

Maa-aineksen uusiokäyttö rakennus- hankkeessa

Maajukka Oy

Juha Seppänen

Opinnäytetyö

Helmikuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Seppänen, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Helmikuu 2017
	Sivumäärä 65	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Maa-aineksen uusiokäyttö rakennushankkeessa Mahdollinen alanimi		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Haapamaa Hannu		
Toimeksiantaja(t) Tuominiemi Jukka, Maajukka Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maajukka Oy tarvitsee maa-aineksen uusiokäyttöön apuvälineitä, joiden avulla työnjohtajien ja -tekijöiden on helpompi kierrättää käytössä olevia ylijäämämaita. Tavoitteena on lisätä ja helpottaa maa-aineksen uusiokäyttöä ja selvittää siitä syntyviä säästöjä rakennushankkeessa.</p> <p>Tutkimuksissa perehdyttiin mahdollisiin kierrätettäviin materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin. Käyttökohteet selvitettiin määräysten pohjalta ja niihin liittyviin ongelmatilanteisiin. Esimerkiksi CE-merkintä rakennusmateriaalien käytössä on välttämätöntä laadunvalvonnan näkökulmasta, mutta se vaikeuttaa uusiokäyttöä merkittävästi. Uusiokäyttö johtaa kuitenkin merkittäviin kustannussäästöihin, joita tutkittiin yrityksen nykyisten kustannusten perusteella.</p> <p>Tuloksena syntyi tarkastuslistat, joista selviää maa-aineksen käyttökohteet ja niiden lakisääteiset vaatimukset. Laskelmien antamat taloudelliset hyödyt taas ovat suuntaa-antavia, koska työmaiden ylijäämämaiden laatu ja määrä sekä työmaan sijainti vaikuttavat suuresti uusiokäytöstä saatavaan hyötyyn.</p> <p>Tulokset osoittavat, että uusiokäyttö on taloudellisesti kannattavaa, mutta sen tärkeydessä tulee ottaa huomioon myös opinnäytetyön ulkopuolelle jääneitä seikkoja, kuten esimerkiksi ympäristöpäästöt. Välivarastointi poistaa osan uusiokäytön antamista kustannussäästöistä, mutta se on pienempi rasite maalle kuin maa-aineksen loppusijoittaminen kaatopaikoille.</p> <p>Saatuja tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää rakennushankkeissa työvaiheiden järjestysten suunnittelussa, koska maa-aineksen kuljetusmääriä on mahdollista pienentää ja tehostaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Maa-aines, Uusiokäyttö, kustannustehokkuus, rakennushanke		
Muut tiedot		

Description

Author(s) Seppänen, Juha	Type of publication Bachelor's thesis	Date February 2017 Language of publication: Finish
	Number of pages 65	Permission for web publication: X
Title of publication Re-use of ground materials in building construction		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Haapamaa Hannu		
Assigned by Tuominiemi Jukka, Maajukka Ltd		
<p>Abstract</p> <p>Maajukka Ltd needed tools for re-use of ground materials in order to make it easier. The aim was to increase the re-use of land resources and find out the savings arising from the building project.</p> <p>The research examines the potential recyclable materials and their characteristics. The applications were examined based on the provisions and the related problem situations. For example, the CE-marking of building materials is necessary from the quality control point of view, however, its use makes it difficult to re-use the materials significantly. However, re-use leads to significant cost savings, which were inspected based of the company's current expenses.</p> <p>The thesis resulted in checklists, which describe the uses of land resources and their statutory requirements. The economic benefits are approximate, because the quality and the volume of the surplus grounds on-site and the construction site location greatly affect the benefits of there-use</p> <p>The results show that recycling is economically profitable, however, it is also important to notice the circumstances left outside the scope of the thesis, such as environmental emissions. Intermediate storage removes a part of cost-effectiveness of the the re-use, however, it is less burdening for the earth than landfills full of surplus grounds.</p> <p>The results can be further used in construction projects in the planning stages of work phases as it is possible to reduce and enhance the transport volumes of the ground resources.</p>		
Keywords/tags (subjects) Ground material, re-use, cost-effectiveness, building project		
Miscellaneous		

Sisältö

<i>Käsitteitä</i>	<i>5</i>
1 <i>Opinnäytetyön lähtökohta</i>	<i>6</i>
1.1 Työn taustat, tavoitteet ja aiheen rajaus	6
1.2 Maajukka Oy	8
2 <i>Maa-aineiden uusiokäyttö rakennushankkeessa.....</i>	<i>8</i>
2.1 Maa-aineiden erittely ja käyttökelpoisuus.....	8
2.2 Turve ja lieju	10
2.3 Savi ja siltti.....	11
2.4 Sora ja moreeni	11
2.5 Lohkareet ja kivet	13
2.6 Murske.....	14
2.7 Pilaantuneet maa-ainekset.....	16
2.8 Asfaltti	17
2.9 Muut uusiomateriaalit.....	17
3 <i>Rakennushankkeen täytöt.....</i>	<i>21</i>
3.1 Yleistä	21
3.2 Yleiset materiaalivaatimukset	21
3.3 Perustusten ja lattioiden alustäytöt.....	22
3.4 Rakenteiden vierustäytöt	24
3.5 Putki- ja johtokaivantojen täytöt	24
3.6 Liikennealueiden täytöt.....	25
3.7 Viherrakentamisen täytöt ja siirtymäkiilat.....	28
4 <i>Maa-ainesten uusiokäytön lainsäädäntö.....</i>	<i>29</i>
4.1 Lainsäädäntö yleisesti	29
4.2 CE-merkintä	30
4.3 PIMA-asetus	31
4.4 MARA-asetus	32

	2
4.5	Jäte-, jätevero- ja ympäristönsuojelulaki 32
4.6	Rakentamisen luvat 33
5	<i>Uusiokäytön tarve Jyväskylän alueella</i> 34
5.1	Rakentaminen Jyväskylässä..... 34
5.2	Maa-aineiden riittävyys..... 35
6	<i>Maajukka Oy:n käyttämät maanotto- ja loppusijoituspaikat</i> 35
6.1	Yleistä 35
6.2	Maanottapaikat 36
6.3	Maakaatopaikat..... 37
6.4	Pilaantuneiden maiden toimituspisteet..... 37
7	<i>Uusiokäytön mahdollistaminen Maajukka Oy:ssä</i> 38
7.1	Lähtökohta uusiokäytölle 38
7.2	Varastointi ja lajittelu 38
7.3	Maa-aineiden jalostusmenetelmät 39
7.4	Materiaalien testaus..... 40
8	<i>Uusiokäytön kustannussäästöt</i> 40
8.1	Kerätyt lähtötiedot 40
8.2	Tulokset ja vertailu 41
8.3	Analyysi..... 43
9	<i>Pohdinta ja johtopäätökset</i> 44
	<i>Lähteet</i> 46
	<i>Haastattelu</i> 50
	<i>Liitteet</i> 51
	Liite 1. SFS-EN ISO 14688-2:n mukainen maalajinmääritystaulukko, jossa nimeämisesimerkki silttiselle savelle 51
	Liite 2. Maaperän haitallisten aineiden kynnys- ja ohjearvot..... 52
	Liite 3. Luokittelukaavio pilaantuneille maille ja uusiokäyttökohteet..... 55
	Liite 4. Maansiirtokohteiden etäisyydet ja ajoajat..... 56

Liite 5. Maa-aineiden määrät ja kustannukset.....	56
Liite 6. Kuljetusten kustannukset.....	57
Liite 7. Toteutuneet kustannukset ja vertailu kustannukset.....	57
Liite 8. Materiaalien uusiokäyttökohdetaulukot ja huomioitavat seikat.....	58
Liite 9. Laatuluokat, tiiveys- ja kantavuusraja-arvot.....	63

Kuviot

Kuvio 1. Moreenia seinänvarsien täytemaana.....	12
Kuvio 2. Uusiokäyttöön kaivettua hiekkaa.....	13
Kuvio 3. Kaivuun yhteydessä seulottuja kiviä.	14
Kuvio 4. Kierrätysmursketta.	15
Kuvio 5. Uutta mursketta ja karkeaa sepeliä.	16
Kuvio 6. Hyödynnettäviä uusiomateriaaleja.	17
Kuvio 7. Masuunihiekan käyttökohteet.	18
Kuvio 8. Betonimurskeen luokittelu.....	19
Kuvio 9. Lasivaahtomursketta.	20
Kuvio 10. Rakenteiden ja rakennusten laatuluokat.	21
Kuvio 11. Tien rakennekerrokset.	27
Kuvio 12. Viheralueen alustäyttö.	29
Kuvio 13. Paikkakartta.....	36
Kuvio 14. Kokonaiskustannukset.....	42
Kuvio 15. Uusiokäytön kustannusten hyöty.....	42
Kuvio 16. Eriteltyjen kustannusten vertailu.	43

Taulukot

Taulukko 1. Maalajien luokitukset ja raekoot Eurokoodi-normissa	9
Taulukko 2. Betonimurskeen ominaisuudet luokituksen perusteella	19
Taulukko 3. Perustusten ja lattian alustäyttöjen tiiveys- ja kantavuusraja-arvot.....	23
Taulukko 4. Käytettävän louhospenkereen tiivistäminen rakennuspohjalla.....	23
Taulukko 5. Valmiin vierustäytön tiiveysraja-arvot.....	24
Taulukko 6. Alkutäytön enimmäisraekoot eri putkille	25

Taulukko 7. Tiiveysraja-arvot alku- ja tasaustäytöille	25
Taulukko 8. Piha-alueiden laatuluokitus, laatuluokka 1	26
Taulukko 9. Piha-alueiden laatuluokitus, laatuluokka 2	26
Taulukko 10. Pihan kantavuus suositukset ja materiaalikerrosten kantavuudet	27
Taulukko 11. Maapenkereen tiivistettävien kerrosten kantavuus- ja tiiveysraja-arvot	28
Taulukko 12. Nurmikkoalueen kasvualustan kerrospaksuudet	28
Taulukko 13. Kiviaineksien standardit.....	31
Taulukko 14. Maalajikkeiden kustannukset €/tn	41

Käsitteitä

CE-merkintä

CE-merkinnällä ilmoitetaan viranomaisille tuoteturvallisuudesta. CE-merkityllä tuotteen valmistajan mukaan direktiivien mukainen ja tuotteella on harmonisoitu tuotestandardi hEN. (Tukes 2016.)

Maa-aines

Maa-aines on irrallista kiviainesta, jonka raekoko ja lajittuneisuus vaihtelee alueittain. Maa-ainekset ovat pääasiallisesti sora- ja hiekkakerrostumia. (Geologian tutkimuskeskus n.d.)

Maan stabilointi

Stabilointi on maa-aineiden lujittamista kantaviksi sideaineilla, kuten esimerkiksi betonilla. Stabilointi jaetaan kerros- ja syvästabilointiin. Stabiloinnin erilaisia työmuotoja ovat esimerkiksi pilari ja massastabilointi. (Forsman ym. 2014.)

Pilaantunut maaperä

Maaperä on pilaantunutta, jos siihen on päätyntä jätettä tai muuta ainetta, jonka seurauksena maa-aines voi aiheuttaa joko vaaraa tai haittaa terveydelle, ympäristölle tai viihtyvyydelle. Pilaantuneelle maaperälle tehdään viranomaisten toimesta arvio kunnostustoimista ennen muun rakennustoiminnan jatkumista. (Ympäristöministeriö 2015.)

Uusiokäyttö

Uusiokäyttö on käytettyjen materiaalien hyödyntämistä uudelleen lajittelun ja jalostamisen jälkeen. Tarkoituksena on vähentää luonnonvarojen kulutusta ja materiaalien päätymistä loppusijoitukseen kaatopaikoille. (Ympäristöministeriö. 2009.)

Uusiomateriaali

Uusiomateriaali on sivutuote teollisuuden toiminnasta, jota voidaan hyödyntää rakentamisessa maa-aineksien korvaajana. (Jääskeläinen ym. 2008.)

Ylijäämämaa-aines ja -kiviaines

Ylijäämämaterialit ovat pilaantumattomia maa- ja kiviaineksia, joita on kaivettu ylös rakennusvaiheessa maaperästä. Kaivetut maat ovat ylijäämämaita, koska niille ei ole osoiteta uutta käyttökohdetta eikä loppusijoituspaikkaa. (Ympäristöministeriö 2014.)

1 Opinnäytetyön lähtökohta

1.1 Työn taustat, tavoitteet ja aiheen rajaus

Suomessa käytetään nykyisin noin 100 miljoonaa tonnia kiviainesta vuosittain. Tästä määrästä noin 15 % kuluu rakennushankkeissa. Suurista materiaalimassoista huolimatta uusiokäytön osuus maarakentamisessa on edelleen vähäistä. Soravarojen nopea hupeneminen johtaa jatkossa maa-ainesten kierrätykseen ja muiden uusimateriaalien käyttöön. Uusiokäytön lisäämiseksi lainsäädäntöä on jo muutettu vastaamaan kestävä kehityksen periaatteita. Muutoksia on tehty mm. maa-aineslakiin (555/1981), ympäristösuojelulakiin (86/2000), jätelakiin (646/2011) ja jäteverolakiin (1126/2010). Parannuksista huolimatta nykyinen lainsäädäntö esimerkiksi CE-merkintöjen tai asfaltin uusiokäytön osalta on mutkikasta, joka hidastaa ja vaikeuttaa materiaalien kierrätystä.

Maansiirtoyrityksissä työn kustannuksia ovat kasvattaneet maa-ainesten pidentyneet kuljetusmatkat, joita hyvällä maa-ainesten uusiokäytöllä voidaan olennaisesti pienentää. Opinnäytetyöni tarkoituksena on tutkia maa-aineksia, niiden ominaisuuksia ja mahdollisia käyttökohteita. Näitä neitseellisissä maa-aineksissa olevia ominaisuuksia löytyy myös uusiomateriaaleista ja maa-aineksista, mutta niiden todistaminen on haasteellista. Kierrätettäville tuotteille tulisi tehdä kalliita kokeita ja odotella tuloksia, missä kuluu aikaa. Nykyisin rakennushankkeissa ei kuitenkaan ole mahdollista odottaa pitkiä aikoja tuloksia, koska aikataulut on suunniteltu tehokkaiksi. Maa-ainesten ominaisuuksien tarkka osoittaminen on seurausta tiukentuneesta lainsäädäntöstä. Osoitettavista ominaisuuksista tärkeimmät ovat tiivistyminen, kantavuus ja vedenläpäisevyys. Varsinkin Euroopan unionin vaatimat ominaisuudet materiaaleille ovat aiheuttaneet lakien tiukentumisen. Opinnäytetyön yhtenä olennaisena tavoitteenani on ymmärtää uusiokäyttöön liittyvää lainsäädäntöä paremmin.

Maajukka Oy:ssä maa-aineiden uusiokäytön edellytyksinä ovat ominaisuuksien ja lainsäädännön ymmärtämisen lisäksi varastointilojen järjestäminen maa-aineksien väliaikaisvarastointiin. Yrityksen työnjohdon yhteistyön tulisi olla tiivistä, jotta materiaalia pystytään hyödyntämään mahdollisesti muissa rakennushankkeessa. Opinnäytetyössä tutkin ja selvitän, millaisia kustannuksia yritykselle syntyy materiaalien hankinnasta, loppusijoituksesta ja kuljetuksesta sekä väliaikaisesta varastoinnista. Selvitän tarvittaessa myös varastointiin olennaisesti liittyvät lajittelu- ja jalostuskustannukset. Tutkittujen tietojen ja tulosten analysoinnin perusteella pyrin osoittamaan uusiokäytön taloudellisten hyötyjen suuruuden. Uusiokäyttöä helpottamaan luon lisäksi listat materiaalien mahdollisista käyttökohteista ja niiden vaatimuksista. Listat toimivat apuvälineinä työnjohdolle ja -tekijöille, joiden avulla voidaan ennakoida maa-aineiden varastointi- ja jalostustarvetta sekä käyttökohteita.

Uusiokäytön suunnittelu tulisi aloittaa jo kaavoitusvaiheessa. Uusiokäytön mahdollisuus tulisi ottaa huomioon myös jokaisessa hankkeen suunnitteluvaiheessa ennen rakentamisen aloitusta. Opinnäytetyöni keskityn yrityksen rakentamisvaiheen uusiokäytön mahdollisuuksiin. Yrityksen koko huomioon ottaen en aio tarkastella hyötyjä, joita syntyisi eri uusiomateriaalien kuten masuunikuonan, käytöstä vaan keskityn tavallisten maa-aineiden kierrättämiseen. Käyn kuitenkin materiaalien ominaisuuksia ja käyttötarkoituksia teoriassa läpi.

Aiheena uusiokäyttö on erittäin laaja kokonaisuus. Opinnäytetyön omien tutkimusteni tuloksissa käyn läpi ainoastaan taloudelliset hyödyt. Mahdollista olisi myös tutkia mm. päästöjen tai muiden ympäristökuormitusten pienenemistä uusiokäytön seurauksena. Tulosten pohjana käytän Taulumäen Kivistön rannalle tehtävää asuinkerrostaloa, jonka rakentaminen alkoi keväällä 2016. Työmaa on edelleen kesken ja kustannuslaskelmat perustuvat vain jo tehtyihin töihin.

1.2 Maajukka Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Maajukka Oy. Yritys on perustettu vuonna 1985 ja toimitusjohtajana toimii Jukka Tuominiemi. Maajukka Oy on Jyväskylässä ja se välittömässä läheisyydessä olevilla alueilla toimiva maanrakennusalan yritys, jonka toimintaan kuuluu maa- ja vesirakennusalan urakointia, rakennus- ja kunnallisteknisten töiden suorittamista sekä konevuokrausta. Maajukka Oy työllistää tällä hetkellä noin 35 työntekijää. Yrityksessä toimii useita työnjohtajia, joiden käyttöön opinnäytetyön tulokset on tarkoitus luovuttaa. Hienorakeisten ja pilaantuneiden maa-aineiden käyttöä edistävää stabilointilaitteistoa yrityksellä ei ole.

2 Maa-aineiden uusiokäyttö rakennushankkeessa

2.1 Maa-aineiden erittely ja käyttökelpoisuus

Suomessa maalajien erittelyyn on käytetty geoteknistä maalajiluokitusta vuodesta 1974 asti. Nykyisin maalajien erittelyssä noudatetaan Eurokoodin normeja SFS-EN ISO 14688-1 ja SFS-EN ISO 14688-2. ISO-normien puutteista johtuen joudumme kuitenkin käyttämään edelleen myös geoteknisen maaluokituksen rakeisuuskäyrä hyväksi. ISO-normin osien 1 ja 2 avulla maa-ainekset pystytään tunnistamaan ja luokittelemaan, mutta esimerkiksi maa-aineksen routivuuteen ei normeissa oteta kantaa. (Lojander, 2012.) Lisäksi mm. kapilaarikatkoihin käytettävien materiaalien rakeisuus ja hienoainespitoisuus tulee osoittaa rakeisuuskäyrien avulla (MaaRYL 2010, 81). Ennen geoteknistä maaluokitusta käytössä oli myös rakennustekninen maalajiluokitus. Rakennusteknisen luokituksen seurauksena työmailla voidaan edelleen kuulla myös virallisesta luokituksesta pois jätettyjä maalajinimiä kuten hiesu ja hieta. (Jääskeläinen ym. 2008.)

Maalajit eritellään omiksi maaryhmiksi rakeisuuden, plastisuuden ja humuspitoisuuden perusteella. Vanhassa geotekniikan maaluokituksessa maalajeja eriteltiin synty-tavan perusteella (Lojander, 2012). Rakeisuuden perusteella voidaan luokitella karkeat ja hyvin karkeat maalajit, mutta tarvittaessa tulee esittää myös lohkare- ja kivipi-toisuudet. Plastisuutta hyödynnetään hienorakeisten maalajien erittelyssä. Hienora-keisiksi maalajeiksi luokitellaan savi ja siltti. (Jääskeläinen 2011, 382.) Luonnon kiviainek-sien lisäksi rakentamisessa käytetään hyödyksi keinokiviainek-sia ja uusiokiviainek-sia, joita ovat masuunikuona sekä betoni- ja tiilimurske (Kuula-Väisänen, 2010).

ISO-normien mukaan (taulukko 1) tehdyt maaluokitukset eivät tunne moreenia lain-kaan maalajina. Toistaiseksi käsitettä käytetään Suomessa edelleen ja sen käyttö ra-kentamisessa tulee säilymään vielä vuosikymmeniä (Jääskeläinen 2011, 24).

Taulukko 1. Maalajien luokitukset ja raekoot Eurokoodi -normissa (Eksogeeniset pro- sessit – maalajiharjoitus 2014)

Maalajite	Alalajite	Tunnus	Raekoko (mm)
Hyvin karkea maa (Very coarse soil)	Suuret lohkareet (Large boulder)	LBo	> 630
	Lohkareet (Boulder)	Bo	> 200 – 630
	Kivet (Cobble)	Co	> 63 – 200
	Sora (Gravel)	Gr	> 2 – 63
	Karkea (Coarse)	CGr	20 – 63
	Keski (Medium)	MGr	6,3 – 20
	Hieno (Fine)	FGr	2 – 6,3
Karkea maa (Coarse soil)	Hiekka (Sand)	Sa	> 0,063 – 2
	Karkea (Coarse)	CSa	0,63 – 2
	Keski (Medium)	Msa	0,2 – 0,63
	Hieno (Fine)	Fsa	0,063 – 0,2
Hieno maa (Fine soil)	Siltti (Silt)	Si	> 0,002 – 0,0063
	Karkea (Coarse)	Csi	0,02 – 0,063
	Keski (Medium)	Msi	0,0063 – 0,02
	Hieno (Fine)	Fsi	0,002 – 0,0063
	Savi (Clay)	Cl	< 0,002

Maalajien käyttökelpoisuuteen vaikuttaa lajipitoisuuksien suhde. Aikaisemmin ni- meäminen tehtiin geoteknisen maaluokituksen rakeisuuskäyrä -menetelmällä, joka on nykyisin korvattu EN ISO 14688-2 -luokituksella. ISO-normissa on käytössä rakei-

suuskolmio, josta lajipitoisuuksien perusteella ilmoitetaan tutkittava maalaji. Liitteessä 1 on esimerkki rakeisuuskäyrän käytöstä ja esimerkki maalajina siinä esitellään silttinen savi. Maalajin nimeämisen osalta ei ole merkitystä, mitä lähdettä käytetään, koska molemmat antavat lähes saman tuloksen. (Ronkainen 2012, Suomen maalajien ominaisuuksia.)

2.2 Turve ja lieju

Turve on hitaasti uusiutuva luonnonvara, joka peittää noin 30 prosenttia maamme pinta-alasta. Kasvien jätteistä syntyvä turve koostuu suurelta osin eloperäisistä aineista ja se luokitella kolmeen luokkaan. Maatumisasteen perusteella turve on raakaturvetta, keskinkertaisesti maatunutta turvetta tai maatunutta turvetta. Rakennusten pohjatöissä turvetta ei voida hyödyntää sen olemattoman puristuslujuuden takia. (Jääskeläinen 2011, 27.)

Huonosta kantavuudesta huolimatta turvetta voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennushankkeen viherrakentamisessa mullan jalostamiseen. Turpeesta jalostettu multa ei sisällä rikkaruohoja eikä tauteja, joten valmis multa on hygieenistä ja ravintorikasta. Raakaturve ei sovellu mullan valmistamiseen. (Bioenergia Ry n.d.)

Liejua on vesialtaiden pohjan maa-ainesta. Kun hienoa kiviainesta ja kasvijätettä liettyy veden pohjalle, syntyy liejua. Liejulle ominaista ovat isot painumat ja suuri kuivumiskutistuma (Jääskeläinen 2011, 27). Rakennushankkeessa liejua hyödyntäminen vaatii massastabilointia toimiakseen rakennusalustana (Forsman ym. 2014). Liejun luokitteluun käytetään humuspitoisuuden määrittämistä. Jos maa-aineksen humuspitoisuus ylittää 20 %, on kyseinen maalaji liejua (Tielaitos 1993, 17).

2.3 Savi ja siltti

Savi koostuu pienistä hiukkasista, joiden raekoko on alle 0,002 mm. Savessa on usein suurempiakin rakeita sekoittuneena. Vesi ja savihiukkaset muodostavat ns. kolloidisen liuoksen, jonka muodostuminen on seurausta ionitason kemiallisista reaktioista. Syntymätavasta johtuen savella on hyvin erilaiset ominaisuudet kuin muilla maalajeilla. (Jääskeläinen 2011, 20 – 22.) Maalaji on nimeltään savea, jos siinä on yli 30 %:a savilajitetta. Savi on laihaa, jos se sisältää 30 – 50 % savilajiketta ja lihavaa, jos savea on sitä enemmän (Tielaitos 1993, 17). Rakennuspaikalla ylijäämäsavea voidaan hyödyntää stabiloituna, jolloin sen poisviennin kuljetus- ja loppusijoituskustannukset sekä uuden täyttömateriaalin hankinnasta syntyvät kustannukset pienenevät (RIL 132-2000, 66).

Maalajite, jonka raekoko on välillä 0,002 – 0,06 mm, on silttiä. Siltistä voi kuulla vielä nimityksiä hiesu ja hieta, mutta nykyinen eurooppalainen maalajiluokitus ei sisällä näitä nimityksiä. Siltissä esiintyy karkeammille maalajeille ominaista kitkareaktiota sekä savelle tyypillistä koheesiota. Siltti on huonosti vettä läpäisevää ja routivaa. Ominaisuuksiltaan siltti toimii parhaiten maataloudessa kasvualustana eikä sen hyödyntäminen rakennushankkeissa ole kannattavaa. (Jääskeläinen 2011, 22.)

2.4 Sora ja moreeni

Sora on hyvin karkea maalaji, jonka raekoko on välillä 2 – 63 mm (ks. taulukko 1). Sorasta on peseytynyt pois hienot maalajit ja on näin ollen hyvin vettä läpäisevää sekä routimatonta. Luonnonsorassa kiviaines on yleensä pyöristynyttä tosin kuin kalliomurskeessa. Sora toimii mm. hyvänä rakennuspohjana, teiden runkomateriaalina ja penkereiden päällysmateriaalina. (Haavisto-Hyvärinen & Kutvonen 2007, 43.)

Moreeni on kaikkien muiden maalajien sekoittumisesta syntynyt maalaji. Se on Suomen yleisin maalaji. Moreenimaa-alueet peittävät yli puolet maamme pinta-alasta. Moreenit ovat syntyneet mannerjään liikkeen alla kallion ja vanhan maaperän hajotessa. Jään sulaessa hienot maalajit sekoittuivat moreenin sekaan. Moreenien alueelliset rakeisuuserot ovat suuria ja siksi moreenit ovat jaettu kolmeen ryhmään: sora-moreeni, hiekkamoreeni ja silttimoreeni. Jotta maalaji on moreenia, tulee siinä olla samaan aikaan vähintään 5 % sekä hienoainesta että soraa. Hienoainespitoisuuksien vuoksi moreeni on usein routivaa. Siksi sen käyttökelpoisuus tulee aina osoittaa erikseen käyttökohteesta riippuen. (Jääskeläinen 2011, 23 – 24; 338.) Moreeni on sopivaa täyttömaata useisiin täyttökohteisiin, kuten seinien vieruksien kerroksiin (kuvio 1). Kuvassa moreeni on tummaa maa-ainesta.



Kuvio 1. Moreenia seinänvarsien täyttemaana. Kuva Juha Seppänen

Hiekka

Hiekka on maalaji, jonka raekoko on 0,063 – 2 mm:n välillä. Rakeisuuskolmion perusteella hiekaksi luetaan maalaji, jos sen hienoainespitoisuus on alle 40 % ja sora pitoi-

suus alle 50 %. Hiekalla on useita eri käyttökohteita rakennushankkeen aikana. Esimerkiksi rakennekerroksissa hiekkaa käytetään suodatinkerroksena (kuvio 2) ja seulottuna sitä voidaan käyttää mm. leikkipaikalla päällyskerroksena tai turvahiekkana.

Turvahiekka

Turvahiekan tärkein ominaisuus on tiivistymättömyys. Sen raekoko tulee olla välillä 0,12 – 0,2 mm ja suositeltava kerrospaksuus on vähintään 400 mm. (RIL 234-2007 67.) Turvahiekkaa tulee käyttää kiipeilytelineiden ja keinujen pintakerroksena. Leikkipaikoilla hiekka on seulottua puhdasta hiekkaa, jonka raekoko 0 – 4 mm (Lemminkäinen 2015).



Kuvio 2. Uusiokäyttöön kaivettua hiekkaa. Kuva Juha Seppänen

2.5 Lohkareet ja kivet

Kivien ja lohcareiden läpimitta ISO-luokituksen mukaan on yli 63 mm (ks. taulukko 1). Lohcareiden tavallinen muoto on särmikäs, mutta jääkausi ja eroosio ovat kuluttaneet lohcareista pyöreäkulmaisista (kuvio 3). Louhikot ja kivikot soveltuvat kiviainesten

raaka-ainelähteiksi. Lohkareita ja kiviä murskaamalla ja seulomalla syntyy useita eri raekoon murskeita ja sepeliä. (Haavisto-Hyvärinen & Kutvonen 2007, 42.)

Louhetta käytetään myös pohjatäytöissä. Louhetäytöt tulee tehdä käyttämällä sekaraakeista louhetta ja karkeaa murskettä. Lisäksi tiivistäminen suoritetaan tehokkaalla tiivistyskalustolla ja työmenetelmillä, jotta saavutetaan täytön riittävä tiiveys. Muita käyttökohteita kiville ja louheelle ovat mm. penkereet ja ympäristön maisemointi. (RakMK 2003.)



Kuvio 3. Kaivun yhteydessä seulottuja kiviä. Kuva Juha Seppänen

2.6 Murske

Murske

Murske ei ole maalaji vaan yleisnimitys murskatuille maa- ja kiviaineille. Murskeita on useita erilaisia ja ne nimetään käytetyn maalajin tai muun raaka-aineen perusteella. Maalajeista valmistettavat murskeet ovat kallio-, sora- ja moreenimurskeet. Murskeita on useita eri raekokoja ja lajitteen perään lisätäänkin aina kyseisen lajitteen ylä-

ja alarajat raekoolle. Kalliomursketta (kuvio 5) tehdään eri raekokoina 0 – 3 millimetristä aina 0 – 250 millimetrin rakeisuuksiin. Soramurskeessa raekokoja on hieman vähemmän saatavilla. (Tielaitos 1999, 7; Soini 2003, 49.) Kivituhka on kalliomurskeen pienimpiä raekokoja sisältävää kiviainesta. Sen raekoko on 0 – 6 mm (RIL 132-2000, 65). Käytetyt murskeet ja sepelit voidaan hyvin uusiokäyttää, jos ne kaivetaan ylös sekoittamatta niitä muihin maa-aineksiin (kuvio 4).

Sepeli

Murskeesta valmistetaan myös salaojitukseen ja kapilaarikatkoihin käytettävää sepe-
liä (kuvio 5). Sepeli on mursketta, josta pienimmät raekoot on seulottu ja pesty pois. Sepeliä valmistetaan lajitteita 3 – 6 millimetristä 32 – 63 millimetriin asti. (Lemmin-
käinen n.d.)



Kuvio 4. Kierrätysmursketta. Kuva Juha Seppänen



Kuvio 5. Uutta murskettä ja karkeaa sepeliä. Kuva Juha Seppänen

2.7 Pilaantuneet maa-ainekset

Pilaantuneella maalla tarkoitetaan maaperää, jonka laatu on ihmisen toiminnan seurauksena heikentynyt. Pilaantunut maaperä sisältää haitallisia aineita, jotka aiheuttavat vaaraa sekä ihmisille että luonnolle. Kaivettu maa-aines on pilaantunutta, jos sen haitta-ainepitoisuudet ylittävät valtioneuvoston asetuksen (214/2007) alemman ohjearvon (liite 2) mukaisesti. Lievästi pilaantuneita maita voidaan joissakin tapauksissa hyödyntää jalostamisen jälkeen luokittelukaavion mukaan (liite 3). (Ympäristöministeriö 2015; Ympäristöministeriö 2007, 3.)

Maaperän pilaantuneisuus ei välttämättä johda kunnostustoimiin. Haitta-aineet voivat esimerkiksi olla niin syväällä maaperässä, että ne eivät aiheuta sieltä vaaraa ympäristölle tai ihmisille. Lievästi pilaantuneita maita voidaan hyötyä käyttää puhdistamisen tai stabiloinnin jälkeen. Lisäksi maiden tulee täyttää niille asetetut laatustandardit suunnitellussa käyttökohteessa. Mahdollisia hyödyntämiskohteita ovat esimerkiksi piha-alueen tienpohjat, varastojen pohjarakenteet ja pihan pengerrykset. Joskus uusiokäytön edellytyksenä ovat suojaus- ja eristysrakenteet. (Interreg IV-hanke 2014;

Ympäristöministeriö 2014.) Uusiokäyttö on mahdollista myös muiden kunnostusmenetelmät avulla. Kunnostusmenetelmiä ovat esimerkiksi biologinen puhdistus, pesu, huokosilmapuhdistus sekä termiset menetelmät (RIL 121-2004, 43).

2.8 Asfaltti

Käytöstä poistettu asfalttimurske on lakien ja määräysten perusteella jätettä. Sitä ei saa sellaisenaan käyttää sitoutumattomana maanrakentamisessa vaan siihen tarvitaan erillisiä lupia. Käytöstä poistettu asfaltti tulisi ensisijaisesti toimittaa asfalttiasemille, joissa asfaltin palasista jalostetaan raaka-ainetta uusiokäyttöä varten. (Forstén 2013.) Jyväskylässä asfalttia voidaan toimittaa Lemminkäinen Infra Oy:lle (Tuomi-niemi haastattelu 28.10.2016).

2.9 Muut uusiomateriaalit

Maarakentamisessa käytetään neitseellistä kiviainesta noin 70 – 80 miljoonaa tonnia vuodessa. Lähes saman verran tuotamme teollisuudessa uusiomateriaaleja (kuvio 6), joita voidaan hyödyntää maanrakentamisessa. (Motiva Oy A 2011.)

- Lentotuhkat (kivihiilestä tai turpeesta)
- Pohjatuhka
- Masuunihiekka
- Masuunikuonamurske
- Betoni- ja tiilimurske
- Asfalttimurske
- OKTO-eristeet
- Rengasrouhe

Kuvio 6. Hyödynnettäviä uusiomateriaaleja. (Motiva B 2011.)

Lentotuhkat

Voimalaitoksissa energiamateriaalien polttamisesta syntyvää materiaalia, jota voidaan hyödyntää usealla tavalla maanrakentamisessa. Tuhkalla voidaan korvata sekä hiekkaa että kalliomurskeita. Tuhkan ominaisuudet sopivat hyvin piha-alueiden ja kenttien kerroksien täyttämiseen, penkereisiin ja meluvallihin. Rakennushankkeiden työmaateissa tuhkaa pystytään hyödyntämään stabiloituna. Sideaineena tuhkaa hyödynnetään huonolaatuisessa tai pilaantuneessa maaperässä. Sekoituksella maa-aineksesta saadaan kantavampaa ja ympäristölle vähemmän haitallista materiaalia. (Oy Alholmes Kraft Ab 2012.)

Masuunituotteet

Masuunihiekka on lentotuhkan kaltaista uusiomateriaalia. Sitä hyödynnetään useissa eri maanrakentamisen täyttökohteissa (Kuvio 7). Masuunihiekalla on sitoutuneena parempi kantavuus kuin luonnonmateriaaleilla. Lisäksi se on keveämpää kuin kiviaines ja toimii routamitoituksessa rakenteen kannalta edullisesti (SSAB Europe Oy Merox 2015).

– tie- ja katurakenteet	– putkijohtokaivannot
– piha- ja kenttärakenteet	– salaojan ympäristäytöt
– stabiloinnit (sideaineena)	– alapohjan alustäytöt
– pehmeikkörakentaminen	– perustusten alustäytöt
– sidekivien alusrakenteet	– perusmuurin vierustäytöt

Kuvio 7. Masuunihiekan käyttökohteet (SSAB Europe Oy Merox 2015).

Betoni- ja tiilimurske

Betonimursketta tuotetaan rakenteiden purkamisen yhteydessä ja betoniteollisuudessa betonijätteistä. Yleensä betonimurskeessa käytetään raekokoa 0 – 50 mm. Murske luokitellaan sen puhtauden mukaan neljään luokkaan (kuvio 8), minkä perusteella määritetään käyttöön vaikuttavat ominaisuudet (taulukko 2). (RIL 132-2000 79.)

Lajite	Raaka-aine
BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betonituoteteollisuudesta
BeM II	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte
BeM III	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen rakenteessa on epävarmaa
BeM IV	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, joka ei lujitu rakenteeseen tiivistettynä ja voi olla routivaa

Kuvio 8. Betonimurskeen luokittelu (Tiehallinto 2000).

Taulukko 2. Betonimurskeen ominaisuudet luokituksen perusteella (Tiehallinto 2000)

	BeM I	BeM II	BeM III	BeM IV
Rakeisuus	0...50 mm	0...50 mm	0...50 mm	Vaihtelee
Lujittuminen	Lujittuu	Lujittuu	Epävarmaa	Ei lujitu
Routivuus	Routimaton	Routimaton	Routimaton	Vaihtelee
Käyttö pv-alueella	Voidaan käyttää	Ei suositella ¹⁾	Ei suositella	Ei suositella
Kantavuusarvo	1000 ²⁾ 500...700 ³⁾	500	300	150...300 ⁴⁾

1) Tapauskohtaisen harkinnan perusteella voidaan sallia käyttö

2) Mitoittavan kerroksen alapuolinen kantavuus $E_a \geq 50 \text{ MN/m}^2$

3) Mitoittavan kerroksen alapuolinen kantavuus $E_a > 50 \text{ MN/m}^2$

4) Harkittava tapauskohtaisesti

Betonimursketta voidaan käyttää korvaamaan kiviainesmursketta lattioiden ja perustusten alustäytöissä, pihan rakennekerrosten kantavassa kerroksessa sekä arinarakenteissa. Murskeen tiivistäminen tulee suorittaa lähellä optimikosteutta, jos uudelleensitoutumista halutaan hyödyntää. (RIL 132-2000, 79.)

Tiilimurskeella voidaan korvata kiviainesmurskeita samoin kuin betonimurskeella. Tiilimurske valmistetaan uudis- ja korjausrakentamisessa syntyvästä tiilijätteestä murskaamalla se 0 – 50 millimetrin rakeisiin. Tiilimurske ei sitoudu betonimurskeen tapaan ja sen kantavuusarvo on 70 – 100 MN/m^2 (RIL 132-2000, 80-81.)

OKTO-eristeet

OKTO-eriste on ferrokromikuonasta vesijähdytyksellä valmistettu hiekkamainen materiaali. Eristettä tuottaa Outokumpu Oyj sen Tornion tehtaalla. Kyseistä materiaalia

voidaan hyödyntää suodatinkerroksissa ja putkikaivantojen täytöissä. Lisäksi materiaalilla on lämmöneristeen ominaisuuksia. OKTO-eriste toimii hyvin talvirakentamisessa, koska sitä voidaan säilyttää ilman suojausta ja käyttää jäätyneenä. (RIL 132-2000, 75 – 77.)

Rengasrouhe

Rengasrouhe on ympäristöystävällinen materiaali. Sitä voidaan hyödyntää pehmeiden pintojen stabilointiin, tärinän vaimentamiseen, routaeristeenä ja maa-aineksen kevennyksessä. Paloturvallisuussyistä rouheenkäytössä kerrospaksuus on rajattu 3 metriin. Rakennushankkeessa käyttökohteita ovat piha- ja kenttärakenteet. (Apila Group Oy 2015; RIL 132-2000, 83.)

Lasivaaho

Lasivaaho on kierrätys lasista murskaamalla valmistettu murske (kuvio 9). Lasi murskataan lasijauheeksi, jonka raekoko on alle 0,1 mm. Ennen kuumennusta jauheeseen lisätään vaahtoagenttia, joka saa sen laajenemaan. Valmiin tuotteen huokoisuus on noin 92 % ja se sopii useaan eri käyttötarkoitukseen. Täytöissä sitä voidaan käyttää keventävänä rakenteena, routa- ja lämpöeristeenä sekä kuivatuskerroksena. (Forsman ym. 2012.)



Kuvio 9. Lasivaahtomursketta. Kuva Juha Seppänen

3 Rakennushankkeen täytöt

3.1 Yleistä

Rakennushankkeessa neitseellisiä ja uusiokäyttöisiä maa-aineksia tarvitaan eri kohteissa, joiden materiaalivaatimukset poikkeavat selvästi toisistaan. Maarakenteissa käytettävien maa-ainesten tulee soveltua käyttötarkoitukseen ja oltava riittävän puhdaita (RakMK 2003). Lisäksi tuotteen täytyy tiivistyä vaadittujen arvojen mukaisesti (RIL 132-2000, 41). Täyttökohteiden laatuvaatimukset käyvät ilmi taulukoista, joissa on käytetty MaaRYL:ssä määritellyjä laatuluokkia (kuvio 10).

Laatuluokituksen perusjako on seuraava: Luokka 1: Rakennukset tai rakennusosat ja -alueet, joille asetetaan erityisen suuret vaatimukset. Esimerkiksi raskaan liikenteen ja hallien sisäänajot, teollisuusrakennukset, kerrostalot. Luokka 2: Pientalorakentamisen tai vastaavien rakennusten rakennusosat. Luokka 2 on normaaliluokka. Luokka 3: Sellaiset autotallien, varastojen ja istutusalueiden yms. tilojen ja alueiden rakennusosat, joiden vaatimukset voivat olla luokkaa 2 vaatimattomampia.

Kuvio 10. Rakenteiden ja rakennusten laatuluokat (RT 14-11005 2010).

3.2 Yleiset materiaalivaatimukset

Täyttömateriaalien tulee vastata kohteesta riippuen sen vaatimuksia kantavuuden, rakeisuuden, routivuuden ja vedenläpäisevyyden suhteen (RIL 132-2000, 41). Kapaalikaikona toimivan materiaalin on täytettävä sille asetetut laatuvaatimukset hie-

noaineksen määrän suhteen. Standardin SFS-EN 1744-1 mukaisella kemiallisella analyysillä pystytään tarkastamaan hienoaineksen osuus materiaalista. Täyttömateriaalit, jotka ovat suorassa kosketuksessa veteen, pyrkivät nostamaan kosteuden rakenteiden rakenteisiin. Materiaalin vedenimeytymiskorkeus määritellään standardissa SFS-EN 1097-10. (Kuula-Väisänen 2010.)

Talvirakentamisessa on otettava huomioon jään ja lumen vaikutukset. Täyttökohde tai -materiaalit eivät saa sisältää lunta tai jäätä. Käytettävien materiaalien tulisi olla mahdollisimman kuivia. Runsaasti hienoainesta sisältäviä uusiokiviaineksin käyttöä tulisi vältellä. (RIL 132-2000 61.)

Pohjavesialueella rakentamisessa on kiinnitettävä erityisesti huomiota pohjaveden pilaantumisen ehkäisemiseen. Täyttöjä tehtäessä käytetään puhtaita maa-aineksia, jotka sopivat laadultaan käytettäväksi kohteeseen. (Jyväskylän kaupunki B, 8.34§ n.d.)

3.3 Perustusten ja lattioiden alustäytöt

Täyttömateriaalien tulee olla routimattomia karkeita maalajeja, mursketta tai louhetta. Raekoko on rajoitettu kahteen kolmasosaan tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Materiaalin hienoainepitoisuuksien vaatimukset koskevat ainoastaan luokkia I ja II. Täyttömateriaali saa sisältää 20 % alle 0,20 millimetrin raekoon materiaaleja ja hienoainepitoisuus voi olla korkeintaan 10 %. Tärkeimpiä laatuvaatimuksia rakenteille ovat tiiveys- ja kantavuusarvot (taulukko 3). (RIL 132-2000, 53 – 54.) Lattioiden alle tulee pohjatäyttöjen lisäksi rakentaa kapilaarikatkerros. Kapilaarikatko on vähintään 300 mm paksu tai 20 % paksumpi kuin kerroksen valmistukseen käytetyn kiviaineksen vedennousukorkeus. Tuulettuvissa alapohjissa vastaavan kerroksen paksuus on 200 – 300 mm. (RT 14-11005 2010, 79 – 80.) MaaRYL:n (RT 14-11005 2010, 81) mukaan täyttöjen kelpoisuus tulee osoittaa seuraavasti:

Kapillaarikatkokerroksen rakeisuus ja hienoainespitoisuus todetaan rakeisuuskäyristä. Kapillaarikatkokiviaineksesta määritetään kapillaarinen vedennousukorkeus standardin SFS-EN 1097-10 mukaisesti ja samasta testinäytteestä hienoainespitoisuus standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti.

Taulukko 3. Perustusten ja lattian alustäyttöjen tiiveys- ja kantavuusraja-arvot (RIL 132-2000)

Perustusten alustäyttö		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 97	≥ 95	≥ 92
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	E ₁ ≥ 60	E ₁ ≥ 50	-
Lattian alustäyttö				
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 93	≥ 90	≥ 87
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	E ₁ ≥ 50	E ₁ ≥ 40	-

Louhetäytöissä olennaista on tiivistyskaluston koko ja tiivistyskerrat. (ks. taulukko 4). Taulukossa annettuja tiivistyskertoja on mahdollista vähentää 8 käyttämällä vettä tiivistyksen yhteydessä. Veden käyttömäärä saa olla 0,5 – 1,5 kertainen koko täytön tiivuudesta. (RIL 132-2000, 55.)

Taulukko 4. Käytettävän louhospenkereen tiivistäminen rakennuspohjalla (RIL 132-2000)

Täryjyrän massa	Maksimi kerrospaksuus jyräyksen jälkeen	Maksimi raekoko	Tiivistyskertojen vähimmäismäärä
kN	m	m	kpl
30	0,70	0,45	10
40	0,85	0,55	10
50	1,00	0,65	10
80	1,20	0,80	10

3.4 Rakenteiden vierustäytöt

Perusmuuria vasten täyttö tulee rakentaa salaojitussoralla tai muulla hyvin vettä läpäisevällä ja routimattomalla materiaalilla, jolle on määritelty tiiveysaste (taulukko 5). Salaojituseros on vähintään 200 mm leveä, ellei rakennesuunnitelmissa toisin määrätä. Täyttömateriaalin suurin sallittu raekoko on 100 mm. (RIL 132-200, 56 – 57.)

Salaojakerroksen ulkopuoleiseen täyttöön voidaan käyttää muita tiivistettävissä olevia kitkamaita tai esimerkiksi stabiloitua savea. Tällöin on hyvä huomata täyttökohteen muut mahdolliset vaatimukset, jotka esitetään suunnitelmissa rakennushankkeittain. (RIL 132-200, 56 – 57, 68.)

Taulukko 5. Valmiin vierustäytön tiiveysraja-arvot (RIL 132-2000)

Vierustäyttö		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 95	≥ 92	≥ 90

3.5 Putki- ja johtokaivantojen täytöt

Putkikaivannon täyttöjä tehtäessä on selvitettävä kaivannon alku- ja lopputäyttöjen vaatimukset sekä kiviarioiden että asennusalustojen vaatimukset. Tuotteiden käytökelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä, ao. ministeriön tuotehyväksynnällä tai rakennuspaikkakohtaisilla kokeilla (MaaRYL 2010, 82).

Kiviarina valmistetaan riittävän kuivasta murskeesta tai sorasta, jonka raekoko on 0 – 32 mm. Toisaalta suurin raekoko voi olla enintään kaksi kolmasosaa kerroksen paksuudesta, mutta ei yli 150 mm. Alkutäytön materiaalin suurin raekoko riippuu käytetyistä putkimateriaaleista (ks. taulukko 6). Routivuusvaatimukseen vaikuttaa kaivannon sijainta. Liikennöitävillä alueilla käytetään hiekkaa, soraa tai mursketta. Muulla

piha-alueilla voidaan lisäksi käyttää savea, silttiä ja moreenia, joiden raekoko pysyy annetuissa raja-arvoissa. Teräspankujen alku- ja tasaustäyttöissä tulee noudattaa valmistajien laatimia ohjeita. Putkityypistä riippumatta alku- ja tasaustäyttöjen tulee täyttää (taulukon 7) annetut raja-arvot. (InfraRYL 2012 82 – 83; RIL 132-2000, 89.)

Taulukko 6. Alkutäytön enimmäisraekoot eri putkille (RIL 132-2000)

Putkimateriaali	Putken halkaisija (mm)	enimmäisraekoko (mm)
Betoniputki liikennöidyt alueet	≤ 300	63
	> 300	100
Betoniputki muut alueet		
Muoviputki	≤ 100	0,1*D _{sisämitta} tai 60
	> 100	0,1*D _{sisämitta} tai murske 16

Taulukko 7. Tiiveysraja-arvot alku- ja tasaustäyttöille (RIL 132-2000)

Alku- tai tasaustäyttö		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu keskimääräinen tiiveysaste	%	≥ 90	≥ 87	-
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 87	≥ 83	-

Putki- ja johtokaivantojen tiiveysvaatimukset määritetään päälle tulevien rakenteiden vaatimuksien mukaan. Tiiveysvaatimus voidaan tarvittaessa osoittaa myös suunnitelma-asiakirjoilla. Lopputäytön materiaalin enimmäisraekoko on kaksi kolmasosaa tiivistettävän kerroksen paksuudesta, mutta se saa olla korkeintaan 400 mm. (RT 14-11005 2010, 85; RIL 132-2000, 41 – 42.)

3.6 Liikennealueiden täytöt

Liikennealueiden täytöissä on otettava huomioon eri rakennekerrokset. Kerroksia ovat suodatinrakenne sekä jakava, kantava ja pintakerrokset (kuvio 11). Rakenteiden paksuudet ja laatuvaatimukset perustuvat sijaintiin, käyttötarkoitukseen sekä lii-

kenne- ja pohjaolosuhteisiin. Vaatimusten perusteella piha-alue on jaettu 4 aluetyyppiin joille on annettu erilaiset vaatimukset ulkonäön painumien ja routanousujen ja kaltevuuksien osalta (taulukot 8 ja 9). Päällysteissä voidaan käyttää uusiomateriaaleja. (Infra 22-710051 2011.)

Aluetyyppien perusjako on seuraava:

Aluetyyppi 1: Jalankulkijoille ja oleskeluun tarkoitetut piha-alueet, joilla ei ole ajoneuvoliikennettä.

Aluetyyppi 2: Jalankulkijoille ja oleskeluun tarkoitetut piha-alueet, joilla on poikkeuksellisesti tavallista henkilöautoliikennettä.

Aluetyyppi 3: Henkilöautoliikenteelle tarkoitetut piha- ja pysäköintialueet, joilla sattunnaista raskasta ajoneuvoliikennettä.

Aluetyyppi 4: Raskaalle ajoneuvoliikenteelle tarkoitetut liike- ja teollisuusrakennusten lastaus- ja varastointialueet sekä kulkutiet.

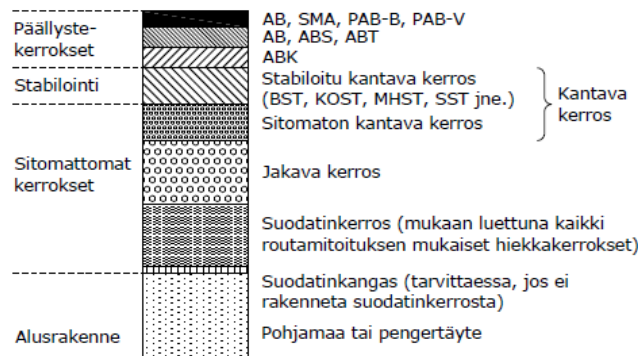
Taulukko 8. Piha-alueiden laatuluokitus, laatuluokka 1 (Infra 22-710051 2011)

Päällysteet	Aluetyyppi	Ulkonäkö	Sallittu painuma	Sallittu routanousu	Minimi viettokaltevuus
Luonnonkivilaatat	1 ja 2	Ei sallita epätasaisuutta	Mitoitetaan painumattomaksi	Routanousuja ei sallita	1,0 – 3,0 %
	3 ja 4				1,0 – 3,0 %
Ladotut betoni- ja luonnonkivi päällysteet	1 ja 2	Ei sallita epätasaisuutta	100 mm	50 mm	2,0 – 4,0 %
	3 ja 4		100 mm	50 mm	2,0 – 4,0 %
Sidotut päällysteet	1 ja 2	Säilyttävä halkeilemattomana	100 mm	50 mm	1,0 – 3,0 %
	3 ja 4		100 mm	50 mm	1,0 – 3,0 %
Sitomattomat päällysteet	1 ja 2	Lätäköitymistä sateella ei sallita	Vain poikkeustapauksissa 100 mm	Vain poikkeustapauksissa 50 mm	Vain poikkeustapauksissa 2,0 – 4,0 %
	3 ja 4				

Taulukko 9. Piha-alueiden laatuluokitus, laatuluokka 2 (Infra 22-710051 2011)

Päällysteet	Aluetyyppi	Ulkonäkö	Sallittu painuma	Sallittu routanousu	Minimi viettokaltevuus
Luonnonkivilaatat	1 ja 2	Ei sallita epätasaisuutta	Vain poikkeustapauksissa	Vain poikkeustapauksissa	1,0 – 3,0 %
	3 ja 4				1,0 – 3,0 %
	1 ja 2		250 mm	100 mm	2,0 – 4,0 %

Ladotut betoni- ja luonnonkivi päällysteet	3 ja 4	Vain vähäistä epätasaisuutta	200 mm	100 mm	2,0 – 4,0 %
Sidotut päällysteet	1 ja 2	Vain vähäistä halkeilua	250 mm	100 mm	1,0 – 3,0 %
	3 ja 4		200 mm	100 mm	1,0 – 3,0 %
Sitomattomat päällysteet	1 ja 2	Vain Vähäistä lätköitymistä sateella	250 mm	100 mm	2,0 – 4,0 %
	3 ja 4		200 mm	100 mm	2,0 – 4,0 %



Kuvio 11. Tien rakennekerrokset (Infra 22-710051).

Piha-alueiden kantavuus vaatimukset on määritelty kantavan kerroksen päältä, mutta myös muille kerroksille on annettu kantavuuden E-moduularvoja. Taulukossa 10 on esitetty kaikille pihatyypeille kantavuussuosituksset ja kerros materiaalien E-moduularvoja. (RIL 234-2007 2007, 35 – 37.)

Taulukko 10. Pihan kantavuus suositukset ja materiaalikerrosten kantavuudet (RIL 234-2007)

Pihan aluetyyppi	Kantavuus kantavan kerroksen päältä (E ₂ -arvo)
Aluetyyppi 1	1) 70 MN/m ² 2) 85MN/m ²
Aluetyyppi 2	120 MN/m ²
Aluetyyppi 3	160 MN/m ²
Aluetyyppi 4	Mitoitetaan tapauskohtaisesti
Materiaali	E-Moduuli
Asfalttibetoni (AB, ABS)	2500 MN/m ²
Kevytasfalttibetoni	1500 MN/m ²
Kantavan kerroksen murske	200 – 350 MN/m ²
Stabiloitu kantava murske	2000 – 2500 MN/m ²
Jakavankerroksen sora	150 – 280 MN/m ²
Suodatinhiekkä	30 – 100 MN/m ²

1) Sitomattomien päällysteiden yhteydessä

- 2) Muiden kuin sitomattomien päällysteiden yhteydessä

3.7 Viherrakentamisen täytöt ja siirtymäkiilat

Viheralueet

Viheralueille ominaista ovat erilaiset kivi- ja maapengerrykset. Viheralueen penkereille ei yleensä ole asetettu raekokovaatimuksia, mutta lohkaraita, joiden läpimitta on isompi kuin 2/3 tiivistettävästä kerroksesta, ei saa käyttää. Täytemaan tulee olla läjitys- ja tiivistyskelpoista materiaalia ja sen tulee täyttää sille annetut (taulukko 11) raja-arvo vaatimukset. (RIL 234-2007, 96.)

Taulukko 11. Maapenkereen tiivistettävien kerrosten kantavuus- ja tiiveysraja-arvot (RIL 234-2007)

Maapenkereiden raja-arvot		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu keskimääräinen tiiveysaste	%	≥ 92	≥ 89	≥ 85
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 87	≥ 85	-
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	1)		
Suurin sallittu keskimääräinen kantavuussuhde 2)	E ₂ /E ₁	≤ 2,2	≤ 2,2	-

1) Osoitetaan suunnitelmissa E₂-arvona

2) Saa olla suurempi, jos E₁-arvo on vähintään 50 % vaaditusta E₂-arvosta

Nurmialueilla pinnan kasvualustan tulee olla rekisteröidyn valmistajan toimittamaa materiaalia tai rakennuspaikalla valmistetuista maa-aineksista jalostettua materiaalia. Kasvualustan paksuus (taulukko 12) määräytyy nurmikkotyypin perusteella. (RIL 234-2007, 96.) Istutusalueilla kasvualustan kerrospaksuus on suurempi ja ilmoitettu suunnitelmissa.

Taulukko 12. Nurmikkoalueen kasvualustan kerrospaksuudet (RIL 234-2007)

Nurmityyppi	Kasvualustan kerrospaksuus (mm)
Koristenuurmi	200
Käyttönuurmi	200
Puisto- ja katunurmi	150
Luonnonnurmi	Paikalla oleva tai parannettu maa



Kuvio 12. Viheralueen alustäyttö. Kuva Juha Seppänen.

Siirtymäkiilat

Valmistuksessa käytetään hiekkaa, soraa tai mursketta. Lohkareiden käyttö tulee myös kyseeseen, kun kiilaa tehdään kallion tai louhepenkereen yhteyteen. Tällöin lohkaroiden halkaisija saa olla enintään 300 mm, mutta korkeintaan puolet kerrospaksuudesta (RIL 234-2007, 91).

4 Maa-ainesten uusiokäytön lainsäädäntö

4.1 Lainsäädäntö yleisesti

Maaperän ja pohjaveden pilaantumista sekä pilaantuneen alueen puhdistamista koskevat lait on säädetty ympäristönsuojelulaisissa (527/2014.) Se sisältää muun muassa säännökset maaperän ja pohjaveden pilaamiskielloista, pilaantuneen alueen selvitys-

ja puhdistamisvelvollisuudesta ja puhdistamisen viranomaismenettelyistä. Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista säädetään tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa (VNa 214/2007 ns. PIMA-asetuksessa) ja puhdistamista koskevan ilmoituksen sisällöstä ympäristönsuojeluasetuksessa (YSL 713/2014). Jätelaki (JL 646/2011) puolestaan ohjaa puhdistuksen yhteydessä kaivettujen maa-ainesten käsittelyä ja sijoittamista. Jäte- ja ympäristösuojelulakien lisäksi maarakentamisessa on huolehdittava MARA-asetuksesta, joka koskee eräiden jätteiden hyödyntämisestä (Vna 591/2006 ns. MARA-asetus). Parhaillaan valmistellaan ympäristöministeriön johdolla rakentamisen yhteydessä syntyvien maa-ainesjätteiden hyödyntämistä koskevaa asetusta ja siihen liittyvää ohjeistusta.

Edellä mainittujen lakien ja asetusten lisäksi maa-aineksien hyödyntämiseen otetaan kantaa useammassa Suomen ja Euroopan unionin laissa sekä asetuksessa. Työssä esitetyissä laissa ei oteta kantaa materiaalien teknisiin vaatimuksiin. Maa-aineksien uusiokäyttö on lakien perusteella mahdollista, mutta toiminnassa on muistettava myös aikaisemmin esitetyt materiaalien laatuvaatimukset eri käyttökohteisiin.

4.2 CE-merkintä

CE-merkinnällä osoitetaan, että käytettävät tuotteet täyttävät niille asetetut rakennustuotedirektiivit. Kiviaineksille CE-merkintä on ollut pakollista 1.7.2013 alkaen. CE-merkintä antaa tuotteille myynti- ja käyttökelpoisuuden kaikkiin Euroopan talousalueen maihin. Rakennustuotteen CE-merkinnän edellytyksenä on voimassa oleva eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi hEN tai eurooppalainen tekninen arviointi ETA. ETA:n myöntää Suomessa VTT Expert Services Oy. Rakennusdirektiivin (89/106/ETY) tavoitteena on poistaa kansallisten vaatimusten erilaisuudesta johtuvat esteet avoimelle rakennustuotteiden kilpailulle (Ympäristöministeriö, 2013). Harmonisoituja tuotestandardeja löytyy tällä hetkellä kiviaineksille 10 kappaletta (taulukko 13). Niistä standardit SFS-EN 13055-2, SFS-EN 13043 ja SFS-EN 13242 koskevat maarakentamista. (hEN helpdesk n.d.) Pienille kiviainesmäärille CE-merkinnän hankkiminen voi olla mahdotonta, mutta niiden hyödyntäminen on kannattavaa toissijaisissa

kohteissa. Jos kiviaineet ovat kuitenkin korkealaatuisia, voi CE-merkinnän hankkinen olla järkevää. (Pokki ym. 2009).

Taulukko 13. Kiviaineksien standardit (hEN helpdesk n.d)

SFS – EN 12620	Betonikiviainekset
SFS – EN 15435	Betonivalmisosat. Muottiharkot normaalipainoisesta ja kevytkiviainesbetonista. Tuoteominaisuudet
SFS – EN 13043	Kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikennöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin
SFS – EN 13055-1	Kevytkiviainekset. Osa 1: Betonin, laastin ja juotoslaastin kevytkiviainekset
SFS – EN 13055-2	Kevytkiviainekset. Osa 2: Kevytkiviainekset asfalttimassoihin ja pintauksiin sekä sitomattomiin ja sidottuihin käyttötarkoituksiin
SFS – EN 13139	Laastikiviainekset
SFS – EN 13242	Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset
SFS – EN 13383-1	Suojakivet. Osa 1: Tuotevaatimukset
SFS – EN 13383-1	Suojakivet. Osa 2: Testausmenetelmät
SFS – EN 13450	Raidesepelikiviainekset

4.3 PIMA-asetus

PIMA-asetus on yleisesti käytetty nimitys Valtioneuvoston asetukselle maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (VNa 214/2007). Asetus sisältää ohjeelliset viitearvot maaperän pilaantuneisuuden määrittämiseen. Viitearvoina toimii alempi ja ylempi viitearvo sekä kynnysarvo. Viitearvot eivät yksin riitä pilaantuneisuuden määrittämiseen vaan asetuksen periaatteena on tehdä vielä hankekohtaisia riskiarvioita. Riskiarvion tulee huomioida suunnitellut vaatimukset maankäytölle. Asetus ei sovellu vesistön pohjan tutkimiseen. (Interreg IV-hanke 2014; VNa 214/2007.)

Kynnys- ja ohjearvojen soveltamistavat on määritelty asetuksen 3§ ja 4§. 3§ mukaan on maaperän pilaantuneisuutta ja puhdistustarvetta arvioitava, jos haitta-ainepitoisuus ylittää säädetyn kynnysarvon. Arviointiin riittää yhden kynnysarvon ylitys. Mikäli

alueella aineiden taustapitoisuus on annettuja kynnysarvoa korkeampi, käytetään taustapitoisuuden ylitystä arvioinnin lähtökohtana. Kynnysarvojen ylittyessä maaperän pilaantuneisuus arvioidaan ohjearvojen perusteella. Ohjearvoina käytetään 4§ mukaan asetuksen liitteessä säädettyjä ohjearvoja haitallisille aineille (liite 2). Ohjearvojen ylittyessä maaperää pidetään usein pilaantuneena. (VNa 214/2007.)

4.4 MARA-asetus

Valtioneuvoston asetuksessa (VNa 591/2006) on maarakentamisessa jätteiden uusio-käyttämiseksi kirjattu lisäyksiä. Jäte- ja ympäristösuojelulakien vaatimusten lisäksi on katsottava, että jätettä sisältävien kerrosten paksuus on enintään 1,5 metriä ja se peitetään tai päällystetään. Jätteiden haitta-ainepitoisuudet eivät saa ylittää raja-arvoja eikä niiden liukeneminen aiheuta haittaa tai vaaraa terveydelle eikä ympäristölle. Jäterakenteet eivät saa joutua kosketuksiin pohjaveden kanssa. (VNa 591/2006.)

4.5 Jäte-, jätevero- ja ympäristönsuojelulaki

Jätelaki

Jätelain tavoitteena on ensisijaisesti ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvia haittoja ja vaaroja terveydelle tai ympäristölle. Toisekseen lain tarkoitus on edistää luonnonvarojen kierrätystä, varmistaa jätehuollon toimivuus ja vähentää roskaantumista. Lain 5§ mukaan jäte on ainetta tai esine, joka on tarkoitus poistaa käytöstä. Jäte voidaan kuitenkin tietyin ehdoin luokitella sivutuotteeksi, jonka hyödyntäminen on mahdollista. (JL 2011.)

Jäteverolaki

Jäteverolaki tukee materiaalien kierrätystä, koska se aiheuttaa suuria kustannuksia maa-ainesten viemiselle loppusijoitukseen kaatopaikalle. Jäteverolaissa (Jäteverolaki 2010) säädetään kaatopaikalle toimitetuille jätteille 50 euron veromaksu jokaiselta toimitetulta tonnilta. Jätevero koskee jätteitä, joiden uusiokäyttö olisi mahdollista teknisesti ja ympäristösuojelun kannalta. Jätevero ei koske ongelmajätteitä eikä hyödynnettäväksi kelpaamattomia jätteitä. Veroista vapautuksen saavat myös kaatopaikan rakenteisiin hyödynnettävät jätteet. Lailla edistetään myös väliaikaisten varastojen materiaalien vaihtuvuutta. Jäteverolain 3§ mukaan materiaalit katsotaan veronalaiseksi jätteeksi, jos sitä varastoidaan yhtä jaksoisesti yli kolme vuotta. (Jäteverolaki 3§.)

Ympäristösuojelulaki

Rakentamisessa käytettävien materiaalien epäpuhtauksien huomioon ottamisesta on säädetty ympäristösuojelulaissa. Ympäristölain (YSL 2.116-17§) mukaan maaperän ja pohjaveden pilaaminen on kiellettyä. Jos toiminta rakennustoiminta aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa, tarvitaan toimintaan ympäristölupa (YSL 2014). Rakentamisessa toiminnanharjoittajalla on velvollisuus varautua torjumaan onnettomuuksien tai poikkeuksellisten tilanteiden aiheuttamat vaaratilanteet terveydelle tai ympäristölle. (YSL 2014.)

4.6 Rakentamisen luvat

Rakennuslupa

Maa-aineksen ottaminen ja siihen liittyvät kuljetukset, varastoinnit ja sekä jalostus ovat luvan varaista toimintaa, joista säädetään maa-aineslaissa. Kyseistä lakia ei kuitenkaan sovelleta rakentamisen yhteydessä, joka perustuu viranomaisen antamaan rakentamislupa. (MAL 1.1-2§.) Rakennuslupa tarvitaan rakennuksen rakentami-

seen ja siihen verrattaviin korjaus- ja muutostöihin. Rakennusluvalla voidaan rakennuskohteessa tehdä maa-aineiden kaivuutöitä ja hyödyntää kaivettuja maita uudelleen kohteessa, mikäli niiden laatuvaatimukset täyttyvät.

Toimenpidelupa

Toimenpide luvalla voidaan rakentaa ja pystyttää rakennelmia, joita ei pidetä rakennuksina. Rakennelmien maatöiden suorittamiseen tarvitaan toimenpidelupa. (MKRL 18.126§.)

Maisematyöluva

Maisematyöluvalla voidaan aloittaa rakennushankeen valmistelu asemakaava-alueella, jos rakennuslupaa ei vielä ole. Maisematyöluvalla saa suorittaa maisemaa muuttavaa rakennustöitä, kuten puiden kaatamista ja muuta siihen verrattavaa maanrakennustyötä, jotka toimivat rakennushanketta valmistelevana toimintana. (MKRL 18.128§.) Rakentamisen valmistavista töistä on kuitenkin ilmoitettava valvontaviranomaiselle (MKRL 20.149 a§.)

5 Uusiokäytön tarve Jyväskylän alueella

5.1 Rakentaminen Jyväskylässä

Jyväskylän väestömäärä tulee kasvamaan vuoteen 2040 mennessä lähes 153 500 asukkaaseen. Viimeisin vertailuluku on viime vuodelta, jolloin asukkaita oli noin 137 400. Väestönkasvu luo rakentamispaineita kaupungille, jotta asuntojen määrä vastaisi kysyntään. Vuosille 2016 - 2018 kaupungin työohjelmassa on useita yleiskaavoituksia ja asemakaavoituksia (Jyväskylän kaupunki A n.d). VTT:n ennusteen (Vainio 2016) mukaan uusia asuntoja tulisi rakentaa vähintään 21 800 kappaletta. Samaan aikaan tulisi myös korjata 22 % olemassa olevasta asuinrakennuskannasta seuraavan

10 vuoden aikana (Hietala ym. 2015). Asuinrakennusten lisäksi Jyväskylän alueella on alkanut tai aloitetaan muita suuria rakennushankkeita kuten uusi Keski-Suomen keskussairaala ja Hippos2020 –hanke (Jyväskylän kaupunki C n.d; Ksshp 2016).

5.2 Maa-aineiden riittävyys

Luonnonlajikkeiden saatavuus on nykyisin erittäin haastavaa ja kuljetuksien osalta kallista, koska lähimmät hiekanottoapaikat sijaitsevat jo noin 20 kilometrin päässä. Lisäksi luonnon sorien laatu on heikentynyt eikä se ole aina parempaa verrattuna kiertämismateriaaleihin. Luonnon soraa voidaan rakentamisessa korvata jalostetuilla kiviaineksilla kuten sepelillä. Sepeli on kuitenkin noin kolme kertaa soraa kalliimpaa eikä oikean raekoon sepeli välttämättä ole tarjolla. (Tuominiemi haastattelu 28.10.2016.) Uusien rakennusalueiden maapohjan laatu on heikentynyt. Hyvät rakennuspaikat on jo käytetty ja uusilta alueilta joudutaan kuljettamaan paljon ylijäämämaita loppusijoitukseen. Se taas tarkoittaa lisääntyvää maa-aineksien menekkiä ja uusiokäytön kasvavaa merkitystä.

Nykyisessä suunnittelussa pohjamaiden rakennuskelpoisuuteen suhtaudutaan varovaisesti, mikä näkyy suunniteltujen rakennekerrosten paksuutena.

6 Maajukka Oy:n käyttämät maanotto- ja loppusijoituspaikat

6.1 Yleistä

Yrityksen käyttämät maanotto- ja loppusijoituspaikat sekä välivarastot selvityksen mukaan sijaitsevat eri puolilla Jyväskylää (kuvio 13). Käytettyjen kohteiden lisäksi on myös satunnaisia muita paikkoja, joihin voidaan esimerkiksi toimittaa ylijäämämaita.

Esimerkkikohteessa käytettiin pääsääntöisesti loppusijoituspaikkana Kivilampea, luonnon soran hakuun Kuljetusliike Harri Nyman Oy:n soramonttuja Tikkakoskella ja kiviaineslajikkeiden hakuun Seppälän kankaalla sijaitsevaa KAK Konsernin noutopihaa. (Tuominiemi haastattelu 28.10.2016).



Kuvio 13. Paikkakartta (Jyväskylän karttapalvelu n.d).

6.2 Maanottoapaikat

Maajukka Oy:ssä käytössä on pääasiallisesti maa-aineksien hankinnassa KAK Konsernin maa-aineksien noutopihaa, josta tuodaan rakennuskohteisiin louhittuja kiviaineita. Kuljetusliike Harri Nyman Oy:n soramontuilta Tikkakoskelta tuodaan karkeaa soraa ja täytehiekkaa. Etäisyydet esimerkki kohteeseen ovat noin 9 km ja 18 km. (Tuominiemi haastattelu 28.10.2016.)

6.3 Maakaatopaikat

Ylijäämämaita kuljetamme KAK Konsernille, Perälä ja Kumpp. Yritykselle, Mustankorkea Oy:lle ja Kivilammen maankaatopaikalle. Mustankorkealle matkaa kertyy 7,5 km ja kivilammelle 13 km. Mustankorkea Oy ottaa vastaan Jyväskylän alueelta pilaantuneita maita käsiteltäväksi. Kaatopaikkamaksut määräytyvät vietävän tavaran painon perusteella. Puhtaan ylijäämämaan maksu on 1,50 euroa tonnilta. (Tuominiemi haastattelu 28.10.2016.)

6.4 Pilaantuneiden maiden toimituspisteet

Pilaantuneita maa-aineksia vastaanottoa ja käsittelyä harjoitetaan Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelykeskuksessa. Sen pilaantuneiden maiden käsittely mahdollisuus on 100 000 tonnia vuodessa, mikä on riittävä syntyvien pilaantuneiden maiden käsittelyyn. Pilaantuneita maita käsitellään kompostoimalla, huokosilmamenetelmällä, termisillä käsittelyllä sekä stabiloimalla jätteet. Lisäksi voidaan käyttää eri tapojen yhdistelmiä. Käsiteltyjä maita käytetään jätteenkäsittelykeskuksen alueella mm. rakenteissa ja jätetäyttöjen peittoon. (Helolahti ym. 2009.)

7 Uusiokäytön mahdollistaminen Maajukka Oy:ssä

7.1 Lähtökohta uusiokäytölle

Maarakenteiden rakentamisessa käytettävien kierrätysmateriaalien tulee olla teknisiltä ominaisuuksiltaan ja kelpoisuuksiltaan täyttökohteeseen soveltuvia. Materiaalin tulee olla myös riittävän tasalaatuista.

Kierrätysmateriaalit eivät saa aiheuttaa haittaa tai vaaraa rakennuspaikan tai sen ympäristön pohjavedelle, maaperälle tai ihmisille (RakMK 2003). Uusiokäytön edellytyksenä usein on riittävät varastointitilat, joissa materiaalia voidaan lajitella riittävän hyvin jalostusta varten. Jalostaminen tulee tehdä oikeilla menetelmillä riittävän laadukkaasti. Lajiteltu ja jalostettu uusiomaa-aines tulee käyttökohteessa testata ja analysoida, jotta saadaan selville materiaalin kelpoisuus täyttökohteeseen.

7.2 Varastointi ja lajittelu

Yleensä kierrätettäviä maa-aineksia pyritään varastoimaan rakennuskohteessa, mutta suuria maamassoja voidaan sijoittaa myös kahteen yrityksen välivarastoon. Toinen välivarasto sijaitsee yrityksen hallin pihassa Seppälänkankaalla ja toinen Kankaan alueella. Hallin pihaan toimitetaan lähinnä pintamaita, joista voidaan jalostaa multaa. Tällä hetkellä ostomullan hinta on kuitenkin sen verran alhainen, että ei ole kannattavaa jalostaa itse multaa. Kankaalla olevaan välivarastoon varastoimme erilaisia maa-aineksia hiekasta moreenimaihin. Varastoalueen pinta-ala on noin 2200 m². Maa-ainesvarastolla on kaivinkone, jolla voidaan tarvittaessa seuloa maa-aineita, ja kuormata käyttöön meneviä uusiomaita. Varastoinnin kustannukset ovat noin 3,5 euroa kuutiolle. (Tuominiemi haastattelu 28.10.2016.)

7.3 Maa-aineiden jalostusmenetelmät

Esimerkkikohteen maalajitteet osoittautuivat kaivuuvaiheessa pääasiallisesti hyväksi moreenimaiksi, mitkä sisälsivät isoja kiviä ja lohkareita. Pieneltä alueelta löytyi puhdasta lihavaa savimaata, mutta määrä oli vähäistä. Kaikki savet saatiin poistettua normaalin piha-alueiden pohjauksen yhteydessä. Lisäksi muutamista paikoista otettiin talteen uusiokäyttöä varten puhtaita hiekkamaita. Hiekkaa löytyi vanhan rakennuksen perustusten alta ja kahdesta syvästä kaivannosta, joissa kaivuupinta ulottui moreenikerroksen alapuolelle. Uusiokäyttöä varten hiekka testattiin seulonta- ja tiiveyskokeilla, joiden perusteella uusiokäyttö oli mahdollista piha-alueen suodatinkerroksissa. Kohteessa jouduttiin turvautumaan myös jalostamiseen.

Kohteen maaperästä ei löytynyt pilaantuneita maita, joita olisi jouduttu tutkimaan, käsittelemään tai kuljettamaan loppusijoitukseen.

Mekaaniset menetelmät

Suurimmaksi osaksi esimerkkikohteessa käytettiin lajittelua ja seulontaa ylijäämämaiden jalostamiseen. Eri maalajitteet kaivettiin kerroksittain poisvietäväksi tai läjitettiin myöhempää hyödyntämistä varten. Pahasti sekoittuneet maat kuljetettiin kokonaisuudessaan loppusijoitukseen maankaatopaikalle.

Moreenimaista seulottiin suurimmat kivet ja lohkaaret poisvietäväksi. Osa lohkaareista oli liian suuria siirrettäväksi kaivinkoneilla, joten työmaalla turvauduttiin räjäytystöihin.

Stabilointi

Kohteessa olleet hienorakeiset ja eloperäiset ylijäämämaat saatiin kaivuuvaiheessa poistettua, joten stabilointiin ei tarvinnut ryhtyä. Varmuuden vuoksi kuitenkin rakennetut kerrokset erotettiin perusmaasta suodatinkankaalla, jottei maa-aineksien sekoittumista pääsisi tapahtumaan. Sekoittumisen seurauksena kerrosten routiminen olisi mahdollista.

7.4 Materiaalien testaus

Työmaalla materiaalien vaatimuksia seurataan ensi sijaisesti havainnoimalla, mutta myös seulonta- ja tiiveyskokeilla. Seulonta- ja tiiveyskokeet Maajukka Oy:lle suorittaa Geo-Control Oy. Pilaantuneiksi epäillyt maat tutkii Ramboll Finland Oy tai FCG Finnish Consulting Group Oy. Kun kaivettavien maiden epäillään olevan pilaantuneita, lopetetaan työt siihen asti, että tutkimusten tulokset selviävät. Saadut tulokset kertovat jatkotoimenpiteet kohteessa. (Tuominiemi, haastattelu 28.10.2016).

8 Uusiokäytön kustannussäästöt

8.1 Kerätyt lähtötiedot

Lähtötiedoissa on käytetty maankaatopaikoilta ja maanottopaikoilta saatuja kuormakuitteja. Taulukossa 14 on käytetty keskiarvoja eri materiaaleille, koska esimerkiksi eri murskelajikkeiden hinta hieman vaihtelee. On kuitenkin erittäin haastavaa laskea kaikkia lajikkeita erikseen suuressa kohteessa. Esimerkkikohteessa tehtiin suuret maanvaihtotyöt, koska vanhan maanpinnan ja uuden leikkaustason ero oli useita metrejä. Ylijäämämaita vietiin pois noin 15 000 m³ ja tilalle tuotiin noin 7000 m³ hiekkaa, sepeliä ja murskettä. Lisäksi kaivetuista maista saatiin hyötykäyttöön noin 3000 m³. Ylijäämämaista onnistuttiin näin ollen hyödyntää suoraan noin 17 % kaikista ylijäämämaista. Ylijäämämaita hyödynnettiin perusmaina rakennekerroksien alla piha-alueella ja rakennuksen alla. Lisäksi osa piha-alueista muotoiltiin uudelleen ylijäämämailla. Ronkaisen (Ronkainen 2012, Suomen maalajien ominaisuuksia) mukaan kitka-maalajien tiheys on yleensä vakio. Kuutioiden muuttamisessa käytin maiden muuntamiseen tiheyden arvoa 2,65 tn/m³ (Ronkainen, 2012.) Ylijäämämaita vietiin siis pois

39 750 tonnia ja tilalle tuotiin 18 550 tonnia uusia maa-aineksia. Ylijäämämaat toimitettiin Kivilammen maankaatopaikalle loppusijoitettavaksi. Taulukosta 14 voidaan nähdä keskimääräiset maalajikkeiden kustannukset tuhatta kiloa kohden. Lisäksi samassa taulukossa on arvioitu kuljetuskustannukset tunneissa.

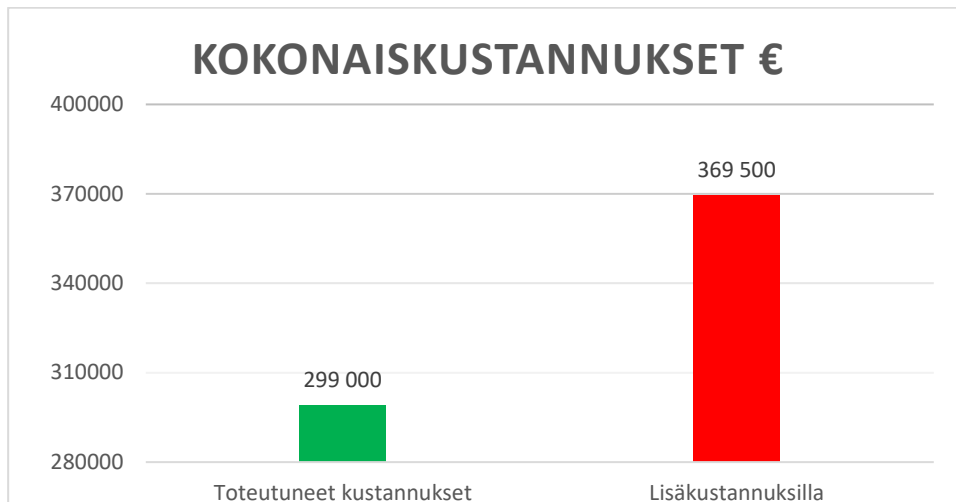
Taulukko 14. Maalajikkeiden kustannukset €/tn (Tuominiemi haastattelu)

Poispievävät ylijäämämaat	1,5
Multa	10
Sepeli	14
Murske	9
suodatinhiekkä	4,5
Kuljetuskustannukset keskimäärin (€/h)	70

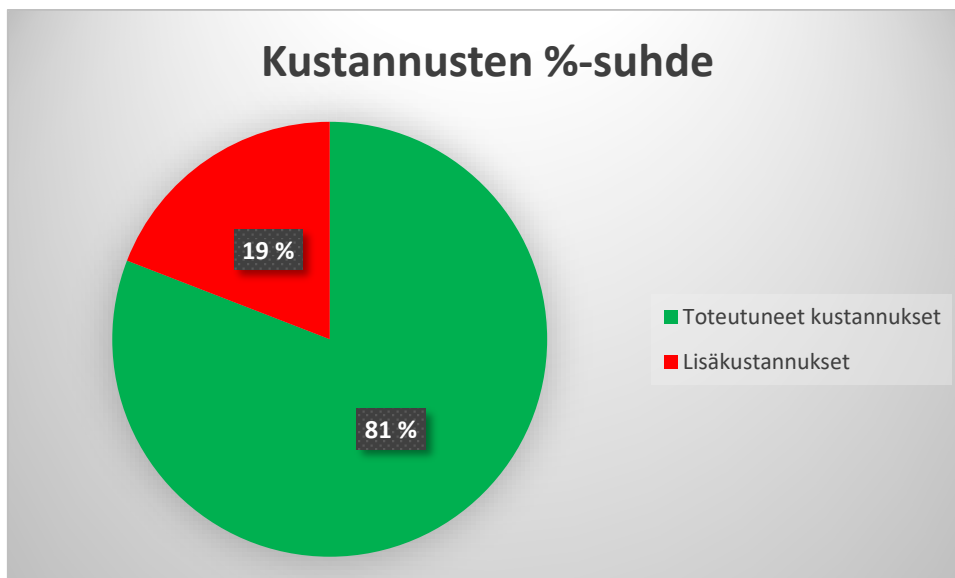
Kyseisessä kohteessa ylijäämämaita pystyttiin hyödyntämään suoraan ilman suuria jalostusmenetelmiä. Ainoastaan suuret kivet ja lohkareet poistettiin uudelleen hyödynnettävistä maista. Suuren tontin ansiosta ylijäämämaille ei tarvinnut järjestää erillistä välivarastointia. Lisäksi hyvällä työjärjestyksen suunnittelulla varastoinnin tarve pieneni.

8.2 Tulokset ja vertailu

Laskelmissa on tutkittu ainoastaan tähän mennessä tehdyt maansiirrot. Ensi keväänä kohteeseen tuodaan vielä lisää uutta maa-ainesta pintatöihin. Laskelmista nähdään kuitenkin selvästi uusiokäytön tuottavat hyödyt. Kustannuslaskelmat ovat selvästi esiteltyinä liitteissä (liitteet 4 – 7). Kustannukset pienenevät 70 600 eurolla kuljetusten, kaatopaikkamaksujen ja uusien materiaalien oston osalta. Hyöty on noin 19 % tässä rakennushankkeessa (kuviot 14 ja 15). Ilman Uusiokäyttöä maansiirron kustannukset olisivat noin 369 500 €, kun kierrätyksen ansiosta ne ovat noin 299 000 €.

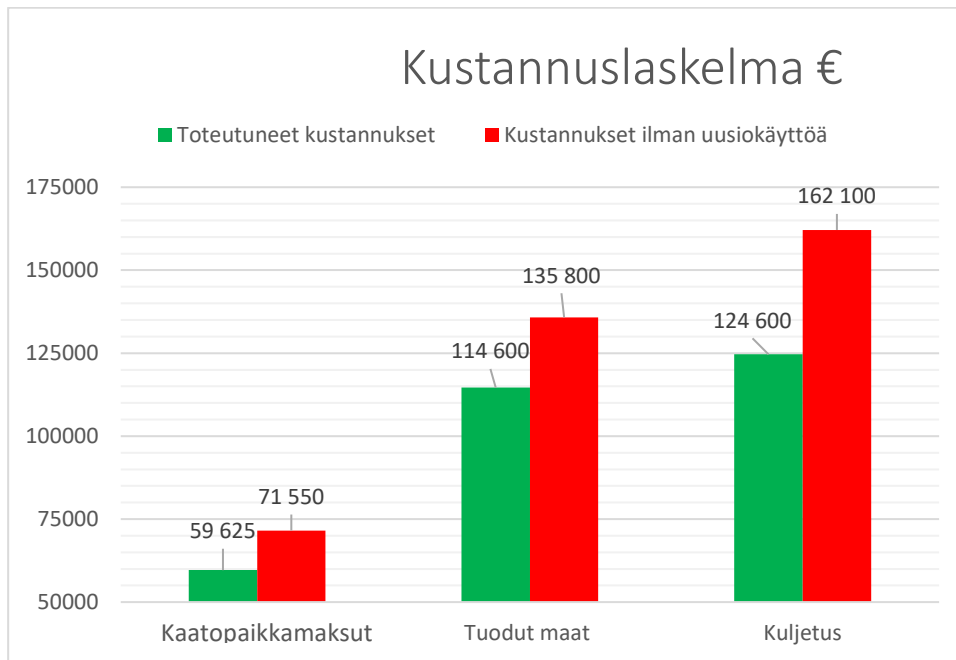


Kuvio 14. Kokonaiskustannukset.



Kuvio 15. Uusiokäytön kustannusten hyöty.

Suurimmat hyödyt uusiokäytössä saadaan kuljetuskustannuksissa, joissa säästöä kertyi noin 37 500 €. Kaatopaikkamaksuissa säästetään noin 11 900 € ja tilalle tuoduista uusista maa-aineksista noin 21 200 €. Kuviosta 16 voidaan nähdä selvästi kustannukset uusiokäytöllä ja ilman uusiokäyttöä.



Kuvio 16. Eriteltyjen kustannusten vertailu.

8.3 Analyysi

Tuloksista nähdään, että uusiokäytöstä on taloudellista hyötyä. Tulokset eivät anna täysin varmaa kuvaa saavutettavista hyödyistä. Jotta tulokset olisivat luotettavampia, olisi vertailuun käytettävä useampia erilaisia kohteita. Kyseisessä esimerkkikohteessa kierrätyksestä saataviin hyötyihin vaikuttaa selvästi ylijäämämaan suuri määrä ja laatu. Leikattavia ylijäämämaita oli erittäin paljon suhteessa siihen, kuinka paljon siitä pystyttiin kierrättämään. Ylijäämämaiden uusiokäytön osuus oli vain noin 17 %. Osa ylijäämämaista meni hyötykäyttöön myös toisilla työmailla, mutta sen vaikutusta kannattavuuteen en laskenut.

Kustannuksissa ja säästöissä tulee huomata muissa kohteissa myös välivarastoinnin kustannukset. Esimerkkikohteessä oli niin suuri ja hyvin suunniteltu, että välivarastoinnille ei ollut tarvetta, mikä osaltaan paransi kierrättämisen kannattavuutta.

Kuljetuskustannuksiin vaikuttaa merkittävästi käytetty kuljetuskalusto. Laskelmissa uusien maa-aineksien kuljettamiseen on käytetty perävaunuyhdistelmiä. Joitakin

kuormia kuitenkin tuotiin pelkällä kuorma-autollakin ilman peräkärä. Loppusijoitukseen viedyt ylijäämämaat kuljetettiin kuorma-autoilla ilman peräkärä. Toimintaa olisi pystytty tehostamaan kuljettamalla esimerkiksi mursketta paluumatkalla takaisin työmaalle.

9 Pohdinta ja johtopäätökset

Opinnäytetyön avulla selvitin toimeksiantajan maa-aineiden käyttöä rakennushankkeissa ja kuinka sitä voidaan kehittää. Nykyisin Keski-Suomessa neitseellisten maa-aineiden kuljetusmatkat ovat kasvaneet pitkiksi ja maa-ainesvarastot vähentyneet. Pitkät matkat ja soranottoaikojen väheneminen lisäävät maatojen kustannuksia ja nostavat maa-aineksen hintaa, jolloin työmaan maa-ainesten uusiokäyttö muuttuu kannattavaksi. Uusiokäytössä on kuitenkin ratkaistavia ongelmia, joiden purkamiseen perehdyin työssä. Työn tuloksena ovat tiedot maa-aineksen ominaisuuksista, käyttökohteiden vaatimuksista ja uusiokäytön kannattavuudesta.

Jyväskylän alueella on paljon kaava-alueita, joissa rakennetaan vanhalle käytössä olleelle tontille. Tästä syystä alueella on jo paljon täytemaita, joita hyödyntäminen on järkevää monella tapaa. Käytön seurauksena tonteilta löytyy usein myös pilaantuneita maita, jotka on tutkittava ja analysoitava. Tarvittaessa pilaantuneille maille on järjestettävä loppusijoituspaikka. Uusilla kaavoitusalueilla ja tonteilla taas löytyy hyviä puhtaita neitseellisiä maa-aineksia, kuten moreenia ja soraa, joiden uusiokäyttöä olisi suunniteltava.

Maa-aineiden uusiokäyttöä vaikeuttavat jäykkä lainsäädäntö ja ennakoivan suunnittelun puute. Uudet alueet kaavoitetaan liian tiheästi rakennettaviksi eikä suunnittelussa jätetä mahdollisuutta maa-aineiden välivarastoinnille eikä jalostamiselle. Suurissa alueellisissa rakennushankkeissa, kuten esimerkiksi Kankaan alueella maa-aineksen uusiokäyttöön oli jo varauduttu suunnittelussa. Jäykät standardit tekevät helposti hyvästä maa-aineksesta tai kierrätystavarasta jätettä, jonka hyötykäyttö ra-

kennushankkeessa on haasteellista. Esimerkiksi asfalttia ei voi suoraan ilman jalostusta hyödyntää työmaalla. Onneksi asfaltille löytyy läheltä kierrätyspiste, jossa siitä jalostetaan uutta asfalttia.

Jotta rakennustoimintaa voidaan kierrätyksen osalta tehostaa tulee ylijäämämaille saada välivarastoja läheltä työmaita, joissa on myös mahdollista suorittaa maa-aineiden jalostamista. Tähän ongelmaan ratkaisuja on löydettävissä jo hankkeen suunnitteluvaiheesta, jossa välivarastointiin suunnitellaan paikat. Yhteistyö mahdollisuus eri hankkeiden kanssa poistaa osan varastointiongelmasta, mutta silloin maa-aineksien käyttökelpoisuuden osoitus tuottaa hankaluuksia. Eri vaiheissa olevat hankkeet voivat kuitenkin hyötyä toisen työmaan ylijäämämaista. Toisinaan maa-aineita kannattaa jalostaa jo työkohteessa mekaanisesti tai stabiloimalla, jolloin maamassoja ei tarvitse kuljettaa pois työmaalta.

Hyvällä uusiokäytön suunnittelulla säästetään hankkeessa myös aikaa. Kustannusten lisäksi säästöjä syntyy myös päästöissä, mikä on luonnon ja ihmisten terveyden kannalta suotuisaa. Loppusijoituspaikkojen tarve pienenee, kun ylijäämäkaita syntyy vähemmän. Lisäksi neitseellisiä maa-aineita saadaan säästettyä. Neitseellisiä maa-aineita voidaan säästää myös käyttämällä uusiomateriaaleja hyödyksi. Liitteestä 8 löytyy käyttökohteita eri uusiomateriaaleille. Liitteessä 9 on kootusti yhteen kerätyt käyttökohteiden vaatimukset täyttömateriaaleille. Uusiomateriaalien käytön vaikutusta kustannuksiin en tarkastellut työssä, mutta ympäristön kannalta vaikutukset ovat varmasti positiivisia.

Mielestäni työni osoittaa hyvin, kuinka tärkeää uusiokäyttö on. Tuotoksista voidaan nähdä eri maa-aineille käyttökohteita ja mitä asioita uusiokäyttö vaatii onnistuakseen. Kustannusten kannalta tutkimus ei ole riittävän kattava tarkkuuden osalta, mutta sillä voidaan hyvin osoittaa uusiokäytön säästöpotentiaali.

Lähteet

Apila Group Oy. 2015. Rengasrouheen käyttö maarakennuskohteissa – sovelluskohteet ja tutkimustulokset. Suomen rengaskierrätys Oy. pdf-tiedosto. Viitattu 15.2.2016.

http://www.rengaskierratys.com/files/74/Rengasrouhe_maarakentamisessa_6.2015.pdf.

Bioenergia Ry. Maailman eniten käytetty kasvualusta. N.d. Turpeen käyttötavat. Viitattu 1.2.2016 <http://turveinfo.fi/kayttotavat/turpeen-muu-kaytto/kasvuturve>.

Eskola, T. 2014. Eksogeeniset prosessit – maalajiharjoitus. opetusmateriaalia. pdf-tiedosto. Viitattu 29.1.2016.

https://noppa oulu.fi/noppa/kurssi/771112p/harjoitukset/771112P_maalajiharjoitukset.pdf.

Forsman, J. Hakari, M. Ronkainen, M. Sikiö, J. 25.4.2012. Suunnittelu- ja rakennusohje. Foamit vaahtolasi. Uusioaines Oy. Pdf-tiedosto. Viitattu 4.10.2016.

<http://www.foamit.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/foamit/SuunnitteluohjeUusi.pdf>.

Forsman, J. Hyvönen, I. Jyrävä, H. Lahtinen, P. Niemelin, T. 2014.

Massastabilointikäsikirja. pdf-tiedosto. Viitattu 1.2.2016.

http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Massastabilointik%C3%A4sikirja%20YLEISVERSIO%20-%202014_06_24.pdf.

Forstén, L. 6.2.2013. Asfaltin uusiokäyttö – Vanha asfaltti, Tuote vai jäte?, kierrätysmenetelmät - esitys. Lemminkäinen. pdf-tiedosto. Viitattu 19.2.2016.

http://www.nvfnorden.org/library/Files/Utskott-och-tema/Belaggnig/Seminarier/Ymp%C3%A4ristoseminaari-2013/4492_ForstenVanhaAsfaltti_TuotevaijeteLF2.pdf.

Geologian tutkimuskeskus. N.d. Geologiset luonnonvarat, maa-aines. Viitattu 27.12.2016. <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/maa-aines/>.

Haavisto-Hyvärinen, M. Kutvonen, H. 2007. Maaperäkartan käyttöopas. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. pdf-tiedosto. Viitattu 2.2.2016.

http://www.gtk.fi/export/sites/fi/tietopalvelut/kartat/GTK_maaperakartan_kayttoopas.pdf.

Helolahti, A. Koivisto, K. Koivula, N. Yli-Kauppila, H. 2009. Keski-Suomen alueellinen jättesuunnitelma vuoteen 2016. Keski-Suomen Ympäristökeskus. Pdf-teidosto.

Viitattu 15.2.2015. <http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/57310/Keski-Suomen+alueellinen+j%C3%A4ttesuunnitelma+vuoteen+2016/59245226-699f-4021-8a38-371d7d7d6b3d>.

hEN helpdesk. N.d. Harmonisoitujen tuotestandardien neuvontapalvelu. Viitattu 5.2.2016. <http://www.henhelpdesk.fi/www/fi/>, kiviaines.

Hietala, M. Huovari, J. Kaleva, H. Lahtinen, M. Niemi, J. Ronikonmäki, N-M. Vainio, T. 2015. Asuinrakennusten korjaustarve – raportti. Pellervon taloustutkimus PTT. pdf-tiedosto. Viitattu 18.2.2016. <http://ptt.fi/wp-content/uploads/2015/04/rap251.pdf>.

Infra 22-710051, 1.6.2011. Infra – Pihojen pohja- ja päällysrakenteet ohjeet. pdf-tiedosto. Viitattu 2.3.2016. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/106671.html.stx>.

Interreg IV-hanke. 2014. Pilaantuneiden maiden (PIMA) suunnittelun käsikirja kaavoittajille. Pdf-tiedosto. Viitattu 8.2.2016. http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result_pdf/BECOSI_result4_2_hanbookFIN.

Jyväskylän karttapalvelu. N.d. Jyväskylän kartta. Viitattu 10.3.2016. <http://kartta.jkl.fi/IMS/>.

Jyväskylän kaupunki A. N.d. Kaavoituskatsastus 2016-2018. pdf-tiedosto. Viitattu 15.2.2016. <http://www.jkl.fi/kaavoitus/kaavoitusohjelma>.

Jyväskylän kaupunki B. N.d. Jyväskylän kaupungin rakennusjärjestys. pdf-tiedosto. Viitattu 19.2.2016. http://www.jyvaskyla.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/jyvaskyla/embeds/jyvaskylawwwstructure/43361_Rakennusjarjestys2009.pdf.

Jyväskylän kaupunki C. N.d. Hippo 2020 – Hippoksen kehittämisperiaatteet ja kehitysmalli. Viitattu 27.12.2016. http://www.jyvaskyla.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/jyvaskyla/embeds/jyvaskylawwwstructure/81205_kv20160222_hippos.pdf.

JL, Jätelaki 646/2011. 17.06.2011. Viitattu 26.12.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646#Pidp1119472>.

Jäteverolaki 1126/2010. 17.12.2010. Viitattu 19.2.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101126>.

Jääskeläinen, R. Rantamäki, M. Tammirinne, M. 2008. Geotekniikka. 21. painos. Helsinki. Viitattu 27.12.2016.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 4. painos. Tampere. Tammertekniikka.

Ksshp, Keski-Suomen sairaanhoitopiiri. 15.3.2016. Uuusi sairaala – mitä alueella tapahtuu keväällä 2016. Viitattu 27.12.2016. [http://www.ksshp.fi/fi-FI/Uusi_sairaala_mita_alueella_tapahtuu_ke\(50104\)](http://www.ksshp.fi/fi-FI/Uusi_sairaala_mita_alueella_tapahtuu_ke(50104)).

Kuula-Väisänen, P. 2010. Maa- ja pohjarakenteet - Kivi- ja maa-aineksen ominaisuuksien määrittäminen ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 5.2.2016.
<http://www.kainuunetu.fi/UserFiles/d763e312-4069-4815-82bd-f6886b1871ca/Web/Kivi%20ja%20kaivos/Kivi-%20ja%20maa-aineksen%20ominaisuuksien%20m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen%20ja%20soveltuvuus%20eri%20k%C3%A4ytt%C3%B6tarkoituksiin.%20Pirjo%20Kuula-V%C3%A4is%C3%A4nen%20Tampereen%20Teknillinen%20yliopisto.pdf>.

Lemminkäinen. 2015. Leikkihiekkä – Käyttökohteet ja ominaisuudet. Viitattu 11.2.2016.
<http://www.lemminkainen.fi/Infrarakentaminen/kiviainekset/Leikkihiekkä/>.

Lojander, M. 2012. ISO-maaluokituksen soveltamisohje Suomessa. Suomen Geoteknillinen Yhdistys. Sovellusohje, pdf-tiedosto. Viitattu 29.1.2016.
<http://www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=104241&cc=3&refid=1>.

MAL, Maa-aineslaki 555/1981. 24.7.1981. Viitattu 15.2.2016.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810555>.

MKRL, Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. 5.2.1999. Viitattu 15.2.2016.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L19P140>.

Motiva Oy A. 2011. Uusiomateriaalien hyödyntäminen maarakentamisessa. 7.1.2011. Viitattu 15.2.2016.
http://www.motiva.fi/toimialueet/materiaalitehokkuus/materiaalitehokkuuden_edistaminen_kunnissa/yhdyskuntasuunnittelu_ja_infrarakentaminen/uusiomateriaalit_marakentamisessa.

Motiva Oy B. 2011. Uuma-käsikirjasto – Materiaalit. Viitattu 15.2.2016.
<http://www.uuma2.fi/materiaalit>.

Oy Alholmes Kraft Ab. 2012. Lentotuhkan ominaisuudet ja tuhkarakentaminen. Viitattu 15.2.2016.
http://www.alholmenskraft.com/fi/byproducts/tuhkat_ominaisuudet.

Pokki, J. Rekola, M. Härmä, P. Kuula - Väisänen, P. Räisänen, M. Tiainen, M. 2009. Maarakentamisen ja kalliolouhinnan yhteydessä muo-dostuvien ylijäämäkiviainesten hyötykäytön nykytila Suomessa. Tutkimusraportti 177. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. Viitattu 1.11.2016. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_177.pdf.

RakMK, Suomen rakentamismääräyskokoelma. 25.9.2003. B3 pohjarakenteet – määräykset ja ohjeet 2004. Viitattu 16.2.2015.
<http://www.finlex.fi/data/normit/17075-B3s.pdf>.

RIL 121-2004. 2004. Pohjarakennusohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Ylesijäljennös. Painopörssi.

RIL 132-2000. 2008. Talonrakennuksen maarakenteet – Yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki: Hakapaino Oy.

RIL 234-2007. 2007. Pihojen pohja- ja päällysrakenteet – Suunnittelu- ja rakentamishojeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki: Hakapaino Oy.

Ronkainen, N. 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38773>.

RT 14-11005, 2010, MaaRYL – Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset talonrakennuksen maatyöt. pdf-tiedosto. Viitattu 2.2.2016. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11005.html.stx>.

Rudus Oy. N.d. Kiviainestuotteet. Viitattu 5.2.2016. <http://www.rudus.fi/>, kiviainekset.

Soini, T. 2003. Viherrakentajan käsikirja. Viherympäristöliitto ry. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

SSAB Europe Oy Merox. 18.11.2015. Masuunihiekka/ LD-masuunihiekka. RT tuotetieto. RT 38728. pdf-tiedosto. Viitattu 15.2.2016. <http://www.rttuotetieto.fi/rakennustuotteet/maa-ja-aluerakennustuotteet/maa-ainekset/kiviainekset/tuotekortti/38728/masuunihiekka-ld-masuunihiekka-ssab-europe-oy-merox>.

Tiehallinto. 2000. Betonimurskeen käyttö tien päällysrakennekerroksissa. Mitoitus- ja työohjeet. Tiehallinto. Helsinki. Pdf-tiedosto Viitattu 2.2.2016. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/tiel_3200594_betmurskeohje.pdf.

Tiehallinto. 2008. GEO- ja ISO –maaluokitusten maalajimäärittelyvertailu. Tiehallinto. Viitattu 2.2.2016. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ttiens/tts88_geo_iso_maluok_maalajim_vertailu.pdf.

Tielaitos. 1993. Yleiset perusteet – Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. Tiehallinto. Helsinki. Painatuskeskus Oy. pdf-tiedosto. Viitattu 3.2.2016.

Tielaitos. 1999. Murskaustyöt – Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. Tiehallinto. Helsinki. Oy Edita Ab. pdf-tiedosto. Viitattu 2.2.2016. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/3700_murskaustyot.pdf.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes. 3.11.2016. CE-merkintä. Viitattu 27.12.2016. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>.

Vainio, T. 2016. Asuntotuotantotarve 2015-2040. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. pdf-tiedosto. Viitattu 18.2.2016. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T247.pdf>.

VNa, Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006. 28.6.2006. Viitattu 27.12.2016.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060591>.

VNa, Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. 1.3.2007. Viitattu 11.2.2016.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>.

Ympäristöministeriö. 2009. Maa-ainesten kestävä käyttö – ohje. Pdf-tiedosto. Viitattu 27.12.2016.

[file:///D:/Downloads/OH_1_2009_Maa%20ainesten%20kest%C3%A4v%C3%A4%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/OH_1_2009_Maa%20ainesten%20kest%C3%A4v%C3%A4%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20(1).pdf).

Ympäristöministeriö. 2013. Rakentamisen ohjaus. CE-merkintä. Viitattu 5.2.2016.

<http://www.ym.fi/ce-merkinta/>.

Ympäristöministeriö. 2014. Maa-aineiden hyödyntäminen. Opas kaivettujen maa-ainesten luokittelusta jätteeksi ja hyödyntämiskelpoisuuden arviointi – luonnos. Pdf-tiedosto. Viitattu 8.2.2016. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5E488047-B25B-45E4-AAE2-6495FBB53B5B%7D/110447>.

Ympäristöministeriö. 2015. Pilaantuneet alueet. Ympäristö. Viitattu 7.2.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Pilaantuneet_alueet.

YSL, Ympäristönsuojelulaki 527/2014. 27.6.2014. Viitattu 16.2.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>.

Haastattelu

Tuominiemi, J. 2016. Toimitusjohtaja, Maajukka Oy. Haastattelu 28.10.2016.

Liite 2. Maaperän haitallisten aineiden kynnys- ja ohjearvot

Aine (symboli)	Luontainen pitoisuus ¹ mg/kg	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
<i>Metallit ja puolimetallit²</i>				
Antimoni (Sb) (p)	0,02 (0,01-0,2)	2	10 (t)	50 (e)
Arseeni (As) (p)	1 (0,1-25)	5	50 (e)	100 (e)
Elohopea (Hg)	0,005 (< 0,005-0,05)	0,5	2 (e)	5 (e)
Kadmium (Cd)	0,03 (0,01-0,15)	1	10 (e)	20 (e)
Koboltti (Co) (p)	8 (1-30)	20	100 (e)	250 (e)
Kromi (Cr)	31 (6-170)	100	200 (e)	300 (e)
Kupari (Cu)	22 (5-110)	100	150 (e)	200 (e)
Lyijy (Pb)	5 (0,1-5)	60	200 (t)	750 (e)
Nikkeli (Ni)	17 (3-100)	50	100 (e)	150 (e)
Sinkki (Zn)	31 (8-110)	200	250 (e)	400 (e)
Vanadiini (V)	38 (10-115)	100	150 (e)	250 (e)
<i>Muut epäorgaaniset</i>				
Syanidi (CN)		1	10	50
<i>Aromaattiset hiilivedyt</i>				
Bentseeni (p)		0,02	0,2 (t)	1 (t)
Tolueneeni (p)			5 (t)	25 (t)
Etyylibentseeni (p)			10 (t)	50 (t)
Ksyleeni ³ (p)			10 (t)	50 (t)
TEX ⁴		1		
<i>Polyaromaattiset hiilivedyt</i>				
Antraseeni		1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)antraseeni		1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)pyreeni		0,2	2 (t)	15 (e)
Bentso(k)fluoranteeni		1	5 (e)	15 (e)
Fenantreeni		1	5 (e)	15 (e)
Fluoranteeni		1	5 (e)	15 (e)
Naftaleeni		1	5 (e)	15 (e)
PAH ⁵		15	30 (e)	100 (e)
<i>Polyklooratut bifenyylit (PCB) sekä polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja furaanit (PCDD/F)</i>				
PCB ⁶		0,1	0,5 (t)	5 (e)
PCDD-PCDF-PCB ⁷		0,00001	0,0001 (t)	0,0015 (e)

Aine (symboli)	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
<i>Klooratut alifaattiset hiilivedyt</i>			
Dikloorimetaani (p)	0,01	1 (t)	5 (t,e)
Vinyylkloridi (p)	0,01	0,01 (t)	0,01 (t)
Dikloorieteenit ³ (p)	0,01	0,05 (t)	0,2 (t)
Trikloorieteeni (p)	0,01	1 (e,t)	5 (e)
Tetrakloorieteeni (p)	0,01	0,5 (t)	2 (t)
<i>Klooribentseenit</i>			
Triklooribentseenit ³	0,1	5 (t)	20 (e)
Tetraklooribentseenit ³	0,1	1 (t)	5 (e)
Pentaklooribentseeni	0,1	1 (t)	5 (e)
Heksaklooribentseeni	0,01	0,05 (t)	2 (e)
<i>Kloorifenolit</i>			
Monokloorifenolit ³ (p)	0,5	5 (e,t)	10 (e)
Dikloorifenolit ³ (p)	0,5	5 (t)	40 (e)
Trikloorifenolit ³ (p)	0,5	10 (e,t)	40 (e)
Tetrakloorifenolit ⁴ (p)	0,5	10 (e,t)	40 (e)
Pentakloorifenoli (p)	0,5	10 (e,t)	20 (e)
<i>Torjunta-aineet ja biosidit</i>			
Atrasiini (p)	0,05	1 (e)	2 (e)
DDT-DDD-DDE ⁸	0,1	1 (e)	2 (e)
Dieldriini	0,05	1 (e)	2 (e)
Endosulfaani ⁹ (p)	0,1	1 (e)	2 (e)
Heptakloori	0,01	0,2 (t)	1 (e)
Lindaani (p)	0,01	0,2 (t)	2 (e)
TBT-TPT ¹⁰	0,1	1 (e)	2 (e)
<i>Öljyhiilivetyjakeet ja oksygenaatit</i>			
MTBE-TAME ¹¹	0,1	5 (t)	50 (t)
Bensiinijakeet (C5-C10 ¹²)		100	500
Keskitisleet (>C10-C21 ¹²)		300	1000
Raskaat öljyjakeet (>C21-C40 ¹²)		600	2000
Öljyjakeet (>C10-C40 ¹²)	300		

¹ Moreenin hienoaineksen luontaisen pitoisuuden mediaani ja vaihteluväli kuningasvesiuutolla määritettynä, paitsi elohopea pyrolyttisesti määritettynä. Kohdekohtaisissa tarkasteluissa tulee ottaa huomioon, että erityisesti savissa luontaiset pitoisuudet voivat olla selvästi suurempia kuin moreenista mitatut pitoisuudet.

² Ekologisin perustein määritellyt metallien ja puolimetallien ohjearvot on johdettu lisäämällä aineen hyväksyttävää ekologista riskiä kuvaavaan laskennalliseen pitoisuuteen mineraalimaan keskimääräinen luontainen pitoisuus. Vastaavasti voidaan kohdekohtaisissa tarkasteluissa ottaa huomioon alueen maaperän luontainen pitoisuus, jos tämä on luotettavasti selvitetty.

³ Summapitoisuus sisältäen aineen rakenneisomeerit.

⁴ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tolueni, etyylibentseeni ja ksyleeni.

⁵ PAH- yhdisteiden summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: antraseeni, asenafteni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni.

⁶ Summapitoisuus sisältäen PCB-kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

⁷ Summapitoisuus WHO:n toksisuusekvivalenttina ilmoitettuna sisältäen PCDD/F-yhdisteet sekä dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet.

⁸ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: diklooridifenyylitrikloorietaani (DDT), diklooridifenyylidikloorietaani (DDD) ja diklooridifenyylidikloorietyleni (DDE).

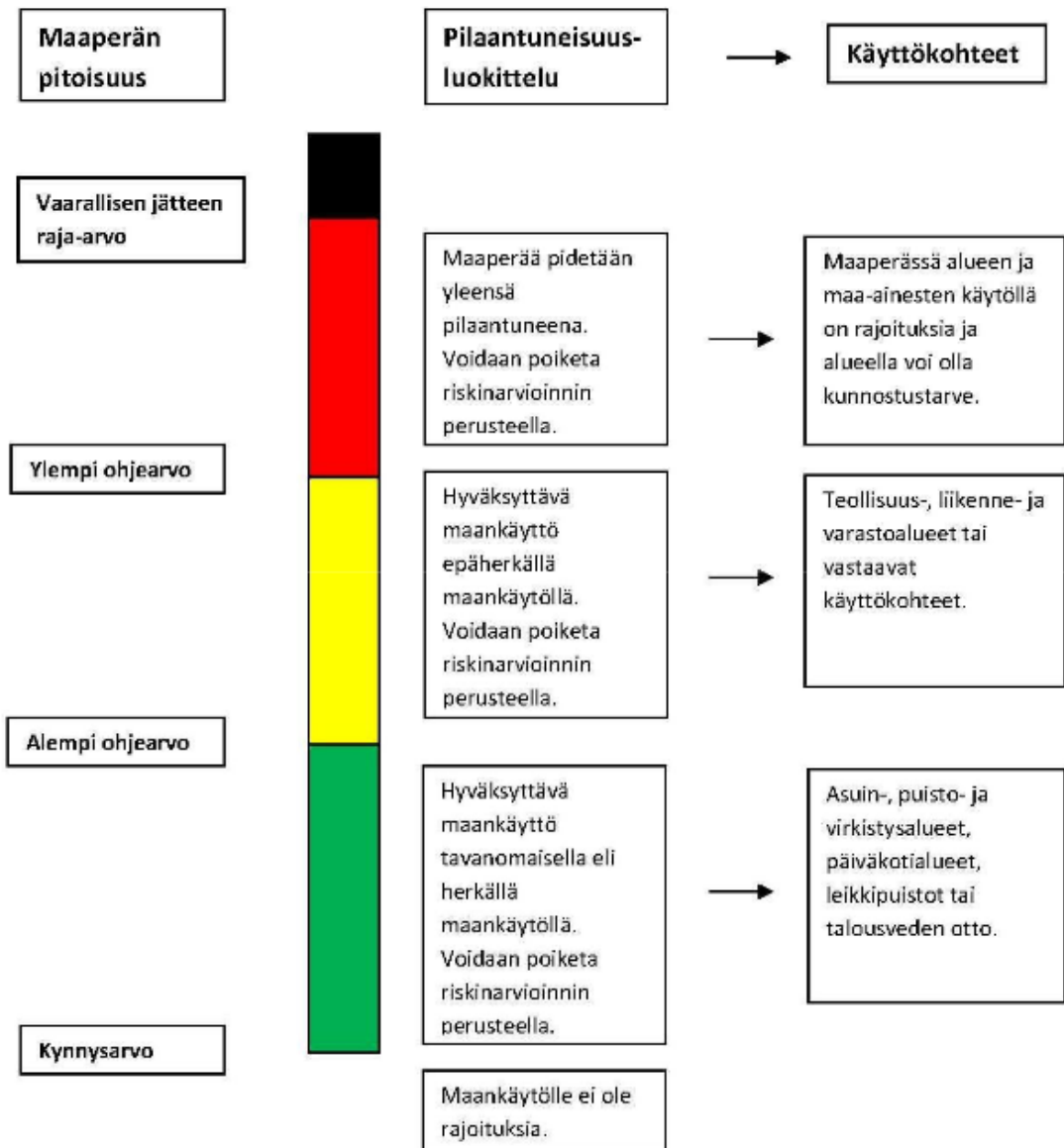
⁹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: alfa-endosulfaani ja beta-endosulfaani.

¹⁰ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tributyyliitina (TBT) ja trifenyliitina (TPT).

¹¹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: metyyli-*tert*-butyylietteri (MTBE) ja *tert*-amyylimetyylietteri (TAME).

¹² *n*-parafiinisarja kaasukromatografisessa analyysissä.

Liite 3. Luokittelukaavio pilaantuneille maille ja uusiokäyttökohteet



Liite 4. Maansiirtokohteiden etäisyydet ja ajoajat

Esimerkkikohte, Laajalahti					
		Etäisyys (km)			
		Työ- kohde	Tikkakoski	KAK	Kivilampi
Paikat	Työkohde	-	18	9	13
	Soramonttu, Tikkakoski	18	-	-	20
	Noutopiha, KAK	9	-	-	13
	Maankaatopaikka, Kivilampi	13	20	13	-

		Ajoaika ¹⁾ (min/suunta)			
		Työ- kohde	Tikkakoski	KAK	Kivilampi
Paikat	Työkohde	-	20	18	17
	Soramonttu, Tikkakoski	20	-	-	25
	Noutopiha, KAK	18	-	-	22
	Maankaatopaikka, Kivilampi	17	25	22	-

1) Ajoaikana käytetty kuljettajien arviota

Liite 5. Maa-aineiden määrät ja kustannukset

Maa-ainemäärät ja kustannukset		m ³	tn	€/tn	€
Materiaalit	Ylijäämämaa, yhteensä	18000	47700	-	
	Loppusijoitettu ylijäämämaa	15000	39750	1.50 ¹⁾	59625.00
	Uusiokäytetty ylijäämämaa	3000	7950	1.50	11925.00
	Hiekka	4500	11925	4.50	53662.50
	Murskeet	2400	6360	9.00	57240.00
	Sepeli	100	265	14.00	3710.00
	Täytemaa	0	0	1.75	0.00
	Tuodut maat, yhteensä	7000	18550	-	114612.50
Materiaalikustannukset				Yhteensä	174237.50
Muuntokerroin		2.65 tn/m³			~ 174 000 €

1) Kaatopaikkamaksu

Liite 6. Kuljetusten kustannukset

Kuljetus kustannukset	Kuljetuskerrat/kpl	min/kuljetuskerta	Käytetyt tunnit	€
Tikkakoskelle ¹⁾	373	40	248	17390.00
KAK:lle ¹⁾	207	36	124	8700.00
Kivilammelle ²⁾	2484	34	1408	98550.00
				Yhteensä 124639.99
				~ 125 000 €
Uusiokäytetylle ylijäämämaalle ²⁾	497	34	282	19709.38
Korvaavalle täytemaalle ²⁾	331	36	199	13912.50
Korvaavalle hiekalle ¹⁾	83	40	55	3864.58
Kuljetuksen hinta	70 €/h			Yhteensä 37486.46
				~ 37 500 €

1) kuljetukseen käytetty perävaunun yhdistelmä, kapasiteetti 32 tn

2) kuljetukseen käytetty kuorma-autoa, kapasiteetti 16 tn

Liite 7. Toteutuneet kustannukset ja vertailu kustannukset

Toteutuneet kustannukset	€	
Kaatopaikka maksut	59625.00	
Tuodut maat	114612.50	
Kuljetukset	124639.99	
Yhteensä	298877.49	~ 299 000 €
Kustannukset ilman uusiokäyttöä		
	€	
Kaatopaikka maksut	59625.00	
+ lisäkustannukset	11925.00	
Yhteensä	71550.00	
Tuodut maat	114612.50	
Täytemaa	9275.00	
Hiekka	11925.00	
+ lisäkustannukset	21200.00	
Yhteensä	135812.50	
Kuljetukset	124639.99	
+ lisäkustannukset	37486.46	
Yhteensä	162126.45	
Yhteensä	369488.95	~ 369 500 €

Liite 8. Materiaalien uusiokäyttökohde taulukot ja huomioitavat seikat

1 Turve ja lieju

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	
Seinänvierustäyttö	
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	
Liikennealueiden tyttö	
Pengertäyttö	x
Viheralueiden täyttö	x

Huomioitavaa:

- ❖ Voidaan käyttää rakennuskohteessa stabiloituna perusmaana
- ❖ Viheralueiden täytössä kasvillisuus vaatii erillisen kasvialustan
- ❖ Turvetta voidaan hyödyntää mullan jalostamisessa

2 Savi ja siltti

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	
Seinänvierustäyttö	
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	
Liikennealueiden tyttö	
Pengertäyttö	x
Viheralueiden täyttö	x

Huomioitavaa:

- ❖ Sava voidaan käyttää rakennuskohteessa stabiloituna perusmaana
- ❖ Voidaan käyttää vettä läpäisemättömänä kerroksena

3 Sora ja moreeni

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	x
Seinänvierustäyttö	x
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	x
Liikennealueiden tyttö	x
Pengertäyttö	x
Viheralueiden täyttö	x

Huomioitavaa:

- ❖ Voidaan hyödyntää usein ilman jalostusta
- ❖ Moreenin käyttökelpoisuus aina tutkittava
- ❖ Tarvittaessa maa-aines seulottava ja lajiteltava

4 Hiekka

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	x
Seinänvierustäyttö	x
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	x
Liikennealueiden tyttö	x
Pengertäyttö	
Viheralueiden täyttö	

Huomioitavaa:

- ❖ Hiekan käyttökelpoisuus tarkistettava aina käyttökohteen mukaan
- ❖ Hiekkaa ei voi käyttää kantavana eikä jakavana kerroksena

5 Lohkareet ja kivet

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	x
Seinänvierustäyttö	
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	
Liikennealueiden tyttö	x
Pengertäyttö	x
Viheralueiden täyttö / maisemointi	x

Huomioitavaa:

- ❖ Vaatii usein räjäytys- ja louhintatyötä
- ❖ Suuria määriä voidaan hyödyntää murskaamalla
- ❖ Täyttötöissä käytettävä riittävän tehokkaita tiivistysvälineitä ja -menetelmiä

6 Murske ja sepeli

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	x
Seinänvierustäyttö	x
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	x
Liikennealueiden tyttö	x
Pengertäyttö	
Viheralueiden täyttö	

Huomioitavaa:

- ❖ Vaatii lajittelua/ pesua, jos kiviainekseen on sekoittunut maa-aineksia
- ❖ Seinien viereen sekä putki- ja johtokaivantoihin sopii sepeli
- ❖ Täyttötöissä käytettävä riittävän tehokkaita tiivistysvälineitä ja -menetelmiä

7 Pilaantuneet maa-ainekset

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	x
Seinänvierustäyttö	
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	x
Liikennealueiden tyttö	x
Pengertäyttö	x
Viheralueiden täyttö	x

Huomioitavaa:

- ❖ Vain lievästi pilaantuneita maita voidaan hyödyntää
- ❖ Saattaa tarvita stabilointia, puhdistamista tai eristysrakenteita
- ❖ Lattioiden alla voidaan käyttää esimerkiksi varastojen alla
- ❖ Tulee täyttää yleiset käyttöehdot kohteessa

8 Asfaltti

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	
Seinänvierustäyttö	
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	
Liikennealueiden tyttö	x
Pengertäyttö	
Viheralueiden täyttö	

Huomioitavaa:

- ❖ Vaatii erillisen luvan
- ❖ Järkevintä toimittaa uusiokäyttöön asfalttiasemalle

9 Muut uusiomateriaalit

	Sopivuus
Lattian / perustusten alustäyttö	x
Seinänvierustäyttö	x
Putki- ja johtokaivantojen täyttö	
Liikennealueiden täyttö	x
Pengertäyttö	
Viheralueiden täyttö	x

Huomioitavaa:

- ❖ Tuotteiden saatavuutta vaikea ennustaa
- ❖ Käytöstä oltava valmiit suunnitelmat
- ❖ Käytettävän materiaalin ominaisuudet tunnettava

Liite 9. Laatuluokat, tiiveys- ja kantavuusraja-arvot

Rakenteiden ja rakennusten laatuluokkien käyttösuositukset:

<p>Laatuluokituksen perusjako on seuraava: Luokka 1: Rakennukset tai rakennusosat ja -alueet, joille asetetaan erityisen suuret vaatimukset. Esimerkiksi raskaan liikenteen ja hallien sisäänajot, teollisuusrakennukset, kerrostalot. Luokka 2: Pientalorakentamisen tai vastaavien rakennusten rakennusosat. Luokka 2 on normaaliluokka. Luokka 3: Sellaiset autotallien, varastojen ja istutusalueiden yms. tilojen ja alueiden rakennusosat, joiden vaatimukset voivat olla luokkaa 2 vaatimattomampia.</p>
--

Perustusten ja lattian alustäyttöjen tiiveys- ja kantavuusraja-arvot:

Perustusten alustäyttö		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 97	≥ 95	≥ 92
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	E ₁ ≥ 60	E ₁ ≥ 50	-
Lattian alustäyttö				
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 93	≥ 90	≥ 87
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	E ₁ ≥ 50	E ₁ ≥ 40	-

Valmiiden vierustäyttöjen tiiveysraja-arvot:

Vierustäyttö		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 95	≥ 92	≥ 90

Putkilinjojen tiiveysraja-arvot alku- ja tasaustäytöille:

Alku- tai tasaustäyttö		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu keskimääräinen tiiveysaste	%	≥ 90	≥ 87	-
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 87	≥ 83	-

Alkutäytön enimmäisraekoot eri putkille:

Putkimateriaali	Putken halkaisija (mm)	enimmäisraekoko (mm)
Betoniputki liikennöidyt alueet	≤ 300	63
	≥ 300	100
Betoniputki muut alueet		100
Muoviputki	≤ 100	0,1*D _{sisämitta} tai 60
	≥ 100	0,1*D _{sisämitta} tai murske 16

Piha-alueiden laatuluokitukset raja-arvoja:

Laatuluokka 1:

Päällysteet	Alue-tyyppi	Ulkonäkö	Sallittu painuma	Sallittu routanousu	Minimi viettokaltevuus
Luonnonkivilaatat	1 ja 2	Ei sallita epätasaisuutta	Mitoitetaan painumattomaksi	Routanousuja ei sallita	1,0..3,0 %
	3 ja 4				1,0..3,0 %
Ladotut betoni- ja luonnonkivi päällysteet	1 ja 2	Ei sallita epätasaisuutta	100 mm	50 mm	2,0..4,0 %
	3 ja 4		100 mm	50 mm	2,0..4,0 %
Sidotut päällysteet	1 ja 2	Säilyttävä halkeilemattomana	100 mm	50 mm	1,0..3,0 %
	3 ja 4		100 mm	50 mm	1,0..3,0 %
Sitomattomat päällysteet	1 ja 2	Lätäköitymistä saateella ei sallita	Vain poikkeustapauksissa 100 mm	Vain poikkeustapauksissa 50 mm	Vain poikkeustapauksissa 2,0..4,0 %
	3 ja 4				

Laatuluokka 2:

Päällysteet	Alue- tyyppi	Ulkonäkö	Sallittu painuma	Sallittu roudanousu	Minimiviertokaltevuus
Luonnonkivilaatat	1 ja 2	Ei sallita epätasaisuutta	Vain poikkeustapauksissa	Vain poikkeustapauksissa	1,0..3,0 %
	3 ja 4				1,0..3,0 %
Ladotut betoni- ja luonnonkivi päällysteet	1 ja 2	Vain vähäistä epätasaisuutta	250 mm	100 mm	2,0..4,0 %
	3 ja 4		200 mm	100 mm	2,0..4,0 %
Sidotut päällysteet	1 ja 2	Vain vähäistä halkeilua	250 mm	100 mm	1,0..3,0 %
	3 ja 4		200 mm	100 mm	1,0..3,0 %
Sitomattomat päällysteet	1 ja 2	Vain Vähäistä lätköitymistä sateella	250 mm	100 mm	2,0..4,0 %
	3 ja 4		200 mm	100 mm	2,0..4,0 %

Maapenkereen tiivistettävien kerrosten kantavuus- ja tiiveysraja-arvot:

Maapenkereiden raja-arvot		Laatuluokka		
		I	II	III
Pienin sallittu keskimääräinen tiiveysaste	%	≥ 92	≥ 89	≥ 85
Pienin sallittu yksittäinen tiiveysaste	%	≥ 87	≥ 85	-
Pienin sallittu yksittäinen kantavuusarvo	MN/m ²	1)		
Suurin sallittu keskimääräinen kantavuussuhde ²⁾	E ₂ /E ₁	≤2,2	≤2,2	-

1) Osoitetaan suunnitelmissa E₂-arvona

2) Saa olla suurempi, jos E₁-arvo on vähintään 50 % vaaditusta E₂-arvosta