



Katri Väänänen

## **BETONIKIVIAINEKSEN TUOTANTO SUOMESSA**

# **BETONIKIVIAINEKSEN TUOTANTO SUOMESSA**

Katri Väänänen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, talon- ja korjausrakentaminen

---

Tekijä(t): Katri Väänänen  
Opinnäytetyön nimi: Betonikiviaineksen tuotanto Suomessa  
Työn ohjaaja(t): Rauno Turunen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 46

---

Suomessa käytetään suuria määriä kiviainesta rakentamiseen vuosittain. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kertoa kiviaineksen erilaisista tuotantotavoista Suomessa ja koota yhteen betonikiviainekselta vaadittavat ominaisuudet sekä niiden testaamisessa käytetyt standardit. Työssä myös selostetaan lupakäytäntöä ja siihen liittyvää lainsäädäntöä. Työn tavoitteena oli perehtyä betonin valmistukseen liittyvään kiviaineshuoltoon. Työn tilasi Ruskon Betoni Oy.

Betonikiviainekselta vaadittavista ominaisuuksista kirjoitettiin laaja kokonaisuus kokemuksen, alan kirjallisuuden sekä standardien pohjalta. Hankinta- ja jalostuspaikkoihin tutustumalla saatiin yleiskäsitys kiviaineksen käsittelytavoista. Lupa- ja lainsäädäntöön perehdyttiin alan kirjallisuuden ja lakien sekä olemassa olevien ottolupien avulla. Omana osionaan käsiteltiin ottopaikan jälkihoito, jolla on suuri merkitys alueen jatkokäyttöä silmälläpitäen.

Opinnäytetyössä mietittiin kehitysmahdollisuuksia yrityksen kiviaineshuoltoon sekä kirjattiin kiviaineksen hankintaan ja jalostamiseen liittyvät oleelliset seikat. Tarkoituksena oli tuottaa yritykselle käsikirja suomalaisesta betonikiviainestuetannosta.

---

Asiasanat:

Betonikiviaines, kiviaineksen tuotanto, maa-aineksenotto, ottopaikan jälkihoito

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, House Building and Renovation

---

Author: Katri Väänänen

Title of thesis: Production of Concrete Aggregates in Finland

Supervisor(s): Rauno Turunen

Term and year when the thesis was submitted: spring 2012    Pages: 46

---

Big amounts of aggregates are used in building in Finland yearly. Aggregates are one of the most important materials when manufacturing concrete. There are many mechanical, physical, chemical and geometric qualities required for aggregates used in concrete. There are many different ways of getting and refining the raw material. Finnish law is also regulating the permissions of taking the gravel and other soil materials strictly.

The purpose of this thesis was to gather information of the required qualities of aggregates and the standards used in testing the qualities. By getting to know different methods of getting and processing the raw material, an outlook of the whole process was created. When writing a chapter about Finnish laws and permissions, already existing old permissions were used as a help to understand the law clauses. Taking care of the area, after when the intaking of the raw material is over, is really important and was studied by getting acquainted with the literature of that field. Basic information about concrete and aggregates in general were also considered.

This thesis was made for Ruskon Betoni Ltd. For the company the thesis will work as a handbook of the aggregate maintenance. There are few improvement suggestions for the company, so that the availability of the aggregate could be guaranteed in the future.

---

Keywords:

Aggregates, concrete, production, soil, gravel

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 BETONI RAKENNUSMATERIAALINA	8
2.1 Betonin vaatimukset valmiille rakenteelle	9
2.2 Betonin vaatimukset työstettävyydelle	9
3 YLEISTÄ KIVIAINEKSESTA	11
4 BETONISSA KÄYTETTÄVÄN KIVIAINEKSEN VAATIMUKSET	14
4.1 Kiviaineksen geometriset ominaisuudet ja vaatimukset	14
4.1.1 Rakeisuus	14
4.1.2 Karkean kiviaineksen litteysluku ja muotoarvo (raemuoto)	17
4.1.3 Hienoainespitoisuus	18
4.1.4 Karkean kiviaineksen simpukkapitoisuus	18
4.2 Kiviaineksen mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet ja vaatimukset	19
4.2.1 Kiintotiheys	19
4.2.2 Vedenimeytyminen	19
4.2.3 Pakkasenkestävyys	20
4.2.4 Isku- ja kulutuskestävyys	20
4.2.5 Kiillotus-, pinnan kulumis- sekä nastarengaskulumiskestävyys	20
4.3 Kiviaineksen kemialliset ominaisuudet ja vaatimukset	21
4.3.1 Humus	21
4.3.2 Kloridipitoisuus	21
4.3.3 Alkalikiviainesreaktio	22
4.3.4 Hiilipitoisuus ja rautasulfidit	23
4.3.5 Kokonaisrikki ja happoliukoiset sulfaatit	23
4.3.6 Radioaktiivisuus	23
5 RAAKA-AINEEN HANKINTA JA JALOSTAMISTAVAT SEKÄ YRITYKSEN NYKYINEN TOIMINTAMALLI	25

5.1 Kiviaineksen otto	25
5.1.1 Otto soraharjuilta	26
5.1.2 Louhinta	26
5.1.3 Nosto vesistöjen pohjasta	26
5.2 Kiviaineksen jalostus	27
5.2.1 Murskaus	27
5.2.2 Seulonta	27
5.2.3 Varastointi ja läjitys	28
5.3 Laadunvalvonta	29
5.4 Yrityksen toimintamalli	29
6 TOIMINTAA MÄÄRÄÄVÄ LUPA- JA LAINSÄÄDÄNTÖ	30
6.1 Maa-aineksen ottoon liittyvät lait	30
6.1.1 Louhintaan ja murskaukseen liittyvä lainsäädäntö	31
6.1.2 Maa-aineksen nostaminen vesialueilla	31
6.1.3 Toimiminen pohjavesialueilla ja pohjavedenpinnan alapuolella	31
6.2 Lupahakemus	32
6.3 Lupapäätös	33
6.4 Lupaan liittyvät maksut	37
7 OTTOPAIKAN JÄLKIHOITO	38
7.1 Siistiminen ja muotoilu	38
7.2 Pintamaa	39
7.3 Kasvillisuuden palauttaminen	40
8 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	44

# 1 JOHDANTO

Suomessa käytetään vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia kiviainesta rakentamiseen sekä rakenteiden kunnossapitoon. Yksi merkittävimmistä kiviaineksen käyttökohteista on betoni. Betoniin soveltuvalta kiviainekselta vaaditaan lukuisia erilaisia geometrisiä, fysikaalisia, kemiallisia ja mekaanisia ominaisuuksia.

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan betonikiviainekselta vaadittavista ominaisuuksista sekä perustietoa betonista ja kiviaineksesta. Työssä käsitellään kiviaineksen hankintatapoja ja jalostamista. Työssä perehdytään myös ottotoimenpiteitä säättäviin lakeihin ja normaaliin lupakäytäntöön. Ottopaikan jälkihoito käsitellään omana lukunaan.

Tämä opinnäytetyö on tehty Ruskon Betoni Oy:n toimeksiannosta. Ruskon Betoni Oy on oululainen vuonna 1983 perustettu perheyritys. Yritys on erikoistunut valmisbetonin valmistamiseen ja siihen liittyvien palvelujen tarjoamiseen. Konserniin kuuluvat emoyhtiön lisäksi sisaryritys KiBe Oy sekä tytäryritykset Napapiirin Betoni Oy ja JA-KO Betoni Oy. Valmisbetonin lisäksi tytäryritysten tuotantoon kuuluu betonielementtejä, kunnallisteknisiä betonituotteita sekä maisemakiviä. Konserni toimii tätä nykyä yli 20 paikkakunnalla ympäri Suomen.

Opinnäytetyö tulee toimimaan yritykselle käsikirjana kiviaineshuollossa. Opinnäytetyön tarkoituksena on myös perehtyä betonin kiviainestuohtantoon ja lupamenettelyyn. Perehtyminen edellytti tutustumiskäyntejä otto- ja jalostuspaikoilla sekä lupaprosessin selvittämistä.

Työssä käydään läpi lyhyesti Ruskon Betoni Oy:n toimintamalli kiviaineksen hankkimiseen ja jalostamiseen. Yhteenvedossa on pohdittu nykyisen toimintamallin kehittämistä kiviaineshankinnan turvaamiseksi.

## 2 BETONI RAKENNUSMATERIAALINA

Betoni on jo vuosituhansia käytetty rakennusmateriaali, joka koostuu pääasiassa vedestä, sementistä ja runkoaineksesta. Antiikin roomalaiset kehittivät betonin kaltaisen aineen ja Roomassa sijaitsevan Pantheonin temppelin katso- taankin olevan maailman vanhin betonirakenne. Alkuperäinen temppeli raken- nettiin 27 eaa. ja se rakennettiin uudestaan 150 vuoden kuluttua. Nykyään käy- tetyn portlandsementin esimuoto patentoitiin englannissa 1824. Portlandsemen- tin valmistus katsotaan alkaneen Isaac Johnsonin kehiteltyä menetelmää vuonna 1843. Betonia käytetään erilaisissa puristuslujuutta vaativissa rakenteissa aina rakennusten julkisivuista maanalaisiin ympäristötuotteisiin. Kestävyytensä ja muotoiltavuutensa ansiosta betoni on maailman käytetyin rakennusmateriaali. (1; 2; 3; 4.)

Betonirakenteet jakautuvat raudoittamattomiin betonirakenteisiin, raudoitettuihin teräsbetonirakenteisiin ja jännitettyihin betonirakenteisiin. Paikallavalun lisäksi betonia käytetään elementtirakentamiseen. Betonia käsitellään sekä työstetään työmailla normaalin valutyön lisäksi eri menetelmin. Menetelmiä ovat muun muassa ruiskubetonointi, imubetonointi, injektointibetonointi, liukumuottibetonointi sekä vedenalainen betonointi. Kauniita lattiapintoja saadaan luotua, kun valmis betonilattia hiotaan ja kiillotetaan. Itsestään tiivistyvää, eli IT-betonia, käytetään esimerkiksi kohteissa, joissa betonin tiivistämismahdollisuudet ovat rajallisia muun muassa tiheään raudoituksen vuoksi. Erilaisia elementtejä ovat esimerkiksi ontelolaatat, pilarit, palkit, seinäelementit ja sandwich-elementit. Betonielement- tejä valmistettaessa voidaan valmistaa myös graafisia betoneita, joissa betoniin luodaan kuvio muottipintaa vasten levitetyn hidastinaineen avulla. (5; 6.)

Betonikiven käyttöä ympäristörakentamisessa kehitetään jatkuvasti ja se on voimakkaasti lisääntymässä. Suomessa betonikiviä on käytetty paljon muun muassa piha-alueiden ja kävelykatujen rakentamiseen. Keski-Euroopan trendi rakentaa betonikivistä myös raskaan liikenteen alueita on leviämässä Suomeen. Betonikivi sopii loistavasti esimerkiksi suojateiden, pysäköintialueiden ja katujen päällysmateriaaliksi sen turvallisuuden ja helppohoitoisuuden ansiosta. Betonis- ta valmistetaan myös kunnallisteknisiä tuotteita, kuten kaivonrenkaita, EK-putkia



ja vesikouruja. Suomessa teiden pintoja ei päällystetä betonilla vaan asfaltilla, sillä tekniikkaa ei ole kehitetty tarpeeksi pohjosiin oloihin ja asfaltointi on toistaiseksi vielä huomattavasti kustannustehokkaampi vaihtoehto. (7; 8.)

Betoni koostuu eri osa-aineista, kuten sementistä, vedestä, runkoaineksesta ja lisäaineista. Betonin ominaisuuksia voidaan muokata säätelämällä sen osa-aineiden suhteita. Tällöin puhutaan betonin suhteituksesta. Osa-aineiden laadulla on myös suuri vaikutus betonin ominaisuuksiin. (8.)

Sementti koostuu klinkkeristä, seosaineista ja kipsistä. Seosaineina käytetään kalkkikiveä ja granuloitua masuunikuonaa. Kipsillä säädetään sementin sitoutumisaikaa. Erilaisia sementtejä ovat muun muassa yleissementti, rapidsementti, pikasementti, SR-sementti ja valkosementti. Sementillä, väriaineilla ja kiviaineksella voidaan muokata betonin väriä. Betonissa käytettäviä seosaineita ovat esimerkiksi lentotuhka, masuunikuonajauhe ja silika. Betonin lisäaineita ovat muun muassa notkistin, huokostin ja hidastin. Seosaineilla ja lisäaineilla voidaan muokata betonin työstettävyyttä ja vaikuttaa valmiin rakenteen ominaisuuksiin ja laatuun. (5.)

## **2.1 Betonin vaatimukset valmiille rakenteelle**

Rakennesuunnittelija määrittää betonille vaatimukset rasitusluokista, suunnittelukäyttöiästä, betonin ominaislujuudesta, rakenneluokasta sekä kiviaineksen suurimmasta sallitusta raekoosta. Rasitusluokilla tarkoitetaan ympäristöolosuhteita, joille valmiit betonirakenteet altistuvat. Muita rakenteelle määritettäviä erikoisominaisuuksia ovat esimerkiksi pintaluokka, tasaisuus- ja kulutuskestävyysvaatimukset, vedenpitävyys, lujuudenkehitys, palonkesto ja pakkasenkestävyys. (5.)

## **2.2 Betonin vaatimukset työstettävyydelle**

Betonia valmistettaessa tärkeimmät ominaisuudet ovat rakennesuunnittelijan määrittämiä, valmiille rakenteelle asetettuja vaatimuksia. Lisäksi tulee ottaa huomioon työmaaolosuhteiden aiheuttamat vaatimukset betonin koostumukselle ja työstettävyydelle, jotta valmiille rakenteelle asetetut vaatimukset täyttyvät. (6.)

Yksi massan tärkeimpiä työstettävyyteen vaikuttavia ominaisuuksia on sen notkeus. Notkeuden tulisi säilyä mahdollisimman stabiilina koko valutyön ajan. Betonin jäykistymiseen vaikuttavat sideaineen valinta, ilman suhteellinen kosteus sekä ilman ja betonin lämpötila. Työmaan asettamia vaatimuksia ovat muun muassa betonin pumpattavuus, tiivistettävyys, valettavuus, tasoitettavuus sekä pinnan hierrettävyys. (6.)

Erikoisbetonointimenetelmät asettavat omat vaatimuksensa niin massan työstettävyydelle kuin kalustollekin. Käytettäessä erikoisbetonointimenetelmiä työnjohdon ja työntekijöiden täytyy tuntea oikeat työskentelytavat ja betonin täytyy olla soveltuvaa juuri kyseiseen menetelmään. Erikoisbetonointimenetelmien käytöstä laaditaan aina erillinen työmaakohtainen työtapaseloste. (6.)

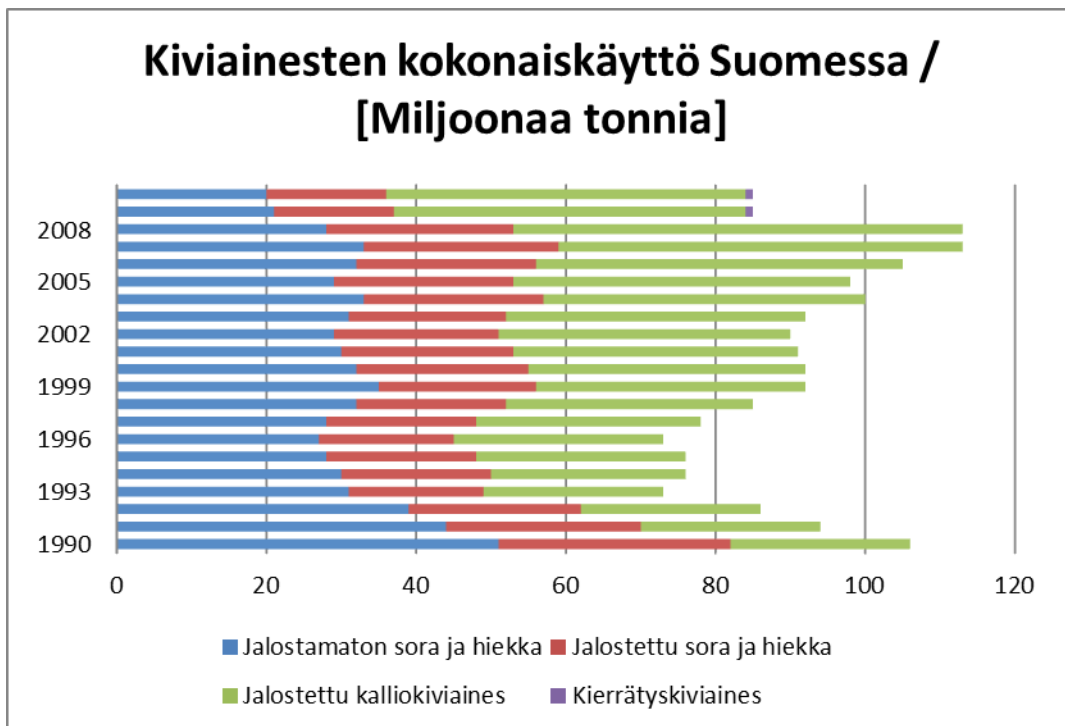
### 3 YLEISTÄ KIVIAINEKSESTA

Yleisimmin käytetty runkoaines betonin valmistuksessa on kiviaines. Kiviaineksellä tarkoitetaan yleisesti hiekkaa, soraa ja kalliomurskettä, joita käytetään yhteiskunnan rakentamisessa. (9.)

Kiviaines on uusiutumaton luonnontuote, jota tarvitaan rakentamiseen ja rakenteiden ylläpitoon Suomessa vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia. Pohjoisen sijainnin ja suurten etäisyyksien johdosta tarvittava kiviainesmäärä vuotuisen rakentamiseen Suomessa on väkilukuun suhteutettuna Euroopan suurin. Kiviainesta käytetään suuria määriä routavaurioiden välttämiseksi pitkien tieliikenneverkostojen ja rakennusten pohjarakenteissa. (9.)

Kiviainesta voidaan jalostaa murskaamalla ja seulomalla tai sitä voidaan käyttää sellaisenaan jalostamattomana. Suomessa käytettävästä kiviaineksesta jopa yli 70 prosenttia on jalostettua. Eritoten suurten kasvukeskusten ympäristössä on nykyään ongelmallista saada hyvälaatuista luonnonkiviainesta, koska varannot ovat käyneet vähiin ja ottolupia ei myönnetä. Muun muassa tästä syystä yhä käytetympi kiviaineksen muoto on kalliosta louhittu ja murskattu aines. Merenpohjan hiekka- ja soravarantoihin sekä kiviaineksen uusiokäyttöön on viime vuosina kohdistunut yhä enemmän kiinnostusta ja eritoten uusiokäyttöä tulee tehostaa. (9; 10, s. 9; 11.)

Kiviaineksen käyttömäärät ovat suoraan yhteydessä rakentamiseen. Aikoina, jolloin rakennetaan paljon, myös kiviainesta käytetään paljon, ja rakentamisen hiljaisempina vuosina kiviainestakin kuluu vähemmän. Kahdeksan viimevuoden aikana kiviainesten kokonaiskäyttö on ollut keskiarvoltaan noin 100 miljoonaa tonnia vuodessa (kuva 1). (11.)



*KUVA 1. Kiviainesten kokonaiskäyttö Suomessa 1990–2010 (11)*

Kuten kuvasta 1 voidaan nähdä, viime vuosina uutena tulokkaana tilastoihin on tullut kierrätyskiviaines, jonka käyttöprosentti kokonaismäärästä on ollut 1,2 %:n luokkaa. Jalostamattoman soran ja hiekan käyttö on edelleen yli 20 % kokonaiskulutuksesta, mutta se on laskenut huomattavasti sen ollessa 2004 jopa 33 %. Jalostetun soran ja hiekan käyttöprosentti tippui vuosina 2009 ja 2010 noin 19 prosenttiin aikaisemmin sen ollessa reilusti yli 20 %. Vuonna 2008 jalostetun kalliokiviaineksen käyttöprosentti nousi yli 50:een ja sen käyttö lisääntynee seuraavina vuosina. (11.)

Vuonna 2009 Suomessa oli voimassa lähes 7 300 maa-ainesten ottamislupaa, joista toiminnassa oli noin 2 900. Ottamisalueiden kokonaiskapasiteetti maa-ainesten ottomäärältä on noin 1 030 miljoonaa  $\text{m}^3$ . Ottamisluvista uusia, vuonna 2009 myönnettyjä, oli vajaa 700 kappaletta. Soran ja hiekan osuus mahdollisista kokonaisottomäärästä voimassa olevilla lupa-alueilla oli 59 %, kun taas kallion osuus oli 39 % ja muiden maalajien osuus 2 %. (11; 12.)

Suomalainen kiviaines on kallioperän koostumuksesta johtuen ominaisuuksiltaan erittäin hyvälaatuista ja soveltuvaa betonikiviainekseksi, ja sitä on jopa vietty ulkomaille. Suomen kiviainesvarannot ovat runsaat ja hyvälaatuiset, mutta

ottamislupia on nykyään hankalampi saada, koska varantoja halutaan suojella. Betonin kannalta paras kiviaines sijaitsee yleensä harjualueilla, kuten etelän salpausselillä ja pohjoisen lukuisilla pienemmillä harjualueilla. Harjuja halutaan suojella, sillä näillä alueilla pohjaveden muodostuminen on tehokkainta eikä pohjaveden määrää tai laatua haluta vaarantaa. Asutuksen lähetyville lupia ei myönnetä muun muassa melu- ja pölyhaittojen takia. Harju- ja metsäalueita halutaan myös hyödyntää virkistyskäyttöön eikä maisemaa haluta pilata. Ottolupien myöntäminen yhä kauemmas tuotantopaikoilta lisää kuljetusmatkoja ja täten ympäristön kuormitusta. Pitkät kiviaineksen kuljetusmatkat lisäävät hiilidioksidipäästöjä ja suurentavat betonin hiilijalanjälkeä entisestään. (8.)

## 4 BETONISSA KÄYTETTÄVÄN KIVIAINEKSEN VAATIMUKSET

Betonikiviainekselle asetetaan lukuisia kansainvälisiä standardisoituja vaatimuksia niin geometrysten, fysikaalisten, mekaanisten, kuin kemiallistenkin ominaisuuksien osalta. Betonikiviaines ei saa vaikuttaa haitallisesti betonimassaan, raudoituksen tai kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Kiviaineksen tulee olla puhdasta eikä sisältää esimerkiksi roskia, öljyä tai jäätä. Suomen standardisointiliitto SFS on suomalaisen standardisoinnin keskusjärjestö, joka kuuluu kansainväliseen standardisointijärjestöön ISOon ja eurooppalaiseen standardisointijärjestöön CENiin. SFS on vahvistanut eurooppalaisen standardin EN 12620:2002+A1:2008 (Aggregates for concrete) suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi SFS-EN 12620+A1 (Betonikiviainekset). Tässä luvussa kerrotaan standardin sisällöstä ja vaatimuksista betonikiviainekselle. Luvussa viitataan myös lukuisiin muihin SFS-standardeihin, joiden mukaan kiviaineksen ominaisuuksia voidaan testata. (13; 14.)

On hyvä muistaa, että betonikoostekiviainekselle ei ole määritetty yhtä ainoaa rakeisuutta, tyyppikäyrää ja muita vaatimuksia, vaan kiviaines ja sen vaatimukset valitaan aina betonilaadun mukaan. Yleisesti käytetyille kiviaineslajeille on olemassa standardisoidut tyyppikäyrät. (8.)

### 4.1 Kiviaineksen geometriset ominaisuudet ja vaatimukset

Kiviaineksen geometrisiä ominaisuuksia ovat rakeisuus, karkean kiviaineksen litteysluku ja muotoarvo, hienoainespitoisuus sekä karkean kiviaineksen simpukkapitoisuus. Luvuissa 4.1.1–4.1.4 kerrotaan kiviaineksen edellä mainituista ominaisuuksista sekä niille standardeissa asetetuista vaatimuksista.

#### 4.1.1 Rakeisuus

Kiviainekset luokitellaan fillerikiviainekseksi (filleri), hienoksi kiviainekseksi (hiekkä), luonnon lajittamaksi 0/8 kiviainekseksi ja karkeaksi kiviainekseksi (taulukko 1). Kiviainekset nimetään niiden raekoon mukaan merkinnällä d/D (nimmelisrajat) ja merkintä perustuu yleisiin rakeisuusvaatimuksiin, joissa määritetään alempien seulakokojen (d ja d/2) sallitut määrät läpäisevälle kiviainekselle sekä

ylemmille seuloille (D, 1,4D ja 2D) jäävälle ainekselle. Nimellisrajat ilmaisevat, minkä kokoista rietta lajitteessa on pääasiallisesti. (15, s. 12.)

*TAULUKKO 1. Kiviainestuotteiden luokittelu nimellisrajojen mukaan (15, s. 12)*

Kiviainestuotteiden jaottelu	Nimellisrajat [mm]
Filleri	< 0,063
Hieno kiviaines	0/1, 0/2, 0/4
Luonnon lajittama 0/8	0/8
Karkea kiviaines	d/D (d < D, d ≥ 2; D ≥ 4)

Kiviainestuotteiden nimeämiseen käytetään perusseulasarjaa sekä tarvittaessa lisäseulasarja 1 tai lisäseulasarja 2. Perusseulasarjan seulakoot ovat: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5 ja 63 mm. Kiviainesta testattaessa käytetään aina täydellisiä seulasarjoja, mikä tarkoittaa, että myös 1 mm pienempiä seuloja on mukana sarjassa. Jompaakumpaa lisäseulasarjoista voidaan käyttää, mikäli halutaan tarkempaa tietoa kiviaineksen raekoosta. Kiviainestuotteet voivat olla luonnon kiviaineksia, eli soraa ja kalliota, keinokiviaineksia, kuten masuunikuonaa ja kevytsoraa, tai uusiokiviaineksia, kuten murskattua betonia. (15, s. 12–14.)

Kiviainestuotetta nimettäessä tulee noudattaa yleisiä rakeisuusvaatimuksia (taulukko 2). Tämän lisäksi kiviaineksen tulee täyttää aina seuraava ehto raekokojen osalta: D/d ei saa olla pienempi kuin 1,4. (15, s. 13–14.)

TAULUKKO 2. Kiviainestuotteiden nimeäminen; yleiset rakeisuusvaatimukset (15, s. 13)

Kiviaines	Koko [mm]	Läpäisyprosentti [massa- %]					Luokka
		2D	1,4D <sup>(1;2)</sup>	D	d <sup>(2)</sup>	d/2 <sup>(1;2)</sup>	
Karkea kiviaines	D/d ≤ 2 tai D ≤ 11,2	100	98–100	85–99	0–20	0–5	G <sub>c</sub> 85/20
		100	98–100	80–99	0–20	0–5	G <sub>c</sub> 80/20
	D/d > 2 tai D > 11,2	100	98–100	90–99	0–15	0–5	G <sub>c</sub> 90/15
Hieno kiviaines 0/1	d = 0 ja D = 1	100	95–100	90–99	-	-	G <sub>f</sub> 90
Hieno kiviaines	d = 0 ja D ≤ 4	100	95–100	85–99	-	-	G <sub>f</sub> 85
Luonnon lajittama 0/8	d = 0 ja D = 8	100	98–100	90–99	-	-	G <sub>NG</sub> 90
1) Milloin seulat 1,4D ja d/2 eivät ole ISO 565:1990 R20 mukaisia seulakokoja, valitaan seuloiksi niitä lähimpänä olevat seulakoot 2) Epäjatkuvan rakeisuuskäyrän betonille tai muuhun erikoiskäyttötarkoitukseen voidaan antaa lisävaatimuksia							

Nimettäessä esimerkiksi karkeaa kiviainesta 8/16 käytetään taulukossa 2 esitettyjä ehtoja karkean kiviaineksen osalta sarakkeesta D/d > 2 tai D > 11,2. Tällöin 100 % kiviaineksesta tulee läpäistä 32 mm:n seula. 98–100 % kiviaineksesta tulee läpäistä 22,4 mm:n seula (lisäseulasarja 1) ja 90–99 % läpäisee vielä 16 mm seulan. 8 mm:n ja sitä pienemmille seuloille saa jäädä maksimissaan 15 % kiviaineksesta ja 4 mm:n seulan ja sitä pienempien seulakokojen läpäisy saa olla yhteensä korkeintaan 5 %. Luokka G<sub>c</sub>90/15 tarkoittaa, että kiviaines on karkeaa (alaindeksi <sub>c</sub> viittaa englanninkieliseen sanaan coarse, joka tarkoittaa suomeksi karkeaa), 90 viittaa nimeämisessä käytetyn suuremman seulakoon (16 mm) maksimi läpäisyprosenttiin ja 15 pienemmän seulakoon (8 mm) maksimi läpäisyprosenttiin. (15, s. 13; 14, s. 8–9.)

Kiviaineksen rakeisuudesta muodostetaan tyypikäyrä, joka ilmoittaa graafisesti kiviaineksen läpäisyarvot seuloilta. Tyypikäyrä on yleensä muodostettu tuotannon aikaisista laadunvalvonnan keskiarvoista ja se on asiakkaan ja toimittajan yhdessä hyväksymä. Kiviaineksen rakeisuus saa poiketa tyypikäyrästä



1–17,5 prosenttia riippuen yksittäisestä seulasta ja kiviaineksen koosta sekä siitä, onko kiviaines luonnon lajittamaa 0/8 vai ei. Koostekiviainekselle, eli karkean ja hienon kiviaineksen sekoitukselle, on määritetty lisäksi omat rakeisuusvaatimukset. Hienoista kiviaineksista voidaan määrittää hienousmoduuli (Fineness Modulus, FM) sekä Suomessa jo pitkään käytetty H-luku. Hienousmoduulin ja H-luvun avulla voidaan arvioida kiviaineksen karkeus-/hienousastetta ja kiviaineksen rakeisuutta. Hienousmoduulia käytetään pääasiassa ainoastaan hienojen kiviainesten arviointiin, kun taas H-lukua voidaan käyttää niin hienojen kuin karkeidenkin kivilajien rakeisuuksien arviointiin. (15, s. 15–18; 14, s. 10–11.)

#### **4.1.2 Karkean kiviaineksen litteysluku ja muotoarvo (raemuoto)**

Vaadittaessa karkeiden kiviainesten muoto määritetään litteyslukuna standardin SFS-EN 933-3 mukaisesti ja muotoarvona standardin SFS-EN 933-4 mukaisesti. Litteysluku ilmoitetaan luokkina  $FI_{15}$ ,  $FI_{20}$ ,  $FI_{35}$ ,  $FI_{50}$ ,  $FI_{ilmoitettu}$  ja  $FI_{NR}$  ja muotoarvo  $SI_{15}$ ,  $SI_{20}$ ,  $SI_{40}$ ,  $SI_{55}$ ,  $SI_{ilmoitettu}$  ja  $SI_{NR}$ . Litteysluvun perässä oleva numeraalinen alaindeksi tarkoittaa, että kiviaineksen litteysluku on pienempi tai yhtä suuri kuin kyseinen indeksi.  $FI_{ilmoitettu}$ -luokkaisen kiviaineksen litteysluku on suurempi kuin 50 ja se ilmoitetaan erikseen. Sama periaate pätee muotoarvoihin lukuun ottamatta  $SI_{ilmoitettu}$ -luokkaa, jonka muotoarvo on suurempi kuin 55. Alaindeksi NR tarkoittaa, ettei litteysluvulle tai muotoarvolle ole asetettu vaatimuksia. (15, s. 19; 14, s. 12.)

Litteysluvultaan  $FI_{15}$ -luokkaista kiviainesta suositellaan käytettäväksi betonituotannossa, jossa betonityypit, käyttökohteet ja siirtomenetelmät vaihtelevat. Pientä puristuslujuutta vaativissa kohteissa voidaan käyttää hyvinkin litteitä kiviaineksia. Litteysluvultaan  $FI_{20}$ -luokkainen kiviaines soveltuu puristuslujuudeltaan keskitasoisiin betoneihin, mutta se ei juurikaan sovellu enää pumpattavaksi pumpun tukkeutumisvaaran takia. Mikäli betoni halutaan valaa pumpun avulla, on siis kiviaineksen litteysluvun oltava  $FI_{15}$  tai pienempi, jotta pumppaus onnistuu.  $FI_{10}$ -luokkaista kiviainesta käytetään esimerkiksi korkealujuusbetoneissa ja itsestäntiivistyissä betoneissa. (15, s. 20.)

Erilaiset betonointikoneet ja -menetelmät saattavat asettaa kiviaineksen raemuodolle tiukkojakin vaatimuksia. Murskaamattomalle luonnonsoratuotteelle ei yleensä aseteta minkäänlaisia raemuotovaatimuksia, sillä yleisesti ottaen luonnonsora on valmiiksi ajansaatossa luonnon muokkaamaa, melko pyöreärakeista kiviainesta. Pyöreät ja sileät rakeet antavat massalle parhaan muokattavuuden ja edellyttävät vähemmän sementtiä. Betonin suhteituksessa murskattu kiviaines edellyttää suurempaa vesimäärää. Veden lisäys suurentaa vesi-sementti-suhdetta ja näin heikentää betonin lujutta. (15, s. 20; 5.)

#### **4.1.3 Hienoainespitoisuus**

Hienoaineksella tarkoitetaan kiviainesta, joka läpäisee 0,063 mm:n seulan. Hienoainespitoisuus voidaan määrittää kiviaineksesta pesuseulonnalla, joka suoritetaan standardin SFS-EN 933-1 mukaisella pesuseulontamenetelmällä. Hienoaines määrä ilmoitetaan muodossa  $f_{\text{alaindeksi}}$ . Alaindeksejä luonnon lajittamalle 0/8 ovat 3 ja 10, karkealle kiviainekselle 1,5 sekä 4 ja hienolle kiviainekselle 3, 10 ja 16. Hienolle kiviainekselle 0/1 ei ole asetettu vaatimusta hienoaineksen enimmäismäärästä. Alaindeksi kertoo 0,063 mm:n seulan läpäisevän hienoaines määrän massaprosentteina. (15, s. 20.)

Hienoaineksen laatua tulee tarkkailla, sillä hyvälaatuisella hienoaineksella voi olla runsaasti positiivisia vaikutuksia betoniin, kun taas huonolaatuinen hienoaines voi olla haitallista. Mikäli hienoaines sisältää runsaasti rapautumistuotteita, kuten hienojakoista kiillettä ja savea, sen laatu luokitellaan huonoksi. Jos taas hienoaines on kovaa ja hienojakoista kiviainesta, sen vaikutus betonissa on usein myönteinen ja se luokitellaan hyväksi hienoaineksi. Laatua voidaan testata lukuisilla SFS-EN- ja ISO-testeillä. Huonolaatuinen hienoaines lisää monesti vedentarvetta ja kasvattaa betoninreseptin kokonaisvesimäärää. Hyvälaatuisen hienoaineksen parantaa alhaisia side- ja seosainemääriä sisältävien betonien työstettävyyttä ja koossapysyvyyttä. (15, s. 21–22.)

#### **4.1.4 Karkean kiviaineksen simpukkapitoisuus**

Vaadittaessa karkean kiviaineksen simpukkapitoisuus tulee määrittää standardin EN 933-7 mukaisella testillä ja ilmoittaa luokkana  $SC_{\text{alaindeksi}}$ . Kuten aikaisemmissakin luokkien määrittämisissä, alaindeksejä ovat 10, ilmoitettu ja NR.

Alaindeksi 10 tarkoittaa, että kiviaineksen simpukkapitoisuus on alle 10 %. Simpukkapitoisuutta ei tarvitse tutkia suomalaisista kiviaineksista, koska Suomessa simpukkapitoista sedimenttiä ei esiinny. (14, s. 13; 16.)

## **4.2 Kiviaineksen mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet ja vaatimukset**

Kiviaineksen mekaanisia ja fysikaalisia ominaisuuksia ovat kiintotiheys, vedenimeytyminen, eli absorptio, pakkasenkestävyys, isku- ja kulutuskestävyys sekä kiillotus-, pinnan kulumis- ja nastarengaskulumiskestävyys. Luvuissa 4.2.1–4.2.5 kerrotaan kiviaineksen edellä mainituista ominaisuuksista sekä niille standardeissa asetetuista vaatimuksista.

### **4.2.1 Kiintotiheys**

Kiviaineksen kiintotiheyden tulisi olla 2 000 kg/m<sup>3</sup>:n ja 3 000 kg/m<sup>3</sup>:n välillä, jotta se luokitellaan kiintotiheydeltään normaaliksi kiviainekseksi. Betonissa käytettävän kiviaineksen normaali kiintotiheys on 2 670 kg/m<sup>3</sup>. Kiintotiheys tulee ottaa huomioon betonin suhteituksessa, jotta saadaan valmistettua oikean kokoisia annoksia, sillä betoni valmistetaan ja tilataan työmaille tilavuuspohjaisesti kuutiometreittäin. (15, s. 23; 14, s. 16; 5.)

Kiintotiheys ei saa vaihdella massiivisesti, koska kiintotiheys vaikuttaa tilavuuspainoon ja sitä kautta suoraan rakenteen kokonaispainoon. Yleensä sorasta valmistetussa kiviaineksessa ei kyseistä ongelmaa esiinny, sillä samasta ottopaikasta otetussa tavarassa ei ole merkittäviä eroja kiintotiheyksissä ja kiviaines on yleensä hyvin sekoittunutta. Kallioalueilla tulee kiinnittää huomiota eri kivilajiesiintymiin, joiden kiintotiheydet voivat vaihdella suuresti. Kiintotiheys voidaan määrittää standardin SFS-EN 1097-6 mukaisesti. Tarvittaessa määritetään myös kiviaineksen irtotiheys standardin SFS-EN 1097-3 mukaisesti. (15, s. 23; 14, s. 16; 5.)

### **4.2.2 Vedenimeytyminen**

Kivi on huokoinen materiaali ja sen myötä se kyllästyy osittain vedellä. Kyllästyneen veden määrä ilmoitetaan absorptiona ja se voidaan määrittää standardin SFS-EN 1097-6 -standardin mukaisesti. Absorptio vaihtelee normaalisti välillä

0,3–1,5 %. Kiviaineksen absorptio ollessa enemmän kuin 1 % sen pakkasenkestävyys tulee varmentaa. (15, s. 23–24; 17.)

#### **4.2.3 Pakkasenkestävyys**

Kiviaineksen pakkasenkestävyys tulee määrittää, mikäli vedenimeytyminen, eli absorptio, on ollut enemmän kuin 1 % tai jos muutoin on aihetta epäillä kiviaineksen pakkasenkestävyyttä. Pakkasenkestävyys voidaan määrittää esimerkiksi SFS-EN 1367-1 -standardin mukaisella jäädytys-sulatuskestävyyskokeella, jossa mahdolliset muutokset, kuten rakoilu ja massan häviö, havaitaan. Betonin valmistuksessa tulisi käyttää pakkasenkestävää kiviainesta, jotta voidaan varmentaa betonirakenteen säänkestävyys. (15, s. 25–26; 18.)

#### **4.2.4 Isku- ja kulutuskestävyys**

Kovan rasituksen alaisina olevilta betonirakenteilta ja korkealujuusbetoneilta vaaditaan esimerkiksi hyvää iskunkestävyyttä sekä kulutuskestävyyttä. Iskunkestävyys voidaan määrittää muun muassa Los Angeles –testillä ja iskukoemenetelmällä. Kulutuskestävyys voidaan todeta standardin EN 1097-1 mukaisella kokeella, jossa määritetään Micro-Deval-arvo (MDE). Suomalainen kiviaines on kovaa ja yleensä täyttää asetetut vaatimukset. (15, s. 24–25; 14, s. 14–15; 19.)

#### **4.2.5 Kiillotus-, pinnan kulumis- sekä nastarengaskulumiskestävyys**

Rakennettaessa betonirakenteita, joiden pinnalta vaaditaan suurta kulutuksen kestävyyttä, joudutaan vaadittaessa määrittämään karkean kiviaineksen kiillotuskestävyys, kiviaineksen pinnan kulumiskestävyys sekä nastarengaskulumiskestävyys. Kiillotuskestävyys saadaan selville standardin EN 1097-8 mukaisella kokeella, jossa määritetään kiillottuvuusarvo (PSV). Pinnan kulumiskestävyys ilmoitetaan kulumislukuna (AAV), joka voidaan määrittää standardin EN 1097-8 liitteen A mukaisesti. Nastarengaskulutuskkestävyys voidaan määrittää karkealle kiviainekselle pohjoismaissa kehitetyllä kuulamylymenetelmällä. Menetelmää voidaan käyttää raekooltaan 11,2 mm:n ja 16,0 mm:n välillä oleville murskatuille ja murskaamattomille luonnon ja tekokiviaineksille. Muille raekokoja käytettäessä tuloksesta ei tule vertailukelpoista. (15, s. 24–25; 14, s. 15–16; 19.)

### **4.3 Kiviaineksen kemialliset ominaisuudet ja vaatimukset**

Kiviaineksen kemiallisia ominaisuuksia ovat humus-, kloridi- ja hiilipitoisuus, alkali-kiviainereaktio, rautasulfidit, kokonaisriikki, happoliukoiset sulfaatit sekä radioaktiivisuus. Luvuissa 4.3.1–4.3.6 kerrotaan kiviaineksen edellä mainituista ominaisuuksista sekä niille standardeissa asetetuista vaatimuksista.

#### **4.3.1 Humus**

Yksi tärkeimmistä seikoista, joka vaikuttaa kiviaineksen soveltuvuuteen betonin käytössä, on kiviaineksen humuspitoisuus. Humus tarkoittaa maaperän sisältämää eloperäistä ainetta, joka syntyy pääasiassa ainesten maatuessa ja kasvien muuttuessa kangasturpeeksi. Jo pieni määrä humusta, myös irrallisia lehtiä tai multaa, voi hidastaa betonin lujittumista tai jopa estää sen kokonaan. (20; 21, s. 77–78.)

Suuntaa antava ja betoniteollisuudelle täysin riittävä humusmäärän määrittäminen on natriumhydroksidimenetelmä. Humushapot värjäävät NaOH-liuoksen ja saatua värjäätynyttä liuosta verrataan standardiliuoksien väriin. Koe on suuntaa antava eikä ilmaise muutamia humushappoja, sokereita tai sokerijohdannaisia aineita. Mikäli kiviaineksen epäillään sisältävän paljon kyseisiä aineita,ärkevin vaihtoehto näiden olemassaolon ja vaikutusten määrittämiseksi on tehdä betonikoe, jossa voidaan arvioida vaikutusta muun muassa betonin sitoutumisaikaan ja puristuslujuuteen. (22; 15, s. 27.)

#### **4.3.2 Kloridipitoisuus**

Kiviaineksen kloridipitoisuus määritetään, mikäli on erityistä syytä epäillä, että se voi sisältää normaalia suurempia määriä klorideja. Betonin valmistuksessa käytettävän kiviaineksen vesiliukoisten kloridien määrä saa olla korkeintaan 0,020 %. Kiviaineksen suurin sallittu kloridipitoisuus jännitetyissä betonirakenteissa on nykyään 0,20 % sementin määrästä. Sisämaasta otetuissa kiviainekissä vesiliukoisten kloridi-ionien määrä on normaalisti erittäin alhainen ja laskelmissa voidaan kloridi-ionien määränä käyttää arvoa 0,001 % kiviaineksen massasta. Merikiviaineksen kloridi-ionipitoisuus tulee määrittää aina. (15, s. 27; 16.)

Kiviaineksen kloridipitoisuus vaikuttaa betonin kokonaiskloridien määrään. Betonirakenteissa esiintyvät kloridit voivat olla lähtöisin kiviaineksen lisäksi myös esimerkiksi merivedestä, jään sulatussuoloista ja betonissa käytetyistä lisäaineista. Kloridit lisäävät betoniterästen korroosioriskiä, eritoten pistekorroosiota. Pistekorrosio syövyttää terästä ja se on erittäin vakava eritoten jännitettyjen rakenteiden jänneteräksille. (16; 23.)

### **4.3.3 Alkalikiviainesreaktio**

Vanhan tietämyksen mukaan alkali-kiviainesreaktiota ei esiinny Suomessa. VTT:n alkuvuodesta 2012 julkaistussa raportissa kumotaan kyseinen väite. Muissa pohjoismaissa ja ympäri maailmaa alkali-kiviainesreaktiota on tavattu jo useiden vuosien ajan ja alkalireaktiivisten kivilajien käyttöä betonin valmistuksessa tulee välttää. Raportissa epäillään, että alkalikiviainesreaktion aiheuttamia vaurioita on alettu huomaamaan vasta nyt, kun rakenteet ovat ikääntyneet ja tietoisuus aiheesta on kasvanut. On myös mahdollista, että Suomen kylmä ilmasto hidastaa reaktiota betonissa, sillä lämpimässä ilmastossa olevat betonirakenteet ovat alttiimpia reaktiolle. Betonissa usein käytetty masuunikuona ja lentotuhka lisäksi vähentävät alkalikiviainesreaktion riskiä. (15, s. 28; 24.)

Reaktiossa kiviaineksen tietyt mineraalit, sementtikiven huokosveden sisältämät alkalit ja hydroksyyli-ionit reagoivat keskenään. Reaktiot paisuttavat kiviainesta, joka aiheuttaa betoniin sisäisiä jännityksiä ja aiheuttaa betonin halkeilua. Yleisin reaktiomuoto on alkalien ja piiyhdisteiden välillä, mutta alkalikarbonaattireaktiot ja alkalisilikaattireaktiot ovat myös mahdollisia. Reaktio voi tapahtua, mikäli betonin valmistuksessa käytettävä sementti sisältää runsaasti alkaleja (Na, K) ja kiviaineksessa on paljon heikosti alkalisuutta kestäviä mineraaleja. Lisäksi olosuhteiden tulee olla kosteat. (15, s. 28; 6.)

Reaktion mahdollisuutta voidaan tutkia lukuisilla eri kokeilla, mutta mikään niistä ei ole ehdottoman luotettava. Mitä luotettavampi tulos alkali-kiviainesreaktion mahdollisuudesta halutaan, sitä kauemmin koe yleensä kestää. Lyhin koemenetelmä on Yhdysvalloissa kehitetty kemiallinen testi, joka kestää ainoastaan vuorokauden. Pisin koemenetelmä on niin ikään kehitetty Yhdysvalloissa, mutta se on kestoaltaan yli vuoden mittainen kivisynteritesti. (15, s. 28.)

#### **4.3.4 Hiilipitoisuus ja rautasulfidit**

Hiilipitoisuutta ei Suomalaisesta soraraaka-aineesta tarvitse testata, koska sitä ei juuri esiinny suomalaisessa maaperässä. Sen sijaan kalliokiviaineksessa voi esiintyä suuriakin määriä hiiltä graniittina mustaliuskeiden yhteydessä. Mustaliuskeissa on myös suuria määriä betonille haitallisia rautasulfideja. Rautasulfidit (magneettikiisu ja rikkikiisu) voivat olla kemiallisesti reaktiivisia ja oksidoituaan voivat värjätä betonin pintaa, paisuttaa betonia, estää tartuntaa ja aiheuttaa betonipinnan paikallisia rapautumisia. (15, s. 29.)

Reaktiivisten sulfidien läsnäolo voidaan testata upottamalla kiviaines kalkilla kyllästettyyn vesiliuokseen, jolloin reaktiiviset sulfidit värjäävät liuoksen vihertäväksi. Kyseinen koe suoritetaan standardin SFS-EN 1744-1 mukaisesti. Luonnossa usein esiintyvät rautaoksidit (magnetiitti ja hematitiitti) ovat betonissa haittomia, sillä ne ovat kemiallisesti pysyviä, eivätkä vaikuta betonin ominaisuuksiin. (15, s. 29.)

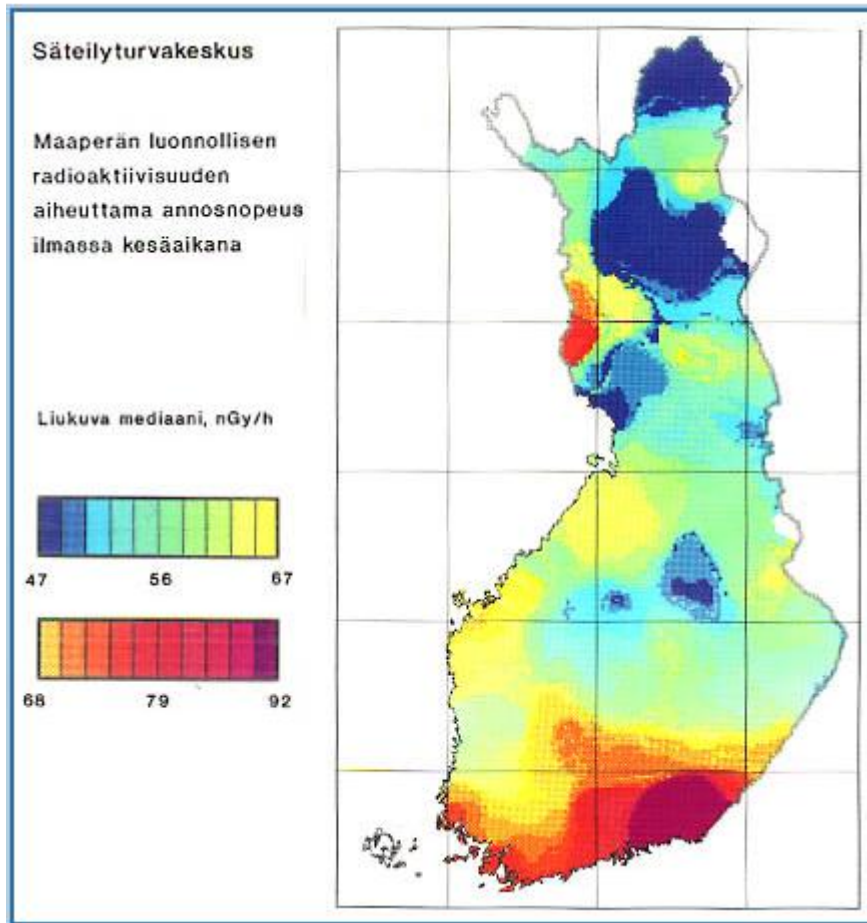
#### **4.3.5 Kokonaisrikki ja happoliukoiset sulfaattit**

Kiviaineksen kokonaisrikkimäärä S saa olla korkeintaan 1 %, poikkeuksena ilmajähdytetty masuunikuona, jonka kokonaisrikkimäärä saa olla 2 %. Magneettikiisua sisältävän kiviaineksen kokonaisrikkimäärä saa olla korkeintaan 0,1 %. Tarvittaessa kiviaineksen sisältämä kokonaisrikkimäärä voidaan määrittää standardin SFS-EN 1774-1, luvun 11 mukaisesti. Saman standardin luvussa 12 kerrotaan, miten happoliukoisten sulfaattien määrä voidaan määrittää. Happoliukoisten sulfaattien enimmäismäärä vaihtelee luokituksen mukaan. ”Kiviaineksen rikki ja rikkiyhdisteet voivat oksidoida ja sulfidimineraalien pintaan voi muodostua sulfaatteja, jotka betonissa aiheuttavat tuhoisan sulfaattikorroosion. Sulfaattit voivat myös heikentää tuoreen betonin työstettävyyttä erityisesti notkisteilla ja nesteytetyillä betoneilla” (15, s. 30). (25; 15. s. 29–30.)

#### **4.3.6 Radioaktiivisuus**

Kaikissa kiviainesperäisissä rakennusmateriaaleissa on pieniä määriä luonnon radioaktiivisia aineita. Säteilyturvakeskuksen kartasta (kuva 2) näkyvät tummanoranssina ja punaisena alueet, joiden sora- ja kallioalueiden radioaktiivi-

suus tulee määrittää, mikäli kiviainesta tullaan käyttämään rakentamisessa. Muilla kartan alueilla radioaktiivisuutta ei tarvitse tutkia, mikäli epäilystä radioaktiivisuudesta ei ole. (15, s. 30.)



KUVA 2. Ulkoisen gammasäteilyn kartta (26)

Kiviaineksen radioaktiivisuusmittauksissa määritellään  $^{40}\text{K}$  (Kalium),  $^{226}\text{Ra}$  (Radium) ja  $^{232}\text{Th}$  (Thorium) radioaktiivipitoisuudet [Bq/kg]. Alkuainekohtaisten radioaktiivisuuspitoisuuksien avulla lasketaan aktiivisuusindeksi (I) eri käyttötarkoituksiin. Mikäli aktiivisuusindeksi on suurempi kuin 1 ( $I > 1$ ), tulee tehdä tarkennetut laskelmat jokaiselle käyttökohteelle ja todeta, ettei kohteen säteilyaltistuksen lisäys nouse yli sallittujen rajojen. Betonin aktiivisuuspitoisuuteen vaikuttavat kiviaineksen lisäksi esimerkiksi betoniin mahdollisesti lisätyn lentotuhkan ja masuunikuonan sisältämät radioaktiiviset aineet. (15, s. 31–32.)



## **5 RAAKA-AINEEN HANKINTA JA JALOSTAMISTAVAT SEKÄ YRITYKSEN NYKYINEN TOIMINTAMALLI**

Betonin kokonaiskustannukset m<sup>3</sup>:ä kohden muodostuvat muun muassa kiviaineksesta, sementistä, työkustannuksista, kuljetuksista sekä mahdollisista lisä- ja seosaineista. Hankittaessa kiviainesta betonin valmistukseen, on syytä kiinnittää huomiota muun muassa esiintymän sijaintiin, määrään, laatuun, raaka-aineen otettavuuteen ja ympäristövaikutuksiin. (17.)

Esiintymän sijainti tulee ottaa huomioon, sillä logistiikka, eli kiviaineksen kuljetus, tulee pitkillä välimatkoilla suhteellisen kalliiksi raaka-aineen muuten ollessa edullista. Mikäli kuljetuskustannukset nousevat merkittävästi, nousee myös betonin kokonaishinta, eikä betonin käyttö ole enää välttämättä kannattavaa kohteissa, joissa voidaan käyttää toista rakennusmateriaalia. Eritoten pääkaupunkiseudulla ja sen läheisyydessä luonnon kiviainesvarannot ovat vähäisiä ja ehtyneet. Kauempaa kuljetettava kiviaines nostaa logistiikkakustannusten takia betonin hintaa huomattavasti ja tästä johtuen käytetään entistä enemmän louhittua kiviainesta, joka saadaan tuotantopaikkojen läheisyydestä. (17.)

Kiviaineksen määrä, otettavuus ja laatu vaikuttavat siihen, onko esiintymän hyödyntäminen kustannustehokasta. Mikäli esiintymä on pieni, huonolaatuinen tai esimerkiksi laajalle alueelle sijoittunut kapea alue, ei siitä välttämättä saada haluttua rahallista hyötyä. Koostaan huolimatta ottoalueelle joudutaan tekemään kutakuinkin samat toimenpiteet, kuten lupahakemukset ja jälkihoitotoimenpiteet. Esiintymän sijaitessa syvällä pintamaan alapuolella tulee harkita, onko maa-aineksen otto kannattavaa ylimääräisten kaivukustannusten vuoksi ja mihin yläpuolella oleva maa-aines saadaan sijoitettua oton ajaksi. (17.)

### **5.1 Kiviaineksen otto**

Kiviaineksen ottotapa määräytyy aina esiintymän sijainnin mukaan. Kiviainesta voidaan ottaa sellaisenaan soraharjuista ja vesistöjen pohjasta. Kalliosta voidaan louhia jalostettavaksi kiviainesta. Luvuissa 5.1.1–5.1.3 kerrotaan lyhyesti eri ottotavoista.

### 5.1.1 Otto soraharjuilta

Luonnon soraharjut ovat yleensä parhaita betonikiviaineksen ottopaikkoja. Harjualueilla otto tapahtuu pääasiassa pelkkää pyöräkuormaajaa apuna käyttäen. Harjuotossa suuremmat kivilohkareet voidaan murskata käyttötarkoitukseen sopivan kokoiseksi ja sekoittaa alueen muihin erirakeisiin esiintymiin, jotta aikaiseksi saadaan sopiva rakeisuuskäyrä. (17.)

### 5.1.2 Louhinta

Louhinnassa kallioon porataan reikiä, joihin panostetaan räjähteet ja kalliosta irrotetaan paloja räjäyttämällä. Porareikien lukumäärä ja sijainti sekä käytettävän räjähteen määrä ja laatu suunnitellaan kohteen mukaan riippuen kallion laadusta, määrästä ja halutusta lohkarukoosta. Rikkonaista kalliota voidaan louhia myös rammeroimalla. (27, s. 17–19.)

### 5.1.3 Nosto vesistöjen pohjasta

Kiviainesta nostetaan vedenpinnan alta niin makeista kuin suolaisistakin vesistä. Nosto tapahtuu yleensä joko pitkäpuomisella kaivinkoneella tai laahakaivurin (kuva 3) avulla. Nostettaessa kiviainesta merellä, käytetään yleensä imuruopaus menetelmää. (17.)



*KUVA 3. Laahakaivuri nostamassa hiekkaa vesialueen pohjasta*

## 5.2 Kiviaineksen jalostus

Kuten jo luvussa 3 aikaisemmin todettiin, kiviainesta voidaan käyttää sellaisenaan tai jalostettuna. Kiviainesta jalostetaan muun muassa murskaamalla ja seulomalla. Varastointi ja läjitys tulee hoitaa huolellisesti, jotta lopputuote säilyy tasalaatuisena. Luvuissa 5.2.1–5.2.3 kerrotaan lyhyesti eri jalostustavoista.

### 5.2.1 Murskaus

Murskauslaitoksella tarkoitetaan laitteistokokonaisuutta, jolla louhetta, soraa tai moreenia murskataan murskaustuotteeksi. Laitokseen kuuluu esimurskain, mahdollisia väli- ja jälkimurskaimia, kuljettimia ja seuloja (kuva 4). Kiviaines kulkee murskan läpi niin usean välivaiheen kautta, että murskaustuotteesta saadaan halutun kokoisia kiviaineksiä. Väli- ja jälkimurskainten lukumäärästä riippuen samalta laitokselta saadaan yhtä aikaa useankokoisia lopputuotteita, jotka ohjautuvat eri läjiin. (27, s. 19–20.)



*KUVA 4. Murskauslaitos kallion louhinta-alueella*

### 5.2.2 Seulonta

Kuivaseulonnassa kiviaines kuljetetaan tärisevien seulalaatikoiden läpi. Seulalaatikoissa on erikokoisia verkkoja, joiden avulla kiviaines seuloontuu. Seulottu kiviaines putoaa laitteisiin kiinnitetyille kuljettimille, jotka kasaavat erikokoiset

lopputuotteen omiin kasoihinsa. Kasoista lopputuote kuljetetaan väliaikaisiin varastokasoihin (kuva 5). Maa-aineksesta voidaan irrottaa hienoaines vesiseulonnan avulla. Vesiseulonta koostuu kuljetusruuvista, seulasta, syöttimestä, kuljettimesta ja erillisestä vesijärjestelmästä. Hienoaines huuhtoutuu veden mukana pois kiviaineksesta ja hienoainespitoinen vesi ohjataan selkeytysaltaisiin. Vedenkulutus seulonnassa on vähäistä, sillä selkeytynyt vesi ohjataan takaisin prosessiin. (27, s. 20–21.)



*KUVA 5. Seulotun kiviaineksen välivarastointikasa*

### **5.2.3 Varastointi ja läjitys**

Kiviainesta varastoitaessa tulee käyttää sellaista toimintatapaa, ettei kiviaines pääse lajittumaan tai likaantumaan. Kiviaineksen varastointialueen maan tulee olla tarpeeksi kantava ja tasainen. Pohjamaan sekoittuminen varastointikasoihin estetään yleensä levittämällä noin 20 cm:n jakokerros hienommasta kiviaineksesta varastokasan alapuolelle. Fillerit ja hienot kiviainekset varastoidaan kesällä kerroksiin, joiden paksuus on noin metrin. Eri kerrokset erotetaan toisistaan porrastamalla kerroksia noin puolella metrillä. Paras lopputulos saadaan aikaiseksi, jos kiviaines levitetään kerroksiin vetämällä ne matoiksi ristikkäin. Ristik-käisellä levityksellä kiviaineksesta tulee mahdollisimman homogeenistä. Talvis-aikaan varastointi voidaan tehdä päätypenkkana, jolloin penkan jäätyminen on pienempää. Karkea kiviaines varastoidaan päätypenkkana. Kiviaineksen laatu

pysyy tasaisempana, jos se varastoidaan kerroksittain, mutta ajoväylien kohdalta kiviaines saattaa hienontua ja sen poistaminen asiakkaalle toimitettavasta materiaalista on hankalaa. Laatua saadaan tasattua tekemällä myyntikasa, jonka kiviaines on laajalta alalta varastokasaa otettu ja sekoitettu huolella. (15, s. 46–47.)

### **5.3 Laadunvalvonta**

Kiviaineksen laatua tarkkaillaan ja testataan alkutestauksella ja tuotannonaikaisella laadunvalvonnalla. Alkutestaukseen kuuluu selvittää, täyttääkö kiviaines sen käyttötarkoituksen mukaiset laatuvaatimukset. Alkutestauksien laajuus riippuu käyttötarkoituksesta. Kun kiviaines on alkutestattu, muun muassa sen rakeisuutta, hienoainesmäärää ja humuspitoisuutta testataan useaan otteeseen tuotannon aikana. Mahdollisesti suoritettavat kokeet on esitelty luvussa 4.

### **5.4 Yrityksen toimintamalli**

Nykyisellään yrityksen kiviaineksen hankintatavat vaihtelevat eri paikkakunnilla omasta tuotannosta suoraan ostettuun tuotteeseen. Omassa tuotannossa laadunvalvonta suoritetaan itse, kun taas ostetun kiviaineksen laadunvalvonnan hoitaa tuotteen toimittaja. Tällöin toimittajan osalta puhutaan tarkistetusta valmistuksesta. Ottopaikkakohtaisesti laaditaan ohjeellinen rakeisuuskäyrä eri kiviainesfraktioille. Tuotanto pyritään tekemään tämän käyrän mukaiseksi. (17.)

## 6 TOIMINTAA MÄÄRÄÄVÄ LUPA- JA LAINSÄÄDÄNTÖ

Maa-aineksen ottaminen on aina luvanvaraista toimintaa, pois lukien pienimuotoiset maa-aineksen otot omaan tarpeeseen. Maa-ainelaki säätelee kiven, soran, hiekan, saven ja mullan ottamista, varastointia ja jalostusta. Maa-ainelain piiriin eivät kuulu kaivoslakiin tai vesilakiin perustuvat maa-ainesten otot, eivätkä myöskään viranomaisen hyväksymät rakentamisen yhteydessä irrotettujen ainesten otot. (10, s. 13.)

Maa-ainelain, vesilain ja kaivoslain lisäksi maa-ainesten ottoon saatetaan soveltaa ympäristönsuojelulakia, maankäyttö- ja rakennuslakia, luonnonsuojelulakia ja lakia ympäristövaikutusten arviointimenetelmästä. Luvan myöntämiseen voivat myös vaikuttaa säännökset metsälaissa, laissa vesienhoidon järjestämisestä, maantielaisissa, ratalaissa ja muinaismuistolaissa. (10, s. 18.)

### 6.1 Maa-aineksen ottoon liittyvät lait

Maa-ainelain (MAL) 3 §:n 1 momentin mukaan maa-aineksen ottoa ei sallita, mikäli siitä aiheutuu kauniin maisemakuvan turmeltumista tai jos siitä aiheutuu erikoisten luonnonesiintymien tai merkittävien kauneusarvojen tuhoutumista. Maa-aineksen otto ei saa aiheuttaa vahingollisia muutoksia laajalle ulottuviin tai huomattaviin luonnonolosuhteisiin. Jos vesilain mukaista lupaa ei ole saatu, pohjavesialueella veden laatu tai antoisuus ei saa vaarantua, mikäli alue on tärkeä tai vedenhankintakäyttöön soveltuva. 2 momentin mukaan asemakaava-alueella tai oikeusvaikutteisella yleiskaava-alueella maa-ainesten ottaminen ei saa vaikeuttaa alueen kaavanmukaista käyttöä eikä turmella maisema- tai kaupunkikuvaa. (28; 10, s. 13–17.)

3 momentissa mainitaan, ettei meren tai vesistön rantavyöhykkeeltä tulee ilman erityistä syytä ottaa maa-ainesta, mikäli asemakaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa aluetta ei ole osoitettu tätä varten. Rantavyöhykkeen leveys vaihtelee tapauskohtaisesti 50 ja 200 metrin välillä rantaviivasta. 4 momentin mukaan ottamistoimien vahingollinen vaikutus luontoon ja maisemakuvaan tulee olla mahdollisimman vähäinen ja esiintymää on hyödynnettävä taloudellises-

ti ja säästeliäästi. Toiminnasta ei saa aiheutua kohtuullisin kustannuksin vältettävissä olevaa haittaa tai vaaraa asutukselle tai ympäristölle. (28; 10, s. 13–17.)

### **6.1.1 Louhintaan ja murskaukseen liittyvä lainsäädäntö**

Louhittaessa kiviainesta betonin valmistukseen, maa-ainesten ottoon sovelletaan maa-ainelakia. Kaivoslaki koskee ainoastaan metallisten malmien ja teollisuusmineraalien ottoja. Toisin sanoen, mikäli kaivos- ja louhintatoimet eivät koske alkuaineita, tiettyjä mineraaleja kuten kvartsi, maasälpä, talkki tai timantti, eivätkä marmoria ja vuolukiveä, noudatettava lainsäädäntö on maa-ainelaki. (29, s. 20; 30.)

Sekä kalliokiven että irtokiven louhintaan ja murskaamiseen tarvitaan ympäristönsuojelulain mukaiset ympäristöluvat, mikäli kivenlouhinta tai murskaaminen kestää vähintään 50 päivää vuodessa (10, s. 18).

### **6.1.2 Maa-aineksen nostaminen vesialueilla**

Vesialueiden pohjasta nostettavan maa-aineksen ottaminen edellyttää yleensä vesilain mukaista lupaa, eikä maa-ainelakia sovelleta. Lupaa haetaan ympäristölupavirastosta. Luonnonsuojelulaki ja muinaismuistolaki sekä niiden säädökset on otettava huomioon vesilain mukaista lupa-asiaa käsiteltäessä. Myös ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annettua lakia (YVA) voidaan soveltaa maa-ainesten ottoon vesialueilla. (10, s. 28.)

### **6.1.3 Toimiminen pohjavesialueilla ja pohjavedenpinnan alapuolella**

Vesilain ja ympäristönsuojelulain säännökset vaikuttavat maa-aineksen ottoon pohjavesialueilla. Ympäristönsuojelulain pohjaveden pilaamiskielto koskee päästöjä, jotka voivat huonontaa pohjaveden laatua. Vesilain pohjaveden muuttamiskielto takaa sen, ettei vedensaanti vaikeudu. Pohjaveden muuttamiskiellostä voidaan poiketa ympäristölupaviraston luvalla, jos ottoalue kohdistuu laajalle pohjavesialueelle, pohjavedenottamon suoja-alueelle tai pohjavedenpinnan alapuolelle. Alueellinen ympäristökeskus arvio ympäristölupaviraston luvan tarpeellisuuden antaessaan lausunnon maa-ainesten ottamislupahakemukseen. Pohjaveden muuttamiskiellostä poikkeaminen ei syrjäytä muita maa-ainelain

kohtia. Poikkeaman myötä ainoastaan 3 §:n 1 momentin kohta 4 pohjaveden muuttamisen osalta voidaan jättää huomioimatta, eikä sitä voida lukea enää esteeksi maa-ainesten ottamiselle. (10, s. 27–28.)

## 6.2 Lupahakemus

Maa-aineksen ottamislupaa, aivan kuten esimerkiksi rakennuslupaa, haetaan kirjallisena kunnan toimivaltaiselta viranomaiselta. Lupahakemukseen tulee liittää ottamissuunnitelma, selvitys ottamisalueen hallintaoikeudesta tai suostumus ottamiseen maan omistajalta, kiinteistörekisteriote ja rekisterikartta sekä mahdolliset ympäristövaikutusten arviointimenettelyn ja luonnonsuojelulain mukaiset arviointiselostukset, YVA-selostus ja Natura 2000 -arviointi. Ottamissuunnitelmassa esitetään tiedot maa-ainesten ottamisesta ja ympäristön hoitamisesta. Ottopaikan jälkihoito käsitellään luvussa 7. Ottamissuunnitelmaan tulisi myös mahdollisuuksien mukaan sisällyttää tiedot ottamisalueen myöhemmästä käytämisestä. Mikäli naapurien kuulemiset on suoritettu tai viranomaisilta on hankittu lausuntoja kyseistä ottamislupaa varten, nämä asiakirjat tulee liittää lupahakemukseen. (10, s. 34, 129.)

Mikäli ottamishankkeella on huomattavia laaja-alaisia vaikutuksia, rajakiinteistöjen omistajien ja haltioiden lisäksi hankkeista tulee ilmoittaa hankkeen vaikutusalueella yleisesti leviävässä sanomalehdessä. Naapureita ja alueen tien tai kaapean vesistön erottamia lähikiinteistöjä on kuultava. Luvan hakija voi itse suorittaa naapureiden kuulemisen. Tällöin kunnan tulee tarkistaa, että kuulluille osapuolille on annettu tiedoksi kaikki tarvittavat asiakirjat. Mikäli tarvittavia kuulemisia ei ole suoritettu asianmukaisesti tai ei laisinkaan, kunta suorittaa kuulemiset uudestaan. Kuuleminen suoritetaan myös uudestaan, mikäli hakemus muuttuu olennaisesti. Luvan hakijan tulee maksaa kuulemisista ja ilmoituksista aiheutuvat kulut luvan käsittelymaksussa. (10, s. 34–35.)

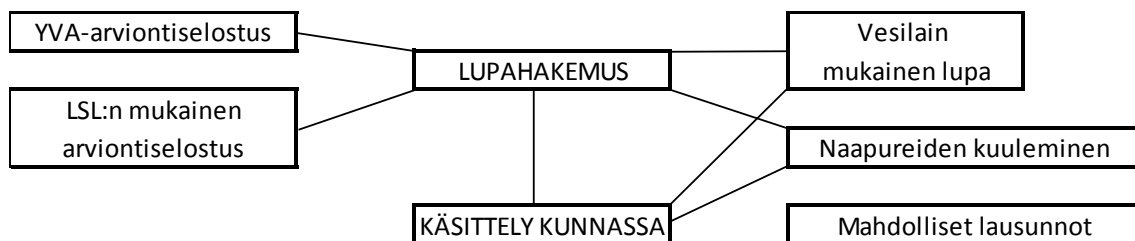
Lupaviranomaisen tulee pyytää lausunto ennen luvan myöntämistä ympäristökeskukselta, mikäli alueella on huomattava merkitys luonnon- tai vesien suojelun kannalta tai otto vaikuttaa välittömästi toisen kunnan alueeseen. Maa-aineslain 3 §:n koskevista seikoista (esitelty luvussa 6.1) tulee pyytää alueellisen ympäristökeskuksen lausunto. Lausunto pyydetään myös toiselta kunnalta,



mikäli sitä pidetään tarpeellisena tai ottamisesta saattaa aiheutua maa-aineslain 3 §:ssä mainittuja seurauksia. Mikäli alueella on suurempaa merkitystä maakuntakaavoituksen kannalta, tulee lausunto pyytää myös sitä hoitavalta kuntayhtymältä. Lausuntoja voidaan pyytää myös muilta viranomaisilta, kuten tieviranomaiselta tai Museovirastolta, mikäli se katsotaan tarpeelliseksi. (10, s. 35–36.)

Hakija voi hankkia vesilain mukaisen luvan pohjavettä koskevista asioista etukäteen ympäristölupavirastosta. Mikäli maa-ainesten ottaminen kyseiseltä alueelta edellyttää vesilain mukaista lupaa eikä sitä ole valmiiksi hankittu, voidaan lupakäsittelyä lykätä kunnes vesilain mukainen lupa on myönnetty. (10, s. 36.)

Kaaviossa 6 on esitetty normaalin lupamenettelyn kulku, kun noudatettava lainsäädäntö on maa-aineslaki. Luvan hakijalle tulee varata aikaa antaa vastine viranomaisen hankkimille lausunnoille.



KUVA 6. Kaavio maa-aineslain mukaisesta lupamenettelystä

### 6.3 Lupapäätös

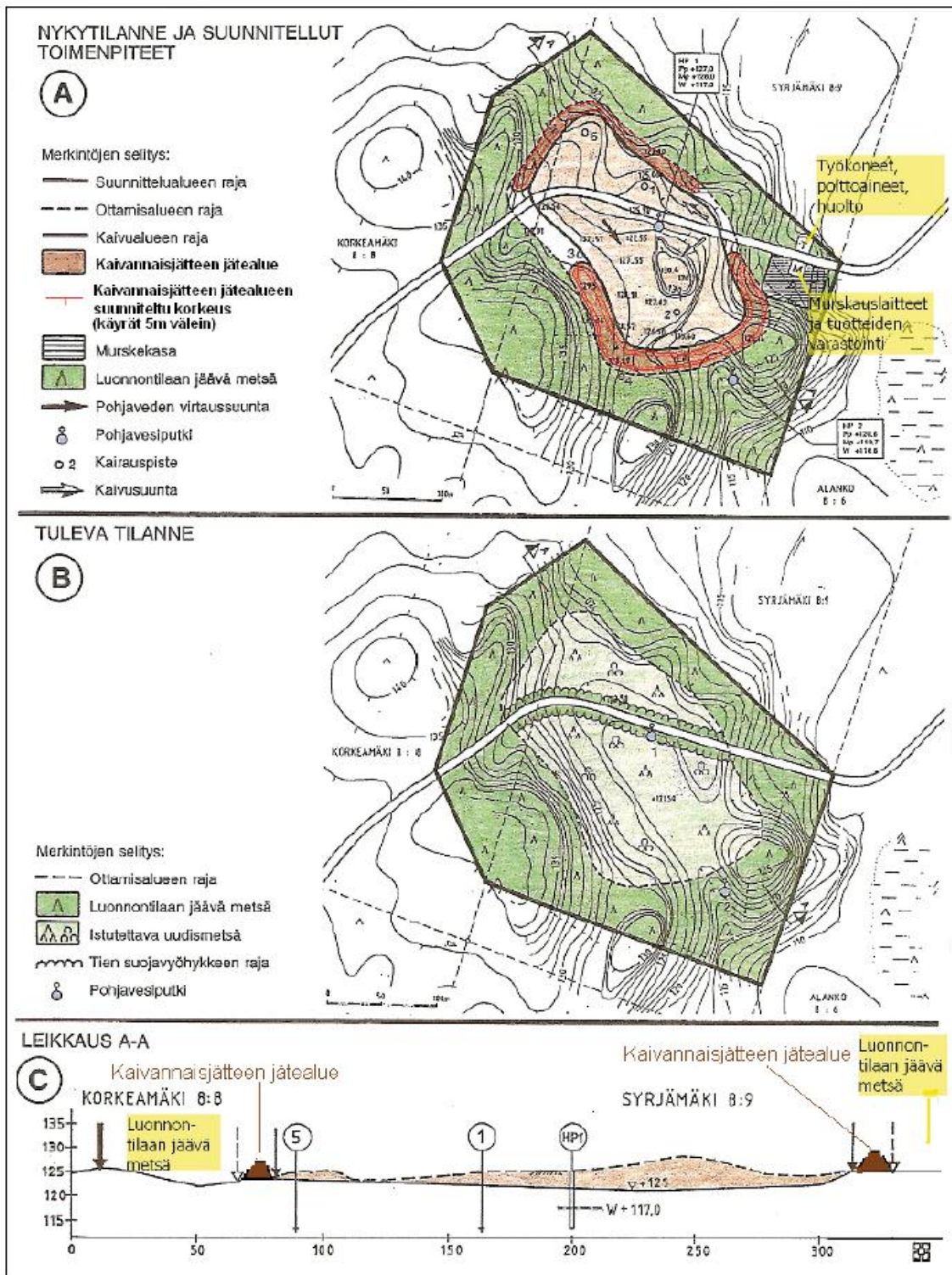
Lupa maa-ainesten ottoon tulee myöntää, mikäli lupahakemukseen on liitetty asianmukainen ottamissuunnitelma eikä maa-aineslain mukaista estettä ottamiselle tai sen järjestämiselle ole. Ottamislupapäätöksessä tulee käydä ilmi, miten YVA-selostus ja Natura 2000 -arviointi on otettu huomioon, mikäli hanke on edellyttänyt kyseisiä selostuksia tai arviointeja. Lupaa ei tulisi myöntää, mikäli lupaviranomaisen asettamat tarpeelliset lupamääräykset aiheuttavat sen, että maa-aineksen otto ei enää juurikaan tuota ottajalle hyötyä. (10, s. 36–37.)

Lupapäätöksessä tulee käydä ilmi muun muassa hakijan ja alueen tiedot, hakemuksen käsittely, mahdolliset annetut lausunnot, muistutukset, mielipiteet, vastineet ja niiden sisältö. Lupapäätöksessä kerrotaan tiedot tehdyistä tarkastuksista, luvan voimassaoloajasta, määrätyistä vakuuksista ja tarkastusmaksun

suuruudesta. Lupamääräykset lukevat lupapäätöksessä, ellei kyseisiä seikkoja käy ilmi ottamissuunnitelmassa. Lupamääräyksissä tai ottamissuunnitelmassa rajataan ottamisalue, esitetään ottamisen etenemissuunta, kaivausten ja leikkausten syvyys sekä alueen jälkihoitoon liittyvät toimenpiteet. (10, s. 27.)

Lupamääräyksissä voidaan määrittää ottamiseen liittyvä laitteisto ja alueen liikenteen järjestäminen pohjaveden suojaamiseksi. Lupamääräyksissä voidaan määrittää myös toiminta-aika ottamisen suorittamiseen ja muita tarvittavia toimenpiteitä haittojen rajoittamiseksi ja välttämiseksi. Ottamissuunnitelmassa tulisi käydä ilmi, miten toiminnanharjoittaja seuraa ja tarkkailee ottamistoimintojen etenemistä ja vaikutusta ja kuinka hän raportoi niistä valvontaviranomaisille. Lupapäätös ja lupamääräykset ottamissuunnitelmasta poikkeavilta osilta tulee aina perustella. (10, s. 28.)

Kuvassa 7 on esitelty ottamissuunnitelma alueelle, joka sijaitsee vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella. Kartoissa ja leikkauksessa on esitelty muun muassa maanpinnan korkeudet, alueen rajat, kaivusuunnat, pohjavedenpinnan korkeustiedot ja alueelle asennettavat pohjavedenpinnan tarkkailuputket. Kuviin on myös määritetty, missä työkoneet ja polttoaineet sijaitsevat ja minne kaivannaisjätteet, eli alueen pintamaat varastoidaan. Keskimmaisessä kuvassa on esitelty alueen jälkihoidettu tila istutuksineen ja pinnankorkeuksineen. Alueen pinta-ala on 3,6 ha ja alueelta kaavaillaan otettavaksi 95 000 k-m<sup>3</sup> maa-ainesta viiden vuoden aikana. Kartat ja kuvat havainnollistavat ottamissuunnitelmassa esitettyä kirjallista tietoa.



KUVA 7. Esimerkki ottamissuunnitelmasta vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella (10, s. 79)

Päätöksen antopäivästä alkaa 30 päivän valitusoikeus. Päätös toimitetaan luvan hakijalle sekä siitä ilmoitetaan alueelliselle ympäristökeskukselle sekä niille, jotka ovat erikseen tietoa pyytäneet. Hankkeen ollessa laaja tulee myös päätöksestä ilmoittaa sanomalehdessä lupahakemuksen lisäksi. Päätös tulee myös laittaa kunnan Internet-sivuille. Muutosta ottamislupapäätökseen voidaan hakea valittamalla alueelliseen hallinto-oikeuteen ja edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen itse luvasta, vakuuksista, lupamääräyksien muuttamisesta, lupapäätöksestä poikkeamisesta tai luvan peruuttamisesta koskevista päätöksistä. (10, s. 38–40.)

Maa-aineksen ottaminen voidaan aloittaa lupapäätöksen astuttua lainvoimaiseksi. Perustelluista syistä voidaan määrätä, että ainesten ottaminen voidaan aloittaa, vaikka ottamislupapäätökseen olisikin haettu muutosta. Kyseisessä tapauksessa on kuitenkin harkittava, ettei muutoksenhaku tule hyödyttömäksi määräyksen myötä. Hakijan on myös asetettava hyväksyttävä vakuus, jolla voidaan korvata haitat, vahingot ja kustannukset, joita luvan muuttaminen tai päätöksen kumoaminen voi mahdollisesti aiheuttaa. Määräys voidaan antaa valitusajalla tai viimeistään 14 päivää sen päättymisen jälkeen jätetystä hakemuksesta. (10, s. 40.)

Maa-aineksen ottamisluvat myönnetään määräajaksi, joka on yleensä korkeintaan kymmenen vuotta. Mikäli määräaika on ollut alle kymmenen vuotta ja lupajan päättyessä osa luvanmukaisista maa-aineksista on jäänyt ottamatta, lupaa voidaan jatkaa niin, että kokonaisaika on kuitenkin korkeintaan kymmenen vuotta. Tapauksissa, joissa lupaa jatketaan, voidaan lupamääräyksiä lisätä tai muuttaa. Uusien alueiden käyttöönotto haetaan normaalilla lupamenettelyllä, vaikka ne rajoittuisivatkin maa-aineksen ottoalueeseen, jonka lupa on voimassa. (10, s. 41.)

Lupa-alueen haltijan vaihtuessa tulee lupaviranomaiselle ilmoittaa viipymättä maa-ainesluvan siirtämisestä. Lupa siirtyy vasta sitten, kun lupaviranomainen on hyväksynyt hakemuksen uudesta luvanhaltijasta. Lupaviranomainen voi vaatia uutta luvanhaltijaa asettamaan hyväksytyn vakuuden ennen ottamisen alkua. Luvan siirtymiseen saakka lupaan liittyvät velvoitteet ovat aikaisemman luvan haltijan vastuulla. (10, s. 41.)

#### **6.4 Lupaan liittyvät maksut**

Luvan haltija tai hakija suorittaa maksut kunnalle ottamissuunnitelman tarkastamisesta ja ottamistoiminnan aikaisesta valvonnasta. Maksujen määrät ja perusteet ovat kuntakohtaisia. Ottaja myös kustantaa pohjavedentarkkailusta, kaivutilanteen kartoituksesta sekä korkeusmerkkien ja luiskamallien asentamisesta koituvat kulut. Työturvallisuudesta sekä ottamis- ja kaivurajojen merkitsemisestä koituvat kustannukset ovat myös ottajan vastuulla. (10, s. 41–42.)

Lupaviranomaisten määräämien vakuuksien tulee olla voimassa, kunnes loppu-tarkastuksessa on hyväksytty kaikki luvassa tai sen määräyksissä edellytetyt toimenpiteet. Vakuuksia voidaan kuitenkin pienentää vaiheittain jälkihoitotoimenpiteiden edetessä. Vakuudet ovat yleensä suurempia, jos kyseessä on louhinta. (10, s. 41–42.)

## 7 OTTOPAIKAN JÄLKIHOITO

Maa-aineksen ottoalueet jälkihoitetaan maa-aineksen oton päätyttyä tai vaiheittain maa-aineksen oton aikana. Jälkihoitotoimet esitetään ottamissuunnitelmassa. Jälkihoidon avulla ottamisalue sopeutetaan ympäröivään luontoon ja samalla vähennetään ottamistoiminnan haittavaikutuksia pohjaveteen. Jälkihoidon tavoitteena on myös edistää alueen turvallisuutta ja parantaa sen jälkikäyttömahdollisuuksia. (10, s. 109.)

### 7.1 Siistiminen ja muotoilu

Alueen jälkihoitotoimenpiteistä ensimmäinen on siistiminen. Alue puhdistetaan kaikesta ylimääräisestä materiaalista. Myös mahdollinen saastunut maa-aines vietään alueelta pois. Ylijäämämaita käytetään jälkihoitoon ja muotoiluun mahdollisimman tehokkaasti. Alue muotoillaan pinnaltaan turvalliseksi sekä hyväksi kasvillisuuden kasvuolosuhteille. Muotoilulla voidaan ohjata ja tehostaa pintavesien imeytymistä maaperään. Pinnanmuotojen tulee myös vaihdella, jotta alue sulautuu paremmin ympäröivään maisemakuvaan. (10, s. 109.)

Soran ottamisalueilla jyrkkiä rinteitä loivennetaan paikasta riippuen yleensä vähintään 1:3 ja rinteiden ala- ja yläosat pyöristetään. Rinnealueilla kaltevuuksien on hyvä vaihdella ja ottamisalueen pohjalle tulisi rakentaa kumpareita ja harjanteita. Kiviainesten varastokasojen, vanhojen tiepohjien ja raskaiden laitteiden alla ollut tiivis maaperä tulee möyhentää, jotta veden läpäisevyys paranee. (10, s. 111.)

Louhosten muotoilun ja jälkihoidon lähtökohtana ovat turvallisuusvaatimukset. Kriteerit ovat sitä tiukempia, mitä lähempänä asutusta tai ulkoilu- ja virkistysaluetta louhos sijaitsee. Kalliomurskelouhosten seinämät ovat yleensä hyvin rikoontuneita. Tällaiset seinämät tulee pengertää tai loiventaa rinteiksi, jotta ne eivät aiheuta vaaraa. Louhosten rinteiden muotoilu ylijäämämailla on myös mahdollista, mikäli pohjaveden puhtaus ei vaarannu. Seinämiä muotoiltaessa on vältettävä suorja rajapintoja. Rinteiden kaltevuuksien ja polveilun tulee olla vaihtelevaa. Louhoksen pohjalle olisi myös hyvä muotoilla kumpareita ja harjan-

teita. Louhoksen pohjan jäädessä kuiville tulee sade- ja sulamisvesien poisjohdaminen toteuttaa. (10, s. 111.)

## 7.2 Pintamaa

Ottamisalueille levitetään siistimisen ja muotoilun jälkeen orgaanista pintamateriaalia, joka nopeuttaa uuden maannoksen kehittymistä. Biologinen kasvualusta suojaa pohjavettä likaantumiselta, laadun vaihtelulta ja äkillisiltä pinnan korkeuden muutoksilta. Pintamateriaali lisäksi pidentää vajoveden viipymistä alueella sekä estää ja hidastaa happamoitumista. Pintavalunnan aiheuttama eroosio myös pienenee. (10, s. 112.)

Luonnonmukaisen maannoksen muodostuminen sora-alueilla kestää jopa satoja vuosia. Ensisijaisesti pintamateriaalina käytetään alueen alkuperäistä 40–80 cm pintamaata, joka on kuorittu soran oton tieltä ja varastoitu ottamisalueiden reunoille (kuva 8). Alkuperäistä pintamaata käytettäessä pohjavesi usein palautuu lähes luonnontilaiseksi. Pintamaa sisältää kangashumuskerroksen, eli kunnan sekä sen alapuolella olevan paksumman rikastumiskerroksen. Paras lopputulos saadaan, jos pintamaat levitetään takaisin mahdollisimman alkuperäisessä järjestyksessä. Kunta voidaan irrottaa ja levittää takaisin laajoina mattoina. Pintamaata tulisi myös varastoida mahdollisimman vähän aikaa, korkeintaan kolme vuotta. (10, s. 112.)



*KUVA 8. Sora-alueelta kuorittu pintamaa on varastoitu ottoalueen reunalle*

Mikäli alkuperäisen pintamaan käyttö ei ole mahdollista tai sitä ei ole riittävästi, voidaan pintamateriaalia tuoda myös alueen ulkopuolelta. Ulkopuolelta tuotavan pintamaan tulee olla puhdasta, eikä se saa sisältää mitään haitallisia aineita. Orgaanista ainesta sisältävän pintamateriaalin alla tulee olla hiekkakerros, joka läpäisee hyvin vettä. Hiekkakerros ei saa olla liian hienojakoista, jottei hienoaines kulkeudu pohjaveteen. Tulee myös huolehtia siitä, ettei orgaaninen aines kulkeudu pohjaveteen. Pohjavesialueilla mahdollinen lannoitus ja kalkitus tehdään viljavuusanalyysien perusteella. (10, s. 112–114.)

Louhoksilla alkuperäisiä pintamaita on usein vähän. Alueen tuleva käyttötarkoitus määrittää pintakerroksen jälkihoitotavan. Ottamisalueen jäädessä metsätaloukseen alueelle joudutaan tuomaan irtomaata muualta. Toinen vaihtoehto on sekoittaa murskauksessa syntyneeseen ylimääräiseen hienoon kiviainekseen turvetta tai kuorikariketta. Levitettävä pintamateriaali ei saa heikentää pohjaveden laatua. (10, s. 114.)

### **7.3 Kasvillisuuden palauttaminen**

Soranottoalueilla sekä louhoksilla, jotka eivät täyty vedellä, tulee tehdä kylvöjä ja istutuksia. Kylvöt ja istutukset tehdään, koska alueen alkuperäinen kasvillisuus on tuhoutunut ja luontaisesti kasvillisuus palautuu alueelle erittäin hitaasti. Kasvillisuus valitaan muun muassa alueen jatkokäytön, kasvien kasvunopeuden, talvenkestävyyden, lisääntymisen ja kustannusten perusteella. (10, s. 114–115.)

Kasvillisuus on tärkeä palauttaa ympäristöön eritoten pohjavesialueilla. Kasvillisuus sitoo itseensä haitallisia aineita ja vapautuneita ravinteita. Se myös vähentää pintavaluntaa ja edistää humuksen muodostumista. Kasvillisuus sitoo pintamateriaalin yhtenäiseksi maaksi ja vähentää eroosiota sekä parantaa maisemakuvaa. Kuvassa 9 on vanha soran ottamisalue, jossa ottamistoimet ulottuivat pohjavedenpinnan alapuolelle. Kuvan alalaidassa on pienempi kuva, jossa aluetta muotoillaan. Viisi vuotta jälkihoidon jälkeen alueelle on kehittynyt hyvä kasvillisuus ja se sulautuu ympäröivään maisemaan hyvin. (10, s. 114–115.)





*KUVA 9. Kunnostettu vanha soran ottamisalue, jossa ottamistoimet ovat ulottuneet pohjaveden pinnan alapuolelle (10, s. 120)*

Kylvöjen ja istutusten menestymistä tulee seurata ja tarvittaessa alueelle tehdään täydennyskylvöjä ja -istutuksia. Metsittämisessä käytetään pääasiallisesti kotimaisia puulajeja, jotka soveltuvat ympäröivään alueeseen. Metsien istutuksessa tulee välttää kaavamaisia rivi-istutuksia, jotta alueesta tulee luonnollisen näköinen. Joissakin tapauksissa alueen voidaan antaa myös metsittyä luontaisesti. Jälkitarkastus pidetään noin kolmen vuoden kuluttua istuttamisesta ja tämän jälkeen metsitetyt alueet luetaan normaaleiksi metsätalousmaiksi. (10, s. 114–115.)

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Ruskon Betoni Oy:lle käsikirja kiviaineshuollosta. Opinnäytetyöhön koottiin tietoa kiviainekselta vaadituista ominaisuuksista sekä standardin mukaisista testausmenetelmistä. Työssä kerrottiin raaka-aineen hankinnasta ja jalostamisesta sekä perehdyttiin maa-aineksen ottolupamenettelyyn.

Suomalaiset kiviainesvarannot ovat runsaat ja monipuoliset, mutta niiden käyttöä säädellään nykyään melko tiukasti. Suomalainen korkealaatuinen pohjavesi muodostuu pääasiassa harjualueilla, jossa myös betonin tuotannon kannalta paras kiviaines sijaitsee. Nykyinen lainsäädäntö ja lupamenettely suojelevat ympäristöä ottotoimenpiteiden haittavaikutuksilta. Ottolupia on yhä hankalampi saada harjualueille sekä muille alueille, jotka ovat pohjavedenmuodostumisen kannalta tärkeitä. Ottolupia ei myönnetä helposti pohjavedenpinnan alapuolelle rajoittuviin ottoihin. Asutuskeskusten lähetyville lupia ei juurikaan myönnetä melu-, pöly- ja maisemahaittojen vuoksi.

Yrityksen tulee panostaa tuotekehitykseen niin, että suhteitusta muuttelemalla voidaan käyttää esimerkiksi louhittua kalliokiviainesta yhä monipuolisemmin. Tuotekehitys edellyttää betonikokeita, joissa testataan eri suhteituksilla valmistettuja betonilaatuja. Betonikokein testataan betonin ominaislujuuksien ja muiden valmiille rakenteelle määritettyjen vaatimusten lisäksi vaatimuksia työstettävyydelle. Työstettävyyteen vaikuttavat ominaisuudet, kuten pumpattavuus, tiivistettävyyys, valettavuus, tasoitettavuus ja pinnan hierrettävyyys, ovat yleensä juuri rajoittavia tekijöitä valittaessa kiviainesta.

Kiviainesvarantojen kartoittamiseen ja hankkimiseen tulee yrityksessä varata tulevaisuudessa enemmän resursseja. Hankkimalla hyvälaatuisia kiviainesesiintymiä, joissa kiviaineksen otto ei tuota ongelmia lupakäytäntöjen kanssa, yritys pystyy turvaamaan hyvälaatuisen kiviaineksen saatavuuden jatkossakin. Vaikka ottotoimia ei uusilla alueilla heti aloitettaisikaan, turvaa esiintymä kuitenkin kiviaineksen saannin tulevaisuudessa.

Koska yritys on keskittynyt betonin valmistamiseen, on tarpeetonta laajentaa toimintaa esimerkiksi louhintaan tai murskaukseen. Kiviaineksen jalostaminen on jatkossakin kannattavaa suorittaa aliurakoitsijoilla.

Kiviaineksen laadunvalvontaan tulee varata myös entistä enemmän resursseja. Laadunvalvonta suoritetaan yleensä yhteistyössä murskauslaitoksen työnjohdon kanssa. Mitä enemmän kokeita ja testejä suoritetaan, sitä lähemmäs rakeisuuskäyrän tavoitearvoja päästään ja voidaan taata kiviaineksen korkea laatu.

Yrityksen toimipaikat sijaitsevat ympäri Suomea, joten on lähestulkoon mahdollonta käyttää omaa kiviainesta jokaisella tuotantopaikalla. Logistisista syistä ei ole myöskään kannattavaa kuljettaa kiviainesta ottoalueelta kaukana sijaitseville tuotantopaikoille. Oma tuotanto on kuitenkin hyvä pitää täydentävänä resurssina betonikiviaineksen kokonaishankinnassa. Se myös tukee yrityksen visiota, joka on turvata tehtailleen laadukas ja hinnaltaan kilpailukykyinen kiviaines.

## LÄHTEET

1. Tietoa betonista. 2011. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:  
<http://www.betoni.com/fi/Tietoa%20betonista>. Hakupäivä 10.6.2011.
2. Tietoa betonista pienrakentajalle. 2011. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:  
<http://www.betoni.com/fi/Pienrakentajalle/Tietoa+betonista/>. Hakupäivä 10.6.2011.
3. Suomalainen Sementti-opas. 2012. Finnsementti Oy. Saatavissa:  
<http://www.finnsementti.fi/files/pdf/Sementti-opas.pdf>. Hakupäivä 1.3.2012.
4. Betoni. 2011. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa:  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Betoni>. Hakupäivä 10.6.2011.
5. Kääriäinen, Hannu 2007. T510103 Betonitekniikka 1, 3 op. Luentomateriaalit keväällä 2008. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
6. Kääriäinen, Hannu 2010. T512605 Betonitekniikka 2, 5 op. Luentomateriaalit keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
7. Betonikiveyksillä kestävä ja näyttävä ajopintaa. 2012. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:  
<http://www.betoni.com/fi/Betonituotteet/Raskasliikenne/Kest%C3%A4v%C3%A44+ajopinta/>. Hakupäivä 9.3.2012.
8. Väänänen, Risto 2012. Kehityspäällikkö, Ruskon Betoni Oy. Haastattelu 8.3.2012.
9. Kaikki perustuu kiviainekseen. 2011. Infra ry. Saatavissa:  
[http://www.infrary.fi/files/2382\\_KiviainesEsitte08InfraNetpieni.pdf](http://www.infrary.fi/files/2382_KiviainesEsitte08InfraNetpieni.pdf). Hakupäivä 13.6.2011.
10. Ympäristöhallinnon ohjeita 1 / 2009, Maa-ainesten kestävä käyttö. 2009. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy.

11. Rämö, Pia 2011. Toimialapäällikkö, luonnonvara-asiat, Infra ry. Sähköpostikeskustelu 20.9.2011.
12. Maa-ainesten ottomäärät. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=377471&lan=FI>. Hakupäivä 22.9.2011.
13. Suomen standardisoimiskeskus SFS ry. 2012. Saatavissa: [http://www.sfs.fi/sfs\\_lyhyesti/index.html](http://www.sfs.fi/sfs_lyhyesti/index.html). Hakupäivä 9.2.2012.
14. SFS-EN 12620 + A1. 2008. Betonikiviainekset. Suomen standardisoimisliitto.
15. Betonin kiviainekset 2008 by 43. 2009. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
16. Mannonen, Risto 2012. Kehitysjohtaja, Suomen Betoniyhdistys r.y. Puhelinhaastattelu 13.3.2012.
17. Väänänen, Arto 2012. Tekninen johtaja, Ruskon Betoni Oy. Haastattelu 15.3.2012.
18. SFS-EN 1367-1. 2007. Kiviainesten lämpö- ja rapautumisominaisuuksien testaus. Jäädytys-sulatuskestävyyden määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto.
19. SFS-EN 1097 – 2. 2010. Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus. Osa 2: Iskunkestävyyden määrittämismenetelmät. Suomen standardisoimisliitto.
20. Humus. 2011. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Humus>. Hakupäivä 17.6.2011.
21. Rantamäki, M. – Jääskeläinen, R. – Tamminne, M. 1997. Geotekniikka. 16. tarkistettu ja korjattu painos. Helsinki: Otatieto Oy.
22. Kun teet betonia, tee se oikein. 2012. Finnsementti Oy. Saatavissa: [http://www.finnsementti.fi/files/pdf/tietoa\\_betonista/kun\\_teet\\_betonia.pdf](http://www.finnsementti.fi/files/pdf/tietoa_betonista/kun_teet_betonia.pdf). Hakupäivä 9.3.2012.

23. Kääriäinen, Hannu 2010. T510103 Korjausrakentamisen kuntotutkimukset T523306, 6op. Luentomateriaalit syksyllä 2010. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
24. Pyy, Hannu - Holt, Erika - Ferreira Miguel 2012. Esitutkimus alkalikiviainesreaktiosta ja sen esiintymisestä Suomessa. Espoo: VTT.
25. SFS-EN 1774-1. 2009. Kiviainesten kemiallisten ominaisuuksien testaus. Osa 1: Kemiallinen analyysi. Suomen standardisoimisliitto.
26. Ulkoisen gammasäteilyn kartta. 2011. Säteilyturvakeskus. Saatavissa: [http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/taustasateily/fi\\_FI/taustasateily/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/taustasateily/fi_FI/taustasateily/). Hakupäivä 14.6.2011.
27. Suomen ympäristö 25/2010. Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). 2010. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.
28. MAL 24.7.1981/555. Maa-aineslaki.
29. Kaivos- ja louhintatekniikka. 2011. 2. tarkistettu painos. Kaivannaisteollisuus ry – Opetushallitus 2011. Helsinki: Opetushallitus.
30. L10.6.2011/621. Kaivoslaki.