

Hiekkatekonurmioppaan sähköinen liiteosa 2

**OULUN
HIEKKATEKONURMIPINTAISEN
PESÄPALLOSTADIONIN
ENNAKKOTUTKIMUSRAPORTTI
(15.11.1996)**

Sisällysluettelo

1 Yleistä.....	2
2 Tutkimussuunnitelma.....	2
3 Ennakkotutkimukset.....	2
3.1 Materiaalitutkimukset.....	2
3.1.1 Materiaalit.....	2
3.1.2 Tutkimukset.....	3
3.1.3 Tulokset.....	3
3.2 Materiaalimoduulit.....	8
3.3 Koerakenteet.....	8
4 Laadunvalvontamittaukset.....	10
5 Kentän rakennekerrokset.....	12
5.1 Kuivatusrakenteet.....	12
5.2 Rakennekerrokset.....	12

1 Yleistä

Oulun pesäpallostadionin ennakkotutkimus liittyi Opetusministeriön, VTT Yhdyskuntatekniikan ja Tampereen teknillisen korkeakoulun (TTKK) rakennusgeologian laboratorion yhteisprojektiin ”Hiekkatekonurmi 95”, jossa tutkittiin ja kehitettiin hiekkatekonurmipintaisten pallokenttien suunnittelua, mitoittamista, rakentamista ja hoitoa. Tämän yhteistyön tuloksena syntyi vuonna 1997 Hiekkatekonurmiopas -julkaisu, joka laadittiin Suomen Palloliiton ja Suomen Pesäpalloliiton myötävaikutuksella ja Opetusministeriön rahoitustuella. Oppaassa esitettyä suunnittelumenetelmää testattiin Ouluun rakennetun pesäpallostadionin ennakkotutkimuksissa ja rakentamisen laadunvalvonnassa.

2 Tutkimussuunnitelma

Korkeatasoiselle pesäpallokentälle asetetaan erilaisia vaatimuksia; pinnan tulee olla tasainen, kulutusta kestävä, jousto-ominaisuuksiltaan sopiva sekä kauttaaltaan tasalaatuinen. Hyvän lopputuloksen saavuttaminen edellyttää ennakkosuunnittelua, mittauksia ja näytetutkimuksia, joilla selvitetään, täyttääkö valmis rakenne ja siihen käytetyt materiaalit asetetut laatuvaatimukset.

Oulun pesäpallostadioniin liittyvät tutkimukset:

1. Kenttärakenteen laskennallinen mitoitus
2. Laboratoriossa suoritettava materiaalitutkimus (kuivatuskerros, lämmöneristyskerros, kantava kerros, tasauserros)
3. Koerakenne
4. Laadunvalvontamittaukset kentällä

Tutkimukset on tehty TTKK:n rakennusgeologian laboratoriossa urakoitsijan toimittamista materiaaleista poislukien kenttärakenteen routamitoituksen tarkastus, jonka on tehnyt VTT:n tie- ja geotekniikan laboratorio.

3 Ennakkotutkimukset

3.1 Materiaalitutkimukset

3.1.1 Materiaalit

Urakoitsija (Oulun Autokuljetus Oy) toimitti seuraavat materiaalit tutkittaviksi:

- Kuivatuskerroksen Sr 0-100 mm
- Lämmöneristyskerroksen OKTO Hk
- Kantavan kerroksen KaM 0-64 mm
- (Profilointikerroksen KaM 0-32 mm) hylättiin!
- Profilointikerroksen KaM 0-16 mm

- (Tasauskerroksen KaM 0-4 mm) hylättiin!
- Tasauskerroksen SrM 0-6 mm

Lisäksi tutkittiin hiekkatekonurmen täyttöön tarkoitettu Kellon hiekka raekooltaan 0,4-1,2 mm.

3.1.2 Tutkimukset

Kuivatus- ja lämmöneristyskerroksen materiaaleille tehtiin seuraavat materiaalitutkimukset:

- Raekokojakautuma kuiva- ja pesuseulomalla
- Materiaalin optimivesipitoisuus ja maksimikuivatilavuuspaino

Kantavan ja profilointikerroksen materiaaleille tehtiin seuraavat materiaalitutkimukset:

- Raekokojakautuma kuiva- ja pesuseulomalla
- Hienoaineksen raekokojakautuma laserdiffraktiolla
- Materiaalin optimivesipitoisuus ja maksimikuivatilavuuspaino
- Raemuodon määrittäminen (liuskeisuus)

Tasauskerroksen materiaaleille tehtiin seuraavat tutkimukset:

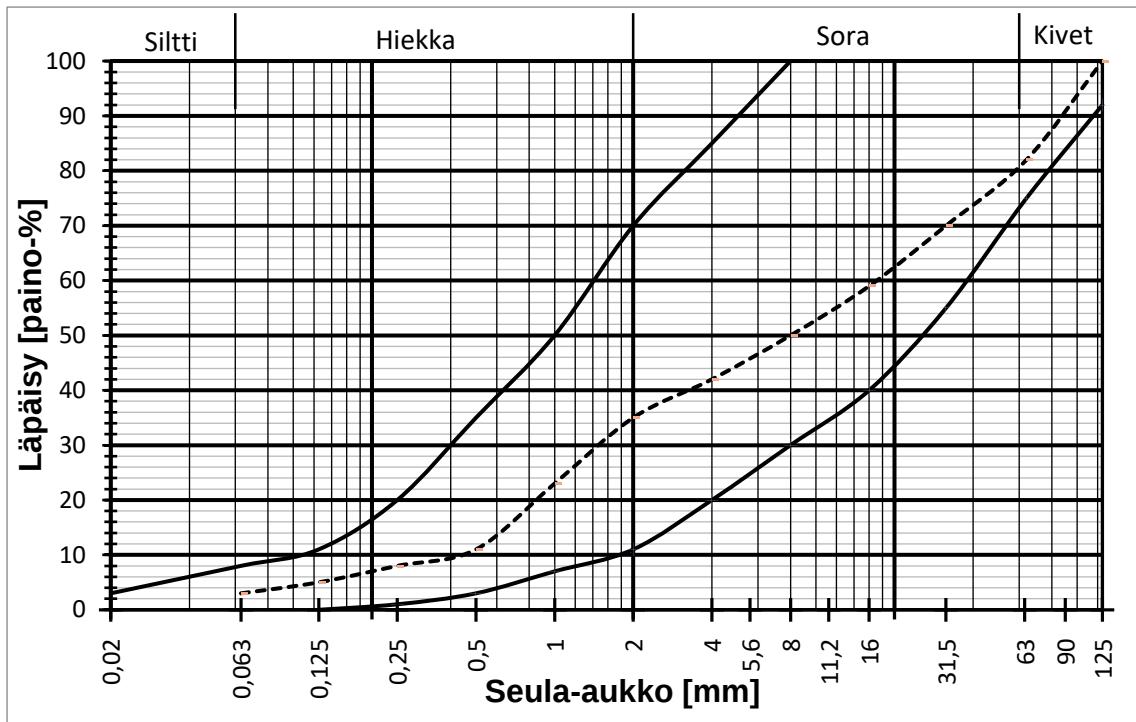
- Raekokojakautuma kuiva- ja pesuseulomalla
- Hienoaineksen raekokojakautuma laserdiffraktiolla
- Materiaalin optimivesipitoisuus ja maksimikuivatilavuuspaino
- Vedenläpäisevyys KaM 0-4 mm

Hiekkatekonurmeen tarkoitettulle hiekalle (Kello 0,4-1,2 mm) tehtiin seuraavat tutkimukset:

- Raekokojakautuma
- Raemuoto
- Mineraalikoostumus
- ICT-kulutuskoe

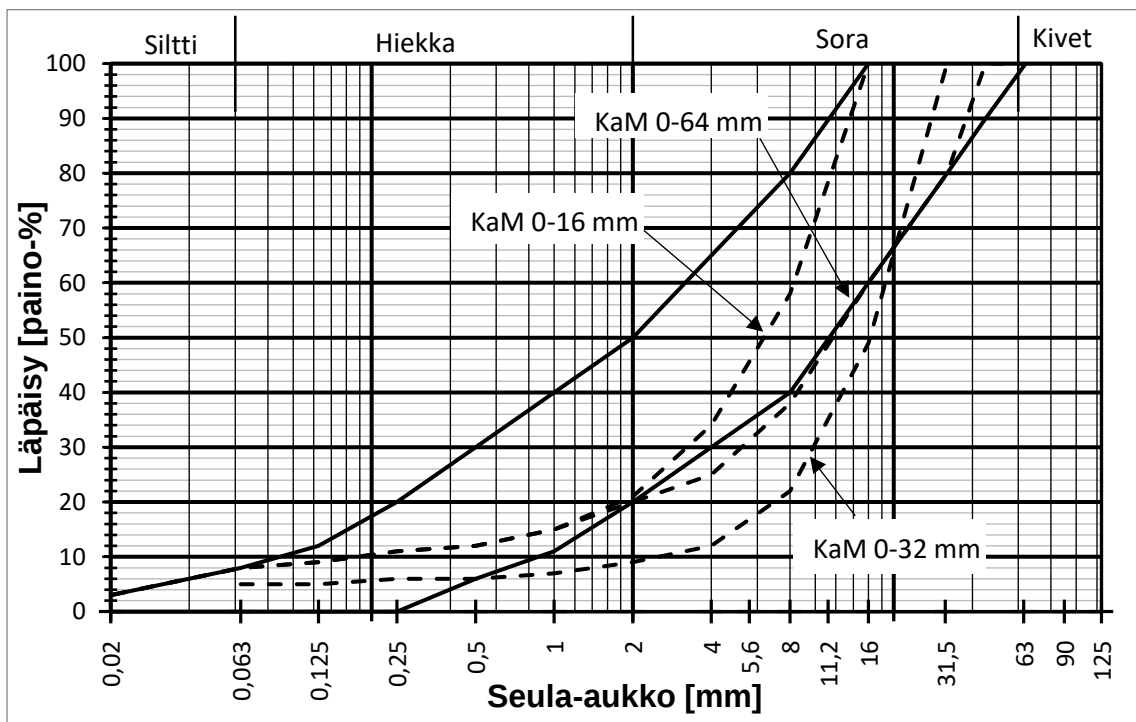
3.1.3 Tulokset

Kuivatuskerroksen (Sr 0-100 mm) rakeisuuskäyrä on esitetty kuvassa 1. Rakeisuuskäyrä osuu hyvin kuivatuskerrokselle asetetulle rakeisuuden ohjealueelle.



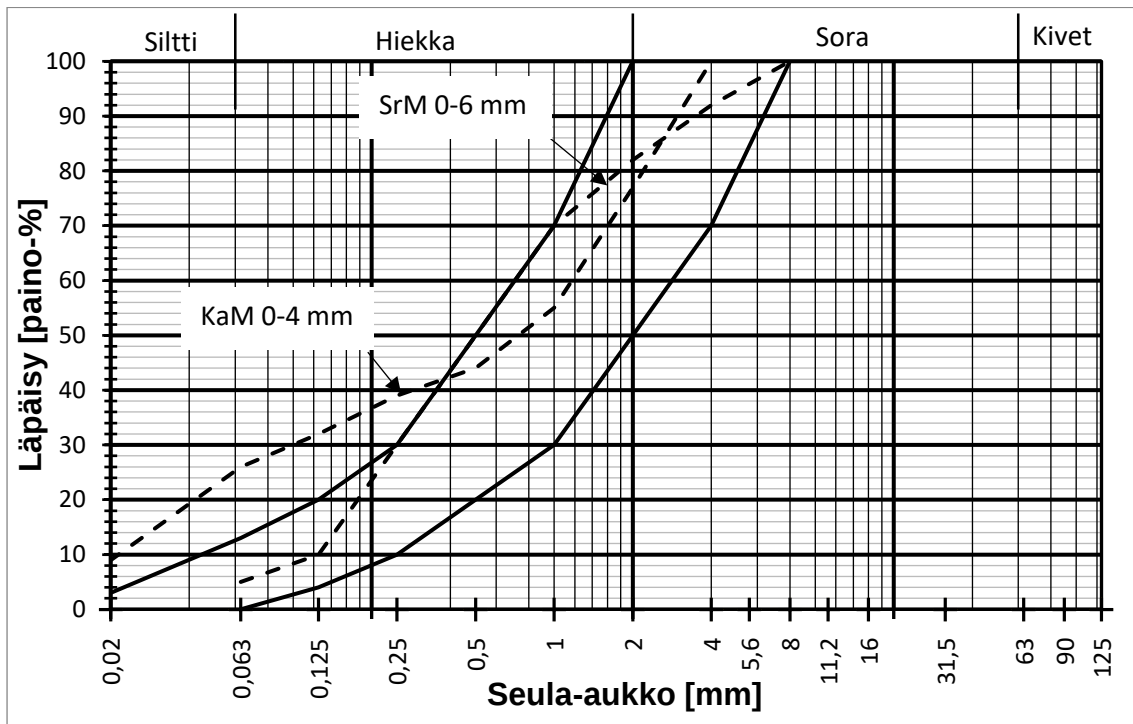
Kuva 1. Kuivatuskerrokseen käytetyn materiaalin (Sr 0-100 mm) rakeisuuskäyrä (- -) ja ohjealue (-).

Kantavan kerroksen (KaM 0-64 mm) ja profilointikerroksen (KaM 0-32 mm, urakoitsijan ensiksi esittämä materiaalivaihtoehto) kalliomurskeiden rakeisuuskäyrät ovat roikkuvia kulkien pääosin kantavan kerroksen materiaalin ohjealueen alapuolella (kuva 2).



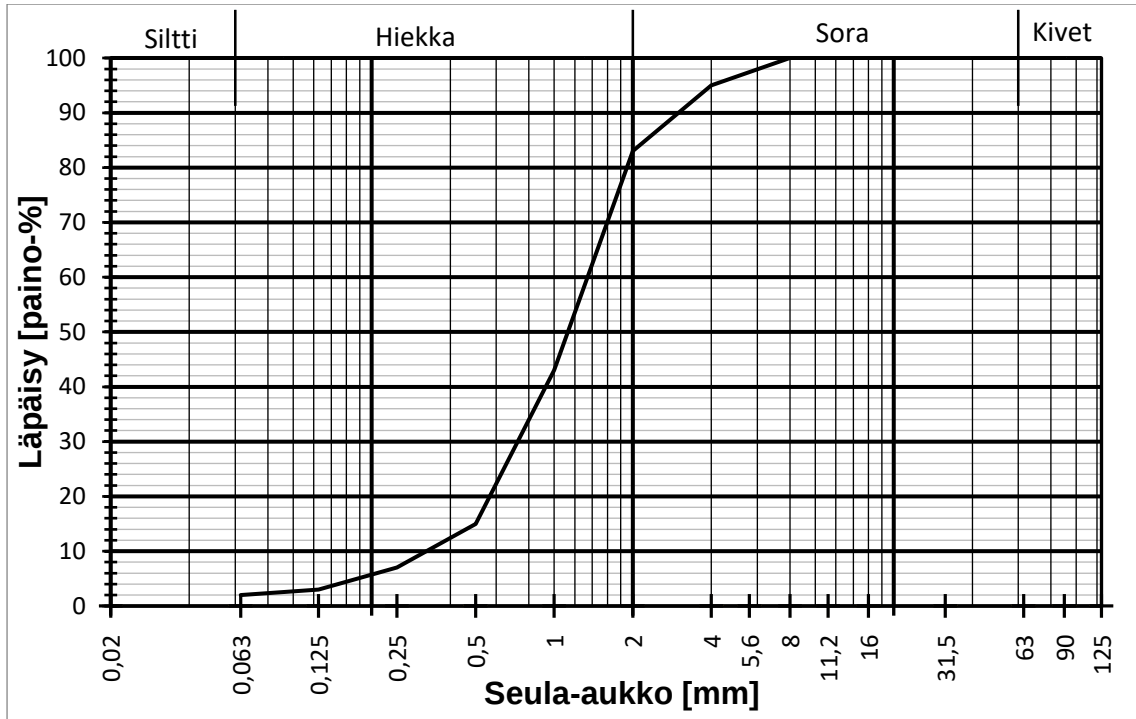
Kuva 2. Kantavan ja profilointikerroksen materiaalien rakeisuuskäyrät (- -) ja ohjealue (-).

Myös profilointikerroksen kalliomurskeen 0-16 mm (toinen profilointikerroksen materiaalivaihtoehto) rakeisuuskäyrä on roikkuva, mutta se sijoittuu pääosin ohjearvoalueelle (kuva 2). Tasauserrosmateriaali KaM 0-4 mm sisältää tasauserrosmateriaalin ohjearvokäyrään verrattuna liikaa alle 0,074 mm:n hienoainesta (kuva 3). Tällainen hienoainespitoinen materiaali pidättää hyvin vettä, mistä aiheutuu kosteissa olosuhteissa kantavuuden alenemista. Lisäksi materiaali läpäisee huonosti vettä (laboratoriossa määritetty vedenläpäisevyysarvo k on $2,6 \cdot 10^{-7}$ m/s). Soramurskeen 0-6 mm rakeisuuskäyrä sen sijaan sijoittuu pääosin tasauserrosmateriaalin raekokojakautuman ohjearvoalueelle (kuva 3). Rakeisuuskäyrän perusteella soramurske on hyvin vettäläpäisevää.



Kuva 3. Tasauserroksen materiaalien rakeisuuskäyrät (---) ja ohjealue (—).

OKTO -hiekan 0-4 mm rakeisuuskäyrä on esitetty kuvassa 4.



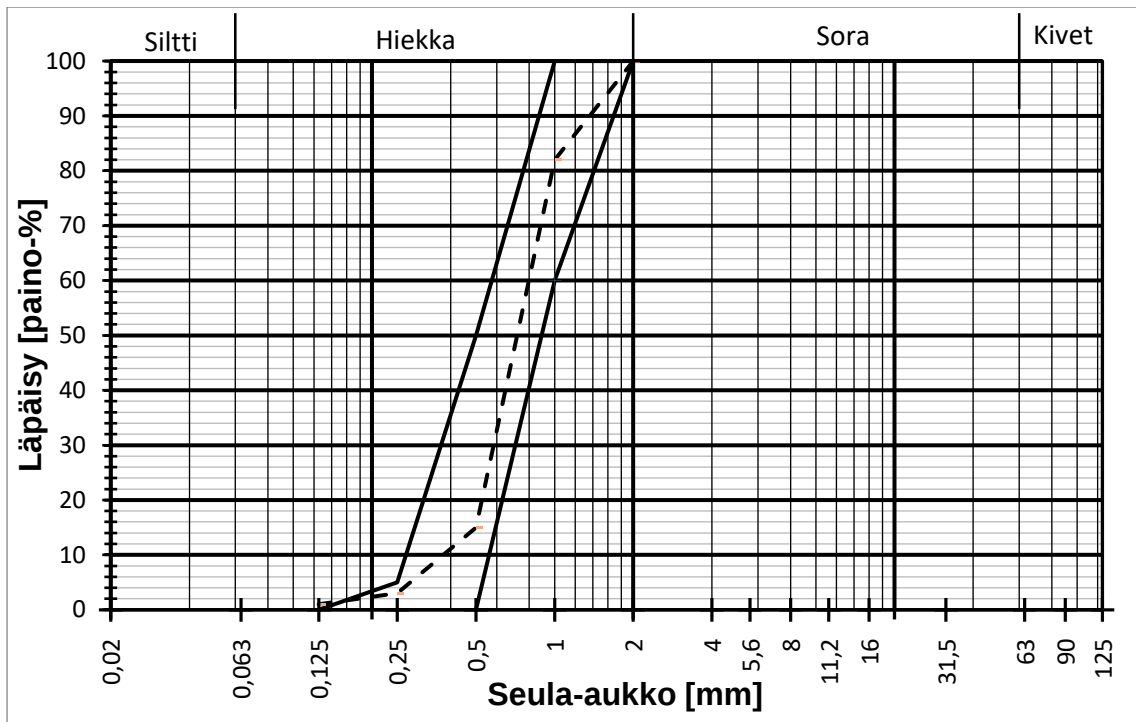
Kuva 4. Lämmöneristykseen käytetyn OKTO -hiekan rakeisuuskäyrä.

Muut materiaalikokeista saadut tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Materiaalitutkimustulokset

Materiaali	Optimivesisipitoisuus [%]	Maksimikuivatilavuuspaino [kN/m ³]	Rae muoto
Kuivatuskerroksen Sr 0-100 mm	4,5	22,8	
Lämmöneristyskerroksen OKTO Hk	10,0	18,3	
Kantavan kerroksen KaM 0-64 mm	5,0	23,5	III
Profilointikerroksen KaM 0-32 mm	3,0	20,9	II
Profilointikerroksen KaM 0-16 mm	7,0	22	II
Tasauskerroksen KaM 0-4 mm	7,0	20,8	
Tasauskerroksen SrM 0-6 mm	8,0	19,7	

Kuvassa 5 on esitetty Kellon hiekan 0,4-1,2 mm rakeisuuskäyrä ja hiekkatekonurmen täyttöön tarkoitetun hiekan rakeisuuden ohjealue.



Kuva 5. Hiekkatekonurmen hiekan rakeisuuden ohjealue (—) ja Kellon hiekan rakeisuuskäyrä (---).

Tutkittu Kellon hiekka täyttää rakeisuudeltaan ”Hiekkatekonurmiopas” -julkaisussa tekonurmihiekalle esitetyt vaatimukset.

Hiekan raemuoto määritettiin videomikroskoopilla suoritettulla silmämääräisellä tarkastelulla. Hiekkarakeiden muoto on pääosin pyöristynyt ja pinta sileähkö, minkä ansiosta ne kuluttavat tekonurmen nukkaa vähemmän kuin teräväsärmäiset rakeet. Hiekan kiilleliuskerakeet ovat kulmikkaita ja pitkänomaisia. Hiekka täyttää Hiekkatekonurmiopas -julkaisun suositukset tekonurmen hiekkatäyttöön tarkoitetun hiekan raemuodosta.

Hiekan mineraalikoostumus määritettiin puolikvantitatiivisesti röntgendiffraktiolaitteistolla kahdesta rinnakkaisnäytteestä. Tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kellon hiekan mineraalikoostumus

Mineraalit	Määrä [%]
Kvartsi	44
Plagioklaasi	36
Kalimaasälpä	20

Em. mineraalien lisäksi hiekka sisältää pieniä määriä biotiittia ja kloriittia. Hiekkarakeille tehtiin lisäksi ohuthietutkimus, jossa havaittiin osan hiekkarakeista olevan hienorakeista kiilleliusketta (fylliitti). Ko. kiilleliuske on pehmeää ja huonosti kulutusta kestävä. Tämän takia hiekalle tehtiin myös kulutuskoe ICT-laitteistolla. Kokeessa kulutetaan (pyörivä työliike)

raekooltaan 0,5-1,0 mm:n n. 35 mm:n paksuista hiekkänäytettä työsylinterissä kahden keskenään samansuuntaisen levyn välissä kuuden baarin työpaineella 406 kierrosta. Hiekan kosteuspitoisuus kokeessa on 5 %. Tutkittu hiekka alittaa Hiekkatekonurmiopas -julkaisun mukaisen hiekkatekonurmen täyttöhiekan hienoneman (# 0,5 mm:n seulan läp.-%) maksimiarvon (10 %).

3.2 Materiaalimoduulit

Rakenteen joustoa on mahdollista arvioida laskennallisesti, jos tunnetaan alusrakenteen joustomoduuli sekä päälle tulevien materiaalikerrosten joustomoduulit ja paksuudet. Materiaalimoduulimäärittämisessä muotittiin (betonialusta) tiivistettiin 10 cm:n kerros SrM # 0-12 mm. Tämän alustan päälle tiivistettiin tutkittavia rakennekerrosmateriaaleja. Moduulimäärittäykset tehtiin mittaamalla Loadman -pudotuspainolaitteella alustan ja tutkittavan kerrosrakenteen päältä joustomoduulit. Tutkimuksissa käytettiin laitteiston vakiokokoonpanoa ($m=10$ kg, $E_a=166$, pohjalevy Ø 132 mm). Kunkin rakennekerroksen päältä tehtiin 54 pudotuspainokoe (6 koesarjaa yhdeksästä eri kohtaa). Mittaustuloksista Odemarkin kaavalla lasketut materiaalimoduulit (Loadman-moduulit) on esitetty taulukossa 3. Moduulit vastaavat mittaussarjojen kahden viimeisen mittauskerran tuloksia, joissa pudotuspainokoe ei enää tiivistänyt rakennetta.

Taulukko 3. Rakennekerrosmateriaalien materiaalimoduuleja Loadman -pudotuspainomittauksista määritettynä.

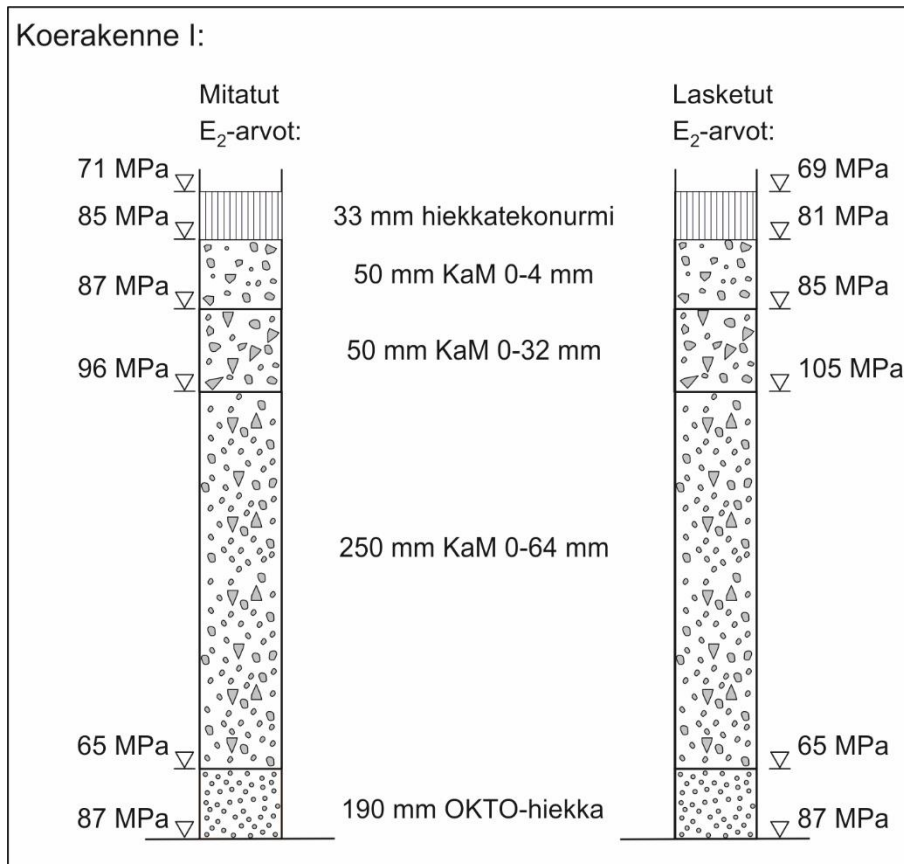
Materiaali	Materiaalin Loadman-moduuli [MPa]
Kuivatuskerroksen Sr 0-100 mm	106
Lämmöneristyskerroksen OKTO Hk	60
Kantavan kerroksen KaM 0-64 mm	120
Profilointikerroksen KaM 0-32 mm	52
Profilointikerroksen KaM 0-16 mm	80
Tasauskerroksen KaM 0-4 mm	71
Tasauskerroksen SrM 0-6 mm	78

3.3 Koerakenteet

Koerakenteet tehtiin metalliastiaan, jonka halkaisija on 690 mm ja korkeus 700 mm. Koerakenteeseen rakennettiin pinnan jouston kannalta merkitykselliset kerrokset. Koerakenteeseen rakennetut kerrokset on esitetty kuvissa 6 ja 7. Kerrokset tiivistettiin kunkin materiaalin optimivesipitoisuudessa.

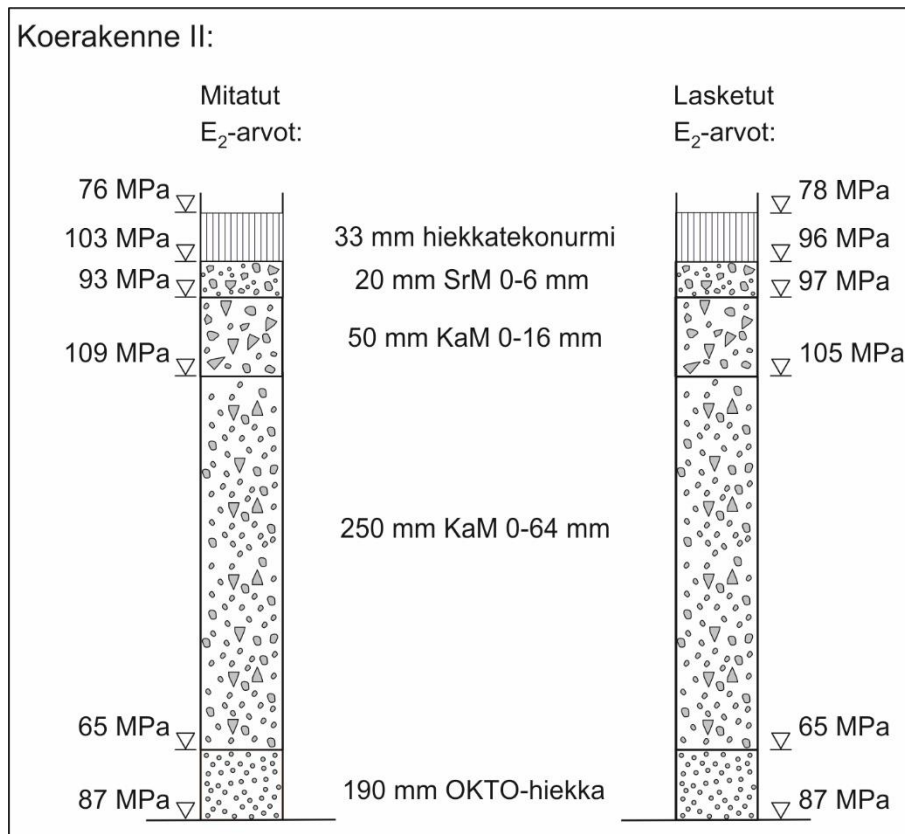
Kunkin kerroksen joustomittaus tehtiin pudotuspainolaitteella (Loadman) kuudesta kohtaa alustaa kuusi kertaa peräkkäin, joista toisia tuloksia (E_2) käytettiin vertailussa. Eri rakennekerrosten päälle on merkitty ko. kerroksen pinnasta mitatut (E_2) joustomoduulien arvot (kuvat 6 ja 7). Vastaavasti kuvissa esitetään ennakkolaskennoissa käytetyillä materiaalimoduuleilla (taulukko 3) laskelmalla kerros kerrokselta saatu pinnan jousto.

Joustomoduuliltaan sopivia materiaaleja käyttäen voidaan kenttärakenteen pinnan jousto mitoittaa halutunlaiseksi.



Kuva 6. Koerakenne I sekä rakennekerrosten päältä mitatut/lasketut joustomoduulien (E_2) arvot.

Koerakenteessa I käytetyt kantavan ja profilointikerroksen materiaalit ovat rakeisuudeltaan ohjealueen ulkopuolella. Kantavan kerroksen materiaalit eivät myöskään täytä muotoarvon osalta pallokenttien ko. materiaaleilta vaadittua muotoarvoluokkaa II. Hienoainespitöisen tasauskerrosmateriaalin (KaM 0-4 mm) huono vedenläpäisevyys ja/tai suuri vedenpidätyskyky saattaa aiheuttaa ko. kerroksen kantavuuden alenemista märissä olosuhteissa. Lisäksi tasauskerrokseen tarkoitettu kalliomurske oli routivaa. Materiaalin rakeisuuskäyrän alapää (0,02 mm:n läpäisy 9 %) ulottui tielaitoksen laadunvalvontaohjeiden mukaan routivalle alueelle. Näistä syistä koerakenteessa 1 käytetyt profilointi- ja tasauskerroksen materiaalit hylättiin ja ne korvattiin urakoitsijan valitsemilla uusilla profilointikerroksen (KaM 0-16 mm) ja tasauskerroksen (SrM 0-6 mm) materiaaleilla. Kantavan kerroksen materiaalin (KaM 0-64 mm) katsottiin tiivistyvän riittävän hyvin, vaikka materiaalin muotoarvoluokka olikin vain III, joten sitä ei vaihdettu uuteen materiaaliin. Em. uusilla materiaaleilla rakennettiin koerakenne 2. Kuvissa 6 ja 7 esitetyt mittaukset on tehty ilman hiekkatekonurmimaton alla olevaa suodatinkangasta, koska kankaan kanssa pinnalta mitattiin n. 10 MPa pienempiä arvoja kuin ilman suodatinkangasta.

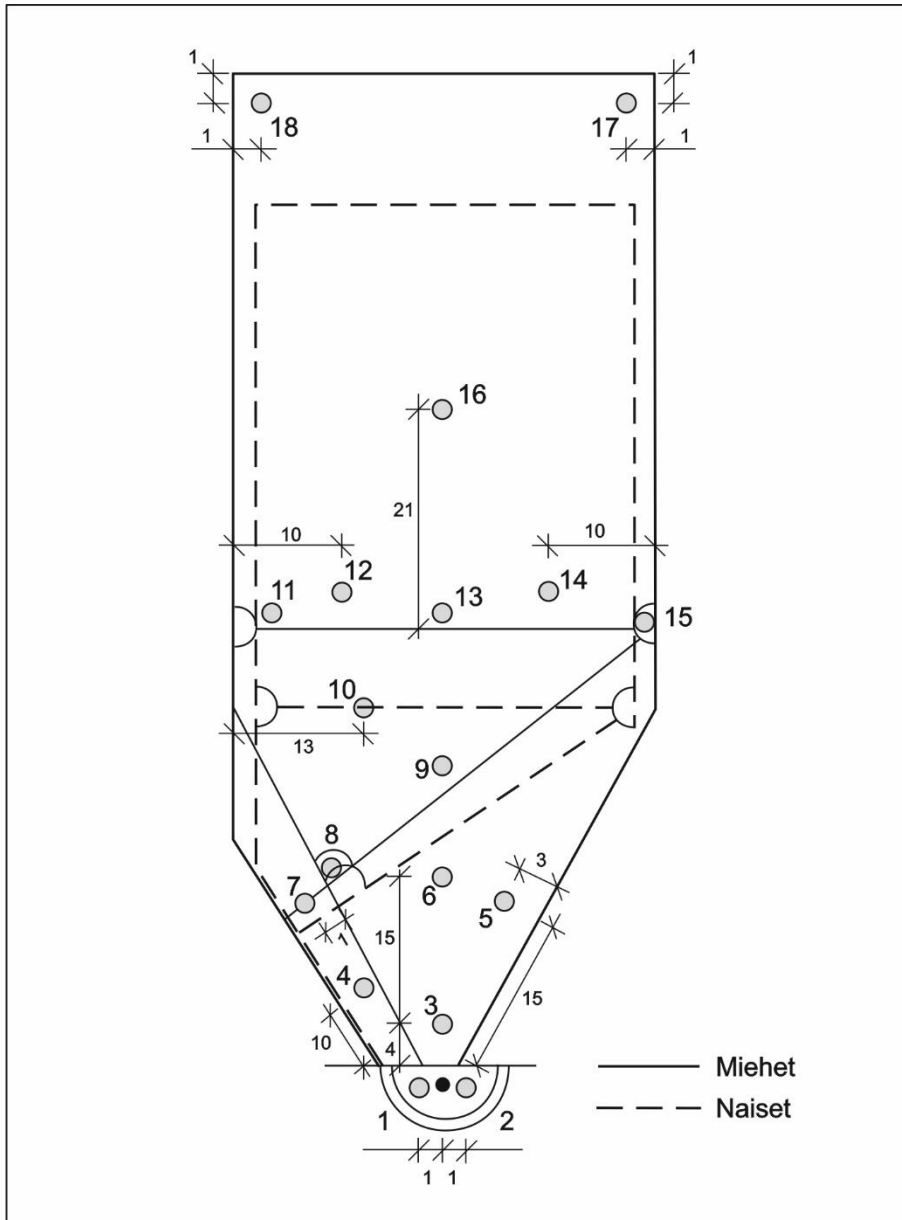


Kuva 7. Koerakenne II sekä rakennekerrosten päältä mitatut/lasketut joustomoduulien (E_2) arvot.

Koerakenteesta II saadut Loadman-arvot ovat hieman suurempia kuin ensimmäisestä rakenteesta saadut arvot. Koerakenteen II perusteella voitiin päätellä rakenteen materiaalien soveltuvan tyydyttävästi hiekkatekonurmen alusrakenteeksi. Tutkituilla rakennekerrosmateriaaleilla päästään hieman pehmeänä pidettyjen pesäpallokenttien joustotasoon. Laboratoriossa mitatuilla rakenteilla on yleensä ollut kuitenkin pienempiä moduuleja kuin luonnonolosuhteissa. Ulkona rakenne (pinnoite) ajan oloon kuitenkin tiivistyy ja pintamoduuliksi saadaan uutta rakennetta korkeampi arvo.

4 Laadunvalvontamittaukset

Oulun pesäpallstadionilta tehtiin rakennekerrosten jouston laadunvalvontamittauksia kolmesta eri kerroksesta: kantavasta kerroksesta, tasauskerroksesta ja hiekkatekonurmen pinnalta. Mittaukset suoritettiin Loadman-pudotuspainolaitteella 18 pisteestä vakiokaavion mukaisesti (kuva 8).



Kuva 8. Pudotuspainolaitemittauksissa pesäpallokentällä käytetty pudotuspistekaavio.

Kussakin pisteessä suoritettiin viidestä kuuteen pudotusta, joista vertailuarvona käytettiin E_2 -arvoa (toinen pudotus). Saaduista 18 E_2 -arvosta laskettiin kentän keskiarvo. Lisäksi profilointi- ja tasauskerrokselle laskettiin pisteittäin tiivistyvyyttä kuvaava E_2 / E_1 -suhde. Saadut tulokset ovat taulukossa 4.

Taulukko 4. Profilointi- ja tasauskerroksen joustomoduulit sekä tiivistyvyys.

Rakennekerros	Joustomoduuli E_2 (ka.) [MPa]	Tiivistyvyys (ka.) E_2 / E_1 -suhde
Profilointikerros (KaM 0-16 mm)	102	1,45
Tasauskerros (SrM 0-6 mm)	111 *)	1,53

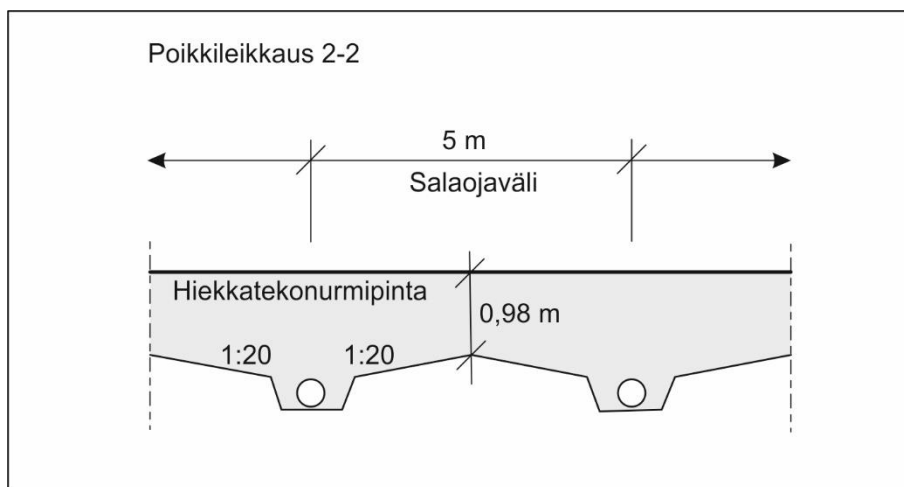
*) Tasauskerrosta tiivistettiin Loadman-mittauksen jälkeen koko kentän alueella.

Oulun hiekkatekonurmelta mitattujen E_2 -arvojen keskiarvo on 68 MPa ja keskihajonta 6,2. Kentältä saadut koerakennetta pienemmät joustomoduulien arvot johtuvat kentällä olleen hiekkatekonurmimaton (13 MPa) koerakenteessa käytettyä mattoa (20 MPa) pienemmästä materiaalimoduulin arvosta. Kenttien rakennekerrosten joustomoduulit kasvavat, koska kentissä tapahtuu rakenteiden tiivistymistä ajan, sään ja kuormituksen vaikutuksesta sekä alusrakenteen ja maton yhteistoiminta paranee.

5 Kentän rakennekerrokset

5.1 Kuivatusrakenteet

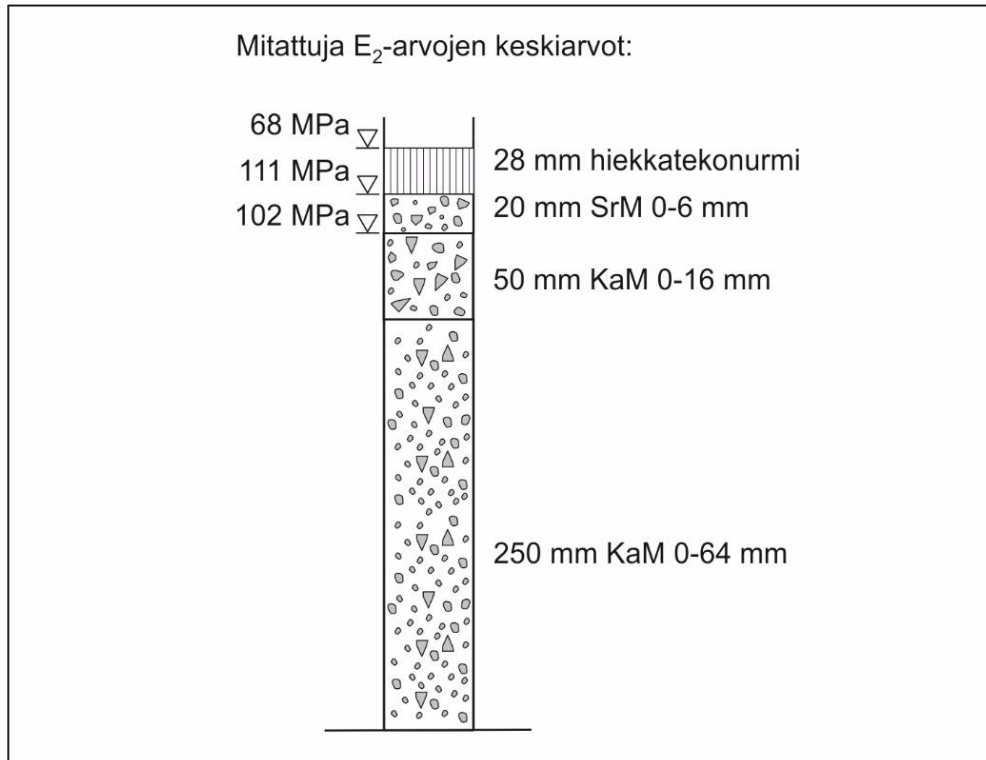
Kuvassa 9 on esitetty Oulun pesäpallostadionin hiekkatekonurmipinnan kuivatusjärjestely.



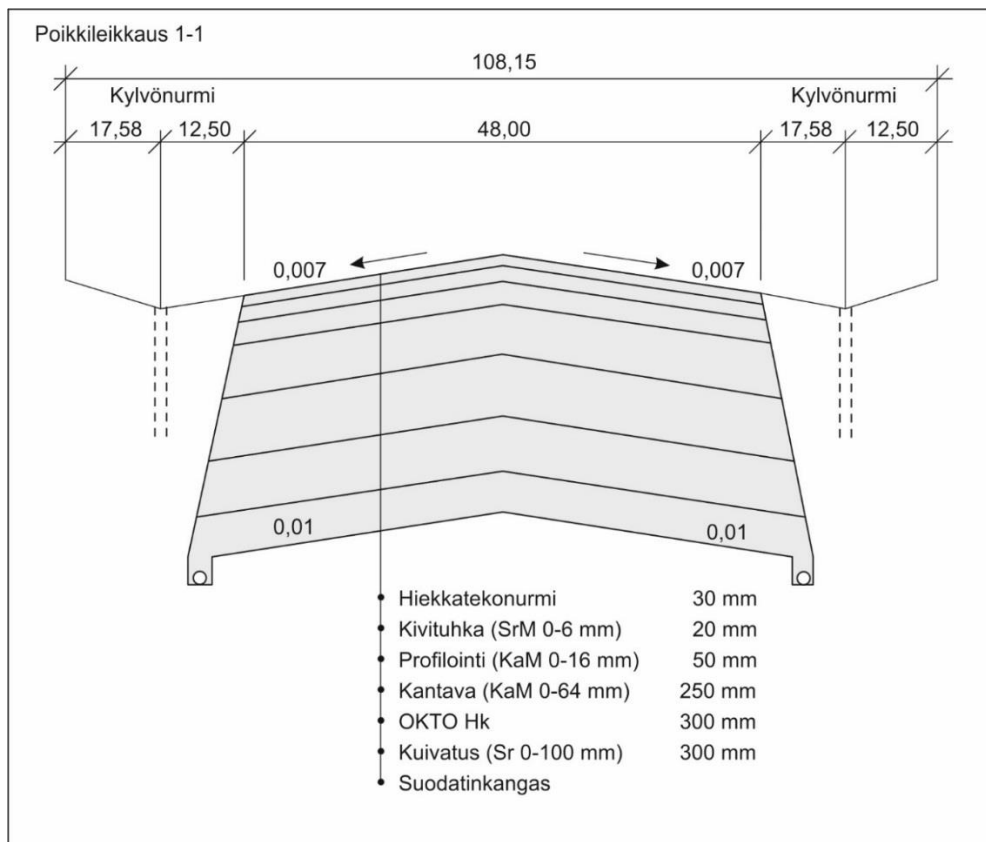
Kuva 9. Oulun pesäpallostadionin hiekkatekonurmipinnan alaiset salaojat.

5.2 Rakennekerrokset

Kuvassa 10 on esitetty kantavan, profilointi- ja pintakerroksen päältä mitatut joustomoduulit ja kuvassa 11 Oulun pesäpallostadionin toteutuneet rakennekerrokset.



Kuva 10. Oulun pesäpallostadionin rakennekerrosten päältä mitatut joustomoduulit.



Kuva 11. Oulun pesäpallostadionin rakennekerrokset.