Kuitutuhkarakenteet ovat metsäteollisuuden kuitulietteiden ja energiantuotannon lentotuhkan (yleensä puun ja turpeen polton sekaturhua) seoksiin perustuvia massiivisia rakennekerroksia. UUMA-inventaarin yhteydessä on kerätty tietoa seuraavista peruskorjatuista ja parannetuista tiekohteista, joissa kuitutuhkaa on käytetty kantavan tai jakavan rakennekerroksen materiaalina (luku 3.3.1):

- Rajalantie, Luopioinen, peruskorjaus vuonna 1996, jossa kuitutuhkaa on käytetty kahdella 200 – 250 metrin pituisella osuudella.
- Tyryn paikallistie, Jämsä, peruskorjaus vuonna 1998. Eri tuottajien sivutuotteisiin perustuvia kuitutuhkia on käytetty kolmella 90 – 150 metrin pituisella osuudella.
- Pihtisalmentie, Luopioinen, peruskorjaus vuonna 2003. Jämsänjokilaakson sivutuotteisiin perustuvaa kuitutuhkaa on käytetty kahdella 400 – 500 metrin pituisella osuudella.
- Vihtola-Jäkkö paikallistie, Lappeenranta, uudelle tielinjaukselle rakennettu osuus vuonna 2006. Kuitutuhkaa on käytetty yhdellä 275 metrin pituisella osuudella.

Merkittävimmät havainnot liittyen kuitutuhkan käyttöön rakennekerrosmateriaalina ovat seuraavia:

- Kuitusavi tuo materiaalille muodonmuutoskestävyyttä. Puristuskokeissa tämä on havaittavissa siitä, että lujittuneen koekappaleen muodonmuutos (%) on varsin korkea saavutettaessa murtolujuus.
- Kuitutuhka on myös routaa eristävä materiaali, ja kuitutuhkaosuuksilla on voitu oleellisesti pienentää routanousuja. Tämä on voitu todeta esimerkiksi seurattaessa Rajalantien rakenteiden routanousua ja lämpötiloja seurantatutkimuksissa vuosina 1996–2002 ja Pihtisalmentien lämpötilaseurannassa.
- Kuitutuhkaseoksessa tulee lentotuhkan osuuden olla vähintään 50 %. Kuitutuhkan lujittuminen perustuu sen sisältämän lentotuhkan ominaisuuksiin ja reaktiivisuuteen (lisäksi tietenkin käytettäviin muihin sideaineisiin, kuten sementtiin tai masuunikuonaan). Lentotuhkaa sisältäviä massoja käytettäessä on ratkaiseva merkitys rakenteen käyttäytymiseen sillä, kuinka nopeasti eri komponenttien sekoittamisen ja (tarvittavan) veden lisäyksen jälkeen massat levitetään ja tiivistetään kohteessa. Mitä suurempi viive, sitä helpompi on lujittumisen tulos. Tämä tuli ilmi mm. Jämsän Tyryn paikallistien koekohdetta toteutettaessa.

- Kokemukset ovat myös osoittaneet, että kuitutuhkarakenteen päällä tulee olla riittävän jäykkä kerros, esimerkiksi vähintään 200 mm murskekerros kulutuskerroksena.
- Oikea levitys- ja tiivistysmenetelmä ovat avainasioita.
  - Asfaltinlevittimillä työ on toteutettavissa osakerroksissa; esim. 300 mm ollessa tavoitepaksuutena tarvitaan kaksi levityskertaa.
  - Rakenteen alla olevat kerroksien tulee olla raekokojakaumaltaan soveltuvia (esimerkiksi tasarakeinen hiekka ei sovellu) – kuitutuhkan tiivistäminen edellyttää riittävän kantavaa rakennuspohjaa.
- Rakenteessa tulee olla riittävä sivukallistus vedenpoistumisen varmistamiseksi.
- Määritettäessä kuitutuhkamateriaalien liukoisuutta läpivirtaus- I. kolonnites- tin avulla, on todettu, että eri alkuaineiden liukoisuudet ovat pieniä. Pilotti- ja koekohteiden ympäristöseuranta on perustunut, kohteesta riippuen, maa- , pintavesi-, kaivo- ja pohjavesinäytteisiin. Näytteistä on analysoitu pääasi- assa alkuainepitoisuuksia, usein myös mm. sulfaatti ja TOC. Näiden seuran- tatulosten perusteella kuitutuhkarakenteet eivät lisäisi ympäristökuormituk- sia. Toisaalta rakenteet on sijoitettu siten, että niistä ei tulisi olla mitään ris- kiä ympäristölle. Mahdollisia haittavaikutuksia ja ympäristöriskejä liittyy il- meisesti lähinnä kuitutuhkan lentotuhkakomponentin kuljetuksiin ja käsitte- lyyn (pölyäminen) – sekä tietysti tarvittavan aktivaattorin, kuten sementin valmistukseen (energian kulutus) ja käsittelyyn (pölyäminen).

## Lentotuhkarakenteet

Massiivirakenteista lentotuhkarakenteita on toteutettu pisimpään ja niistä on jo runsaasti tietoa. UUMA-inventaarin yhteydessä on kerätty tietoa seuraavista perus- korjatuista ja parannetuista tiekohteista, joissa lentotuhkaa on käytetty (luku 3.3.2):

- Metsäkulman paikallistie, Korja, peruskorjaukset 1998 ja 2001. Lentotuhkaa on käytetty vuonna 1998 kolmessa rakenteessa ( osuudet 115 – 145 metriä) ja vuonna 2001 kahdessa eripaksuisessa rakenteessa ja 500 metrin osuudessa. Vuoden 1998 kohteissa on käytetty sekä puun ja turpeen poltosta että kivihii- lenpoltosta syntyneitä tuhkia; vuoden 2001 kohteessa on vain kivihii- len polton tuhkia sekä rikinpoiston lopputuotetta (kipsiä).
- Knutersin paikallistie, Sipoo, 1997. Kohteessa on käytetty kivihii- lenpolton lento- tuhkaa sellaisenaan, sementillä stabiloituna ja rikinpoiston lopputuotteeseen seostettuna kolmella suhteellisen lyhyellä osuudella (80 – 100 metriä), kanta- vassa, jakavassa ja suodatinkerroksessa.
- Ylilakka-Kourilehto paikallistie, Tornio, 1999. Puun ja turpeen polton tuhkillä on kohteessa toteutettu kaksi tuhkarakennetta, toinen 100 ja toinen 150 metrin osuudella (stabiloimaton ja stabiloitu tuhka).

Merkittävimmät havainnot liittyen lentotuhkan käyttöön rakennekerrosmateriaalina ovat seuraavia:

- Rakenteet, joissa on käytetty lentotuhkaa jakavassa tai kantavassa kerrok- sessa ovat yleensä toimineet teknisesti hyvin. Myöskään ympäristön kan- nalta ei ole ollut aihetta toimenpiteisiin.

- Stabiloidun ja usein myös stabiloimattoman lentotuhkarakenteen lujuus kasvaa melko pitkällä aikavälillä, ja samoin tapahtuu myös rakenteen kantavuuden kehittämisessä.
- Kun kohteissa on käytetty kasalla varastoitua tuhkaa, joka on todennäköisesti menettänyt merkittävän osan aktiivisuudestaan varastoinnin aikana, voidaan saada poikkeuksellisen huonoja lujuus- ja kantavuustuloksia. Tämän vuoksi on tuhkarakenteiden tuotteistamiseksi luotava tuhkan varastointiin ja säilytykseen toimintaohjeet.
- Tekniset ongelmat ovat yleensä liittyneet joihinkin sellaisiin tekijöihin, joita ei ole osattu ottaa huomioon rakennetta suunniteltaessa – tai rakentamisen yhteydessä tapahtuneisiin huolimattomuuksiin tai virheisiin. Esimerkiksi Knutersin kohteen stabiloimattomien lentotuhkarakenteiden pinnan pehmeneminen osoittaa, että jäätymis-sulamiskestävyys ei ole riittävä kantavan kerroksen yläosassa ilman sideainetta. Koerakenteista saatu tulos on yhtenevä laboratoriossa tehtyjen ennakkokokeiden kanssa, jotka ovat osoittaneet, että pienikin sideainelisäys parantaa oleellisesti jäätymis-sulamiskestävyttä. Vaikka stabiloidun lentotuhkan normaalisäilytyksen jälkeinen puristuslujuus on selvästi LT + RPT –seosta pienempi, sen jäätymis-sulamiskestävyys on kuitenkin parempi. Tämä puolestaan osoittaa sen, että pelkkä puristuslujuus ei kerro rakenteen jäätymis-sulamiskestävydestä mitään.
- Erilaiset testatut rakenteet osoittavat, että kantavien lentotuhkarakenteiden päällä tarvitaan vähintään 150 mm murskekerros. Lisäksi tuhka-, kuitutuhka- ym. rakentamisessa on varmistettava rakenteen riittävästä kallistumisesta, jotta rakenteen pinnalle kulkeutuva vesi pääsee poistumaan sivulle. Esimerkiksi lentotuhkakerroksen alhainen vedenläpäisevyys (LT noin  $10^{-7}$  m/s ja LT + RPT noin  $10^{-8}$ ... $10^{-9}$  m/s) saattaa muussa tapauksessa kerryttää vettä lentotuhkakerroksen pinnalle, mikä vähitellen aikaansaa pehmenemistä ym. haittavaikutuksia.

### **Kipsituhkarakenteet**

Tässä tapauksessa kipsituhka (luku 3.3.3) on Yara Suomi Oy:n Siilinjärven fosforihappotehtaan tuotantoprosessissa muodostuvan sivutuotteen, fosfokipsin, ja turpeen poltossa muodostuvan lentotuhkan seos. Kipsituhkakohteena on Käänninniementielle (Maaninka, 1999) toteutettu runsaan 1600 metrin pituinen massiivirakennekerros kipsituhkasta (fosfokipsi 83,5%+lentotuhka 12,4%+masuunisementti 4,1%, 200 mm). Maaningan kipsituhkarakenteet ovat varmaankin ainoat tiedossa oleva kipsituhkaan perustuvat massiivirakenteet. Tien kantavuus puutteen korjaaminen onnistui kohteessa (kantavuus kasvoi noin 1,5-kertaiseksi lähtötilanteeseen nähden). Seoksen alhainen tuhkaosuus on kuitenkin johtanut 9 käyttövuoden jälkeen siihen, että kantavuuslisää ei ole enää hyödynnettävissä. Rakenteen lujuus on enää noin 1/3-osaa vuosi valmistumisen jälkeiseen lujuuteen nähden.

Vastaavia kohteita toteutettaessa parantaa lentotuhkan osuuden lisääminen (yli 40 % osuudeksi) materiaalin lujuutta ja pitkäaikaista kestävyttä. Kipsituhkakerroksen päälle toteutettiin vain 70 mm paksuinen murskekerros. Tämä ohut kerros on osittain uponnut kipsituhkakerroksen pintaosaan kelirikkojen ja hoitotoimenpiteiden yhteydessä. Oletettavaa on, että murskekerroksen kosteus nousee kelirikon yhteydessä ja tämä nostaa myös kipsituhkakerroksen pintaosan kosteutta. Kipsituhkarakenteen pitkäaikaiskestävyyttä voidaan parantaa riittäväillä yläpuolisilla kerroksilla.

## Kuonarakenteet

Kuonarakenteet ovat massiivirakenteita, joissa on käytetty Outokumpu Stainless Oy:n Tornion yksikön ruostumattoman teräksen valmistuksessa muodostuvia terässulattokuonia (luku 3.3.3). UUMA-inventaarin seurannassa olleet kohteet ovat:

- Yliliakka-Kourilehto paikallistielle, Tornioon, vuonna 1999 toteutettu stabiloitu, 150 metrin pituinen massiivirakenne.
- Valtatien 4:lla (Keminmaa, v. 2005) toteutettu massanvaihto terässulattokuonarakenteena.

UUMA -inventariseurantakohteet Torniossa ja Keminmaassa vahvistivat tiedon näiden tuotteiden teknisestä ja ympäristöllisestä käyttökelpoisuudesta. Nämä tuotteet ovat osoitus sivutuotteiden tarjoamien mahdollisuuksien hyödynnettävyydestä.

Tornion jo yhdeksän vuotta vanha terässulattokuonaan perustuva koekohde on toistaiseksi antanut erittäin rohkaisevia tuloksia. Rakennekerrosten lujuudet ovat vuonna 2008 testattujen näytteiden perusteella edelleen kohtalaisen korkeita. Kantavuusmittausten perusteella terässulattokuonan kantavuuksissa ei ole tapahtunut vuosien aikana suuria muutoksia. Tasaisuusmittaustulosten perusteella tien kunto vaihtelee hyvän ja erittäin hyvän välillä. Ympäristöseurantaa on tehty pohja- ja orsivesinäytteiden avulla. Vuonna 2007 otetuissa vesinäytteissä, myös vertailurakenteen kohdalta otetuissa, on yleisesti todettu koholla olevia raudan ja mangaanin ja monissa näytteissä myös alumiinin pitoisuudet. Nimenomaan kuonarakenteen aiheuttamaa lisäkuormaa ympäristölle ei ole ollut havaittavissa

Destian arvion mukaan käytetyt VT4:ssä Keminmaalla v. 2005 käytetyt kuonamateriaalit soveltuvat hyvin normaaliin tierakentamiseen. Materiaalien ominaisuudet mahdollistivat niiden päällä liikennöinnin heti kevyen tiivistämisen jälkeen.

## Rikastushiekka-tuhkarakenne

Rikastushiekka-tuhkarakenteena (luku 3.3.3) on seurannassa ollut yksi kohde, Vihtola-Jäkkö – tie-osuus (Lappeenranta, rakennettu v. 2006). jossa rikastushiekka-tuhkaseos on alemman kantavan kerroksen materiaalina noin 400 metrin osuudella. Rikastushiekka on muodostunut Nordkalkin Lappeenrannan tuotantoyksikössä ja lentotuhkana on käytetty puun ja turpeen sekapolton tuhkaa. Rikastushiekkaa on tutkittu aikaisemmin mm. suodatinkerrosmateriaalina (ks. luku 3.3.3).

Tämän Vihtola-Jäkkö -kohteen seuranta-aika on liian lyhyt lopullisten johtopäätösten tekemiseen. Kyseessä on poikkeuksellisesti uudisrakenne, jonka eri kerrokset ja niiden toteutustapa on dokumentoitu (tavanomaisesti parannuskohteissa vanhan rakenteen kerrokset ovat osin suunnittelemtomia ja osin myös sekoittuneita).

Nordkalk Oy:n Lappeenrannan kaivoksen rikastamoilla, kalsiitin rikastuksessa, muodostuvaa rikastushiekkaa on kuitenkin tutkittu hyötykäytön kannalta vuodesta 1997 lähtien sekä laboratorio- että kenttäkokein. Näiden perusteella rikastushiekka on routimatonta materiaalia eikä sisällä ympäristölle haitallisia aineita ja yhdisteitä. Rikastushiekan käytölle tie- ja katurakenteiden suodatinkerroksessa sekä kaato- paikkarakenteissa on laadittu suunnittelu- ja mitoitusohjeet jo vuonna 2002 (Kujala 2002). Rikastushiekka on kaiken kaikkiaan lupaava, monipuolisesti käytössä oleva materiaali joko sellaisenaan tai lentotuhkan kanssa seostettuna.

Vihtolantien toteutuksessa esiintyi jonkin verran ongelmia ja poikkeamia suunnittelusta, mikä voi ainakin rikastushiekka-tuhka rakenteen osalta vaikuttaa heikentävästi lopputuloksen laatuun. Sekoitustyön ja massojen käytön välinen aikaviive oli tavoiteltua paljon pitempi, vaikka massojen laatu sinällään saatiinkin pysymään hyväksyttävällä laatutasolla. Työn toteutus poikkesi muutenkin oleellisesti työh-



jeissa esitetystä, mikä osaltaan vaikuttaa lopputuloksen laatuun. Kokonaisuudessaan rakentamisen toteutuksen voidaan katsoa onnistuneen vain kohtuullisesti ja on mahdollista, että stabiloidun rakenteen laadussa nähdään edelleenkin esiintyvän vaihtelua.

Käytettävän sivutuotemassan sekoittaminen sekä massan levitystekniikka ovat hyvin oleellisia tekijöitä onnistuneen, kestäväen rakenteen aikaansaamiseksi. Stabiloitu rikastushiekka (kuten myös muut stabiloidut massiivisivutuotekerrokset) tulisi levittää levittimellä, jolloin kerroksen päällä liikkuminen ennen tiivistämistä jää kokonaan pois. Käytetyt asfaltinlevittimet eivät sovellu kerralla tapahtuvaan levitykseen vaan edellyttävät levityksen (ja tiivistyksen) vaiheistamista kahteen osakerrokseen.

Keväällä 2007 mitattu kantavuus oli noin 360 MPa rikastushiekka-tuhka rakenteelle. Kantavuusmittaustuloksissa on hajontaa. Tässä vaiheessa on liian varhaista arvioida sitä, mistä hajonta johtuu. Kantavuusmittauksia onkin syytä jatkaa. Muutenkin on toivottavaa, että Vihtolantien kohteet (vertailuosuuksineen) ovat pitempään mukana tiepiirin seurantaohjelmassa, ml. IRI- ja URA-mittaukset sekä vaurioinventoinnit.

## Kerrosstabilointirakenteet

Kerrosstabilointi on tehokas ja ympäristön kannalta turvallinen ratkaisu sorateiden ja vastaavien teiden peruskorjaukseen. Kerrosstabilointi on UUMA-ratkaisu käytettäessä sideaineita, jotka perustuvat sopiviin teollisuuden sivutuotteisiin, mutta myös sen takia, että stabiloimalla parannetaan olemassa olevan maarakennekerron (eli olemassa olevan maa- tai maarakennemateriaalin) ominaisuuksia. UUMA-inventaarin seuranta tutkimuksissa oli viisi eri ikäistä kohdetta (luku 3.3.4):

- Kantatie 87 Rautavaara-Nurmes (Rautavaara, 2004). Kohteessa toteutettiin yhden kilometrin osuudella neljä kerrosstabilointia jotka eroavat toisistaan stabilointisyvyyksien (200 ja 250 mm) ja tasausmurskeen käytön osalta. Sideaineena (12 % runkoaineen kuivamassasta) käytettiin kipsin, lentotuhkan ja masuunikuona-sementin seosta. Vertailurakenteena on teräsverkkorakenne. Rakenne on päällystetty (PAB-B16/100).
- Käänninniementie (Maaninka, 1999). Kohteessa on Rautavaaran kohdetta aikaisemmin testattu kerrosstabilointia kipsi-lentotuhka-masuunisementti-sideaineella (12 % runkoaineen kuivamassasta) ja erittäin hyvin tuloksin. Stabilointi on toteutettu lähes 1700 metrin osuudella (200 mm stabilointisyvyys). Osuutta ei ole päällystetty vaan se on peitetty murskeella (70 mm).
- Sohlbergintie (Inkoo, 2000). Tässä kohteessa stabilointi tehtiin kivihiilen polton lentotuhkan ja rikinpoiston lopputuotteen sekä sementin seoksella (7 %). Stabiloidun osuuden pituus on 1500 metriä ja vertailurakenteena on vaahtobitumi-stabilointi.
- Kuohijoki-Kyynärö -maantie (Luopioinen, 2002). Runsaan 12 kilometrin tieosuudesta kerrosstabiloitiin 7,7 kilometriä käyttäen kolmea eri sideaineseosta (10 % stabiloitavan runkomateriaalien kuivamassasta): A. lentotuhka+yleissementti 3:2; B. lentotuhka+FTC 3:2; E. lentotuhka+rikinpoiston lopputuote+sementti 3:3:4.
- Teuroisten paikallistie (Elimäki, 2006). Tässä kohteessa kerrosstabilointi on toteutettu lentotuhkan ja sementin seoksella. Kerrosstabiloitu, runsaan kahdeksan kilometrin pituinen kohde on päällystetty (osittain PAB, osittain AB).

UUMA-materiaaleihin l. erityisesti teollisuuden sivutuotteisiin perustuva kerrosstabilointi on taloudellinen ja teknisesti toimiva ratkaisu. Kerrosstabilointirakenteen tekniset ominaisuudet ja rakenteen odotettavissa oleva pidempi kestoikä tekevät ker-

rosstabiloinnin useimmiten kilpailukykyiseksi ratkaisuksi verrattuna perinteiseen murskerakenteeseen, kun huomioon otetaan rakenteen elinkaaren aikaiset kunnossapitokustannukset. Lisäksi on otettava huomioon ympäristövaikutukset. Kerrostabiloinnissa selvittää useimmiten oleellisesti vähemmällä massojen kuljetuksilla, ohuemmilla rakennepaksuuksilla ja pienemmällä kiviainemäärällä, täten pienemmällä energiankulutuksella – jota tosin mahdollinen sementin tarve lisää - ja uusiutumattomien luonnonvarojen käytöllä.

Tuhkan tai tuhkan ja rikinpoiston lopputuotteen seoksen käytöstä sideaineena (esim. Inkoo, Kuohijoki-Kyynärö, Teuroinen) on voitu todeta että:

- Tuhka-RPL-YSe –stabilointi onnistuu sekä työtekniisesti että laadullisesti hyvin. Valmista rakennetta tuotetaan noin 400 metriä päivässä.
- Tuhkastabiloinnilla saavutetaan kantavuustaso, mikä on esim. vaahtobitumistabilointia korkeampi
- Stabiloinnilla pystytään vaikuttamaan tien kuntotasoon positiivisesti. Stabiloidun kerroksen ominaisuudet säilyvät suhteellisen pitkään
- Ympäristökelpoisuuteen liittyneet liukoisuustutkimukset samoin kuin pohjavesien ja maaperänäytteiden seuranta aikaisempina vuosina osoittavat, että tuhkan käyttö sideaineena ei ole ympäristöllinen riski.
- Murskeen vaihtoehtona käytettävien sivutuotteiden saatavuus, varastointi ja kuljetusmatkat vaikuttavat siihen, onko niiden käyttö taloudellisesti järkevää. Kustannuksia syntyy lentotuhkan kuljettamisesta ja välivarastoinnista, sementistä sekä sideaineseoksen sekoittamisesta, kuljetuksesta kohteelle ja sekoitusjyrsinnästä. Perinteisessä rakentamisessa raskaimmat kustannustekijät liittyvät kiviaineksen, kuten murskeen, tuotantoon ja kuljetuksiin.

Kipsituhkan käyttö kerrostabiloinnin sideaineena (Maaninka ja Rautavaara):

- Fosfokipsi+lentotuhka+masuunisementti on toimiva sideaineseos, jolla on hyvät pitkäaikaislujuusominaisuudet.
- Työn toteutus onnistuu hyvin, vaikka sääolot olisivat hankalat; esim. ainakaan vähäinen sade ei estä työskentelyä.
- Sideaineen sekoitus onnistuu myös asfalttiasemalla. Tulevissa projekteissa voisi sekoittamiseen kokeilla tehokkaampaa jatkuvatoimista sekoitinlaitteistoa. Myös aumasekoitinta on mahdollista käyttää.
- Asfalttilevitin- ja jyrsinstabilointilaitteet ovat tehokkaita välineitä ja antavat työlle hyvän laadun. Sideaineseoksen sekoittamiseksi rakenteeseen jyrsinstabilointitekniikka on hyvän lopputuloksen kannalta itse asiassa välttämätön.
- Päälyste voidaan tehdä suoraan stabiloinnin päälle. Tämä on sekä edullisempi että teknisesti toimivampi vaihtoehto kuin tasausmurskeen käyttö edellyttäen, että päällystystyö voidaan tehdä nopeasti stabiloinnin jälkeen.
- Rautavaaran kohteessa on voitu konkreettisesti todeta, että kerrostabilointi ei voi estää routanousuja. Routanousu on aiheuttanut siellä asfaltin halkeilua. Monesti on voitu todeta, että roudan sulaessa halkeamat painuvat kiinni. Pitkän aikavälin vaikutuksia ei tunneta, joten seurantaa tulee voida jatkaa.
- Rakennuskustannuksiltaan kipsistabilointi tulee isommissa kohteissa jonkin verran edullisemmaksi kuin teräsverkkorakenne (projektin laskelmat).
- Kipsistabiloinnilla saadaan selvästi paremmat kantavuudet kuin teräsverkkorakenteella. Teräsverkkoa käytettäessä kantavuuslisäys oli hieman yli 20 MPa, kun 200 mm kipsistabiloinnilla saatiin 320 MPa ja 250 mm stabiloinnilla liki

500 MPa kantavuuslisäykset. Seurannan perusteella kipsistabiloinnilla saavutetut ominaisuudet myös säilyvät hyvin.

Sideainekomponenttien laadun säilyvyys on tärkeää. Esimerkiksi tuhkan välivarastointi suurempina määrinä kuivana on täysin mahdollista, kunhan työ toteutetaan hallitusti ja varastoauoma suojataan muovilla myös alapuolelta.

#### 4.4 Jatkoitoimenpiteet

UUMA-inventaariprojektissa on saatu tietoja erityisesti teollisuuden sivutuotteista ja niiden hyödyntämismahdollisuuksista. UUMA-kehitysohjelman keskeisenä tavoitteena on UUMA-materiaalien hyödyntämisen lisääminen niin, että luonnon kiviainesten käyttö vähenee. Teollisuuden sivutuotteiden ja huonolaatuisten maa-ainesten monipuolisella hyödyntämisellä päästään tehokkaimmin tähän tavoitteeseen. Näiden materiaalien tehokkaampi hyödyntäminen edellyttää toimenpiteitä, joilla ne saadaan tasaveroiseen asemaan perinteisten maarakennusmateriaalien rinnalle. Tämä puolestaan edellyttää erityisesti tuotantokonseptien, ohjeistuksen, lainsäädännön ja hankintamenettelyjen kehittämistä.

UUMA-materiaalit ja maarakentamisen tarpeet vaihtelevat alueittain, joten konkreettinen keino edistää UUMA-rakentamista on alueellisten UUMA-pilotti ja –tuotteistushankkeiden toteuttaminen. Tämän lisäksi tarvitaan

- lainsäädännön kehittämistä siten, että se mahdollistaa UUMA-materiaalien monipuolisen hyödyntämisen tasaveroisina vaihtoehtoina neitseellisille luonnonmateriaaleille
- ohjeistusta,
- tiedotus- ja koulutustoimintaa sekä
- menettelyjä eri maarakennusratkaisujen elinkaaren tai tietyn elinkaarijakson aikaisten (merkitsevien) ympäristövaikutusten ja kustannusvaikutusten laske-  
miseksi.

Edellisiä seikkoja täydentäen erityisiä jatkotoimenpiteitä tarvitaan mm. seuraavissa asioissa:

- Lisää tietoa lupaavimpien UUMA-rakenteiden pitkä-aikaiskäyttäytymisestä ja –kestävyydestä konkreettisten pilottihankkeiden kautta. Vanhimmat sellaiset koerakenteet, joista on olemassa dokumentoitua seurantatietoa, ovat 1990-luvun puolivälissä toteutettuja ja siten vielä nuoria verrattuna tierakenteilta odotettavissa olevaan käyttöikänsä. Kestävyyden ja kunnossapitotarpeen määrittäminen kiinnostaa myös elinkaaritutkimusten kannalta: toistaiseksi on jouduttu turvautumaan oletuksiin ja herkkyysanalyysiin.
- Elinkaaritarkasteluissa (LCC, LCA) tarvittavan primaaridatan saaminen edellyttää vielä seikkaperäistä tiedon keruuta materiaalien tuotannosta, varastoinnin eri vaihtoehtoista, ja rakennuskohteissa tapahtuvista prosesseista ja toiminnoista (toki myös perinteisen rakentamisen eri vaihtoehdot on tutkittava vastaavalla tarkkuudella). Konkreettisten pilottihankkeiden kautta voidaan tätäkin tietoa kerätä.
- Elinkaaren tai tiettyjen rakenteiden käyttöikänsä suhteutettujen elinkaarijaksojen ympäristö- ja kustannusvaikutusten tekemiseksi tarvitaan laskentamallit ja datapankit Kaupalliset laskentaohjelmat, joiden sisältöä joudutaan jatkuvasti päivittämään, eivät ehkä vielä tässä vaiheessa ole käyttökelpoisia.

- UUMA-materiaalien paikkatietojärjestelmien kehittäminen ja ylläpito, sekä Rambollilla että esimerkiksi GTK:lla. UUMA-paikkatietojärjestelmän ylläpidon järjestelmiseksi on suunnittelu käynnissä Rambollilla.
- Ympäristökelpoisuuden määrittäminen kentällä on perustunut pääosin maa- ja vesinäytteiden analyysihin perustuviin seurantatutkimuksiin. Tulokset eivät ole kaikissa tapauksissa olleet yksiselitteisiä, kun tutkittavien kohteiden ympäristö ja liikenne vaikuttavat tuloksiin. UUMA-materiaalien ympäristövaikutusten seurantaan tarvitaan ohjeistusta, jota noudattamalla saadaan luotettavia tuloksia ja jota on mahdollista soveltaa tulevaisuuden pilottihankkeissa.
- Kerrosstabiloinnin mahdollisuuksia on hyödynnettävä:
  - Kerrosstabilointi sivutuotteita hyödyntäen on kehittynyt työmenetelmiltään ja sideaineratkaisuiltaan. Pilotti- ja koerakentamisen seurannan myötä on mahdollista saada edelleen tietoa eri tyyppisten kohteiden rakenneratkaisujen pitkäaikaisesta toimivuudesta sekä kulutuksenkestävyyden että olosuhdekestävyyden kannalta.
  - Tähän mennessä toteutetut rakenneratkaisut rohkaisevat soveltamaan teknologiaa tavanomaisena kerrosrakenteena, ja jatkossa kokonaisvaltaisena ratkaisuna eriaosteisten teiden ja kenttärakenteiden parantamiseen.
  - Kerrosstabilointi voi olla myös ratkaisu tien parantamiseksi yksittäistä kuormitustilanteen muutosta varten. Tämän kaltaisia kuormitustilanteita muodostuu esimerkiksi alemmalle tieverkolle esimerkiksi raaka-ainekuljetusten tai tuotantolaitosten rakentamisen yhteydessä. Nykyisissä suurhankkeissa (esimerkiksi ydinvoimala, kaivokset) on myös aineksia tämän tyyppiseen liikennekuormituksen hetkelliseen huippuun rakentamisaikana. Rakennetussa toimintaympäristössä kerrosstabilointirakenteissa ei tarvita oleellisesti uusia kiviainesvaroja, mikäli niiden saatavuus on rajoitettu.
  - Sivutuotteita käyttäen kerrosstabiloinnissa saavutettavissa olevia lujuusominaisuuksia ja kantavuuden lisäystä ei voida hyödyntää täysimääräisesti alemmalla tieverkolla. Tämä on kuitenkin mahdollista vaativammissa kohteissa, kuten satamakentillä, mistä on hyvänä esimerkkinä Vuosaari. Vuosaarissa satamakenttä stabilointiin lentotuhka- ym. sivutuotteilla, ja tämän seurauksena voitiin alentaa asfalttipäällysteen paksuutta oleellisesti.
  - Sivutuotteisiin perustuvan kerrosstabiloinnin suunnittelu- ja rakentamistoimintajärjestelmä on niin kehittynyt, että on mahdollista toteuttaa pilottirakenteita myös ylemmällä tieverkolla. Nämä pilottirakenteet avaisivat rakenneratkaisun kehittelyn tulevaisuudessa myös kohteisiin, jossa kantavuuden lisäys voitaisiin hyödyntää sekä teknisesti että taloudellisesti. Kun kerrosstabilointia voidaan hyödyntää siten, että bitumilla sidottu päällystekerros ohentuu, niin rakenne on sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti mitattuna tulevaisuuden rakenne.
  - UUMA-inventaarissa tarkastellut kohteet antavat yksiselitteistä tietoa kerrosstabilointi rakenteen lujuuden pitkäaikavälin paranemisesta ja toisaalta lujuuden säilymisestä erityisesti lentotuhkaan, masuunikuonaan ja kipsiin perustuvilla sideaineresepteillä. Syksyllä 2008 on rakennettu Kuusankoskella katurakenne, jossa on toteutettu kerrosstabilointi (kantava, uusi murske) massiivituhrakenteen päälle (jakava). Tässä rakenteessa tavoitellaan päällystekerroksen vahvuudessa säästöjä. Tästä kohteesta saatava seurantatieto on syytä hyödyntää, kun lähdetään suunnittelemaan uusia pilottikohteita.
  - Kerrosstabilointia voi soveltaa myös siten, että vanha rakenne stabiloidaan ja sen päälle tehdään uusilla massoilla toinen stabilointi. Ratkaisussa paran-

netaan nykyistä tierakenteen yläosaa ja lisätään kerrospaksuutta tavalla, joka voisi olla hyödynnettävissä päällystepaksuuden ohentamisena. Nykyiset materiaalit tulee hyödynnettyä UUMA-kantavana/-jakavana. Murskelisäyksen määrää on pienempi UUMA-kantavan yläosassa eli vähennetään uuden kiviaineksen käyttöä. Päällysteen ohentuessa alhaisempi käytettävä sideainemäärä vähentää uusiutumattoman raaka-aineen käyttöä. Mikäli voitaisiin kehittää kestävyydeltään nykyisiä bitumiin perustuvia rakenneratkaisuja vastaavia sivutuoteratkaisuja, monet sivutuotteet tulevat tarkasteltavaksi uudella tavalla materiaalivirtana jätevirran asemasta.

- Kerrosstabilointia voi hyödyntää myös levennettäessä ohituskaistaa tai keskikaiteiselle tierakenteelle. Lisäkaistat voitaisiin rakentaa erillisinä (perinteisinä rakenteina toteutettuna varmistetaan kohteen toimintakelpoisuus) ja parantaa nykyinen tierakenne soveltaen kerrosstabilointia. Toisaalta toteutettaessa lisäkaistat leventämällä nykyistä tierakennetta voidaan vielä tehokkaammin hyödyntää kerrosstabiloinnin teknisiä ominaisuuksia.

## LIITETIEDOSTOT

Tiedosto-osoite: <http://raportit.ramboll.fi/uuma/>

tarkemmin UUMA-inventaarin raportit välilehti:

<http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/index.asp?fr=tul>

sisältää raportin liitetiedostot eli pdf-muotoiset raportit seurantakohteittain:

Tiedoston nimitys	UUMA-rakennetyyppi
Inkoo	Kerrosstabilointi sideaineena tuhkaseos
Jämsä Tyry	Kuitutuhka, massiivirakenne
Koria	Lentotuhka, massiivirakenne
Kuohijoki-Kyynärö	Kerrosstabilointi sideaineena tuhkaseoksia
Maaninka	Kipsituhka, massiivirakenne ja kerrosstabilointi sideaineena kipsituhkaseos
Pihtisalmentie	Kuitutuhka, massiivirakenne
Rajalantie	Kuitutuhka, massiivirakenne
Rautavaara	Kerrosstabilointi sideaineena kipsituhkaseos
Sipoo Knuters	Lentotuhka, massiivirakenne
Teuroinen	Kerrosstabilointi sideaineena tuhkaseos
Tornio	Lentotuhka, massiivirakenne ja teräskuona, massiivirakenne
Vihtola-Jäkkö	Kuitutuhka, massiivirakenne
VT4_Keminmaa	Teräskuona, massiivirakenne

## KIRJALLISUUTTA JA VIITTEITÄ

**Aatos, Soile (ed.) 2003.** Luonnonkivituotannon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. Abstract: Environmental impact during the life cycle of Finnish natural stone production. Suomen ympäristö 656. Helsinki: Ympäristöministeriö. 188 p. Raportti on myös saatavana Kiviteollisuusliitto ry:n sivujen kautta: <http://www.finstone.com/ymposuus/luvat.htm>

**Ehdotus UUMA-kehitysohjelmaksi 2005.** Pentti Lahtinen, Pauli Kolisoja, Pirjo Kuula-Väisänen, Minna Leppänen, Harri Jyrävä, Aino Maijala, Marjo Ronkainen: Ehdotus UUMA-kehitysohjelmaksi 2006-2010. Suomen ympäristö 806, Ympäristönsuojelu, s. 34. ISBN 951-731-355-1 (PDF). Julkaisu on saatavissa vain sähköisessä muodossa.

**Heikkinen, P. M. (ed.); Noras, P. (ed.); Mroueh, U.-M.; Vahanne, P.; Wahlström, M.; Kaartinen, T.; Juvankoski, M.; Vestola, E.; Mäkelä, E.; Leino, T.; Kosonen, M.; Hatakka, T.; Jarva, J.; Kauppila, T.; Leveinen, J.; Lintinen, P.; Suomela, P.; Pöyry, H.; Vallius, P.; Nevalainen, J.; Tolla, P.; Komppa, V. 2005.** Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Espoo: Outokumpu; Tieliikelaitos; Maa ja Vesi; GTK; VTT 53, 165 p.

**Heikkinen, Päivi, M.; Aatos, Soile; Nikkarinen, Maria; Taipale, Riikka 2007.** Luonnonkivituotannon sivukiviin liittyvät ympäristövaikutukset ja ympäristökelpoisuuden testaaminen. 48 s., 29 liites. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, S/49/0000/2007/53

[http://thule oulu.fi/uuma/asiantuntijaryhma/\\$ejulk/UUMAKatsaus\\_osa1\\_031008\\_finaldraft.pdf](http://thule oulu.fi/uuma/asiantuntijaryhma/$ejulk/UUMAKatsaus_osa1_031008_finaldraft.pdf)

<http://www.nordicinnovation.net/article.cfm?id=1-853-586>

**Härmä T., Dahl O. ja Mäenpää I. (2005).** Suomen kaivostoiminnan ainevirrat ja sivuvirtojen hallinta. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Report 318. Oulu 2005

**Jyrävä ym. 2007:** Ecoroad – Ecological Utilisation of Industrial Waste Materials on Road Construction. Projektityhteenveto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, Kemiantelekniikan osasta. Julkaisu 175. Lappeenranta.

**KOM(2007)59, lopullinen.** Komission tiedonanto jätteistä ja sivutuotteista

**Korkiala-Tanttu L., Tenhunen J., Eskola P., Häkkinen T., Hiltunen M-R. ja Tuominen A. (2006).** Väylärakentamisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit; Ehdotus arviointijärjestelmäksi. Helsinki 2006. Tiehallinnon selvityksiä 22/2006. Verkkojulkaisuna [www.tiehallinto.fi/julkaisut](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut): ISBN 951-803-713-2

**KTM 2006.** Suomen kaivannaisteollisuus. Taustamuistio hallituksen iltakouluun 8.2.2006: "Valtiovallan linjaukset Suomen kaivannaisteollisuuden edistämiseksi".

**Kujala K. 2002:** Rikastushiekan käyttö kaatopaikkarakenteissa. Suunnittelu- ja mitoitusohje. Nordkalk Oyj ABp. 2002

**Kujala K. 2002:** Rikastushiekan käyttö tie- ja katurakenteissa. Suunnittelu- ja mitoitusohje. Nordkalk Oyj ABp. 2002

**Lahermo P., Tarvainen T., Hatakka T., Backman B., Juntunen R., Kortelainen N., Lakomaa T., Nikkarinen M., Vesterbacka P., Väisänen U. ja Suomela P.: Tuhat kaivoa – Suomen Kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999.** Geologian tutkimuskeskus. Espoo. Tutkimusraportti 155.

**Lahtinen P.** (2001). Fly Ash Mixtures as Flexible Structural Materials for Low-Volume Roads. Doctoral Thesis for Helsinki University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering. Published by Finnish Road Administration, Finnra Reports 70/2001

**Maijala, A.** (2008). Ecoroad - Elinkaaritarkastelut. Projektiraportti Lappeenrannan teknilliselle yliopistolle. <http://www2.lut.fi/kete/ecoroad/ajankohtaista.htm>

**Mäkelä Harri (2000)**, toim.: Sivutuotteet ja uusiomateriaalit maarakenteissa. Materiaalit ja käyttökohteet. Teknologiaakatsaus 91/2000. TEKES.

**NICE workshop 04-2008.** Construction Products – environmental safety and future challenges. Nordic Innovation Centre. Workshop 15-16.4.2008, Espoo. Seminaariaineisto.

**Nikkarinen, Maria Virpi Kollanus, Pauliina Ahtoniemi, Tommi Kauppila, Anne Holma, Marja Liisa Räisänen, Sari Makkonen ja Jouni T. Tuomisto (toim.), 3/2008** Metallien yhdenmety kohdekohtainen riskinarviointi

<http://www.uku.fi/ympti/monistesarja.shtml>

**Näätösaari Hanna (1998).** Liukoisuustestit Outokumpu Steel Oy:n Tornion tehtaiden prosessijätteiden hyötykäyttö- ja kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa. Tutkielma. Ympäristötiede. Kuopion yliopiston Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta.

**Rudus 2008.** Betoroc-murskeohje. Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun 1/2008. Rudus Oy.

**Räisänen, Mika; Venäläinen, Pirjo; Lehto, Hannu; Härmä, Paavo; Vuori, Saku; Ojalainen, Jukka; Kuula-Väisänen, Pirjo; Komulainen, Heikki; Kauppinen-Räisänen, Hannele; Vallius, Pekka 2007.** Rakennuskivitoiminnassa syntyvän sivukiven hyötykäyttö Kaakkois-Suomessa. Summary: The utilization of leftover stones from dimension stone quarries in southeastern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti Geological Survey of Finland, Report of Investigation 169

**Salonen S. ja Järvinen K. 2004:** Pilaantuneiden maiden kunnostuskustannukset Suomessa. Muistio 5.10.2004. Ramboll Finland Oy ja Suomen Ympäristökeskus.

**Sorvari Jaana (2000).** Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Suomen ympäristö 421/2000.

**TEM 239/2008.** Kaivos Hankkeiden valtion rahoitus sai linjaukset talouspoliittiselta ministerivaliokunnalta. Työ- ja elinkeinoministeriön tiedote 16.9.2008.

**TIEH 2100041-v-07.** Aarno Valkeisenmäki, Antero Nousiainen, Ulla-Maija Mroueh ja Esa Mäkelä: Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto. Verkkojulkaisu pdf. Saatavissa sähköisessä muodossa Tiehallinnon ([www.tiehallinto.fi/julkaisut](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut)) ja UUMA-kehitysohjelman www-sivuilta.

**TIEH 3200969-v.** Tieomaisuuden yhtenäinen kuntoluokitus. Tiehallinnon selvityksiä 57/2005. Verkkojulkaisu pdf ([www.tiehallinto.fi/julkaisut](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut))

**UUMA-esiselvitys 2005.** Pentti Lahtinen, Pauli Kolisoja, Pirjo Kuula-Väisänen, Minna Leppänen, Harri Jyrävä, Aino Maijala, Marjo Ronkainen: UUMA-esiselvitys. Suomen ympäristö 805, Ympäristönsuojelu, s. 121. ISBN 951-731-354-3 (PDF). Julkaisu on saatavissa vain sähköisessä muodossa.

**UUMA-ohjausryhmä (2008):** UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen Suomessa. Katsaus ohjauskeinoihin. Luonnos 3.10.2008.



## **Lainsäädäntö**

- Jätelaki 1072/1993
- Jäteasetus 1390/1993
- VNa 591/2006. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maa- rakentamisessa
- VNa 213/2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista
- STM 74/1994. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.
- STM 461/2000. STM:n asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista

## **Sähköpostit ja keskustelut**

Ainakin seuraavilta henkilöiltä on saatu arvokasta tietoa mm. UUMA-inventaariin liittyvistä materiaaleista ja rakenteista

Ahqvist Kirsi, Oulun Energia  
Ahonen Jukka, Skanska Asfaltti Oy.  
Bergman Tor, PVO  
Bäck Marja, Tiehallinto  
Haapamäki-Syrjälä Jonna, Metsä Tissue Oyj, Mänttä  
Hakulinen Aki, Vaskiluodon Voima Oy Seinäjoki  
Hemminki Toni, Rautaruukki Oyj  
Henttonen Jari, Gyproc Oy  
Hietikko Hannu, Forssan Energianmyynti Oy  
Honkimäki Mikko, Kanteleen Voima Oy  
Hämäläinen Sanna, Metsä-Botnia Oy  
Härmä Tiina, Thule-instituutti / Oulun yliopisto  
Jaakkonen Satu, SYKE  
Jokinen Timo, Pori Energia Oy  
Jokio Mikko, Stora Enso Oyj  
Junnikkala Saku, Boliden Harjavalta Oy  
Jussila Ilkka, Tekes  
Jämsä, Heikki. Asfalttiliitto  
Kallionpää Tuomo, Tiehallinto  
Kangastalo Juha, Kemira Oyj  
Karhunen Heikki, Wienerberger Oy

Karppinen Jukka, Metsä-Tissue Oyj  
Karsisto Seppo, UPM-kymmene Oyj  
Karstinen Timo, Mäntän Energia Oy  
Kauppinen Maarit, Kainuun Voima Oy  
Kettunen Jukka, M-real  
Kiiskila Niilo, VAPO  
Kivela Matti, Lahti Energia Oy  
Klemetti Teemu, Stora Enso Oyj Imatran tehtaat  
Knuutinen Juha, Kuopion Energia Oy  
Komokallio Hannu, M-real  
Komulainen Vilho, Stora Enso Oyj Oulun tehtaat  
Konstari Olli, Kemira Pigments Oy  
Kontinen Ville, Georgia-Pacific Nordic Oy  
Koskinen Lauri, Fortum Power and Heat Oy  
Kotilainen Ari, Pankaboard Oy  
Kovanen Juha, Savon Sellu Oy  
Kovanen Uulla-Maija, M-real  
Kukkamäki Esko, UPM-kymmene Oyj  
Kukkamäki Markku, SYKE  
Kukkonen Heini, Stora Enso Oyj  
Kuronen Kari, Tiehallinto  
Kuru Hanna, UPM-kymmene  
Kuusipuro Kari, Nordkalk Oyj  
Käki Jorma, Lahden kaupunki  
Kärkkäinen Timo, Loparex Oy  
Laitila Jarmo, Tampereen Sähkölaitos  
Laitinen Kari, Wienerberger Oy  
Lehtinen Jukka, Turku Energia Oy  
Lehtonen Katja, Rudus Oy  
Lerssi Pirjo, Rautaruukki Oyj  
Lintunen Asko, Etelä-Savon Energia Oy  
Loukonen Matti, Vaskiluodon Voima Oy Vaasa  
Maattanen Antti, Rudus Oy  
Makkonen Sakari, VAPO  
Manskinen Kati, Stora Enso Oyj  
Marin Jukka, Kumpuniemen Voima Oy  
Marja Laavisto, Tiehallinto  
Merilento Kirsi, SYKE

Monto Heikki, Stora Enso Oyj  
Munukka Kaisa, Pankaboard Oy  
Müller Jenny, Sunila Oy  
Nickull Stig, Alholmens Kkraft Oy  
Niemelä Minna, Turku Energia  
Nikkarinen Maria, Geologian tutkimuskeskus  
Nikolai Sanna, Rautaruukki Oyj  
Nordlund Kathrin, Proma-palvelut Oy  
Nurmesniemi Hannu, Stora Enso Oyj Veitsiluodon tehtaat  
Nykänen Kai, Boliden Kokkola Oy  
Outinen Pia, Stora Enso Oyj  
Pajukallio Anna-Maija, Ympäristöministeriö  
Partanen Mervi, Stora Enso Oyj  
Parviainen Kari, Säteri Oy  
Parviainen Timo, Outokumpu Stainless  
Pekkola Marko, M-real  
Peltonen Erkki, Myllykoski Paper Oy  
Pihl Håkan, Nordkalk Oyj  
Pitkäranta Sini, M-Real Joutseno BCTMP  
Posti Tarmo, Lapin tiepiiri  
Puharinen Jarmo, Tiehallinto  
Pulkkinen Matti, Pyhäsalmi Mine Oy  
Pyy Outi, SYKE  
Rautalahti Timo, M-real  
Reinikainen Satu-Pia, Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Riippi Seppo, Tiehallinto  
Rinnasto Ahti, Vaskiluodon Voima Oy  
Ronkainen Ari, VAPO  
Rovio Teppo, Stora Enso Oyj  
Rämö Pia, Finnsementti Oy  
Saari Kari, UPM-kymmene Oyj  
Saarinen Olavi, Helsingin Energia  
Sarivaara Jouko, Stora Enso Oyj  
Savelainen Martti, M-real  
Savolainen Heikki, Kainuun Voima Oy  
Selin Pirkko, Vapo Oy  
Siilanen Risto, Sasmox Oy  
Siirama Lauri, Kemphos Oy

Simpura Esa, UPM-kymmene Oyj  
Sjöberg Harry, Suomen Rengaskierratys Oy  
Soikkeli Jaakko, Finncao Oy  
Sormunen Tapio, Fortum Power and Heat Oy, Joensuu  
Suortti Hannu, Kotkan Energia Oy  
Svenfors Ben, Outokumpu Chrome Oy  
Talvio Arvo, PVO-Lämpövoima Oy, Tahkoluodon voimalaitos  
Talvio Raino, Mäntän Energia Oy  
Tammi Pekka, Lemminkäinen Oy  
Taskinen Ismo, UPM-kymmene Oyj  
Tienhaara Virpi, Vantaan Energia Oy  
Tiihala Jussi, VAPO  
Tsupari Hilikka, Uudenmaan tiepiiri  
Tupitsa Sari, Metsäbotnia Oy  
Tusa Lauri, UPM-kymmene Oyj  
Uosukainen Minna, Rautaruukki Oyj  
Urpelainen Raija, Pyhäsalmi Mine Oy  
Vaahtera Markki, Tiileri Oy  
Vaara Niina, Outokumpu Mining Oy  
Vainio Jenni, Georgia Pacific Nordic Oy / Nokia Paperi Oy  
Valjakka Juha, Tiehallinto  
Valkama Asko, Pälkäneen kunta  
Valkeisenmäki Aarno, Destia Oy  
Vallius Pekka, Geopex  
Vanhala Jouko, VAPO  
Vatka Seija, UPM-kymmene Oyj  
Viljamaa Ville, Vieskan Voima Oy  
Ylimaunu Juha, Outokumpu Chrome Oy  
Ylinen Pauli, Mussalon Kaukolämpö Oy  
Österman Pekka, Outokumpu Technology Oy

ja lukuisat, tässä erikseen mainitsemattomat, asiantuntijat Ramboll Finland Oy:ssä

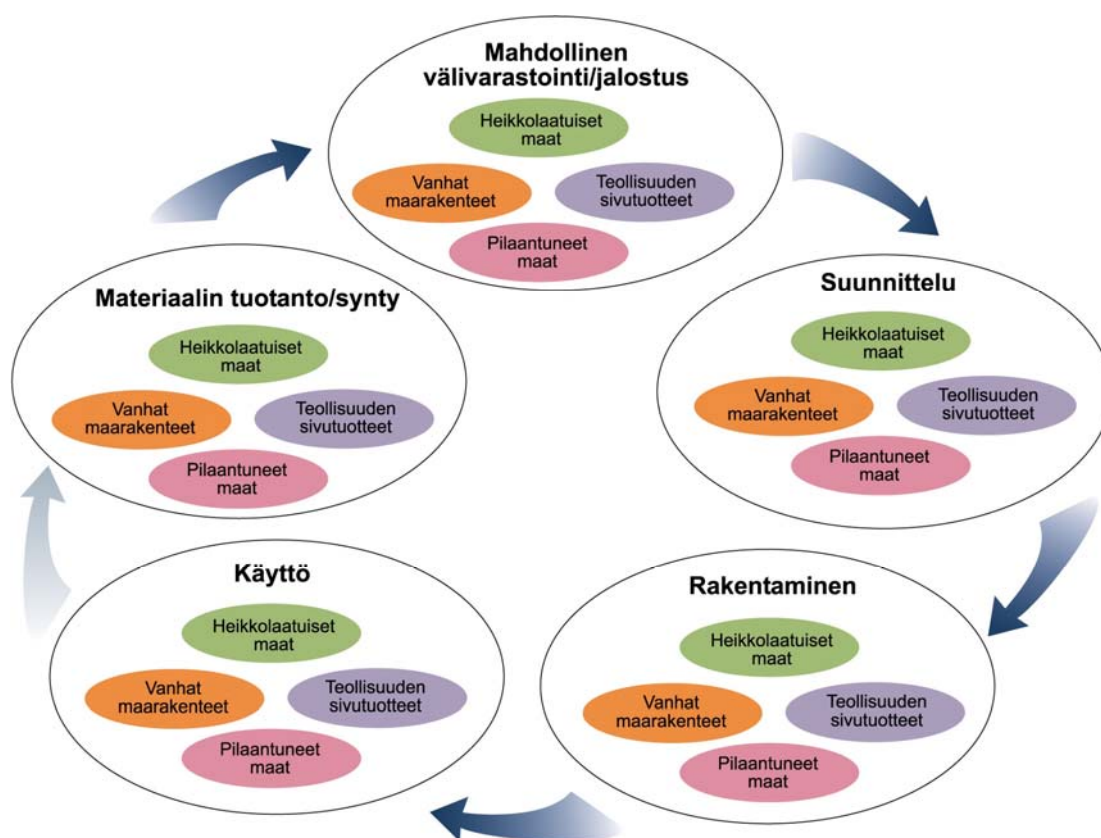
## **LIITELUETTELO**

1. UUMA-inventaarin teemakartasto, toukokuu 2008
2. UUMA-materiaalit. Tuotantolaitokset ja paikkakoodit
3. UUMA-materiaalien käyttömahdollisuuksia (taulukko)

Liitteet ovat erillisenä pdf-tiedostona

Knowledge taking people further ---

## UUMA-materiaalien ja -rakenteiden inventaari (liitteet)



Ramboll  
Vohlisaarentie 2 B  
36760 Luopioinen  
Finland

Puhelin: 020 755 6740  
[www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)



# UUMA-inventaari

- kartta-aineistot, toukokuu 2008

## LIITE 1

Ainelyhenteet  
Tuotantolaitokset  
Metsäteollisuus  
Energiantuotanto  
Metalliteollisuus  
Kaivannaisteollisuus  
Kemianteollisuus  
Muut  
Tuotantolaitosten yhteystiedot





## UUMA ainelyhenteet

Luokka	Luokka	Aine	Lyhenne
1	Ylijäämämaat (YMJ)	Ylijäämämaat	YJmaat
		savet ja soramoreenit	Sa_SrMr
		hieno hiekka	hieno Hk
		humus- ja turvemaat	turvemaa
		kaivosten sivukivet	kaiv_skiv
		kallioulouhe	louhe
		kivituhka	kivituhka
		moreeni	moreeni
		ruoppausmassat	ruopatut
		siltit	siltit
		sivukivet luonnonkivituotannossa	lkt_skiv
		sivukivet rakennushankkeissa	rak_skiv
2	Vanhojen maarakenteiden materiaalit (VMM)	Vanhojen maarakenteiden materiaalit	Vanhat_Rak
		asfalttirouhe	asf_rouhe
		kaivantojen materiaalit	kaivannot
		stabiloitavat rakenteet	stab_rak
3	Teollisuuden sivutuotteet (TS)	Metsäteollisuus	Metsä
		kuitulietteet	kuituliete
		muut lietteet	muu_liete
		sakat	sakat
		pastat	pastat
		rejektit	rejektit
4	Teollisuuden sivutuotteet (TS)	Energian tuotanto	Energia
		lentotuhkat	Lentotuhka
		pohjatuhkat	Pohjatuhka
		rikinpoiston lopputuotteet	rikin_pt
		hiekat	hiekat
5	Teollisuuden sivutuotteet (TS)	Metalliteollisuus	Metalli
		teräskuonat	t_kuonat
		masuunikuonat	m_kuonat
		ferrokromikuonat	fk_kuonat
		muut kuonat	muu_kuona
		valimohiekat	valimo Hk
		Suodatinpöly	Suod_poly
		kaavaushiekka	Kaav_Hk
		Uunijäte	Uunijate
		Sammutusjäte	Samm_jate
		pölyt, sakat, lietteet, hienojakeet ym.	sek_hieno
6	Teollisuuden sivutuotteet (TS)	Kaivannaisteollisuus	Kaivannais
		rikastushiekat	rikast_Hk
		vuolukivijauho	vuoluk_j
		sivukivet luonnonkivituotannossa	lkt_skiv
		sivukivet rakennushankkeissa	rak_skiv
7	Teollisuuden sivutuotteet (TS)	Kemianteollisuus	Kemia
		prosessikipsit	pros_kipsi
		suotokakku	suotokakku
		pasute	pasute
		neutraloitu ilmeniinnijäännös	ilm_jäänn
8	Teollisuuden sivutuotteet (TS)	Muut	Muut
		betonimurske	b_murske
		tiilimurske	t_murske
		sementin, kalkin ja laastin valm. jätteitä	sem_ym
		muovijäte	muovijate
		kumijätteet	kumijäte
		jarosiitti	jarosiitti
		biotiiitti	biotiiitti
		betoniliete	b_liete
		lasi	lasi
9	Lievästi pilaantuneet maat (PM)	Pilaantuneet maamassat	PIMA
		savet	Savet
		hieno hiekka	hieno_Hk
		humus- ja turvemaat	turvemaa
		moreeni	moreeni
		ruoppausmassat	ruopatut
		siltit	siltit

Numerot	LAITOS
1	Boliden
2	Boliden
3	Componenta
4	Etela-Savon Energia
5	Finnsementti
6	Fortum
7	Fortum
8	Fortum
9	Georgia-Pacific
10	Gyproc
11	Kainuun Voima
12	Kemira
13	Kemphos
14	Kotkan Energia
15	Kumpuniemen Voima
16	Kuopion Energia
17	Loparex Oy
18	Metsa-Botnia
19	Metsa-Botnia
20	Metsa-Botnia
21	Metsa-Botnia
22	Metsa-Botnia
23	Metsa-Tissue
24	M-real
25	M-real
26	M-real
27	M-real
28	Myllykoski Paper
29	Mantan Energia
30	Nordkalk
31	Nordkalk
32	Nordkalk
33	Nordkalk
34	Nordkalk
35	Nordkalk
36	Nordkalk
37	Oulun Energia
38	Outokumpu
39	Hitura Mining
40	Ovako
41	Ovako
42	Ovako
43	Pankaboard

Numerot	LAITOS
44	Pori Energia
45	PVO
46	PVO
47	PVO
48	PVO
49	Pyhasalmi Mine
50	Rautaruukki
51	Rautaruukki
52	Sasmox
53	Savon Sellu
54	Stora Enso
55	Stora Enso
56	Stora Enso
57	Stora Enso
58	Stora Enso
59	Stora Enso
60	Stora Enso
61	Stora Enso
62	Stora Enso
63	Stora Enso
64	Stora Enso
65	Sunila
66	Suomen Rengaskierratys
67	Sateri
68	Tampereen Sahkolaitos
69	Tetra Chemicals
70	Tiileri
71	Tiileri
72	Tiileri
73	Tulikivi
74	Tulikivi
75	Tulikivi
76	Tulikivi
77	Kivia
78	Kermansavi
79	Turku Energia
80	UPM
81	UPM
82	UPM
83	UPM
84	UPM
85	UPM
86	UPM

Numerot	LAITOS
87	Vantaan Energia
88	Vaskiluodon Voima
89	Vaskiluodon Voima
90	Wienerberger
91	Wienerberger
92	M-real
93	M-real
94	M-real
95	M-real
96	Nordkalk
97	Outokumpu
98	Outokumpu
99	Nordkalk
100	Helsingin Energia
101	Helsingin Energia
102	Helsingin Energia
103	Helsingin Energia
104	Kanteleen Voima
105	Lahti Energia
106	Lahti Energia
107	Lahti Energia
108	Lohja Rudus
109	Lohja Rudus
110	Alholmens Kraft Oy Ab
111	Agnico-Eagle
112	Etela-Pohjanmaan voima
113	Fortum
114	Fortum
115	Fortum
116	Mondo Minerals
117	Mondo Minerals
118	Polar Mining Oy
119	PVO
120	PVO
121	PVO
122	PVO
123	PVO
124	PVO
125	PVO
126	Rovaniemen Energia
127	UPM

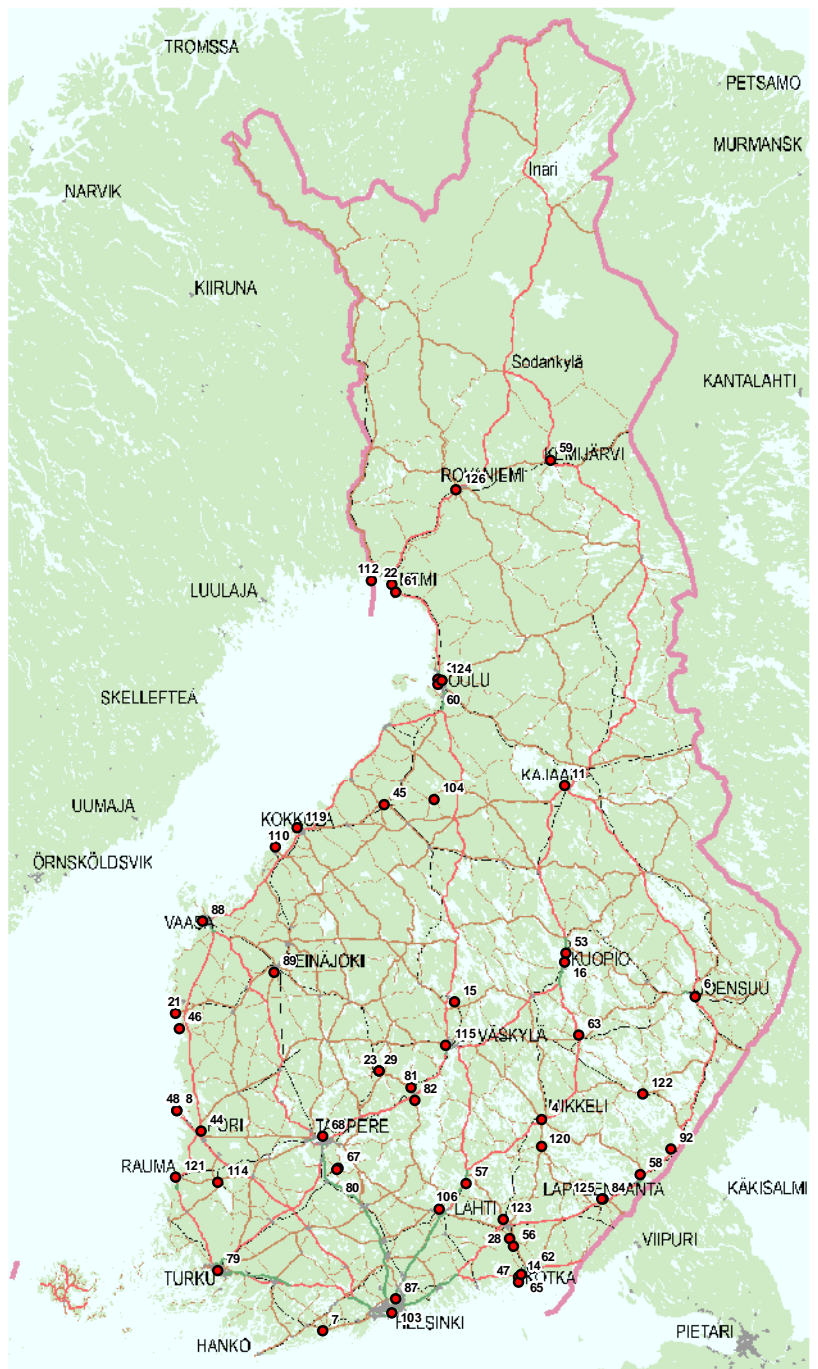


Numerot	LAITOS	KUNTA	KUITULIETE	SAKAT	PASTAT
9	Georgia-Pacific	Nokia	55 000	0	0
17	Loparex Oy	Lohja	6 500	0	0
19	Metsa-Botnia	aaanekoski	0	190	0
20	Metsa-Botnia	Joutseno	0	8 896	0
22	Metsa-Botnia	Kemi	0	9 211	2 226
23	Metsa-Tissue	Mantta	75 000	0	0
24	M-real	Joutseno	5 000	0	0
25	M-real	Jyvaskyla	4 000	0	0
27	M-real	Tampere	5 213	0	0
46	PVO	Kristiinankaupunki	9 914	0	0
55	Stora Enso	Uimaharju, Eno	0	14 936	0
56	Stora Enso	Anjalankoski	16 595	0	0
57	Stora Enso	Heinola	20 000	7 000	0
58	Stora Enso	Imatra	15 000	16 000	0
59	Stora Enso	Kemijarvi	2 200	0	0
60	Stora Enso	Oulu	10 900	0	8 760
61	Stora Enso	Kemi	22 000	6 414	0
63	Stora Enso	Varkaus	40 000	4 300	0
64	Stora Enso	Kotka	4 647	0	0
65	Sunila	Kotka	980	3 200	0
80	UPM	Valkeakoski	900	9 000	0
81	UPM	Jamsankoski	5 000	0	0
82	UPM	Kaipola	13 000	0	0
84	UPM	Lappeenranta	700	7 000	4 000
85	UPM	Kuusankoski	0	3 000	0
86	UPM	Rauma	0	0	1 000
93	M-real	aaanekoski	7 000	5 232	0
127	UPM	Pietarsaari	40	13 000	0
		Yhteensä	319 589	107 379	15 986



### 3. Metsäteollisuus

Numerot	LAITOS	KUNTA	LENTOTUHKKA	POHJATUHKKA	RIKIN_PT
110	Alholmens Kraft Oy Ab	Pietarsaari	65 500	15 000	0
4	Etele-Savon Energia	Mikkeli	3 761	4 472	0
6	Fortum	Joensuu	10 000	5 000	0
7	Fortum	Inkoo	110 000	23 000	10 000
8	Fortum	Pori (Meri-Pori)	0	0	1 060
11	Kainuun Voima	Kajaani	20 000	800	0
12	Kemira	Oulu	0	1 774	0
14	Kotkan Energia	Kotka	4 160	2 711	0
15	Kumpuniemen Voima	Suolahti	1 100	300	0
16	Kuopion Energia	Kuopio	17 335	2 695	0
21	Metsä-Botnia	Kaskinen	1 037	1 610	0
22	Metsä-Botnia	Kemi	1 746	2 040	0
23	Metsä-Tissue	Mantha	7 000	0	0
28	Myllykoski Paper	Anjalankoski	11 753	4 539	0
29	Mantan Energia	Mantha	6 500	0	0
37	Oulun Energia	Toppilan voimalaitokset, Oulu	53 978	8 469	0
44	Pori Energia	Pori, Aittaluoto	9 000	6 000	0
45	PVO	Ylivieska	1 100	400	0
46	PVO	Kristinankaupunki	75 000	7 500	7 500
47	PVO	Kotka	9 073	0	0
48	PVO	Pori	60 000	12 000	15 000
53	Savon Sellu	Kuopio	1 237	2 500	0
56	Stora Enso	Anjalankoski	8 117	3 050	0
57	Stora Enso	Heinola	8 000	600	0
58	Stora Enso	Imatra	14 000	1 500	0
59	Stora Enso	Kemijärvi	100	250	0
60	Stora Enso	Oulu	15 367	1 341	0
61	Stora Enso	Kemi	15 000	1 700	0
62	Stora Enso	Hamina	5 866	1 724	0
63	Stora Enso	Varkaus	6 800	4 500	0
65	Sunila	Kotka	2 400	1 400	0
67	Sateri	Valkeakoski	0	1 378	0
68	Tampereen Sahkolaitos	Tampere	6 558	1 433	0
79	Turku Energia	Turku	2 680	1 694	0
80	UPM	Valkeakoski	10 000	5 000	0
81	UPM	Jamsankoski	20 000	1 200	0
82	UPM	Kaipola	29 000	1 200	0
84	UPM	Lappeenranta	7 000	2 000	0
87	Vantaan Energia	Marttilaakon voimalaitos, Vantaa	16 873	3 977	2 977
88	Vaskiluodon Voima	Vaasa	70 000	15 000	0
89	Vaskiluodon Voima	Seinäjoki	15 060	3 949	0
92	M-real	Simppele	8 100	0	0
103	Helsingin Energia	Helsinki	15 000	27 000	25 000
104	Kanteleen Voima	Haapavesi	20 000	10 000	0
106	Lahti Energia	Lahti	50 000	4 500	0
112	Etele-Pohjanmaan voima	Tornio	21 600	2 400	0
114	Fortum	Eura	4 164	1 700	0
115	Fortum	Jyväskylä	21 800	0	0
119	PVO	Kokkola	3 000	0	0
120	PVO	Rastina	1 000	0	0
121	PVO	Rauma	15 000	3 000	0
122	PVO	Savonlinna	10 000	0	0
123	PVO	Kuusankoski	18 000	3 000	0
124	PVO	Oulu	10 000	0	0
125	PVO	Lappeenranta	7 000	2 000	0
126	Rovaniemen Energia	Rovaniemi	12 000	0	0
		Yhteensä	938 765	207 306	61 537



#### 4. Energiantuotanto





Numerot	LAITOS	KUNTA	MUU_KUONA	T_KUONA	KAAV_HK	SUOD_POLY	SAMM_JATE	UUNIJATE	SEK_HIENO
1	Boliden	Harjavalta	600 000	0	0	0	0	0	0
3	Componenta	Iisalmi	0	0	7 000	0	0	0	0
18	Metsä-Botnia	Rauma	0	0	0	0	0	0	800
19	Metsä-Botnia	Maanekoski	0	0	0	0	0	0	401
20	Metsä-Botnia	Joutseno	0	0	0	0	0	0	1 347
33	Nordkalk	Parainen	0	0	0	52 282	16 151	0	0
35	Nordkalk	Lohja	0	0	0	0	0	15 886	0
42	Ovako	Lappohja	0	0	0	0	0	0	10 794
58	Stora Enso	Imatra	0	0	0	0	0	0	32 500
59	Stora Enso	Kemijärvi	0	0	0	0	0	0	7 000
60	Stora Enso	Oulu	0	0	0	0	0	0	4 555
64	Stora Enso	Kotka	0	0	0	0	0	0	3 804
98	Outokumpu	Tornio	0	291 100	0	0	0	0	2 714
		Yhteensä	600 000	291 100	7 000	52 282	16 151	15 886	63 915

## 5. Metalliteollisuus

Numerot	LAITOS	KUNTA	RIKAST_HK	SIVUKIVET	VUOLUK_J
13	Kemphos	Siilinjarvi	9 098 198	3 027 420	0
31	Nordkalk	Lappeenranta	190 115	383 535	0
33	Nordkalk	Parainen	0	610 575	0
35	Nordkalk	Lohja	0	1 286 688	0
36	Nordkalk	Vimpeli	0	17 670	0
39	Hitura Mining	Nivala	617 702	72 000	0
49	Pyhasalmi Mine	Pyhasalmi	805 793	364 000	0
73	Tulikivi	Juuka	0	197 500	19 000
74	Tulikivi	Suomussalmi	0	1 000	0
77	Kivia	Kuhmo	0	11 300	0
96	Nordkalk	Siikainen	0	76 300	0
99	Nordkalk	Vampula	0	93 601	0
111	Agnico-Eagle	Kittilä	0	772 333	0
117	Mondo Minerals	Polvijärvi	0	110 942	0
118	Polar Mining Oy	Orivesi	36 000	0	0
		Yhteensä	10 747 808	7 024 864	19 000



Numerot	LAITOS	KUNTA	PROS_KIPSI	SUOTOKAKKU	PASUTE
13	Kemphos	Siiinjärvi	1 755 590	0	307 542
52	Sasmox	Kuopio	24 492	0	0
64	Stora Enso	Kotka	0	0	2 724
69	Tetra Chemicals	Kokkola	0	35 000	0
88	Vaskiluodon Voima	Vaasa	5 900	0	0
		Yhteensä	1 785 982	35 000	310 266





Numerot	LAITOS	KUNTA	B_MURSKET	T_MURSKET	MUOVIJÄTE	JAROSIITTI
2	Bolden	Kokkola	0	0	0	186 000
5	Finnsementti	Parainen	0	1 531	0	0
66	Suomen Rengaskierrätys	Helsinki (toimisto)	0	0	44 698	0
72	Tillen	Ylivieska	0	2 000	0	0
84	UPM	Lappeenranta	6 000	0	0	0
85	UPM	Kuusankoski	3 000	0	0	0
91	Wienerberger	Lappila	0	7 960	0	0
108	Lohja Rudus	Rovaniemi	5 000	0	0	0
109	Lohja Rudus	Kuopio	15 000	0	0	0
127	UPM	Pietarsaari	3	0	0	0
		Yhteensä	29 003	11 491	44 698	186 000



NUMERO	LAITOS	TUOTTAJA	KUNTA	OSOITE	YHT_HENK_	PUH	SAHKOPOSTI	WWW_SIVUT
110	Alholmens Kraft Oy Ab	Alholmens Kraft Oy Ab	Pietarsaari	Alholmintie 43, PL 250, 68601 Pietarsaari	Bjorn Akerlund, kayttopaallikko	p. 020 416 115	bjorn.akerlund@alholmenskraft.com	www.alholmenskraft.com
1	Boliden	Boliden Harjavalta Oy	Harjavalta	Teollisuuskatu 1, 29200 Harjavalta	1) Saku Junnikkala, Boliden Harjavalta Oy, 2) Pekka osterman, Outotec Oy	v. (Harjavalta): 02 5358 111; Po: 040 842 2786	saku.junnikkala@boliden.com; pekka.osterman@outotec.com	www.boliden.com
2	Boliden	Boliden Kokkola Oy (sinkkitehdas)	Kokkola	Outokummuntie 8, PL 26, 67101 Kokkola	Kai Nykanen, ymparistopaallikko	040 835 5413	kai.nykanen@boliden.com	www.boliden.com
3	Componenta	Componenta Suomivalimo Oy	ljalalmi	Parkatintie 31, 74120 ljalalmi	Lauri Huuskonen, tehtaanohtaja	010 403 3624	lauri.huuskonen@componenta.com	www.componenta.com
4	Etela-Savon Energia	Etela-Savon Energia Oy, Pursialan voimalaitos	Mikkeli	Lastaajankatu 6, PL 166, 50101 Mikkeli	Asko Lintunen	015 195 3896, 044 735 3896	asko.lintunen@ese.fi	www.es.fi
5	Finnsementti	Finnsementti Oy, Paraisten tehdas	Parainen	Skrabbolentie 18, 21600 Parainen	Pia Ramo	0201 206 356, 040 543 6410	pia.ramo@finnsementti.fi	www.finnsementti.com
6	Fortum	Fortum Espoo Oyj, Joensuun toimipiste	Joensuu	Fortum Poweer and Heat Oy, Joensuu Power Plant (liksenvaarantie 2) PL 369, 80101 Joensuu	Lauri Koskinen	040 809 4708	lauri.koskinen@fortum.com	www.fortum.fi
7	Fortum	Fortum Power and Heat Oy, Inkoo	Inkoo	Fortum Poweer and Heat Oy, Inkoo Power Plant (Voimalantie) 10210 Inkoo		010 45 43111		www.fortum.fi
8	Fortum	Fortum Power and Heat Oy, Pori	Pori (Meri-Pori)	Fortum Poweer and Heat Oy, Meri-Pori Power Plant (Tahkoluoto) PL 90, 28901 Pori		010 45 43611		www.fortum.fi
9	Georgia-Pacific	Georgia-Pacific Nordic Oy, Nokia	Nokia	Nokian Paperi Oy, Kerhokatu 10, PL 1, 37101 Nokia	Jenni Vainio	03-3408575	jenni.vainio@gapac.com	www.gpnordic.com
10	Gyproc	Gyproc Oy, Kirkkonummi	Kirkkonummi	Ojangontie 23, Pl 44, 02401 Kirkkonummi		09 295 11		www.gyproc.fi
11	Kainuun Voima	Kainuun Voima Oy	Kajaani	PL 302 (Tehdaskatu 17), 87101 Kajaani	Heikki Savolainen (kayttopaallikko) / Maarit Kauppinen (ymparisto- ja riskipaallikko)	Vaihde: 08 6192 221 Heikki Savolainen: 040 568 2672 Maarit K.: 040 581 4753	heikki.savolainen@kainuunvoima.fi; maarit.kauppinen@kainuunvoima.fi	www.kainuunvoima.fi
12	Kemira	Kemira Oyj, Oulun toimipaikka, Kemira Specialty	Oulu	PL 171 (Typpitie 1), 90101 Oulu	Juha Kangastalo	010 861 214	juha.kangastalo@kemira.com	www.kemira.com
13	Kemphos	Kemphos Oy	Siilinjärvi	Pl 20 (Nilsiantie 501), 71801 Siilinjärvi	Lauri Siirama, turvalisuus- ja ymp. paallikko	p. 0102156 205, 050 067 6813	lauri.siirama@kemira-growhow.com	www.kemira-growhow.com
14	Kotkan Energia	Kotkan Energia Oy, Hovinsaaren voimalaitos	Kotka	Liitulahdentie 10, 48200 Kotka	Hannu Suortti, ymp. asiat	p. 044 7099 571	hannu.suortti@kotkanenergia.fi	www.kotkanenergia.fi
15	Kumpuniemen Voima	Kumpuniemen Voima Oy, Suolahti	Suolahti	Vaneritehtaankatu 1, PL 43, 44201 Suolahti	Jukka Marin	V: 010 465 7760; Jukka Marin: 010 46 57760, 050 598 7595	jukka.marin@suokvo.fi	www.suokvo.fi
16	Kuopion Energia	Kuopion Energia, Kuopio	Kuopio	PL 105, 70101 Kuopio (Haapaniementie, 70100 Kuopio)	Juha Knuutinen	Vaihde: 0205 2070; JK: 020 520 7327	juha.knuutinen@kuopionenergia.fi	www.kuopionenergia.fi
17	Loparex Oy	Loparex Oy, Lohja / Loparex Europe	Lohja	(Pitkaniemen teollisuusalue, Kotkantie) 08100 Lohja	Timo Karkkainen, mekaanisen kunnossapidon paallikko	Vaihde 02074 4611; Timo Karkkainen: 040 754 6882	timo.karkkainen@loporex.com	www.loporex.com
18	Metsa-Botnia	Metsa-Botnia Oy	Rauma	Oy Metsa-Botnia Ab, Rauman tehdas, Maanpaantie 9, PL 165, 26101 Rauma	Sanna Hamalainen, ymp.	V. 010 466 8999	sanna.hamalainen@botnia.com	www.metsabotnia.com
19	Metsa-Botnia	Metsa-Botnia Oy	aanekoski	Oy Metsa-Botnia Ab, aanekosken tehdas, Sarvelantie 1, 44100 aanekoski	Sari Tupitsa, ymp.	V. 010 466 2999	sari.tupitsa@botnia.com	www.metsabotnia.com
20	Metsa-Botnia	Metsa-Botnia Oy, Ab	Joutseno	Oy Metsa-Botnia Ab, Joutsenon tehdas (Teollisuustie), 54120 PULP	Sanna Hamalainen, ymp.	v. 010 466 5499	sanna.hamalainen@botnia.com	www.metsabotnia.com
21	Metsa-Botnia	Metsa-Botnia Oy, Ab	Kaskinen	Oy Metsa-Botnia Ab, Kaskisten tehdas, Herrmansintie 94, 64260 Kaskinen	Sari Tupitsa, ymp.	V. 010 466 9999	sari.tupitsa@botnia.com	www.metsabotnia.com
22	Metsa-Botnia	Metsa-Botnia Oy, Ab	Kemi	Oy Metsa-Botnia Ab, Kemin tehdas, (Paaskylankatu) 94200 Kemi	Sari Tupitsa, ymp.	V. 010 466 1999	sari.tupitsa@botnia.com	www.metsabotnia.com
23	Metsa-Tissue	Metsa-Tissue Oyj	Mantta	Tehtaankatu 16, 35800 Mantta	Jonna Haapamaki-Syrjala (Metsa Tissue/Mantta), Raino Talvio Mantan Energia	p. 050 384 6851	jonna.haapamaki@metsatissue.com, raino.talvio@meoy.fi	www.metsatissue.com
24	M-real	M-real Joutseno BCTMP	Joutseno	54120 Pulp, (Teollisuustie)	Sini Pitkaranta	p. 010 46 65503	sini.pitkaranta@m-real.com	www.m-real.com
25	M-real	M-real Kangas	Jyvaskyla	Pl 148 (Kympinkatu 3) 40351 Jyvaskyla				
26	M-real	M-real Kirkniemi	Lohja	(Pikkukylantie) 08800 Lohja	Martti Savelainen, tehtaanohtaja	p. 010 464 2475	martti.savelainen@m-real.com	www.m-real.com
27	M-real	M-real Tako Board	Tampere	PL 208, 33101 Tampere (Lielähti)	Jukka Kettunen (tehtaanohtaja)	p. 010 46 33725	jukka.kettunen@m-real.com	www.m-real.com
28	Myllykoski Paper	Myllykoski Paper Oy	Anjalankoski	MYLLYKOSKENTIE 1, 46800 Anjalankoski	Erkki Peltonen, tutkimusjohtaja, ymparistoasiat	v. 05 8511	erkki.peltonen@myllykoski.com	www.myllykoski.com
29	Mantan Energia	Mantan Energia Oy	Mantta	Tehtaankatu 20, 35800 Mantta	Raino Talvio	p. 01046 47358, 050 5526 370	raino.talvio@meoy	?
30	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Kokkola	Kokkola	Kemirantie 1, PL 555, 67701 Kokkola	Hakan Pihl			
31	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Lappeenranta	Lappeenranta	Myllymaenkatu 6, 53500 Lappeenranta	Kari Kuusipuro	v. 0204 55 7482	kari.kuusipuro@nordkalk.com	www.nordkalk.com
32	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Louhi	Kerimäki, Savonlinna	Kalkkitehtaantie 156, 58220 LOUHI	Kari Kuusipuro	v. 0204 55 7483	kari.kuusipuro@nordkalk.com	www.nordkalk.com
33	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Parainen	Parainen	Skrabbolentie 18, 21500 Parainen	Kari Kuusipuro	v. 0204 55 7484	kari.kuusipuro@nordkalk.com	www.nordkalk.com
34	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Sipoo	Kalkkiranta, Sipoo	Kalkkirannantie 555, 01180 Kalkkiranta	Hakan Pihl			
35	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Tytyri	Lohja	(Tytyrinkatu), 08100 Lohja	Hakan Pihl			
36	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Vimpeli	Vimpeli	Kalkkitehtaantie 474, 62800 Vimpeli	Hakan Pihl			
37	Oulun Energia	Oulun Energia	Toppilan voimalaitokset, Oulu	Tervahovintie 10, Oulu	Kirsi Ahlqvist, ymp.- ja laatupaallikko	p. 08 5584 3520, 044-703 3520	kirsi.ahlqvist@oulunenergia.fi	www.oulunenergia.fi

38	Outokumpu	Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Stainless Oy	Veteli	Koulutie 142, 69700 Veteli	Ben Svenfors	06 786 5205, 06 786 5111	ben.svenfors@outokumpu.com	www.outokumpu.com
39	Hitura Mining	Hitura Mining Oy, Nivala	Nivala	Hitura Mining Oy, Hituran kaivos, Kummuntie 8, 85560 Ainastalo	Markus Ekberg	84499210		
40	Ovako	Ovako Dalsbruk + Dalwire, Ovako Wire Oy	Taalintehtas	Taalintehtaan tie 709, 25900 Taalintehtas		v. 06 4288		www.ovako.com
41	Ovako	Ovako Imatra, Ovako Bar Oy	Imatra	Terastehtaan tie 1, 55100 Imatra		V. 05 680 21	?	www.ovako.com
42	Ovako	Oy Ovako Ab.	Lappohja	Koverharintie 303, 10820 Lappohja		V. 019 2211	?	www.ovako.com
43	Pankaboard	Pankaboard Oy	Pankakoski, Lieksa	Ruukintie 2, 81750 Pankakoski	Ari Kotilainen, johtaja; Teppo Rovio, laatu- ja ymp. paall.; Kaisa Munukka, tekn. asiakaspalvelupaallikko	v. 02046 123; AK: 02046 27600, 040 552 7903; TR 02046 28006, 040 533 5919; KM 02046 27653, 040 827 4987	ari.kotilainen@pankaboard.com ; kaisa.munukka@pankaboard.com	www.pankaboard.com
44	Pori Energia	Pori Energia Oy , Aittaluodon voimalaitos	Pori, Aittaluoto	Radanvars 2, PL 9, 28101 PORI	Timo Jokinen	044 701 2320	timo.jokinen@porienergia.fi	www.porienergia.fi
45	PVO	PVO / Vieskan Voima Oy	Ylivieska	Tulolantie 20, 84100 Ylivieska	Ville Viljamaa , Oy Herrfors Ab, Ylivieska	v. 08 426 351	Ville Viljamaa p. 044 0566742, ville.viljamaa@katterno.fi	www.pohjolanvoima.fi
46	PVO	PVO-Lampovoima Oy, Kristiinan voimalaitos, Kristiina	Kristiinakaupunki	KARHUSAARI, 64101 Kristiinakaupunki	Tor Bergman	v. 06 337 5600; TB 050-3133 448	tor.bergman@pvo.fi	www.pohjolanvoima.fi
47	PVO	PVO / Mussalon Kaukolampo Oy	Kotka	Janskantie 1, PL 108, 48101 Kotka		v. 05 2299 5800	etunimi.sukunimi@pvo.fi	www.pohjolanvoima.fi
48	PVO	PVO-Lampovoima Oy, Tahkoluodon voimalaitos, Pori	Pori	Tahkoluoto, 28900 Pori	Arvo Talvio	02 6286 800, 050 3133 252	arvo.talvio@pvo.fi	www.pohjolanvoima.fi
49	Pyhasalmi Mine	Pyhasalmi Mine Oy	Pyhasalmi	Mainarintie 2, 86800 Pyhasalmi (PL 51, 86801 Pyhasalmi)	Teuvo Jurvansuu, toimitusjohtaja; Raija Urpelainen, suojele; Ilpo Mäkinen, kaivos; Seppo Lahtenmäki, rikastamo	V. 08 769 6111	etunimi.sukunimi@inmetmining.com	www.inmetmining.com
50	Rautaruukki	Rautaruukki Oyj, Hameenlinnan tehdas	Hameenlinna	Harvialantie 420, 13300 Hameenlinna	Minna Uosukainen, tyoturvallisuus- ja ymparistopaallikko	V. 020 5911; MU 020 592 5277	minna.uosukainen@ruukki.com	www.ruukki.com
51	Rautaruukki	Rautaruukki Oyj, Raahen tehdas	Raaha	Rautaruukintie 155, PL 93, 92101 Raaha	Pirjo Lerssi, ymparistopaallikko (Raaha)	V. 020 5911; PL 020 592 2064	pirjo.lerssi@ruukki.com	www.ruukki.com
52	Sasmox	Sasmox Oy	Kuopio	PL 1105, Levasentie 2, 70701 KUOPIO	Risto Siilänen, tehdaspaallikko	P. 017 487 502; 044 279 8431	risto.siilanen@sasmox.fi	www.sasmox.fi
53	Savon Sellu	Savon Sellu Oy / Powerflute Oy	Kuopio	PL 57, 70101 Kuopio, (Sorsasalontie )	Juha Kovanen, tehtaan johtaja	v. 010 6606999	juha.kovanen@powerflute.com	www.powerflute.com
54	Stora Enso	Stora Enso / Corenso United Oy Ltd, Porin kartonkitehtas	Aittaluoto, Pori	Aittaluoto, PL 194, 28101 Pori	Mikael Fornas, tehtaanjohtaja; Markku Niinimäki, laatuapaallikko	MN: 02 550 3810, 0400 723 835	markku.niinimaki@storaenso.com	www.storaenso.com
55	Stora Enso	Stora Enso Enocellin sellutehtas	Uimaharju, Eno	PL 2, 81281 Uimaharju (Uimaharjun taajaman teollisuusalueella)	Teppo Rovio, kehityspaallikko	p. 02046 28006, 040 533 5919	teppo.rovio@storaenso.com	www.storaenso.com
56	Stora Enso	Stora Enso Oyj Anjalankosken tehta	Anjalankoski	Pasilantie 1, 46900 Anjalankoski	Mikko Jokio, paikallisjohtaja; Pekka Reponen, ymparistopaallikko	V. 02046 117; PR 02046 26461	mikko.jokio@storaenso.com	www.storaenso.com
57	Stora Enso	Stora Enso Oyj Heinolan Flutingtehtas	Heinola	PL 5, 18101 Heinola, Tampellantie 1, Heinola	Kati Manskinen, ymp.- ja laatuapaallikko	p. 02046 29325	kati.manskinen@storaenso.com	www.storaenso.com
58	Stora Enso	Stora Enso Oyj Imatran tehta	Imatra	Pentti Hallen katu, 55800 Imatra	Alpo Pajari, osastopaallikko; Teemu Klemetti, ymparistoinsinööri; Paivi Harju-Eloranta, ymparisto- ja tuoteturvallisuuspaallikko; Lassi Niemela, laatuapaallikko (Karhula)	AP 02046 22391, TK 02046 22316, PH-E 02046 22520, LN 02046 26756	etunimi.sukunimi@storaenso.com	www.storaenso.com
59	Stora Enso	Stora Enso Oyj Kemijärven tehdas	Kemijärvi	Pahkakummuntie 199, 98440 Kallaanvaara, PL 100, 98101 Kemijärvi	Jouko Sarivaara, ymparistoinsinööri	p. 020 46 35114	jouko.sarivaara@storaenso.com	www.storaenso.com
60	Stora Enso	Stora Enso Oyj Oulun tehdas	Oulu	Nuottasaarentie 17, PL 196, 90101 Oulu	Mervi Partanen, ymparisto- ja lab. paallikko; Vilho Komulainen	p. 02046 33802	mervi.partanen@storaenso.com; vilho.komulainen@storaenso.com	www.storaenso.com
61	Stora Enso	Stora Enso Oyj Veitsiluodon tehta	Kemi	(Paatie), 94800 Kemi	Hannu Nurmiesniemi, ymparistonsuojelupaallikko	p. 02046 34699, 0400 895532,	hannu.nurmiesniemi@storaenso.com	www.storaenso.com
62	Stora Enso	Stora Enso Publication Paper Summan tehta	Hamina	Ensontie 1, 49420 Hamina	Heini Kukkonen, ymparistopaallikko	p. 02046 25731	heini.kukkonen@storaenso.com	www.storaenso.com
63	Stora Enso	Stora Enso Varkauden tehta	Varkaus	Ahlstrominkatu 26-28, PL 169, 78201 Varkaus	Heikki Monto, ymparistonsuojelupaallikko	p. 02046 32691	heikki.monto@storaenso.com	www.storaenso.com
64	Stora Enso	Stora Enso, Kotkan tehdas	Kotka	Gutzeitintie 1, PL 62-63, 48101 Kotka	Pia Outinen, ymparistopaallikko	p. 02046 25168	pia.outinen@storaenso.com	www.storaenso.com
65	Sunila	Sunila Oy	Kotka	Sunilantie 1, 48900 Sunila	Jenny Müller kehitysinsinööri (tutkimus, kehitys ja ymparistonsuojelu)	p. 05 2298 390	jenny.muller@sunila.fi	www.sunila.fi
66	Suomen Rengaskierratys	Suomen Rengaskierratys Oy	Helsinki (toimisto)	Iso Roobertinkatu 1 A 9, 00120 Helsinki	Harry Sjöberg (tj)	Vaihde 09-6126 880	harry.sjoberg@rengaskierratys.com	www.rengaskierratys.com
67	Sateri	Sateri Oy	Valkeakoski	PL 24, 37601 Valkeakoski; Saterintie 8	Kari Parviainen, toimitusjohtaja	v. 03 57 311; KP: 03 5731 547	kari.parviainen@sateri.fi	www.sateri.fi
68	Tampereen Sahkolaitos	Tampereen Sahkolaitos, Naistenlahden voimala	Tampere	PL 175, 33101 Tampere, Jokikatu 5	Jarno Laitila, tuotannonkehityspaallikko	p. 020 713 6140, 050 512 3927	jarno.laitila@tampere.fi	www.tampereensahkolaitos.fi
69	Tetra Chemicals	Tetra Chemicals Europe Oy	Kokkola	PL 551, 67701 Kokkola, Kemirantie	Niina Salmi	p. 010 862 8572, 010 862 8575	nsalmi@tetrachemicals.com	www.tetrachemicals.com
70	Tiileri	Tiileri Keramia	Mjosund	(Rantapolku) 25730 Mjosund		v. 02 420 000		www.tiileri.fi
71	Tiileri	Tiileri Seppala	Tarvasjoki	Kyrontie 504, 21450 Tarvasjoki		v. 02 484 300		www.tiileri.fi
72	Tiileri	Tiileri Ylivieska	Ylivieska	Lentokentantie 833, 84888 Ylivieska		v. 08 4276 000		www.tiileri.fi
73	Tulikivi	Tulikivi Oyj, Juuan tehta	Juuka	Joensuuntie 1226 (tai Kuhnustantie 65), 83900 Juuka	Pekka Horttanainen, tuotekehitys; Anu Vauhkonen, viestinta?	v. 0207 636 000	etunimi.sukunimi@tulikivi.fi	www.tulikivi.com

74	Tulikivi	Tulikivi Oyj, Suomussalmen tehdas	Suomussalmi	Saarikyläntie 26, 89920 Ruhtinansalmi	Ismo Makelainen	v. 0207 636 750	etunimi.sukunimi@tulikivi.fi	
75	Tulikivi	Tulikivi Oyj, Taivassalon ja Vinkkilän tehtaas	Taivassalo	Helsingintie 108, 23310 Taivassalo	Matti Silvennoinen	v. 0207 636 880	etunimi.sukunimi@tulikivi.fi	
76	Tulikivi	Tulikivi Oyj, Taivassalon ja Vinkkilän tehtaas	Vinkkila	Helsingintie 108, 23310 Taivassalo	Matti Silvennoinen	v. 0207 636 880	etunimi.sukunimi@tulikivi.fi	
77	Kivia	Kivia Oy	Kuhmo	Kivikatu 2-4, 88900 KUHMO	Juha Sivonen	Puh. (08) 877 1700, Faksi (08) 877 1713		www.kivia.com
78	Kermansavi	Tulikivi Oyj, tytäryritys: Kermansavi Oy	Heinavesi	Rasihontie 3, 79700 Heinavesi	Juha Sivonen	v. 0207 636 501	etunimi.sukunimi@tulikivi.fi	
79	Turku Energia	Turku Energia	Turku	Linnankatu 65; PL 105, 20101 Turku	Jukka Lehtinen, kayttopaallikko	p. 02 2628238, 050 5573 238	jukka.lehtinen@turkuenergia.fi	www.turkuenergia.fi
80	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Tervasaaren paperitehdas	Valkeakoski	PL 39, 37601 Valkeakoski, (teollisuustie)	Anita Alajoutsijarvi (Tuhkat: Ismo Viljanen)	Anita Alajoutsijarvi: 0204 16 2499, (Ismo Viljanen: 0204 14 3015)	Anita.Alajoutsijarvi@upm-kymmene.com, (Tuhkat: Ismo.Viljanen@upm-kymmene.com)	www.upm-kymmene.com
81	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Jamsankosken paperitehdas	Jamsankoski	Tiilikantie 17; PL 35, 42301 Jamsankoski	Pekka Rantala (Tuhkat: Ismo Viljanen)	Pekka Rantala: 0204 16 7567, (Ismo Viljanen: 0204 14 3015)	Pekka.a.Rantala@upm-kymmene.com, (Tuhkat: Ismo.Viljanen@upm-kymmene.com)	www.upm-kymmene.com
82	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Kaipolan paperitehdas	Kaipola	Tehtaankatu 1, 42220 Kaipola	Pekka Rantala (Tuhkat: Ismo Viljanen)	Pekka Rantala: 0204 16 7567, (Ismo Viljanen: 0204 14 3015)	Pekka.a.Rantala@upm-kymmene.com, (Tuhkat: Ismo.Viljanen@upm-kymmene.com)	www.upm-kymmene.com
83	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Kajaanin paperitehdas	Kajaani	Tehdaskatu 15; PL 186, 87101 Kajaani	Kati Ruohomaki	Kati Ruohomaki: 0204 14 2353	Kati.Ruohomaki@upm-kymmene.com	www.upm-kymmene.com
84	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan tehtaas	Lappeenranta	(Kaukaankatu), 53200 Lappeenranta	Esa Simpura (Tuhkat: Ismo Viljanen)	Esa Simpura: 0204 15 4244, (Ismo Viljanen: 0204 14 3015)	Esa.Simpura@upm-kymmene.com, (Tuhkat: Ismo.Viljanen@upm-kymmene.com)	www.upm-kymmene.com
85	UPM	UPM-kymmene Oyj, Kymin tehtaas	Kuusankoski	Selluntie 1, 45700 Kuusankoski	Ismo Taskinen; (Tuhkat: Ismo Viljanen)	Ismo Taskinen: 0204 15 3662, (Ismo Viljanen: 0204 14 3015)	Ismo.Taskinen@upm-kymmene.com, (Tuhkat: Ismo.Viljanen@upm-kymmene.com)	www.upm-kymmene.com
86	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Rauman paperitehdas	Rauma	(Tikkalantie) PL 95, 26101 Rauma	Seija Vatka (Tuhkat: Ismo Viljanen)	Seija Vatka: 0204 14 3411, (Ismo Viljanen: 0204 14 3015)	Seija.Vatka@upm-kymmene.com, (Tuhkat: Ismo.Viljanen@upm-kymmene.com)	www.upm-kymmene.com
87	Vantaan Energia	Vantaan Energia Oy	Martinlaakson voimalaitos, Vantaa	Martinkyläntie 19, 01620 Vantaa	Marko Ahl, Kayttopaallikko	p. 09 829 0534, 050 4057657	marko.ahl@vantaanenergia.fi	www.vantaanenergia.fi
88	Vaskiluodon Voima	Vaskiluodon Voima Oy, Vaasa	Vaasa	Frilundintie 7, 65170 Vaasa Kayntiosoite: Reininkatu 1, 65170 Vaasa	Matti Loukonen, yksikon paallikko, Proma-Palvelut Oy	06-337 5311	matti.loukonen@proma-palvelut.fi	www.vv.fi
89	Vaskiluodon Voima	Vaskiluodon Voima Oy, Seinäjoki	Seinäjoki	Sevontie 1, 60200 Seinäjoki	Ahti Rinnasto, turve- ja sivutuoteasiat	v. 06-3375 311	ahti.rinnasto@vv.fi	www.vv.fi
90	Wienerberger	Wienerberger Oy, Korian Tiilitehdas	Koria	Tiilitehtaantie 60, 45610 Koria	Heikki Karhunen, tehdaspaallikko	v. 05 8400 410; HK 09 5655 8721	heikki.karhunen@wienerberger.com	www.wienerberger.fi
91	Wienerberger	Wienerberger Oy, Lappilan Tiilitehdas	Lappila	Tiilitehtaantie 11, 16670 Lappila	Kari Laitinen, tehdaspaallikko	v. 03 873 490; KL 09-5655 8741	kari.laitinen@wienerberger.com	www.wienerberger.fi
92	M-real	M-real Simpele	Simpele	KENRAALINTIE 1, 56800 Simpele	Marko Pekkola (tehtaan johtaja)	p. 010 46 48322	marko.pekkola@m-real.com	www.m-real.com
93	M-real	M-real aanekoski Board	aanekoski	Kuhnamontie 2, PL 400, 44101 aanekoski;	Ulla-Maija Kovanen, laatu- ja ymparistopaallikko	p. 010 46 45 326	uulla-maija.kovanen@m-real.com	www.m-real.com
94	M-real	M-real Kemart Liners	Kemi	(Pajusaari) 94200 Kemi	Hannu Komokallio, tehtaanjohtaja	p. 010 46 61532	hannu.komokallio@m-real.com	www.m-real.com
95	M-real	M-real Kyro	Kyroskoski	(Koskitie) 39200 Kyroskoski	Jukka Kettunen (tehtaan johtaja)	p. 010 46 33725	jukka.kettunen@m-real.com	www.m-real.com
96	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Siikainen	Siikainen	Kurikanniskantie 36, 29860 Otamo	HAKan Pihl	020 455 3739 faksi 020 455 3738		
97	Outokumpu	Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Stainless Oy (Outokumpu Stainless, Tubular Products Oy Ab)	Pietarsaari	Pohjantie 11, PL 15 68601 PIETARSAARI	Ben Svenfors	06 786 5205, keskus 06-7865111 Fax: 06-7865222	ben.svenfors@outokumpu.com	www.outokumpu.com
98	Outokumpu	Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Stainless Oy	Tornio	Royttan satama (Kromitie), 95400 Tornio	Juha Ylimaunu	016 452 450	juha.ylimaunu@outokumpu.com	www.outokumpu.com
99	Nordkalk	Nordkalk Oyj, Vampula	Vampula	Punolantie 15, 32610 Vampula	HAKan Pihl			
100	Helsingin Energia	Helsingin Energia	Helsinki	Salmisaaren voimalaitos, Porkkalankatu 9-11, 00180 Helsinki				
101	Helsingin Energia	Helsingin Energia	Helsinki	Kellosaaren voimalaitos, Kellosaarenkatu, 00180 Helsinki				
102	Helsingin Energia	Helsingin Energia	Helsinki	Vuosaaren voimalaitokset, Kaarmentie 8, 00980 Helsinki				
103	Helsingin Energia	Helsingin Energia	Helsinki	Hanasaaren voimalaitokset, Parrukatu 1-3, Helsinki	Olavi Saarinen, Jyrki Itkonen, Ari Laine	p. v. 09 6171 OS p. 09 617 2550 Jl p. 09 617 3510 AL p. 09 617 3210	olavi.saarinen@helsinginenergia.fi	www.helsinginenergia.fi
104	Kanteleen Voima	Kanteleen Voima Oy	Haapavesi	Turvetie 112, PL 47, 86601 Haapavesi	Mikko Honkimaki, Kayttotalouspaallikko	p. 050 454 3970	mikko.honkimaki@kanteleervoima.fi	http://www.kanteleervoima.fi
105	Lahti Energia	Lahti Energia Oy	Lahti	Voimakatu 16, Lahti	Matti Kivela (voimalaitospaallikko)			

106	Lahti Energia	Lahti Energia Oy	Lahti	Kauppakatu 31, PL 93, 15141 Lahti	Matti Kivela (voimalaitospaallikko)	Vaihde 03 823 00, MK p. 03 823 3240	matti.kivela@lahtienergia.fi	www.lahtienergia.fi
107	Lahti Energia	Lahti Energia Oy	Lahti	Teivaanmaen voimalaitos, Jalkarannantie 22, Lahti	Matti Kivela (voimalaitospaallikko)			
108	Lohja Rudus	Lohja Rudus Oy, Kierratys, Ala-Korkalo, Rovaniemi	Rovaniemi	Napapiirin Residuum Oy / Lohja Rudus Oy Ab Kierratys Betonitie 1 96320 Rovaniemi	Tuomo Joutsenoja Tuotepaallikko	0204477274	tuomo.joutsenoja@lohjarudus.fi	www.lohjarudus.fi
109	Lohja Rudus	Lohja Rudus Oy, Kierratys, Heinalamminrinne, Kuopio	Kuopio	Jatekukko Oy / Lohja Rudus Oy Ab Kierratys Kaatopaikantie 316 70800 Kuopio	Tuomo Joutsenoja Tuotepaallikko	0204477274	tuomo.joutsenoja@lohjarudus.fi	www.lohjarudus.fi
111	Agnico-Eagle	Agnico-Eagle AB, Suurikuusikko	Kittila	Pakatie 371, 99100 Kittila		016642238	etunimi.sukunimi@agnico-eagle.com	
112	Etela-Pohjanmaan voima	EPV / Tornion Voima Oy	Tornio	Royttan satama (Kromitie), 95400 Tornio	Ahti Rinnasto	06-337 5233, 050-313 3233		
113	Fortum	Fortum, Kokkolan voimalaitos	Kokkola	67101 KOKKOLA				
114	Fortum	Fortum Power and Heat Oy, Kauttuan voimalaitos	Eura	Tehtaantie 95, 27500 Kauttua				
115	Fortum	Fortum Power and Heat Oy, Rauhalahden voimalaitos	Jyvaskyla	Vesangantie 5, PL 4, 40101 JYVaSKYLa		Puhelinvaihte: (014) 624 144, Fax: (014) 214 070		
116	Mondo Minerals	Mondo Minerals Oy, Lipasvaaran louhos	Polvijarvi	Hoyrykalliontie 11, 83700 Polvijarvi	Jorma Rasanen	013 633630		
117	Mondo Minerals	Mondo Minerals Oy, Horsmanahon louhos	Polvijarvi	Outokummuntie 59, 83780 Horsmanaho	Jorma Rasanen	013 633630		
118	Polar Mining Oy	Polar Mining Oy, Oriveden kaivos	Orivesi	Kultatie 1 35300 ORIVESI				
119	PVO	PVO / Kokkola	Kokkola	Kemirantie 8, 67900 Kokkola		V. (06) 337 5380		
120	PVO	PVO / Jarvisuomen Voima Oy	Ristiina	Pellosniemi, 52420 Pellosniemi				
121	PVO	PVO / Rauman Voima Oy	Rauma	PL 95, Tikkalantie 1, 26101 Rauma		V. 0204 14 101		
122	PVO	PVO / Jarvisuomen Voima Oy	Savonlinna	Schaumanintie 1 57200 Savonlinna				
123	PVO	PVO / Kymin Voima Oy, Kuusankosken voimalaitos	Kuusankoski	Selluntie 3 ,45700 Kuusankoski		v. 020415121		
124	PVO	PVO / Laanilan Voima Oy	Oulu	Typpitie PL 191, 90101 Oulu		V. (08) 55085400		
125	PVO	PVO / Kaukaan Voima Oy	Lappeenranta	(Kaukaankatu), 53200 Lappeenranta	KT: UPM (Esa Simpura (Tuhkat: Ismo Viljanen))			
126	Rovaniemen Energia	Rovaniemen Energia, Suosiola	Rovaniemi	Lampelankatu 24, Rovaniemi		V. 0201 52 5888		
127	UPM	UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehta	Pietarsaari	Luodontie 149; PL 42, 68601 Pietarsaari	Kari Saari	Kari Saari:0204 16 9770	Kari.Saari@upm-kymmene.com	

Nr	LAITOS	KUNTA	X_kkj3	Y_kkj3	TUOTTAJA
1	Boliden	Harjavalta	3239043	6810686	Boliden Harjavalta Oy
2	Boliden	Kokkola	3308640	7089521	Boliden Kokkola Oy (sinkkitehdas)
3	Componenta	Iisalmi	3510002	7053044	Componenta Suomivalimo Oy
4	Etela-Savon Energia	Mikkeli	3515455	6840990	Etela-Savon Energia Oy, Pursialan voimalaitos
5	Finnsementti	Parainen	3239703	6695158	Finnsementti Oy, Paraisten tehdas
6	Fortum	Joensuu	3646013	6946562	Fortum Espoo Oy, Joensuun toimipiste
7	Fortum	Inkoo	3327971	6660846	Fortum Power and Heat Oy, Inkoo
8	Fortum	Pori (Meri-Pori)	3203984	6848943	Fortum Power and Heat Oy, Pori
9	Georgia-Pacific	Nokia	3313477	6823721	Georgia-Pacific Nordic Oy, Nokia
10	Gyproc	Kirkkonummi	3354866	6665409	Gyproc Oy, Kirkkonummi
11	Kainuun Voima	Kajaani	3534055	7125870	Kainuun Voima Oy
12	Kemira	Oulu	3429978	7215497	Kemira Oy, Oulun toimipaikka, Kemira Specialty
13	Kemphos	Sillinjärvi	3537163	6999587	Kemphos Oy
14	Kotkan Energia	Kotka	3495600	6706600	Kotkan Energia Oy, Hovinsaaren voimalaitos
15	Kumpuniemen Voima	Suolahti	3440494	6941350	Kumpuniemen Voima Oy, Suolahti
16	Kuopion Energia	Kuopio	3534582	6975299	Kuopion Energia, Kuopio
17	Loparex Oy	Lohja	3336941	6686278	Loparex Oy, Lohja / Loparex Europe
18	Metsa-Botnia	Rauma	3202204	6790510	Metsa-Botnia Oy
19	Metsa-Botnia	aanekoski	3436095	6943647	Metsa-Botnia Oy
20	Metsa-Botnia	Joutseno	3578561	6780896	Metsa-Botnia Oy, Ab
21	Metsa-Botnia	Kaskinen	3202336	6931468	Metsa-Botnia Oy, Ab
22	Metsa-Botnia	Kemi	3386639	7298118	Metsa-Botnia Oy, Ab
23	Metsa-Tissue	Mantta	3376271	6882370	Metsa-Tissue Oy
24	M-real	Joutseno	3578881	6781118	M-real Joutseno BCTMP
25	M-real	Jyväskylä	3435855	6905976	M-real Kangas
26	M-real	Lohja	3330750	6679258	M-real Kirkniemi
27	M-real	Tampere	3323437	6828024	M-real Tako Board
28	Myllykoski Paper	Anjalankoski	3487903	6739860	Myllykoski Paper Oy
29	Mantan Energia	Mantta	3376429	6882380	Mantan Energia Oy
30	Nordkalk	Kokkola	3305420	7088800	Nordkalk Oy, Kokkola
31	Nordkalk	Lappeenranta	3563855	6770614	Nordkalk Oy, Lappeenranta
32	Nordkalk	Kerimäki, Savonlinna	3606443	6871828	Nordkalk Oy, Louhi
33	Nordkalk	Parainen	3239656	6695158	Nordkalk Oy, Parainen
34	Nordkalk	Kalkkiranta, Sipoo	3411087	6683481	Nordkalk Oy, Sipoo
35	Nordkalk	Lohja	3337759	6686862	Nordkalk Oy, Tytyri
36	Nordkalk	Vimpeli	3349610	7008817	Nordkalk Oy, Vimpeli
37	Oulun Energia	Toppilan voimalaitokset, Oulu	3426690	7216634	Oulun Energia
38	Outokumpu	Veteli	3341984	7044688	Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Stainless Oy
39	Hitura Mining	Nivala	3402883	7084136	Hitura Mining Oy, Nivala
40	Ovako	Taalintehtas	3249510	6664854	Ovako Dalsbruk + Dalwire, Ovako Wire Oy
41	Ovako	Imatra	3597063	6784031	Ovako Imatra, Ovako Bar Oy
42	Ovako	Lappohja	3288334	6647112	Oy Ovako Ab.
43	Pankaboard	Pankkoski, Lieksa	3657588	7028702	Pankaboard Oy

Nr	LAITOS	KUNTA	X_kkj3	Y_kkj3	TUOTTAJA
44	Pori Energia	Pori, Aittaluoto	3224392	6830962	Pori Energia Oy , Aittaluodon voimalaitos
45	PVO	Ylivieska	3380677	7110049	PVO / Vieskan Voima Oy
46	PVO	Kristiinankaupunki	3205800	6918748	PVO-Lampovoima Oy, Kristiinan voimalaitos, Kristiina
47	PVO	Kotka	3495245	6702847	PVO / Mussalon Kaukolampo Oy
48	PVO	Pori	3203962	6848981	PVO-Lampovoima Oy, Tahkoluodon voimalaitos, Pori
49	Pyhasalmi Mine	Pyhasalmi	3452702	7062422	Pyhasalmi Mine Oy
50	Rautaruukki	Hameenlinna	3366560	6765321	Rautaruukki Oyj, Hameenlinnan tehdas
51	Rautaruukki	Raahе	3378221	7176046	Rautaruukki Oyj, Raahen tehdas
52	Sasmox	Kuopio	3531912	6974572	Sasmox Oy
53	Savon Sellu	Kuopio	3536009	6983055	Savon Sellu Oy / Powerflute Oy
54	Stora Enso	Aittaluoto, Pori	3224432	6830945	Stora Enso / Corenso United Oy Ltd, Porin kartonkitehdas
55	Stora Enso	Uimaharju, Eno	3664613	6982683	Stora Enso Enocellin sellutehdas
56	Stora Enso	Anjalankoski	3490460	6733260	Stora Enso Oyj Anjalankosken tehtaат
57	Stora Enso	Heinola	3450686	6786337	Stora Enso Oyj Heinolan Flutingtehdas
58	Stora Enso	Imatra	3599376	6794283	Stora Enso Oyj Imatran tehtaат
59	Stora Enso	Kemijarvi	3523039	7404117	Stora Enso Oyj Kemijarven tehdas
60	Stora Enso	Oulu	3426387	7212857	Stora Enso Oyj Oulun tehdas
61	Stora Enso	Kemi	3390307	7291043	Stora Enso Oyj Veitsiluodon tehtaат
62	Stora Enso	Hamina	3506900	6714363	Stora Enso Publication Paper Summan tehtaат
63	Stora Enso	Varkaus	3546294	6913200	Stora Enso Varkauden tehtaат
64	Stora Enso	Kotka	3497894	6706531	Stora Enso, Kotkan tehdas
65	Sunila	Kotka	3497366	6709080	Sunila Oy
66	Suomen Rengaskierratys	Helsinki (toimisto)	3386023	6674264	Suomen Rengaskierratys Oy
67	Sateri	Valkeakoski	3341506	6800088	Sateri Oy
68	Tampereen Sahkolaitos	Tampere	3328612	6826633	Tampereen Sahkolaitos, Naistenlahden voimala
69	Tetra Chemicals	Kokkola	3305762	7089614	Tetra Chemicals Europe Oy
70	Tiileri	Mjosund	3248989	6685587	Tiileri Keramia
71	Tiileri	Tarvasjoki	3268902	6731019	Tiileri Seppala
72	Tiileri	Ylivieska	3391227	7102807	Tiileri Ylivieska
73	Tulikivi	Juuka	3622661	7010611	Tulikivi Oyj, Juuan tehtaат
74	Tulikivi	Suomussalmi	3606715	7243366	Tulikivi Oyj, Suomussalmen tehdas
75	Tulikivi	Taivassalo	3200686	6734549	Tulikivi Oyj, Taivassalon ja Vinkkilan tehtaат
76	Tulikivi	Vinkkila	3211949	6742421	Tulikivi Oyj, Taivassalon ja Vinkkilan tehtaат
77	Kivia	Kuhmo	3620539	7117329	Kivia Oy
78	Kermansavi	Heinavesi	3584615	6921648	Tulikivi Oyj, tytaritys: Kermansavi Oy
79	Turku Energia	Turku	3238123	6712602	Turku Energia
80	UPM	Valkeakoski	3340564	6798938	UPM-Kymmene Oyj, Tervasaaren paperitehdas
81	UPM	Jamsankoski	3403497	6868907	UPM-Kymmene Oyj, Jamsankosken paperitehdas
82	UPM	Kaipola	3407160	6857428	UPM-Kymmene Oyj, Kaipolan paperitehdas
83	UPM	Kajaani	3534342	7125979	UPM-Kymmene Oyj, Kajaanin paperitehdas
84	UPM	Lappeenranta	3567254	6773668	UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan tehtaат
85	UPM	Kuusankoski	3481704	6755592	UPM-kymmene Oyj, Kymin tehtaат
86	UPM	Rauma	3203284	6790976	UPM-Kymmene Oyj, Rauman paperitehdas

Nr	LAITOS	KUNTA	X_kkj3	Y_kkj3	TUOTTAJA
87	Vantaan Energia	Martinlaakson voimalaitos, Vantaa	3390107	6688676	Vantaan Energia Oy
88	Vaskiluodon Voima	Vaasa	3225731	7010472	Vaskiluodon Voima Oy , Vaasa
89	Vaskiluodon Voima	Seinäjoki	3286387	6966499	Vaskiluodon Voima Oy , Seinäjoki
90	Wienerberger	Koria	3477258	6748646	Wienerberger Oy, Korian Tiilitehdas
91	Wienerberger	Lappila	3400324	6749842	Wienerberger Oy, Lappilan Tiilitehdas
92	M-real	Simpele	3625421	6816343	M-real Simpele
93	M-real	aanekoski	3435084	6944516	M-real aanekoski Board
94	M-real	Kemi	3386378	7297954	M-real Kemart Liners
95	M-real	Kyroskoski	3298309	6845885	M-real Kyro
96	Nordkalk	Siikainen	3222393	6867972	Nordkalk Oyj, Siikainen
97	Outokumpu	Pietarsaari	3288509	7073314	Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Stainless Oy (Tubular Products Oy Ab)
98	Outokumpu	Tornio	3370540	7300907	Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Stainless Oy
99	Nordkalk	Vampula	3264744	6778169	Nordkalk Oyj, Vampula
100	Helsingin Energia	Helsinki	3383938	6674401	Helsingin Energia
101	Helsingin Energia	Helsinki	3384097	6674121	Helsingin Energia
102	Helsingin Energia	Helsinki	3398878	6680061	Helsingin Energia
103	Helsingin Energia	Helsinki	3387525	6676500	Helsingin Energia
104	Kanteleen Voima	Haapavesi	3423154	7114293	Kanteleen Voima Oy
105	Lahti Energia	Lahti	3430724	6765449	Lahti Energia Oy
106	Lahti Energia	Lahti	3427837	6765278	Lahti Energia Oy
107	Lahti Energia	Lahti	3426613	6765005	Lahti Energia Oy
108	Lohja Rudus	Rovaniemi	3439702	7377913	Lohja Rudus Oy, Kierratys, Ala-Korkalo, Rovaniemi
109	Lohja Rudus	Kuopio	3526693	6969783	Lohja Rudus Oy, Kierratys, Heinalamminrinne, Kuopio
110	Alholmens Kraft Oy Ab	Pietarsaari	3287489	7073759	Alholmens Kraft Oy Ab
111	Agnico-Eagle	Kittila	3411727	7511331	Agnico-Eagle AB, Suurikuusikko
112	Etela-Pohjanmaan voima	Tornio	3370204	7300661	EPV / Tornion Voima Oy
113	Fortum	Kokkola	3307826	7089606	Fortum, Kokkolan voimalaitos
114	Fortum	Eura	3239036	6787473	Fortum Power and Heat Oy, Kauttuan voimalaitos
115	Fortum	Jyvaskyla	3432997	6904775	Fortum Power and Heat Oy, Rauhalahden voimalaitos
116	Mondo Minerals	Polvijarvi	3612828	6992569	Mondo Minerals Oy, Lipasvaaran louhos
117	Mondo Minerals	Polvijarvi	3614320	6970686	Mondo Minerals Oy, Horsmanahon louhos
118	Polar Mining Oy	Orivesi	3349713	6841752	Polar Mining Oy, Oriveden kaivos
119	PVO	Kokkola	3305843	7089751	PVO / Kokkola
120	PVO	Ristiina	3514423	6818556	PVO / Jarvisuomen Voima Oy
121	PVO	Rauma	3202740	6791634	PVO / Rauman Voima Oy
122	PVO	Savonlinna	3601131	6863221	PVO / Jarvisuomen Voima Oy
123	PVO	Kuusankoski	3481612	6755593	PVO / Kymin Voima Oy, Kuusankosken voimalaitos
124	PVO	Oulu	3430026	7215550	PVO / Laanilan Voima Oy
125	PVO	Lappeenranta	3566768	6773643	PVO / Kaukaan Voima Oy
126	Rovaniemen Energia	Rovaniemi	3441330	7378866	Rovaniemen Energia, Suosiola
127	UPM	Pietarsaari	3288598	7074090	UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehta



		Tie, katu, kenttä (uusi)						Perus-korjaus / olemassa oleva maa-rakenne	Savet, turpeet, liejut; mm. ruoppaus- ym. ylijäämämassat	Kaatopaikat	
		Kantava kerros	Jakava kerros	Suodatin- kerros	Kevennys	Lämmöneristys	Täyttö, pengert			Pohjan vahvistus	Tiivistysrakenne
Sivutuotteet massiivirakenteina sellaisenaan tai sideainelisäyksellä	Kuitutuhka		x		x	x	(x)		x		x
	Kuitusavi				(x)	x				x	
	Lentotuhka	x	x		x	x	x		x		x
	Kipsituhka	(x)	x			x	(x)		x		x
	Kuona	x	x	x		x	x		x		x
	Kuonatuhka	x	x			x	(x)		x		x
	RH ja pohjatuhka			x		(x)	x		x		x
	RH-tuhka	x	x			(x)	(x)		x		x
	Rengasrouhe				x	x	x				x
Sivutuotteet sideaineena	Kerrosstabilointi	x	x						x		x
	Massan stabilointi	(x)	x					x	(x)	x	x

Termi	Selite	Termi	Selite
sivutuote	teollisuuden sivutuote	kuona	terässlattokuona
kuitusavi	kuituliete	kuonatuhka	terässlattokuonan ja tuhkan seos
kuitutuhka	kuitulietteen ja lentotuhkan seos	RH	rikastushiekka
kipsituhka	prosessikipsin ja tuhkan seos	RH-tuhka	rikastushiekan ja lentotuhkan seos

Eräiden UUMA-materiaalien käyttökohteita; x = soveltuu erinomaisesti; (x) = voi käyttää paremman käyttömahdollisuuden puuttuessa