

LIFE12 ENV/FI/000592 UPACMIC - Utilisation of by-products and alternative construction materials in new mine construction

Teollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen kaivosten ympäristönsuojarakenteissa - MATERIAALIT

Uudet mahdollisuudet kaivosympäristöjen kiertotaloudessa ja kestävässä kehityksessä 16.3.2022

DI Harri Jyrävä
harri.jyrava@ramboll.fi
+358 400 732 593



LIFE12 ENV/FI/000592



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

RAMBOLL

skarta

fortum
For a cleaner world



Materiaalit



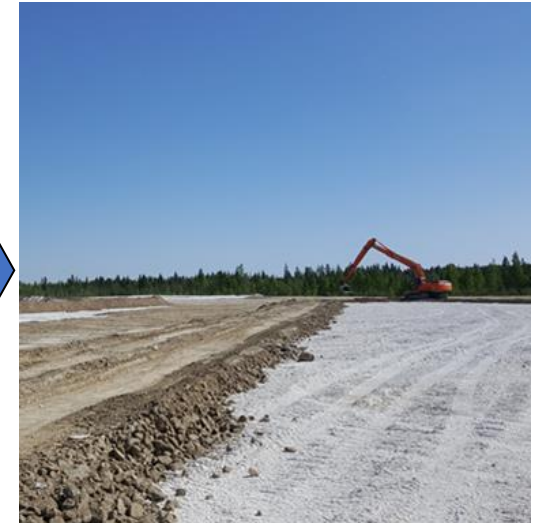
Alueellinen materiaalikartoitus ja mahdollisuudet/reunaehdot
(saatavuus, määrät, laatu, kustannukset, aikataulu...)



Materiaalitestaus laboratoriossa
(tekniset ominaisuudet ja
ympäristökelpoisuus/liukoisuus)



Materiaalien/rakenteiden testaus
kenttäolosuhteissa (Laboratoriossa
parhaaksi todetut rakenteet)



Laajamittainen pilotointi

Projektin lähtökohta ja tavoitteet

Kaivosten ympäristösuojelurakenteet vaativat suuria määriä luonnon kiviaineksia. Samaan aikaan teollisuudesta ja kaivostoiminnasta muodostuu suuria määriä maarakentamisessa hyödyntämiskelpoisia materiaaleja.

Tavoitteena löytää toimivia, ympäristöystävällisiä ja kustannustehokkaita vaihtoehtoja kaivosteollisuuteen ... hyödyntäen mahdollisuuksien mukaan muun teollisuuden sivuvirtoja ja erityisesti kaivosten omia jätemateriaaleja tai sivutuotteita.



Projektin tavoitteet

Tuoda esille, että sekundäärisiä materiaaleja hyödyntäen on löydettävissä vaihtoehtoisia, ja kilpailukykyisiä, ratkaisuja kaivosalueiden tarpeisiin.



Projektin tavoitteet

- Testata ja pilotoida teollisuuden jätejakeiden ja kaivosalueelle sijoitettavien sivuvirtojen (mm. rikastushiekat) hyödyntämistä kaivosten ympäristösuojelurakenteissa:
 - Peittokerroksessa
 - Pohjarakenteissa/eristerakenteissa
 - Reaktiivisissa rakenteissa
- Tuottaa seurantatietoa
 - Rakenteiden teknisestä toimivuudesta ja materiaalien ympäristökelpoisuudesta
 - Rakentamisen hiilijalanjäljestä (LCA)
 - Materiaalilogistiikasta
 - Parhaista opituista käytännöistä on tarkoitus koostaa lyhyt ohje
- Hankkeeseen liittyvää pilotointia toteutettu Pyhäsalmen ja Hituran kaivoksilla sekä Fortumin hallinnoimalla Sorsasalon kaatopaikalla Kuopiossa

Teollisuudessa muodostuvia jätejakeita



Jätekipsi



Kuitusavi



Voimalaitosten lentotuhat



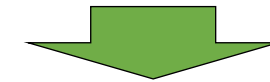
Jätekalkki



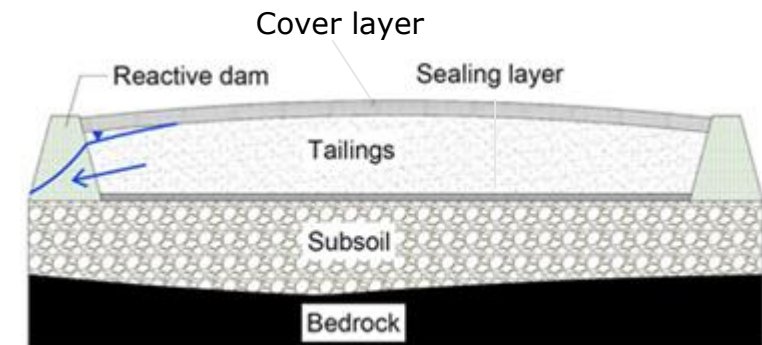
Mädätysjäte



Valimohiekka



Uusia materiaaleja kaivosten ympäristösuojelurakenteita varten



Materiaalitestaus - tutkimusmenetelmiä

Luokittelu / laatu ja laatuvaihtelu:

Vesipitoisuus

Hehkutushäviö

pH

Rakeisuus

Reaktiivisuus/lämpenemistesti

Aktiivisen kalkin määrittäminen

Tiivistyskokeet

Vedenläpäisevyytestit

Lujuusominaisuudet

Routanousukokeet

Liukoisuustestit

Suotautumiskokeet

Alholmens Kraft

Stora Enso Oyj, Oulu

Oulun Energia

Äänevoima ja Metsä Board Oyj, Äänekoski

Laanilan Voima

Kanteleen Voima

Mäntän Energia ja Metsä Tissue, Mänttä

SCA, Nokia (nykyään Essity Finland Nokia)

Componenta Finland Oy, Pori

Componenta Castings Oy, Karkkilasta.

Yara, Siilinjärvi

SMA Mineral Oy



Materiaalitestaus – 1. vaiheen testaus

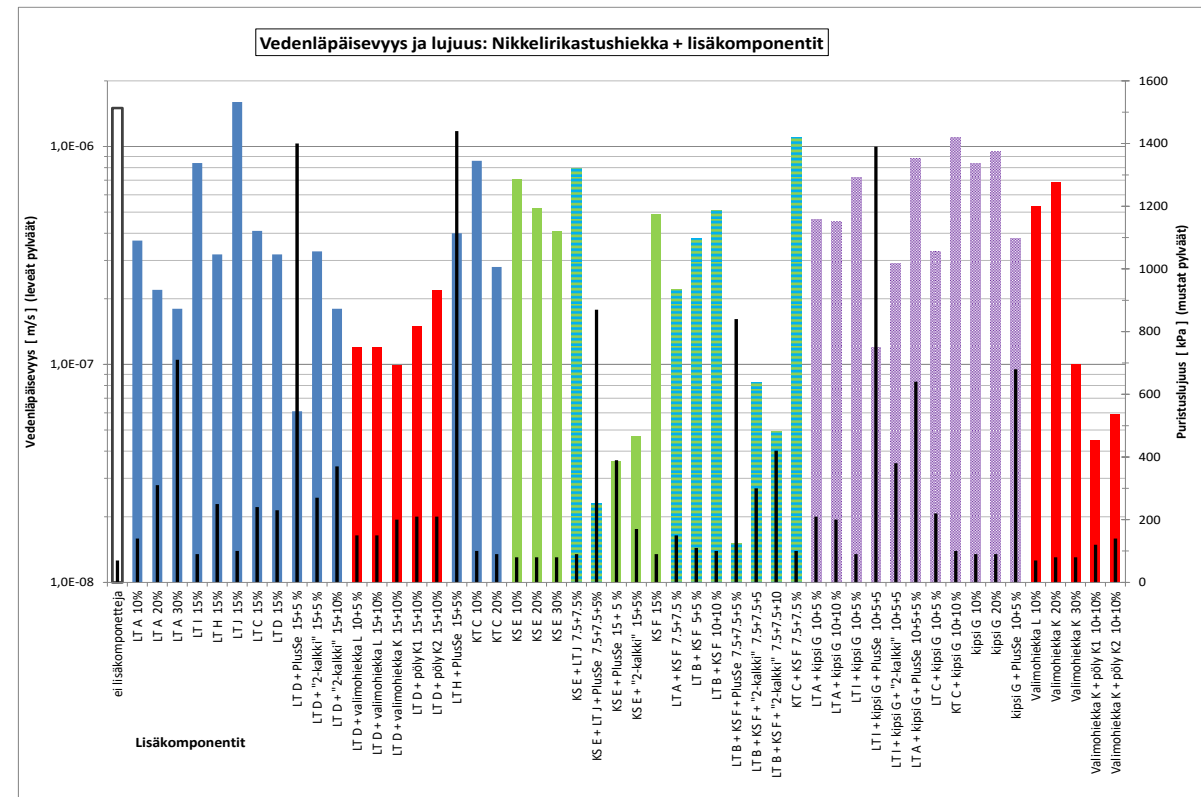
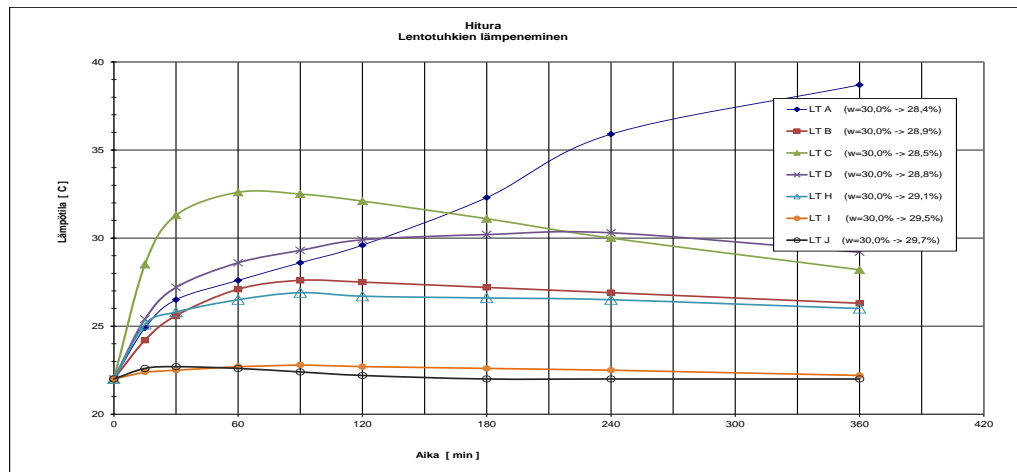
Nikkelirikastushiekka runkoaineena

Moreeni runkoaineena

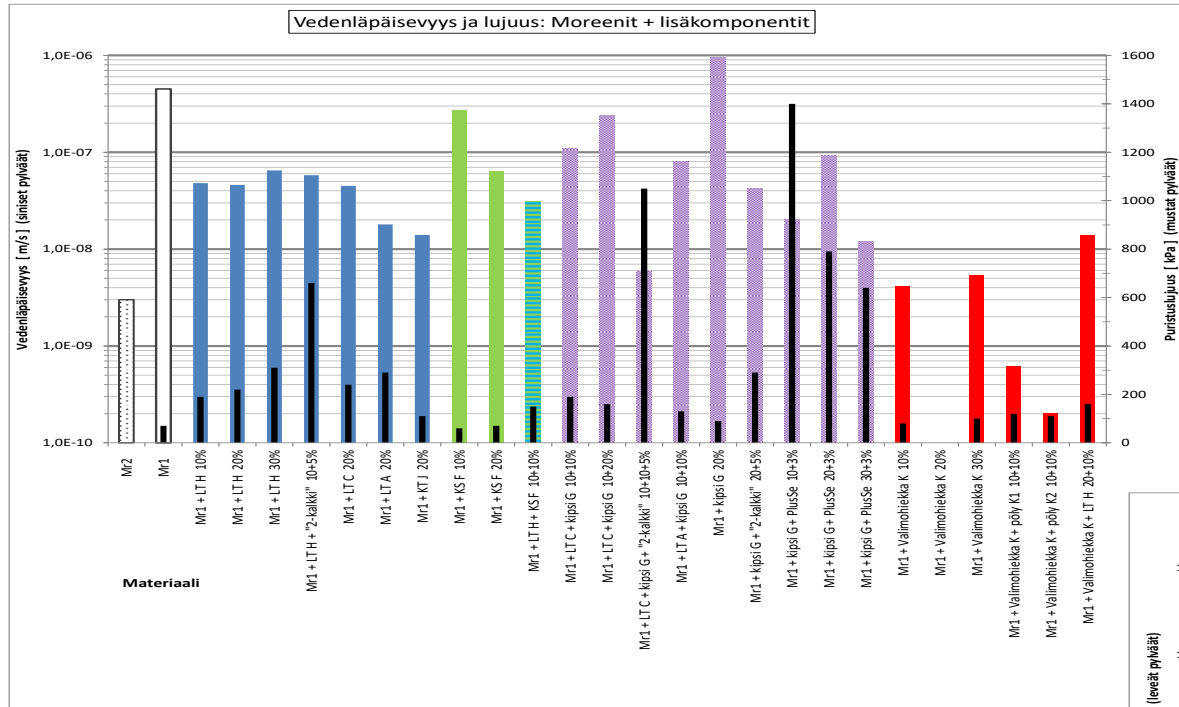
Kultarikastushiekka (Kopsa) runkoaineena

Sivutuoteseokset

→ Yleiskuva mahdollisuuksista + tarkemman testi-
vaiheen lähtökohdat ja painotukset

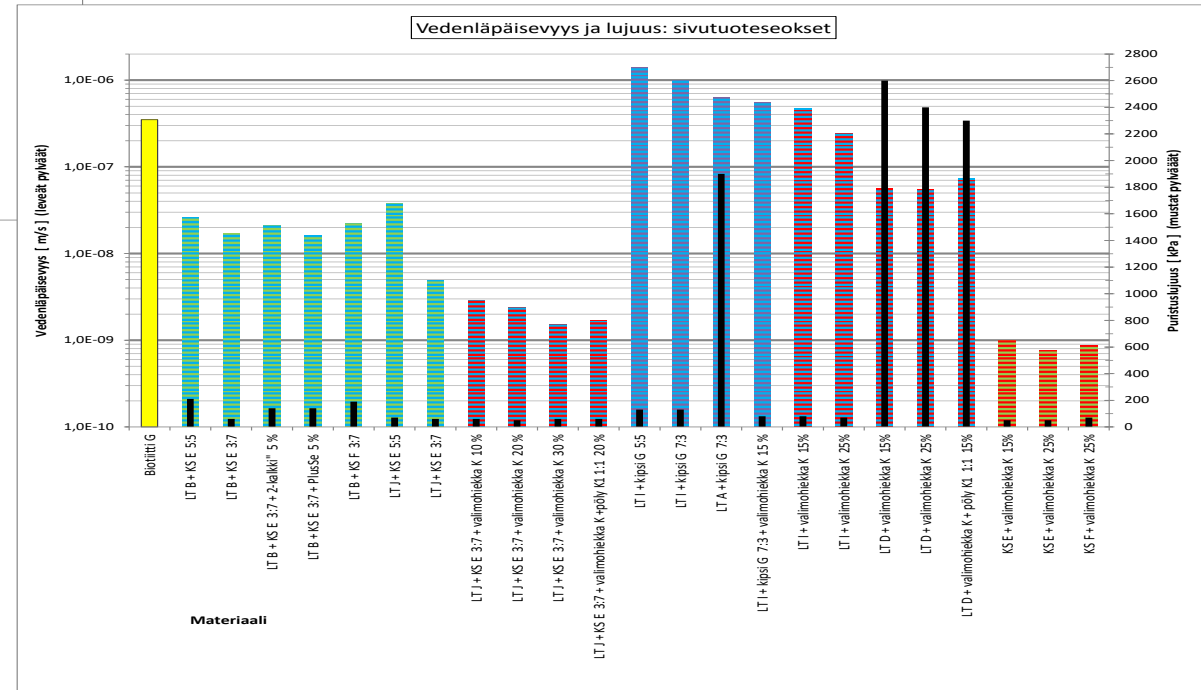


Materiaalitestaus – 1. vaiheen testaus



Moreeni runkoaineena

Sivutuoteseokset



Materiaalitestaus – 1. vaiheen testaus

Runkoaine	Seoskomponentit	Vedenläpäisevyys (m/s)	Puristuslujuus kPa
Nikkelirikastushiekka	Lentotuhka+sementti (15+5 %)	$<10^{-7}$	≈1400
	Kuitusavi (10-30 %) Kuitusavi+sideaine	hieman $>1 \times 10^{-7}$ $<10^{-7}$	<100 150...400
	Valimohiekka+pöly (10 + 10 %)	$1 \times 10^{-8} \dots 1 \times 10^{-7}$	70–200
Heikkolaatuinen moreeni	Valimohiekka+pöly (10+10 %)	$<1 \times 10^9$	100
	Tuhka (10-30 % laatuvaihtelua)	lähes 1×10^{-8}	100-300
	Tuhka+kipsi+kalkki (10+10+5 %)	$< 1 \times 10^{-8}$	1000

Materiaalitestaus – 2. vaiheen testaus

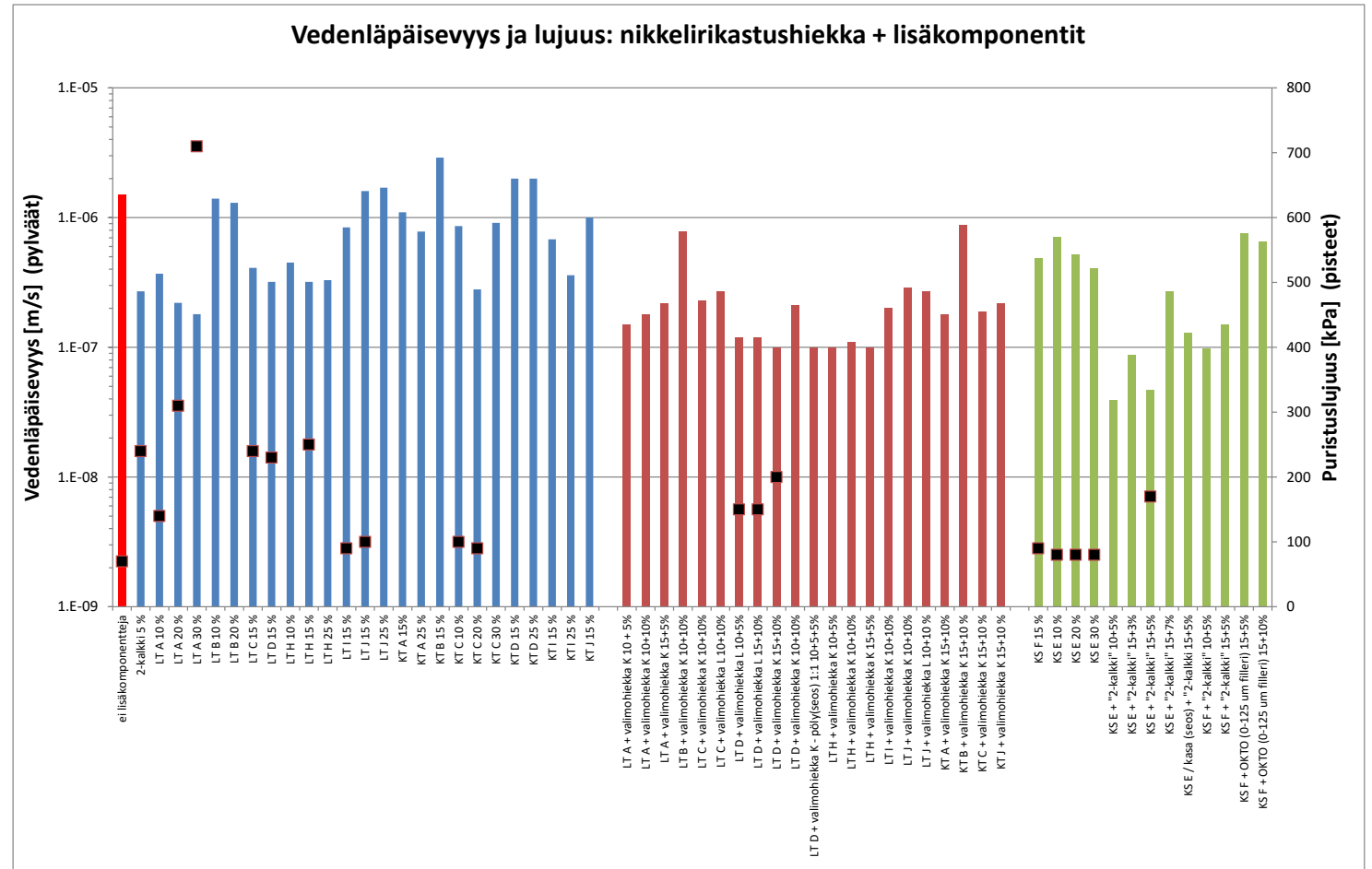
2. Vaiheen testauksen yksi päätavoite oli selvittää eri materiaalituottajien sivutuotteiden käytön vaikutuksia rakentamisen laatuun ja laatuvaihteluun.

Lisäksi tutkimuksilla pyrittiin luokittelemaan rakentamisessa hyödyntämiskelpoisia materiaali-eriä, mikä mahdollistaa rakentamiseen käytettävissä olevien sivutuotteiden massamäärien arvioinnin.

Jatkotestaukseen valittiin monentyyppisiä ratkaisuvaihtoehtoja, jolloin voitiin tuottaa tietoa mahdollisimman laajalla ominaisuusalueella ja arvioida materiaalien käyttömahdollisuuksia erilaisissa rakenneratkaisuissa ja käyttökohteissa.

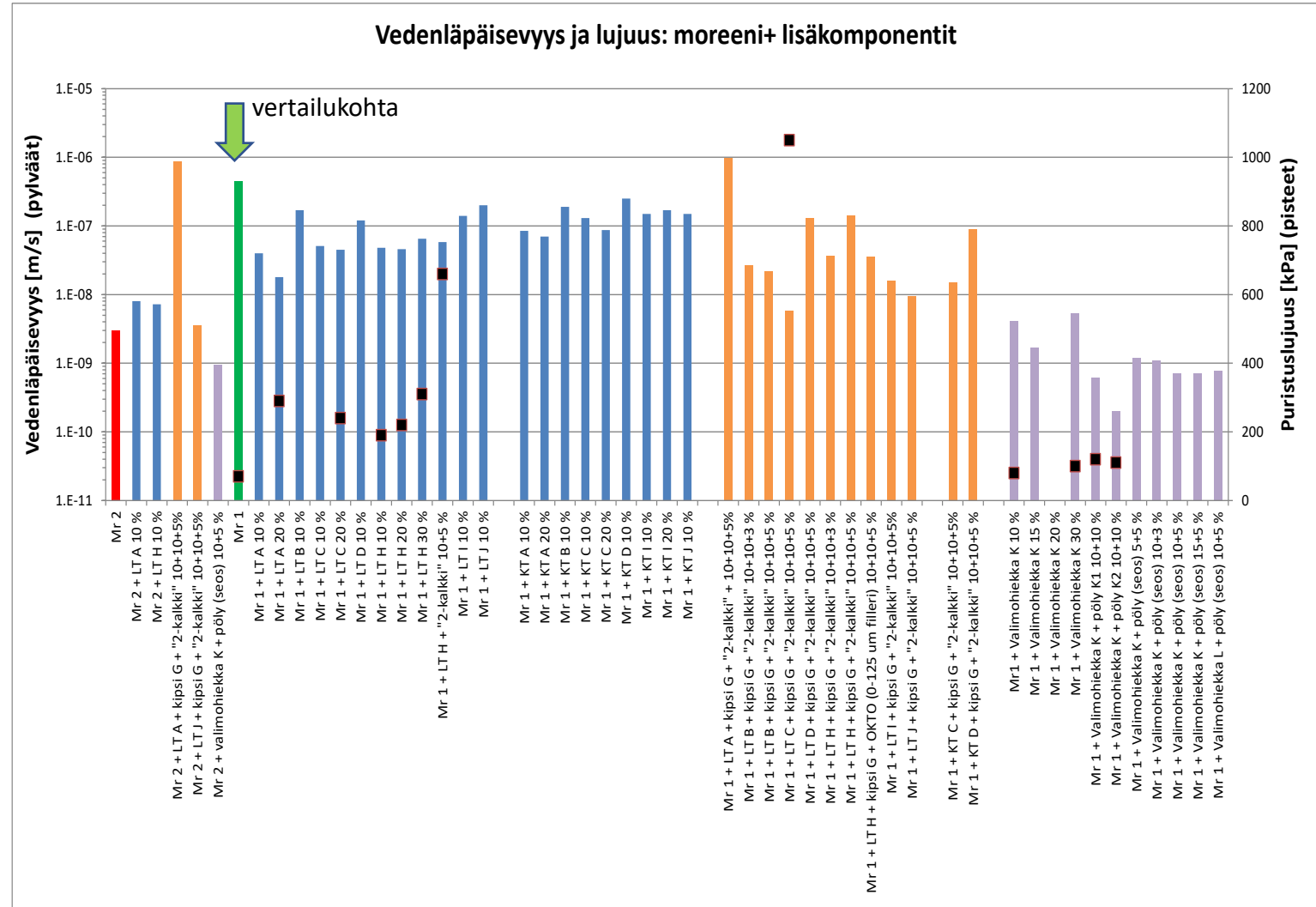
Materiaalitestaus – 2. vaihe / Nikkelirikastushiekka

- lentotuhka (LT)
- kasatuhka (KT)
- lentotuhka
 - + valimohiekka (VH) (+pöly, VP)
- kasatuhka + valimohiekka (+pöly)
- kuitusavi (KS)
- kuitusavi + "2-kalkki" (2-kalkki)
- kuitusavea
 - + OKTO (0-125 µm)-filleriä (OKTO)



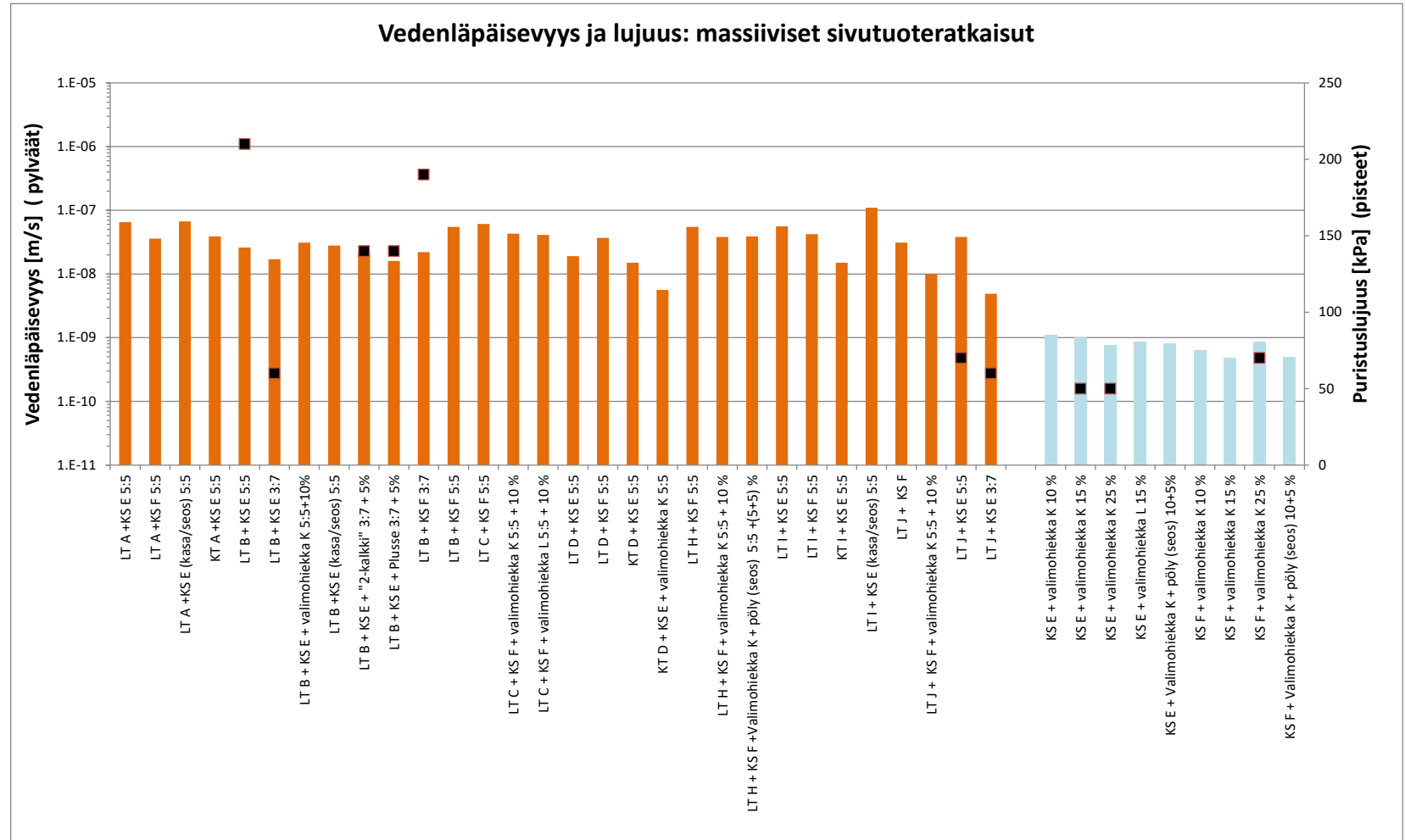
Materiaalitestaus – 2. vaihe / Moreeni

- lentotuhka (LT)
- kasatuhka (KT)
- lentotuhka + kipsi + 2-kalkki
- kasatuhka + kipsi + 2-kalkki
- valimohiekka (VH) (+pöly) (VP)



Materiaalitestaus – 2. vaihe / Sivutuoteratkaisut

- lentotuhka + kuitusavi
- lentotuhka + kuitusavi
+ valimohiekka
- kasatuhka + kuitusavi
- kasatuhka + kuitusavi
+ valimohiekka
- kuitusavi + valimohiekka (+pöly)



Vedenläpäisevyysominaisuuksien parantaminen

- Rikastushiekka-altaiden suojarakenteilta vaaditaan tyypillisesti vedenläpäisevyyttä $k < 1 \times 10^{-8} \dots 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$.
 - Lähiseudun maa-ainekset eivät välttämättä täytä tätä arvoa ja eivät näin ole hyödynnettävissä rakenteissa tai ominaisuuden täyttävän maa-aineksen paikallinen saatavuus on rajoitettua.
- Kaivosalueella tai sen läheisyydessä olevan huonolaatuisen moreenin tai muun maa-aineksen (tai rikastushiekan) hyödyntäminen kaivoksen suojarakenteissa on mahdollista parantamalla edellisten ominaisuuksia sekoittamalla niihin erilaisia tukiaineita.
 - Tukiaine voi olla esimerkiksi lentotuhkaa, kalkkia tai bentoniittipitoista valimohiekkaa ja pölyä.
 - Näin voidaan välttyä massiivisilta maansiirroilta ja hyödyntää alueella jo olevia maamassoja.
- Tiivistyskerroksen rakentaminen käyttäen teollisuuden sivuvirtoja korvaa neitseellisiä maa- ja kiviaineksia.
 - Säästetään arvokkaita luonnonvaroja.
 - Parhaassa tapauksessa läjitettävä materiaali voi toimia osana lopullista rakennetta.

Esimerkkejä mahdollisuuksista

Vedenläpäisevyys k (m/s)	Materiaaliseos
$\approx 5 \times 10^{-7}$	<ul style="list-style-type: none"> nikkelirikastushiekka jalostettuna lentotuhkalla
$\approx 1 \times 10^{-7}$	<ul style="list-style-type: none"> nikkelirikastushiekka jalostettuna tuhkalla+valimohiekalla moreeni jalostettuna kasatuhkalla
$\approx 1 \times 10^{-7} \dots 5 \times 10^{-8}$	<ul style="list-style-type: none"> nikkelirikastushiekka jalostettuna kuitusavi-kalkki seoksella moreeni jalostettuna lentotuhkalla
$\approx 1 \times 10^{-8}$	<ul style="list-style-type: none"> moreeni jalostettuna tuhka-kipsi-kalkki seoksella
$\approx 1 \times 10^{-8} \dots 10^{-9}$	<ul style="list-style-type: none"> moreeni jalostettuna valimohiekalla kuitusavi (massiivikerroksena)
$\leq 1 \times 10^{-9}$	<ul style="list-style-type: none"> moreeni jalostettuna valimohiekka-pöly seoksella kuitusavi jalostettuna valimohiekalla
Puristuslujuus (kPa)	
50-100	<ul style="list-style-type: none"> kuitusavi (+valimohiekka), murto > 15 %
100-300	<ul style="list-style-type: none"> moreeni + valimohiekka nikkelirikastushiekka jalostettuna lentotuhkalla, valimohiekalla tai kuitusavi-kalkki seoksella moreeni + lentotuhka
>500	<ul style="list-style-type: none"> nikkelirikastushiekka jalostettuna suurella määrällä reaktiivista lentotuhkaa moreeni jalostettuna lentotuhka-kalkki seoksella tai lentotuhka-kipsi-kalkki seoksella

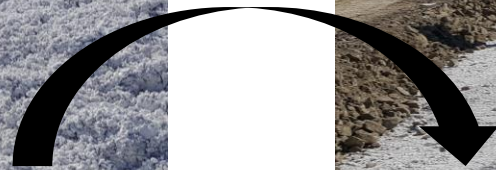
Testattujen materiaalien soveltuvuus

Materiaali	Testattu laboratoriossa	Testattu maastossa	Materiaalin soveltuvuus eri rakenteisiin			Materiaalien ympäristökelpoisuus eri rakenteisiin			Kommentti
			Peitto	Pohja	Reaktiivinen	Peitto	Pohja	Reaktiivinen	
Kuitusavi	X	X	++	+	-	++	++	+	Kuitusavi omaa suotuisat vedenläpäisevyysominaisuudet, jolloin oikein tiivistettynä sillä saavutetaan parempi rakenne kuin moreenilla.
Kalkkikivi (tuotannon sivuvirta)	X	X	+	+	++	+	+	+	Kalkkikivimurske soveltuu happamien suotovesien käsittelyyn passiivisesti (reaktiivinen pato). Oma myös lujittumisominaisuuksia.
Kuiva lentotuhka	X	X	+	+	+	+	+	0	Lentotuhkat voivat saostaa reaktiivisuutensa vuoksi raskasmetalleja suotautuvasta vedestä tai parantaa moreenin vedenläpäisyominaisuuksia sekoitettaessa. Lentotuhkien ominaisuudet vaihtelevat suhteellisen paljon ja tuhkat voivat käyttäytyä eri tavoin eri materiaalien kanssa. Kohdekohtainen testaus on tärkeää (testattu tässä yhteydessä käyttöä pääosin peitorakenteissa.)
Bentoniittipitoinen valimohiekka	X		+	+	0	-/+	-/+	0	Sekoitettaessa moreeniin, seoksen vedenläpäisevyys pienenee, jolloin voidaan saavuttaa huonolaatuisilla moreeneilla paremmat vedenläpäisevyysominaisuudet. Valimohiekan ympäristökelpoisuus vaihtelevat syntypaikan mukaan, joten nämä on tutkittava tapauskohtaisesti.
Kipsi	X	X	+	0	0	+	+	0	Kipsi soveltuu peitorakenteisiin, mutta materiaalin vedenläpäisevyys arvo on korkea sellaisenaan, joka täytyy ottaa huomioon rakennetta suunniteltaessa. Seostettuna muuhun maa-ainekseen ominaisuudet paranevat huomattavasti.
2-kalkki (2. laatu)	X		+	+	+	+	+	+	Soveltuu kaikkiin rakenteisiin sekoitettuna muihin maa-aineksiin.

++	Soveltuu
+	Soveltuu muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta
-/+	Epäselvä
-	Ei sovellu
0	Ei testattu

TULEVAISUUDEN TAVOITE

“Yhden toimijan tuottama jäte voi olla toiselle arvokasta raaka-ainetta”



KIITOS!

KYSYMYKSIÄ?



RAMBOLL