

**Lubjakivifilleri ja tardkivitolmu mõju erinevused
asfaltsegu deformatsiooni- ja veekindlusele**

UURIMISTÖÖ ARUANNE

AS Teede Tehnokeskus

2011-15



MAANTEEAMET

Tallinn 2011

Uurimistöö koostamisel osalesid:

Marek Truu (AS Teede Tehnokeskus)

Silver Siht (AS Teede Tehnokeskus)

Uurimistöö valmimisele aitasid kaasa:

Taivo Möll (AS Teede Tehnokeskus)

Janek Hendrikson (AS Teede Tehnokeskus)

Sven Pihel (AS Lemminkäinen Eesti)

Enno Needrit (AS ABT Revador)

**LUBJAKIVIFILLERI JA
TARDKIVITOLMU MÕJU ERINEVUSED
ASFALTSEGUDE DEFORMATSIOONI-
JA VEEKINDLUSELE
UURIMISTÖÖ ARUANNE**

Vastutav teostaja: Marek Truu

Projektijuht

Tallinn, 2011

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	5
UURIMISTÖÖ IDEOLOOGIA	6
LÄHTEMATERJALID	7
ASFALTSEGUDE PROJEKTEERIMINE, SEGAMINE JA KATSETAMINE	8
Baaskatsetulemused.....	9
Tugevusomadused	18
Muud katsed	29
Muud tähelepanekud	30
FILLERI KASUTAMISEST KIRJANDUSE PÕHJAL.....	30
JÄRELDUSED JA SOOVITUSED	38
KOKKUVÕTE.....	41
KASUTATUD KIRJANDUS	42
LISA	44
LISA 1. Katseprotokollid	45
LISA 2. Joonised. Üksiproovide katsetulemuste võrdlus.....	47

SISSEJUHATUS

Definitsiooni kohaselt on *filler* eraldi toodetud, määratud terakoostise ja füüsikalise omadustega mineraalne pulber asfaltsegude omaduste parendamiseks. Lubjakivifilleriks loetakse standardjärgselt fillerit, mille CaCO_3 sisaldus on 70% või rohkem. *Mineraalne pulber* on aga tolme täitematerjal (nt filtritolm), millest suurem osa läbib 0,063 mm sõela ja mida võib lisada asfaltsegudele.

EVS 901-1:2009 kohaselt tuleb asfaltsegudes kasutada lubjakivifillerit. Selline nõue tuleneb varasematest, endises NSVL's tehtud uuringutest ja nende põhjal koostatud nõuetest. Nendele kogemustele tuginedes on püstitatud ka nõue, mille kohaselt peab lubjakivifilleri osakaal asfaltsegude peenosises olema vähemalt 50%.

Viimastel aastakümnetel ei ole sarnaseid uuringuid Eestis läbi viidud, küll aga on oluliselt muutunud asfaltsegudes kasutatavad segu komponendid, kasutusel on uued segud ning ka kaasaegne tehnika asfaltsegude tootmiseks ja paigaldamiseks. Seetõttu, arvestades tänaseid tingimusi ning teades, et paljudes riikides puudub lubjakivifilleri kasutamise kohustus asfaltsegudes, on päevakorda kerkinud küsimus, kas selline nõue on ikkagi tänapäeval põhjendatud.

Lisaks eeltoodule on praktikas tihti peale ka problemaatiline tagada lisandfilleri sellist minimaalset osakaalu valmissegu peenosise massist, kuna turul ei ole sageli saada piisavalt väikese tolmusisaldusega algmaterjali (tardkivisõelmeid) ning fillerit nõutud koguses kasutamine toob kaasa tardkivitolmu mõningase ülejäägi.

Arvestades eeltoodut ning võttes arvesse asjaolu, et tänaseks päevaks on välja töötatud kaasaegsed katsetoodikad, mis imiteerivad raskeliikluse mõju asfaltkattele, on võimalik läbi viia küllaltki usaldusväärsed uuringud, selgitamaks erineva päritoluga (lubjakivifiller ja tardkivitolm) peenosiste erinevat mõju asfaltsegu olulisi omadusi iseloomustavatele näitajatele (sh. deformatsioonikindlus, Marshalli stabiilsus ja voolavus ning veekindlus).

Käesoleva uuringu eesmärk on laboratoorsete katsetuste ning katseandmete hilisema analüüsiga välja tuua seosed erinevate peenosiste mõjust asfaltsegude omaduste muutustele.

Käesoleva uurimistöö koostajaks on AS Teede Tehnokeskus ning tellijaks Maanteeamet.

UURIMISTÖÖ IDEOLOOGIA

Uurimistöö põhineb senisel teadmisel, et asfaltsegu omadused sõltuvad peenosise omadustest ning eeldusest, et laboratoorselt erineva peenosisega koostatud asfaltsegu erinevad omadused on tõendatavad laboratoorsete katsetulemuste analüüsi käigus. Uurimistöös kasutatakse asfaltsegudena Eestis enamkasutatavaid segusid - SMA12 ning AC12surf ning peenosisena nendes täpselt doseerituna erinevates vahekordades lubjakivifillerit ja tardkivitolmu.

Asfaltsegu omaduste sõltuvuslike seoste uurimiseks peenosise omadustest varieeritakse peenosist asfaltsegudes alljärgnevalt:

- Tüüp LF – 100% lubjakivifiller¹
- Tüüp 50 – 50% lubjakivifiller, 50% tardkivitolm
- Tüüp TT – 100% tardkivitolm

Lisaks uuritakse töös nakkeparandaja mõju asfaltsegu omadustele AC segu Tüüp 50 baasil. Selline segu on tähistatud uuringus AC-50W. Nakkeparandajana kasutatakse uuringus Wetfix AK-17 (Eestis enim kasutatav nakkeparandaja).

Seega käsitletakse ja võrreldakse uuringus alljärgnevaid kombinatsioone:

Tabel 1 Uurimistöös kasutatavad asfaltsegutähistused

Asfaltsegu	Peenosis		
	Tüüp LF	Tüüp 50	Tüüp TT
AC12surf 70/100	AC-LF	AC-50 / AC-50W	AC-TT
SMA12 70/100	SMA-LF	SMA-50	SMA-TT

Asfaltsegu omaduste erinevuste selgitamiseks määratakse deformatsioonikindlus (EVS-EN 12697-22), veespüsivus (EVS-EN 12697-12) ja AC-segudel Marshalli stabiilsus ja voolavus (EVS-EN 12697-34)

¹ Lubjakivifilleri 100% osakaal on tinglik, tulenevalt tehnoloogilistest piirangutest saavutati laboris reaalselt lubjakivi fillerit osakaal peenosises ca 90% ja tardkivitolmu osakaal 10%.

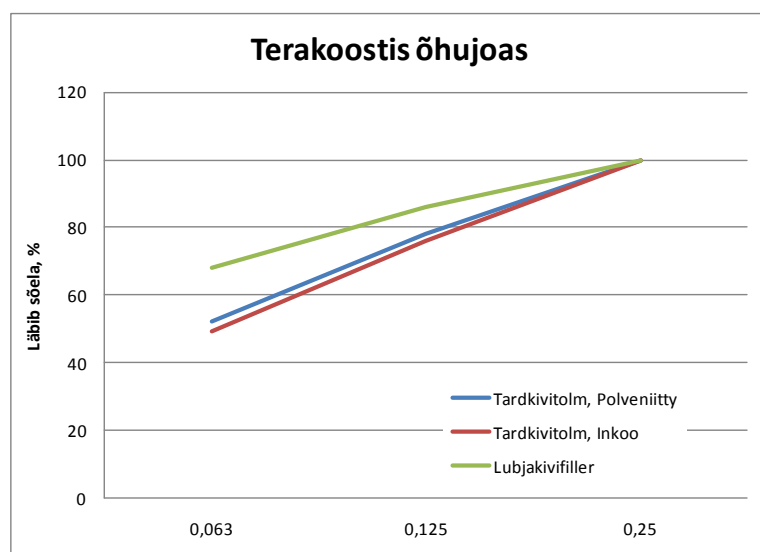
LÄHTEMATERJALID

Asfaltsegude parima võrreldavuse tagamiseks ning peenosise erinevustest tulenevate mõjude kindlaksmääramiseks kasutatakse asfaltsegude koostamisel võimalikult homogeensete omadustega lähtematerjale.

Täitematerjalina on kasutatud AC segude puhul Inkoo karjääri materjali ja SMA segude puhul Polveniitty karjääri materjali. Materjalide omadused on toodud lisas 1. Tabel. Asfaltsegude mõned peamised omadused

Tabel 2. Asfaltsegude mõned peamised omadused

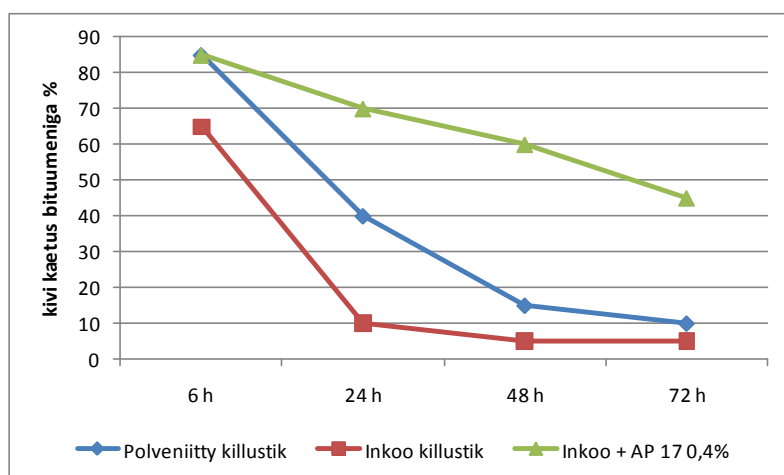
Omadus	Inkoo karjääri materjal (AC)	Polveniitty karjääri materjal (SMA)
Osakeste tihedus ja veeimavus (EVS-EN 1097-6), kg/m ³	2,66 (fr 8/11,2)	2,9 (fr 6,3/12,5)
Veeimavus (EVS-EN 1097-6), %	0,3	0,3
Purunemiskindlus (EVS-EN 1097-2 e. Los Angelese katse) (fr 10/14), %	19 (fr 10/14)	11 (fr 8/11,2)



Joonis 1. Peenosise terakoostis õhujoas EVS-EN 933-10 järgi

Tabel 3. Kasutatud sideaine - naftabituumeni B-80 (70/100) peamised omadused

Omadus	Tulemus
Penetratsioon (EVS-EN 1426)	73
Pehmenemistäpp (EVS-EN 1427)	46,6


Joonis 2. Täitematerjalide nake bituumeniga

ASFALTSEGUDE PROJEKTEERIMINE, SEGAMINE JA KATSETAMINE

Asfaltsegud projekteeriti vastavalt EVS 901-3 terakoostise nõuetele. Kõikide koostatud asfaltsegude projektid on toodud lisa 1. Segud projekteeriti võimalikult segu terakoostise piirväärtuste välja keskele. Vastavalt koostatud projektidele valmistati ühtekokku 7 erinevat segu: AC-LF, AC-TT, AC-50, AC-50W, SMA-LF, SMA-TT, SMA-50.

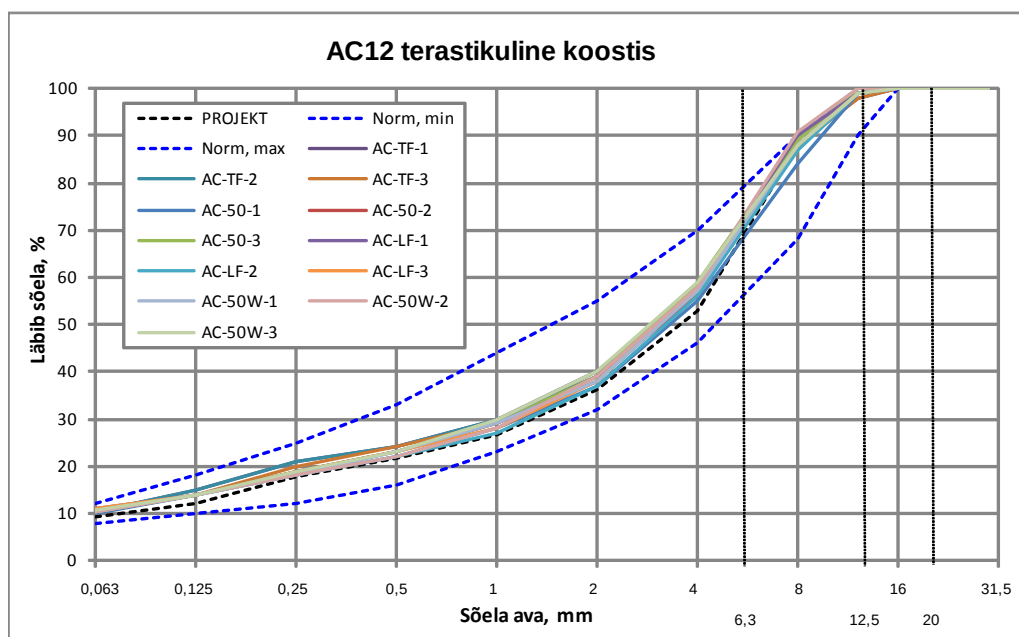
Segude segamisel kasutati laboratoorset segistit. Vältimaks mitmekordsest segamisega kaasnevat ebaühtlust, viidi segamine läbi suure laboratoorse segistiga (ühelikordse segu kogus 30...35 kg). Laboratoorselt segatud segud katsetati usaldusväärsete tulemuste saamiseks kolme paralleelkatsega, kokku 21 proovi: AC segusid 3 x 4 = 12 proovi ja SMA segusid 3 x 3 = 9 proovi. Teostati järgmised katsed:

- Terastikuline koostis EVS-EN 12697-1 (AC ja SMA)

- Sideaine sisaldus EVS-EN 12697-2 (AC ja SMA)
- Näiv erimass EVS-EN 12697-5 (meetod A) (AC ja SMA)
- Mahumass EVS-EN 12697-6 (meetod B) (AC² ja SMA³)
- Marshalli stabiilsus ja voolavus EVS-EN 12697-34⁴ (AC)
- Veekindluse katse EVS-EN 12697-12 (meetod A) (AC⁵ ja SMA⁶)
- Deformatsioonikindlus EVS-EN 12697-22 (väike seade, meetod B - õhus, 50°C) (AC ja SMA)

Baaskatsetulemused

Kõik katsetulemused on toodud lisas 1. Alltoodud joonistelt on näha, et katsetatud segude terastikuline koostis on ühtlane.



Joonis 3. AC12surf segu terastikuline koostis

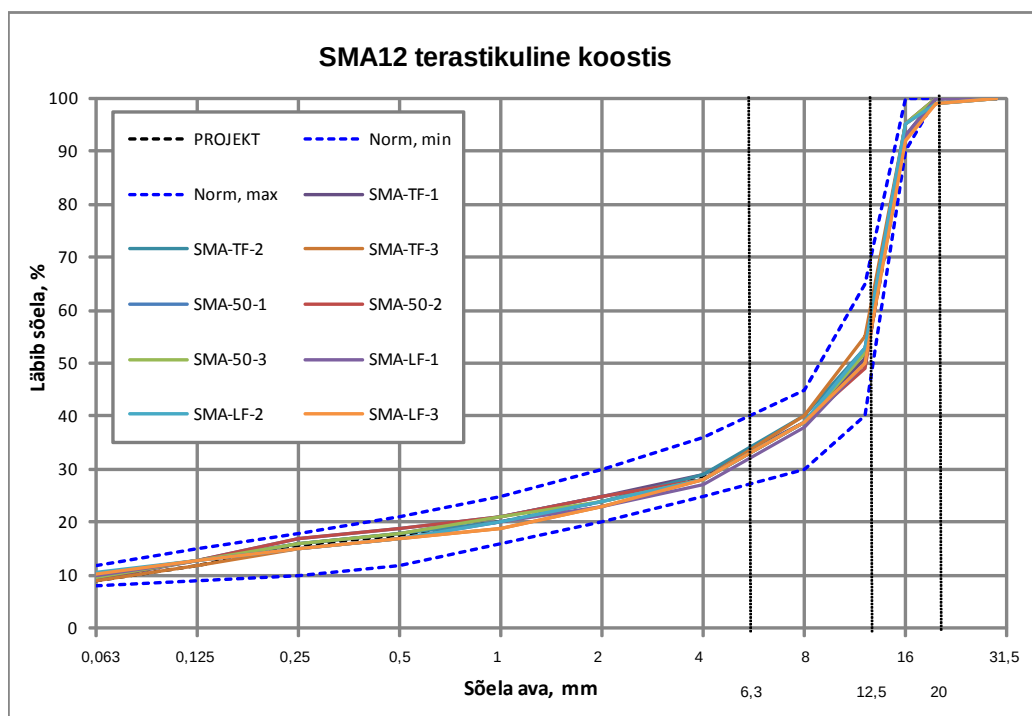
² AC12 70/100 laboratoorsed proovikehad diameetriga 100 mm valmistatakse Marshalli tambiga EVS-EN 12697-31 järgi (2 x 50 lööki)

³ SMA12 70/100 laboratoorsed proovikehad diameetriga 100 mm valmistatakse güratortihendajaga EVS-EN 12697-30 järgi (120 pööret)

⁴ Laboratoorsed proovikehad diameetriga 100 mm valmistatakse Marshalli tambiga EVS-EN 12697-31 järgi (2 x 50 lööki)

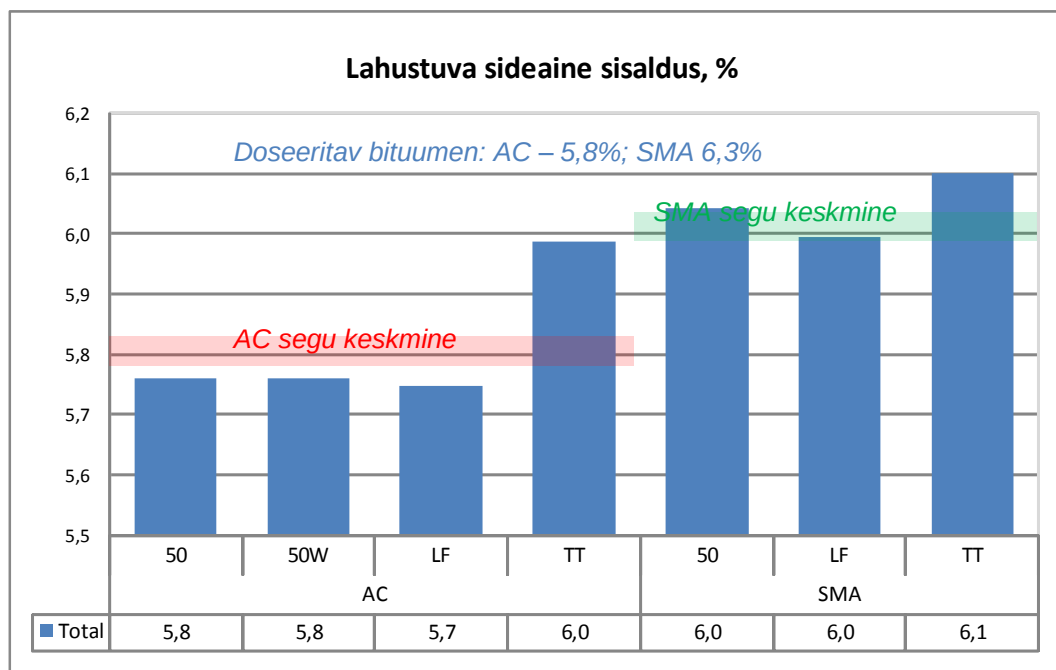
⁵ AC12 70/100 laboratoorsed proovikehad diameetriga 100 mm valmistatakse Marshalli tambiga EVS-EN 12697-31 järgi (2 x 35 lööki)

⁶ SMA12 70/100 laboratoorsed proovikehad diameetriga 100 mm valmistatakse güratortihendajaga EVS-EN 12697-30 järgi (50 pööret)

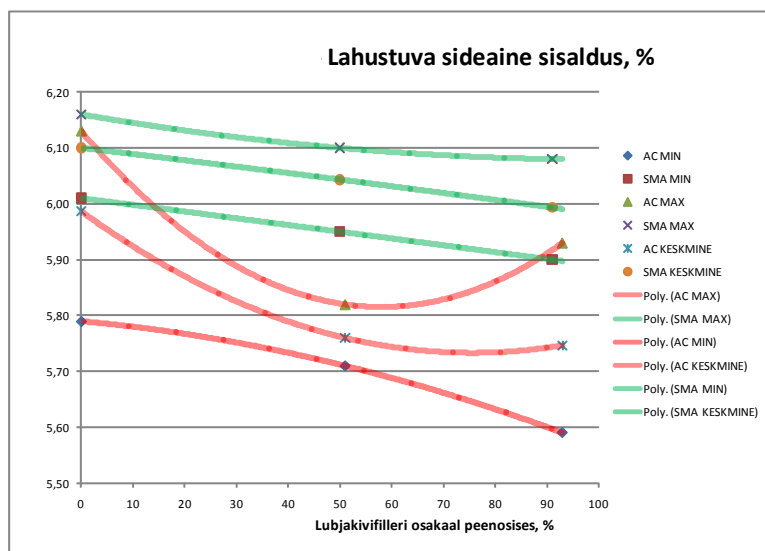


Joonis 4. SMA12 segu terastikuline koostis

Lahustuva sideaine sisaldus katsesegudel on AC üksikproovide puhul vahemikus 5,6 – 6,0 % ja erinevate segude kolme proovi keskmised vahemikus 5,7 – 5,8 %. SMA üksikproovide puhul on üksikproovide väärtused vahemikus 5,9 – 6,2 % ja kolme proovi keskmised vahemikus 5,9 – 6,1 %. Antud näitajate põhjal võib segusid pidada ühtlaseks. AC ja SMA segude puhul on TT-tüüpi (e. 100% tardkivitolmu sisaldavate) segude puhul täheldatav mõnevõrra suurem bituumenisisaldus (SMA puhul alla 0,1% ja AC puhul üle 0,2%). See võib viidata asjaolule, et lubjakivifilleri seob väheses koguses bituumenit, milline ei lahustu katse käigus.

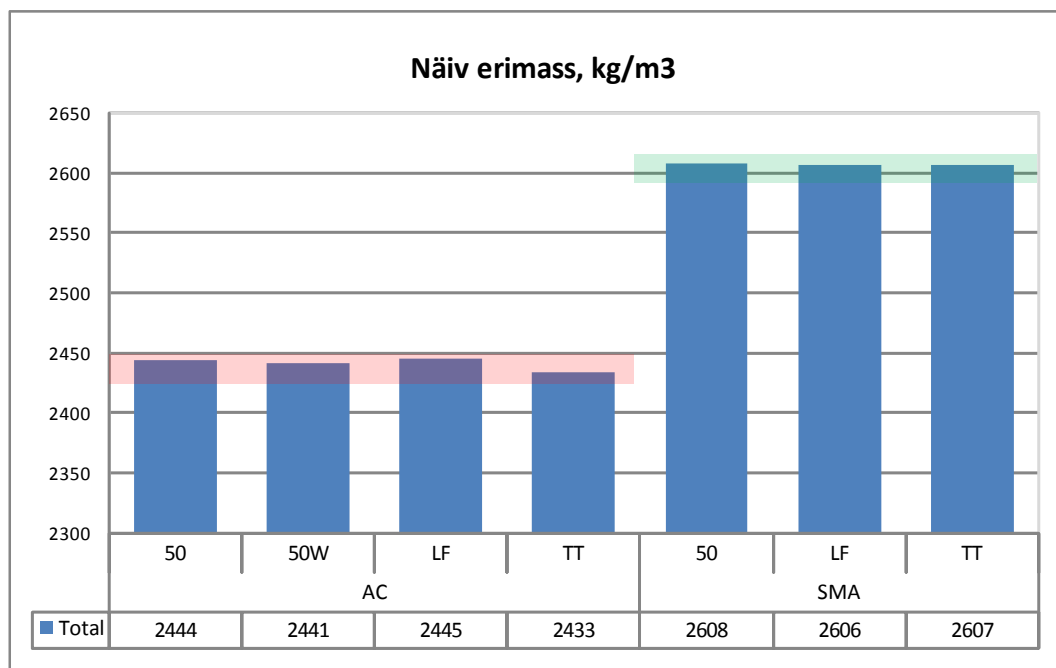


Joonis 5. Lahustuva sideaine sisaldus erineva peenosise korral

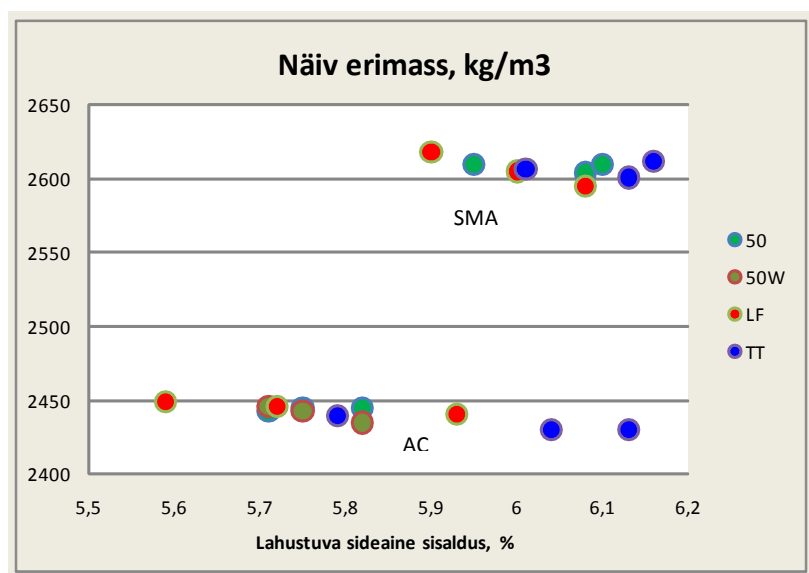


Joonis 6. Lahustuva sideaine sisaldus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises

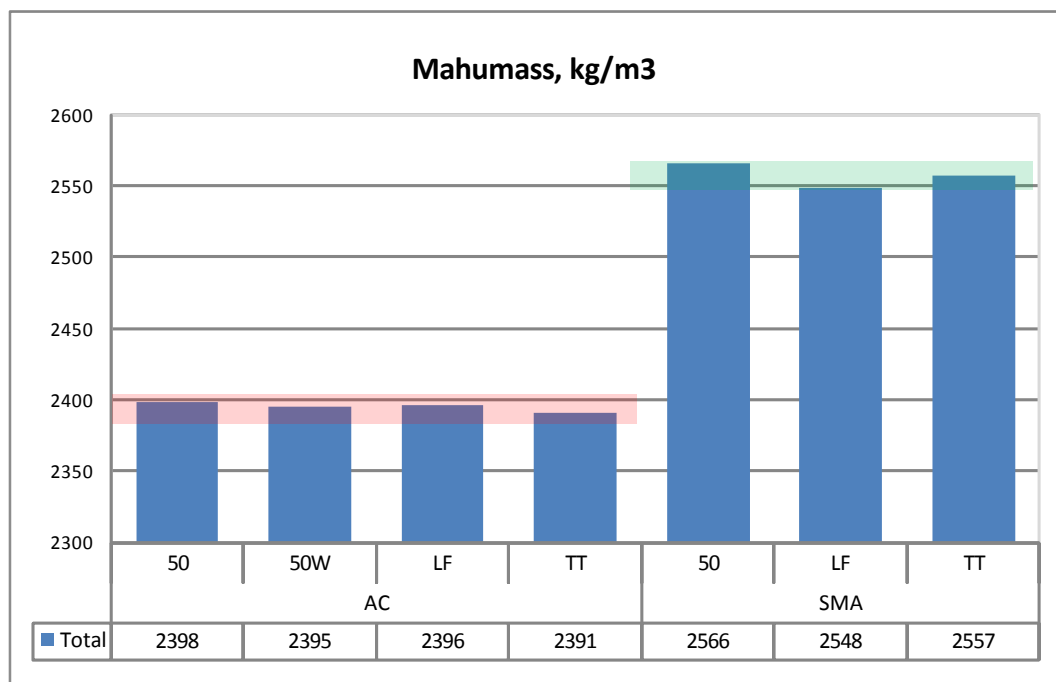
Segude ühtlust kinnitavad ka nendele määratud erimass, mahumass, jäävpoorsus, skeletipoorsus ning bituumeniga täidetud pooride maht, vt joonised allpool.



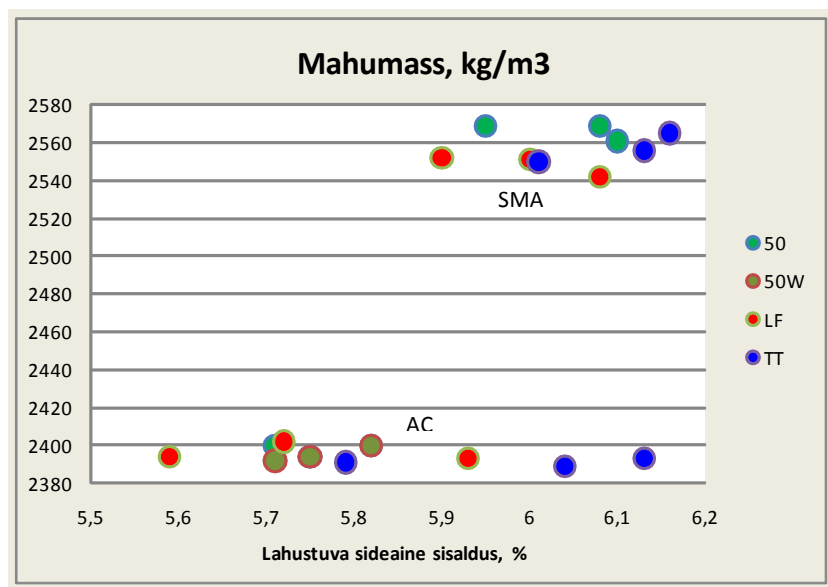
Joonis 7. Näiv erimass erineva peenosise korral



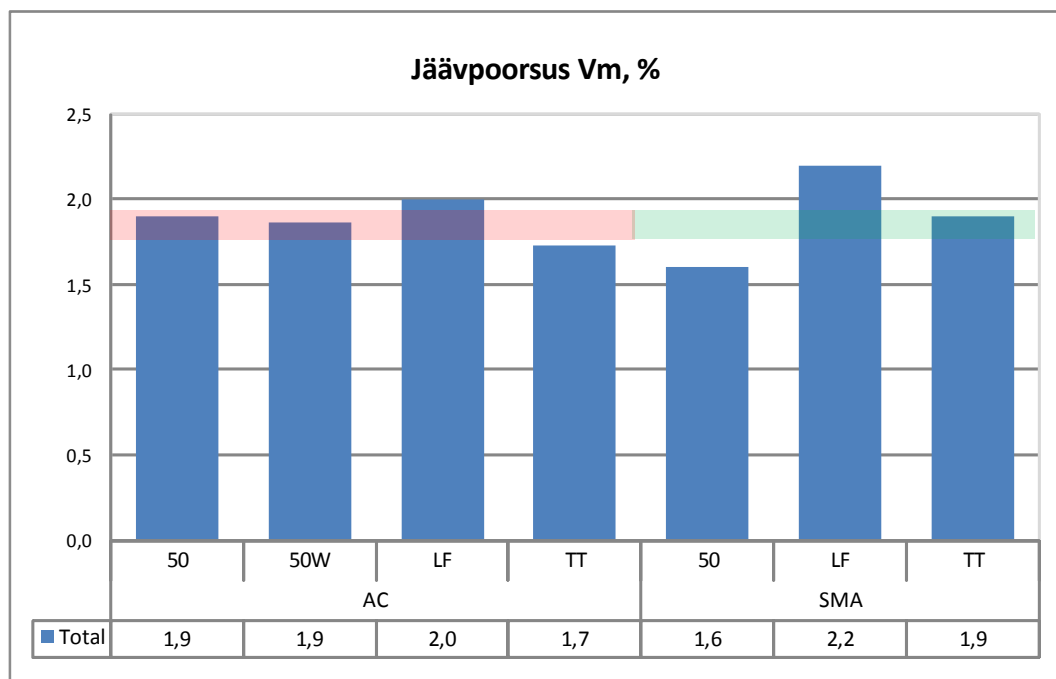
Joonis 8. Näiv erimass vs sideaine sisaldus



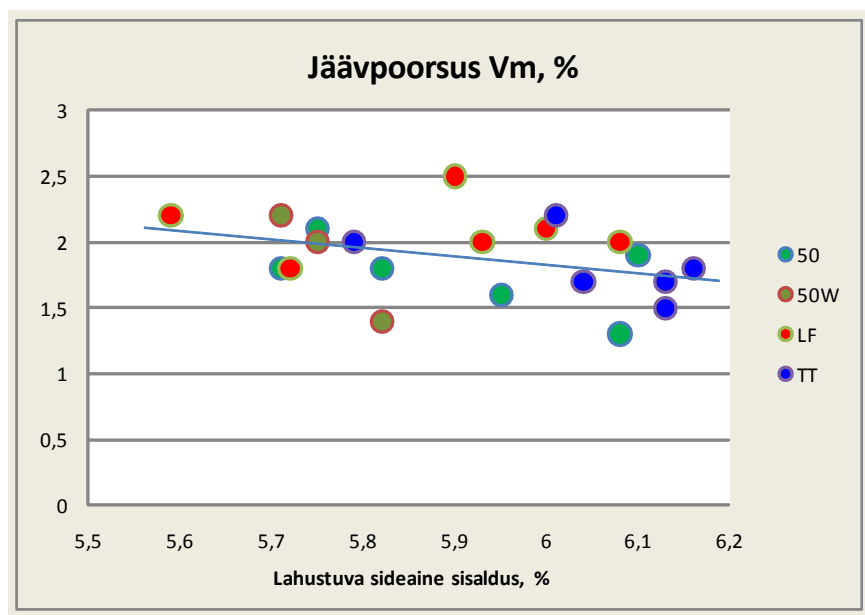
Joonis 9. Mahumass erineva peenosise korral



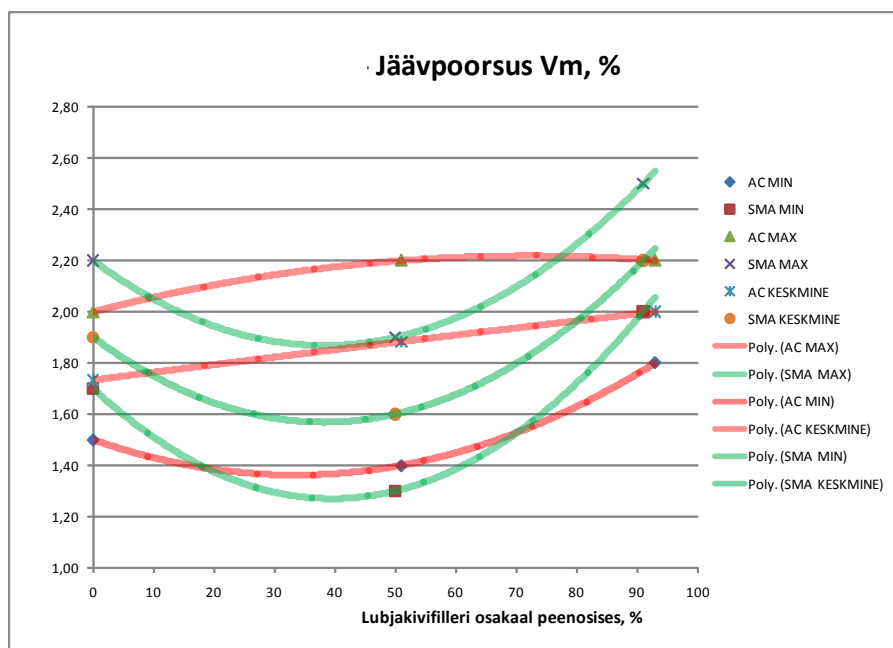
Joonis 10. Mahumass vs sideaine sisaldus



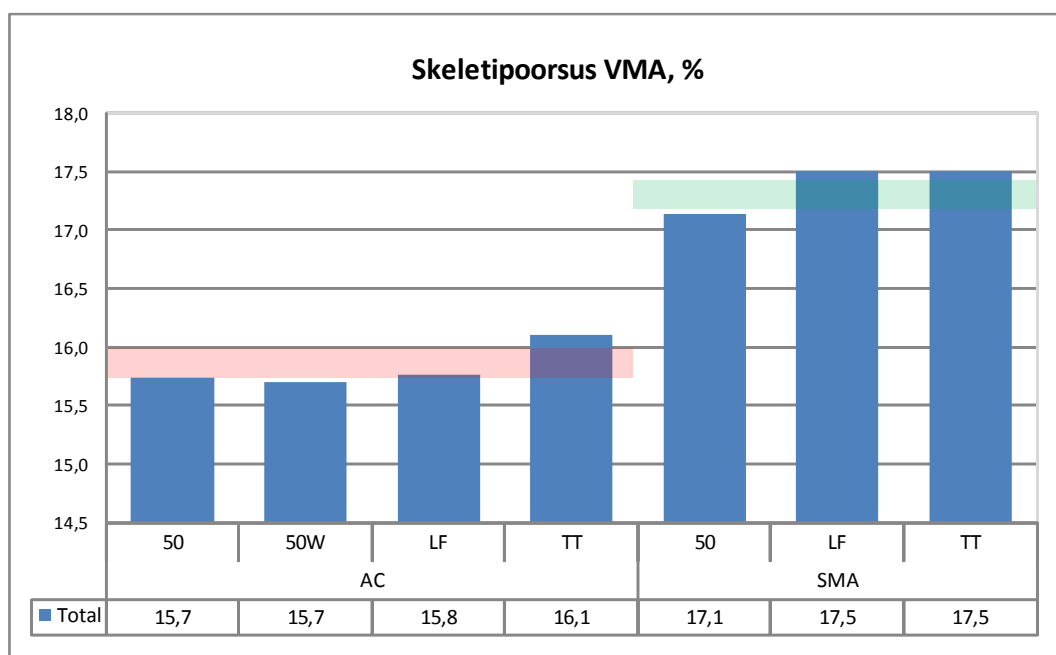
Joonis 11. Jäävpoorsus erineva peenosise korral



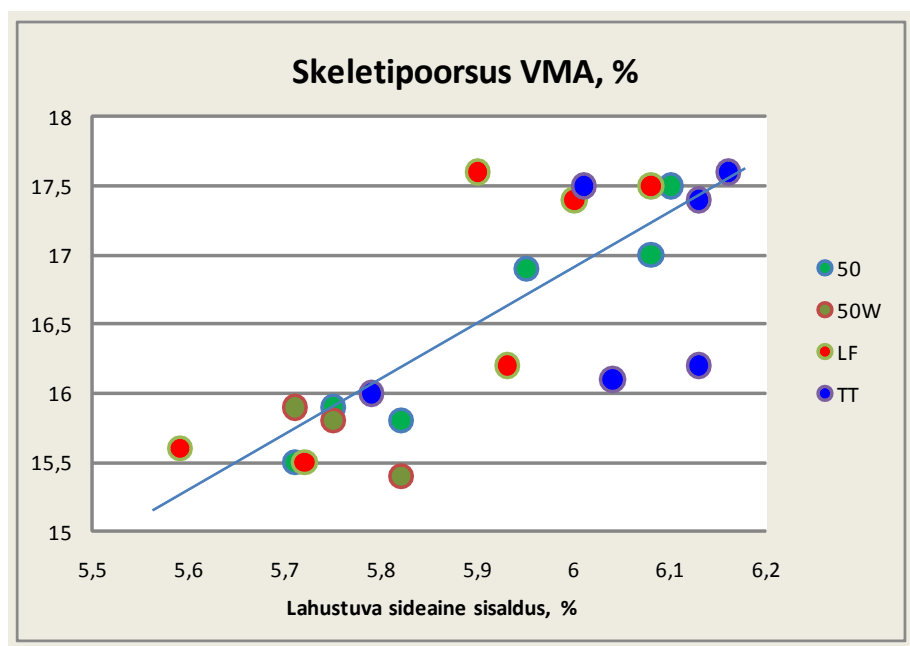
Joonis 12 Jäävpoorsus vs sideaine sisaldus



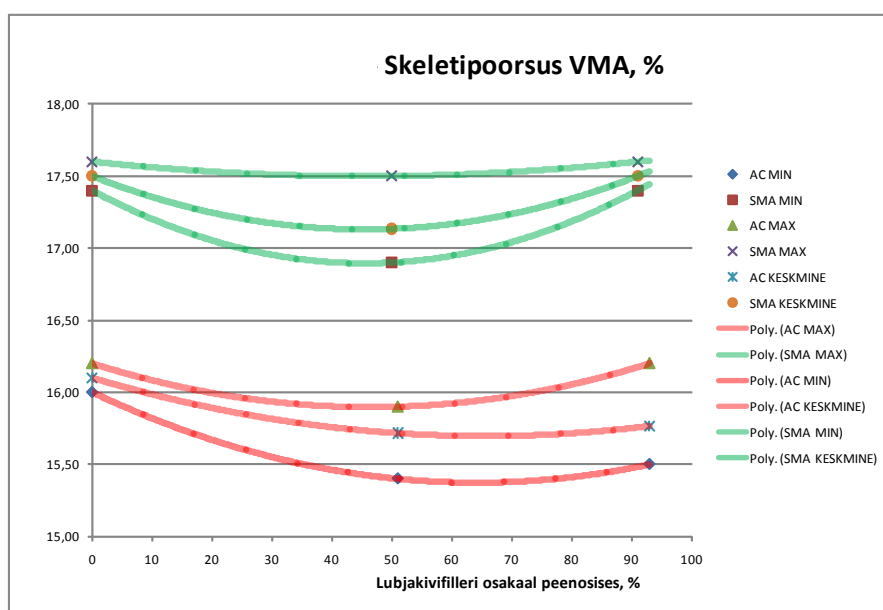
Joonis 13. Jäävpoorsus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises



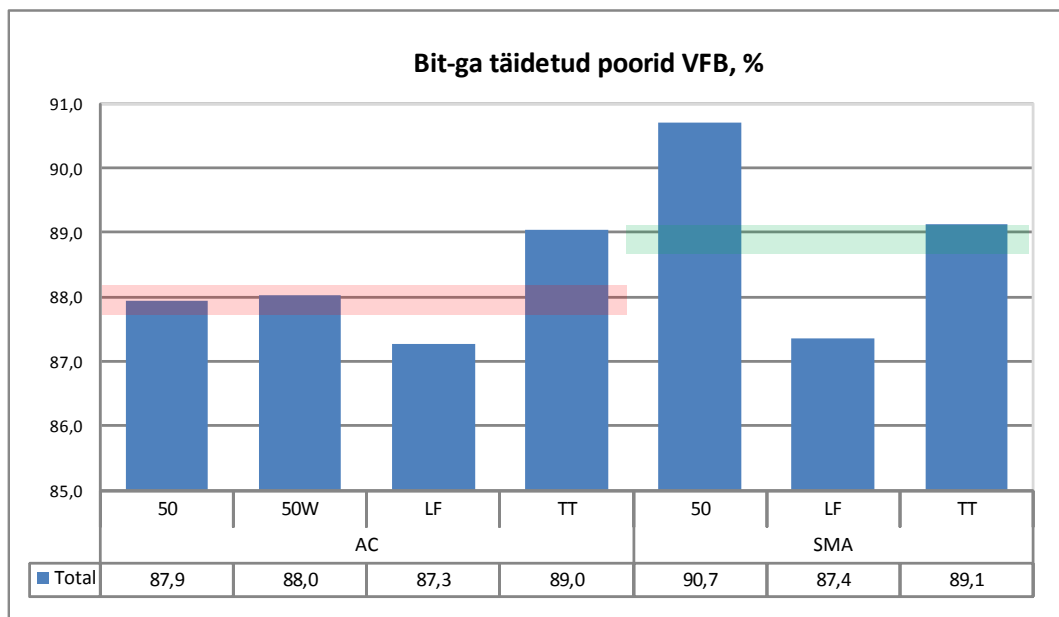
Joonis 14. Jäävpoorsus erineva peenosise korral



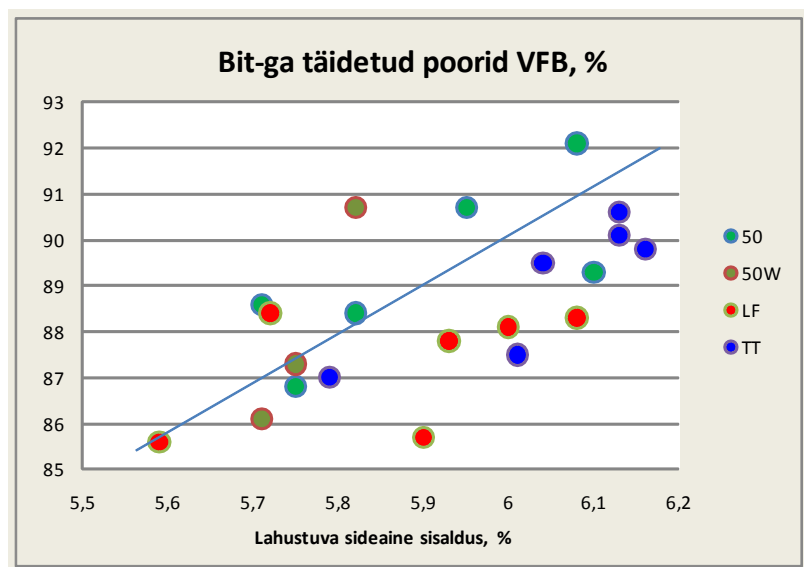
Joonis 15. Skeletipoorsus vs sideaine sisaldus



Joonis 16. Skeletipoorsus vs lubjativifilleri osakaal peenosises



Joonis 17. Bituumeniga täidetud poorida maht erineva peenosise korral



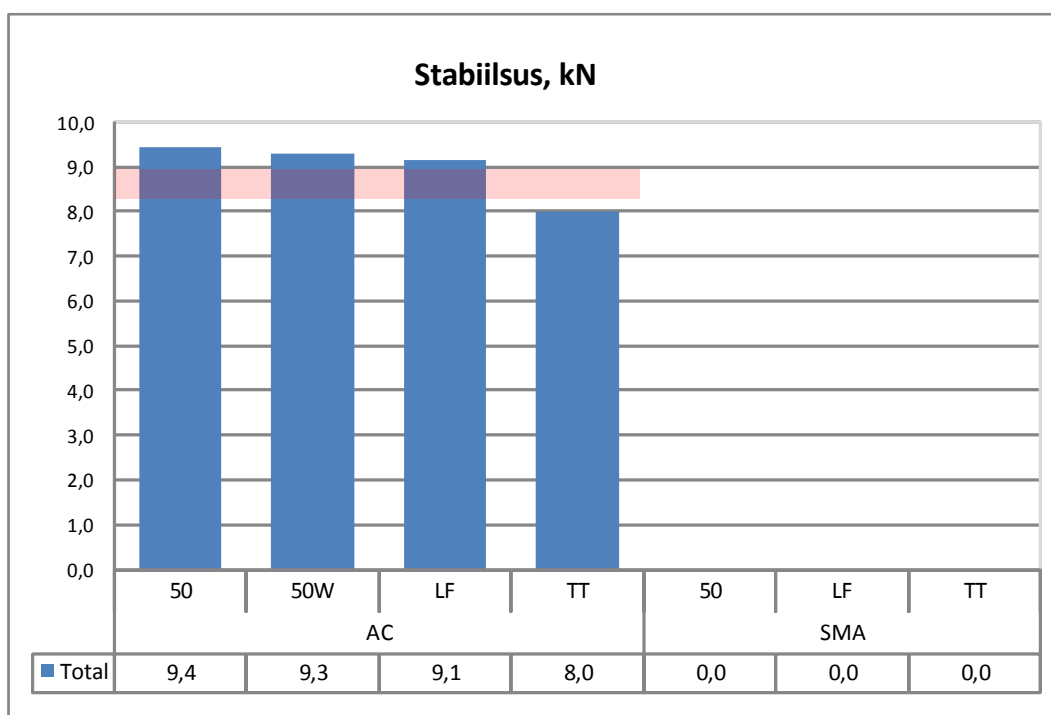
Joonis 18. Bituumeniga täidetud pooride maht vs sideaine sisaldus

Tugevusomadused

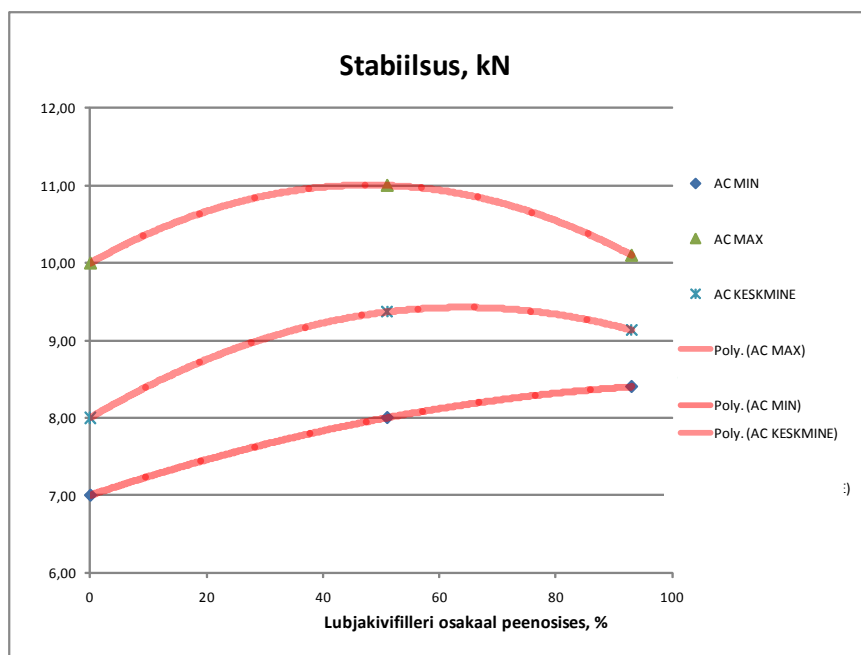
Sarnaselt baaskarakteristikutele võib üldiselt öelda, et erinevad segud käituvad katsetes sarnaselt – st. erineva peenosisega segud ei erine üksteisest märkimisväärselt ka tugevusomaduste poolest.

Marshalli stabiilsuse näitaja on AC-segude üksikproovidel vahemikus 7,0 – 11,0 kN, (kolme proovi keskmine vahemikus 8,0-9,4 kN). Voolavuse vastavad näitajad on 3,0 – 3,9 mm (3,3 – 3,7 mm) ning jäikusnäitajad 2,0 – 3,0 kN/mm (2,3 – 2,8 kN/mm).

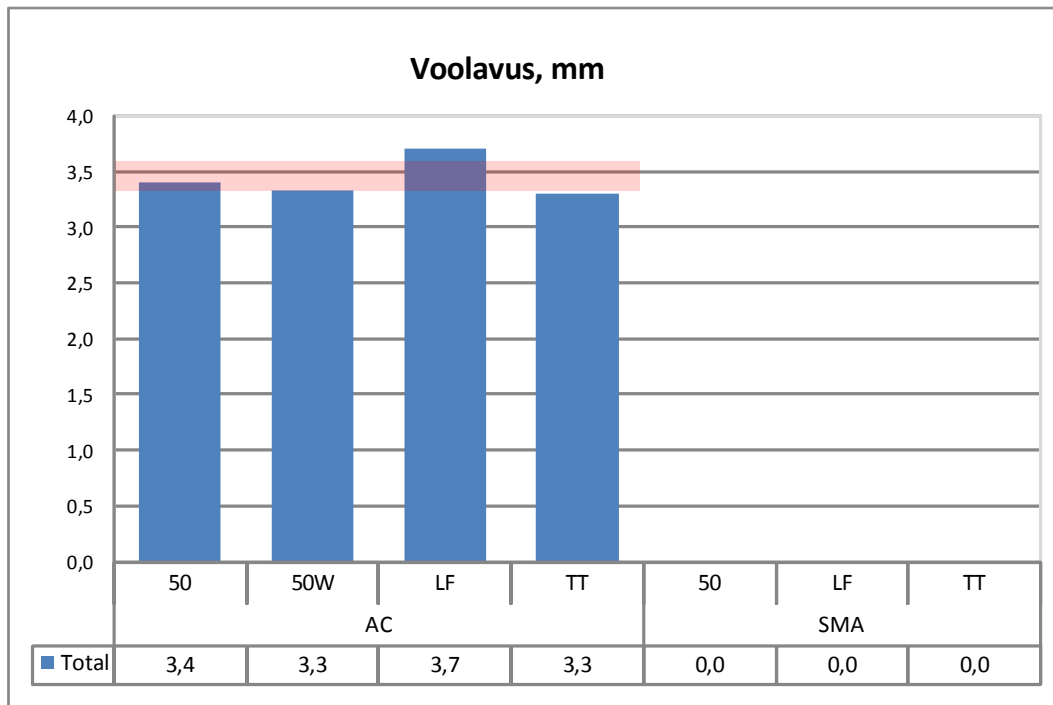
Jooniselt on näha, et Marshalli stabiilsus- ja voolavusnäitajate osas on teistest veidi paremate omadustega 50%-lise lubjakivifilleriga segud. TT-segu vaid veidi väiksem stabiilsus ja jäikus võrreldes teiste segudega aga ka veidi väiksem voolavus, mistõttu ei nähtu antud näitajast ühe segu eelised teise ees.



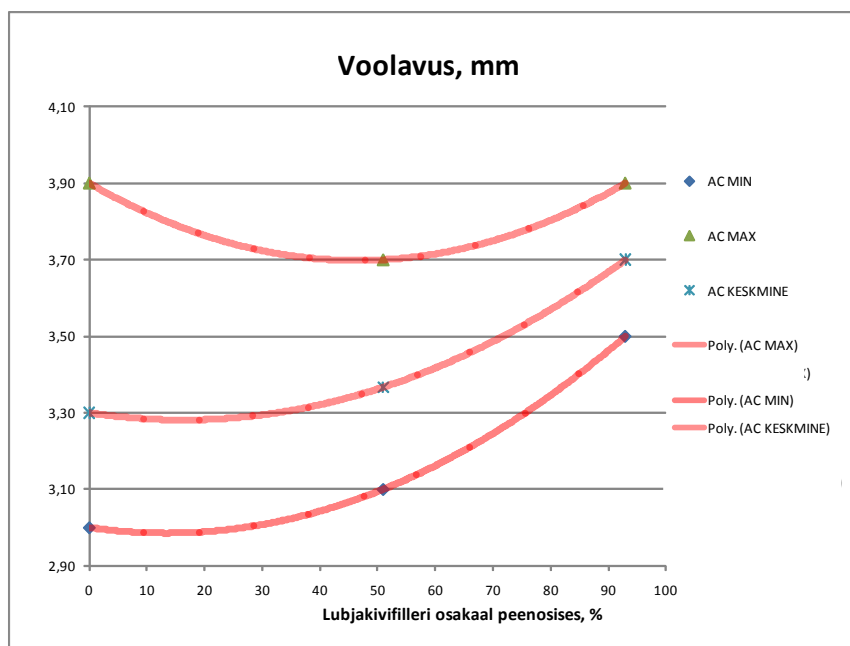
Joonis 19. Stabiilsus erineva peenosise korral



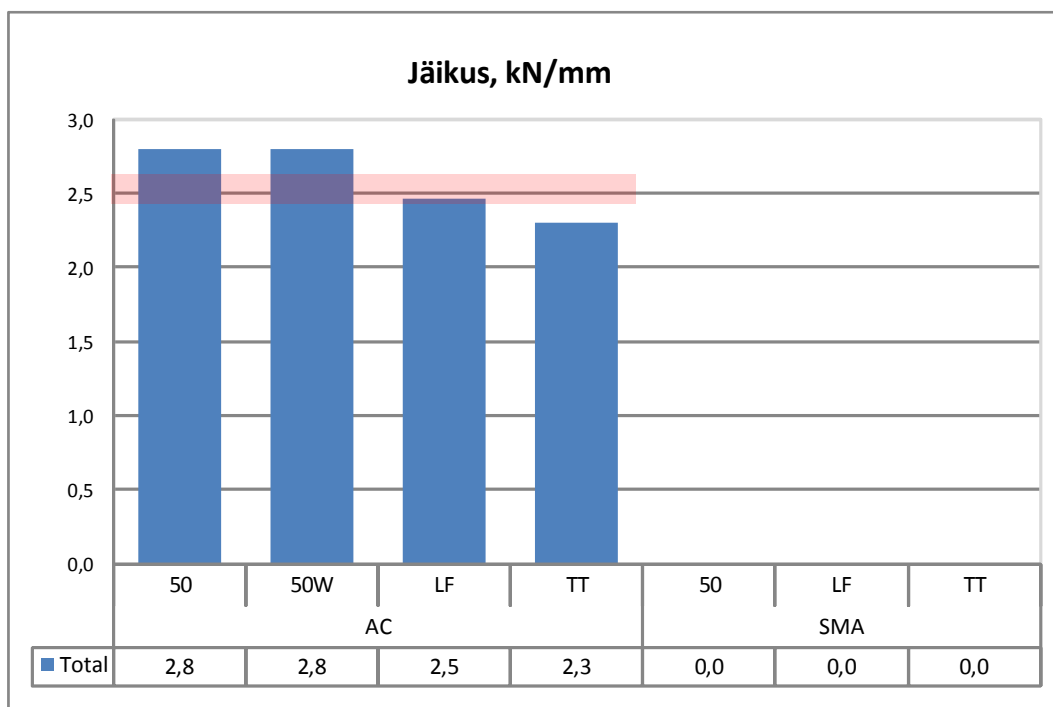
Joonis 20. Stabiilsus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises



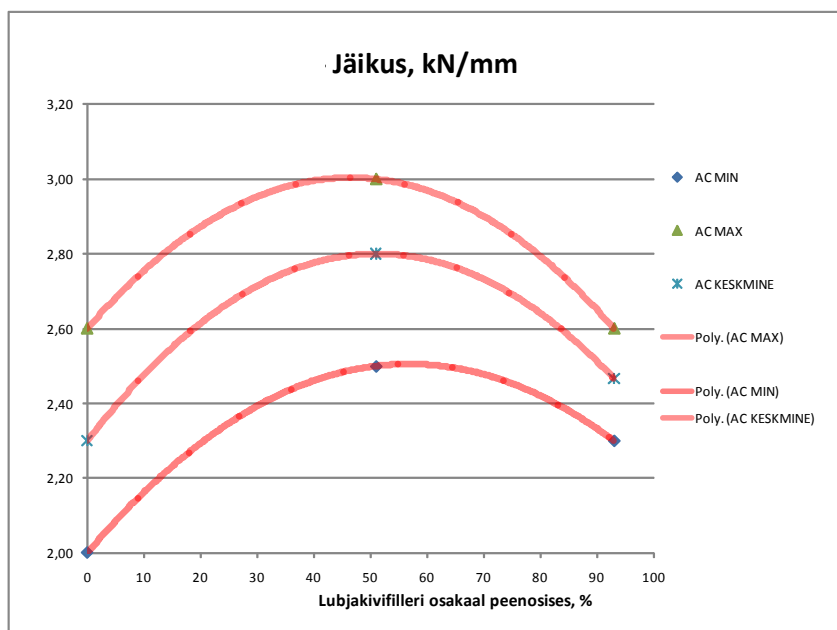
Joonis 21. Voolavus erineva peenosise korral



Joonis 22. Voolavus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises



Joonis 23. Jäikus erineva peenosise korral

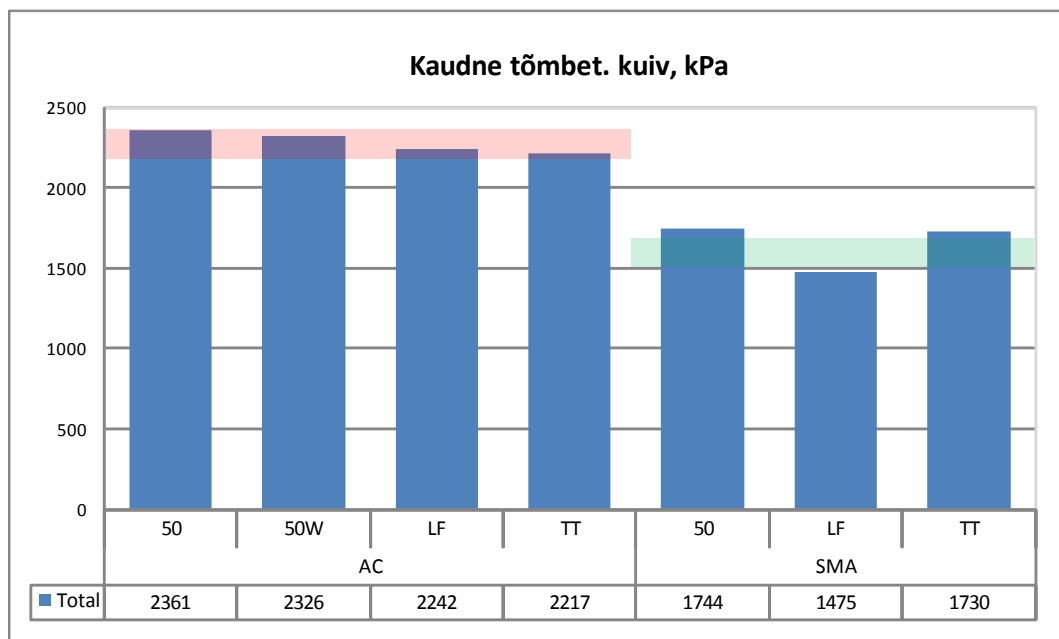


Joonis 24. Jäikus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises

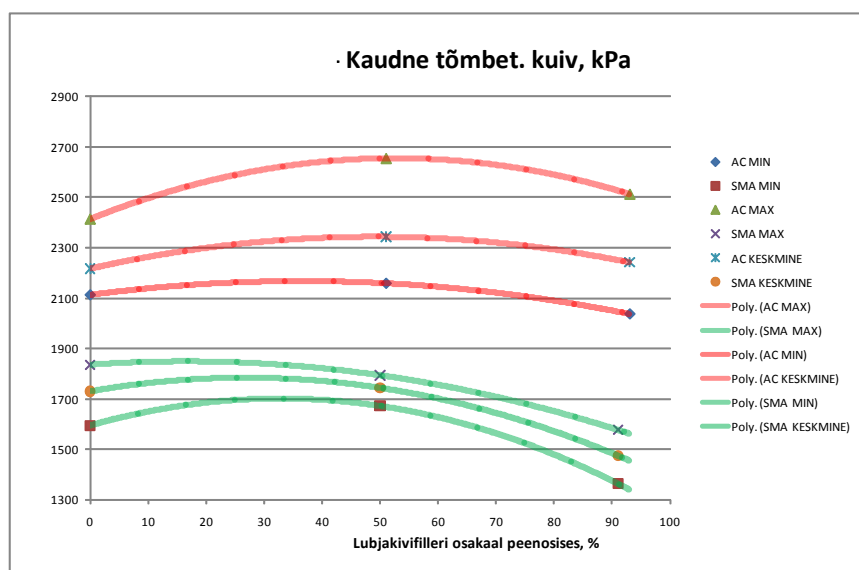
Veekindluse iseloomustamiseks teostatavate katsete osas on kuivas olekus mõõdetud kaudse tõmbetugevuse näitaja AC-segude üksikproovidel vahemikus 2037 – 2655 kN, (kolme proovi keskmine vahemikus 2217 - 2361 kN). Märjas olekus on vastavad näitajad 1907 – 2563 kN (2125 – 2282 kN).

SMA-segude puhul on kuivas olekus mõõdetud kaudse tõmbetugevuse näitajad vahemikus 1364 - 1836 kN (1475 - 1744 kN). Märjas olekus on vastavad näitajad 1402 – 1854 kN (1474 - 1693 kN).

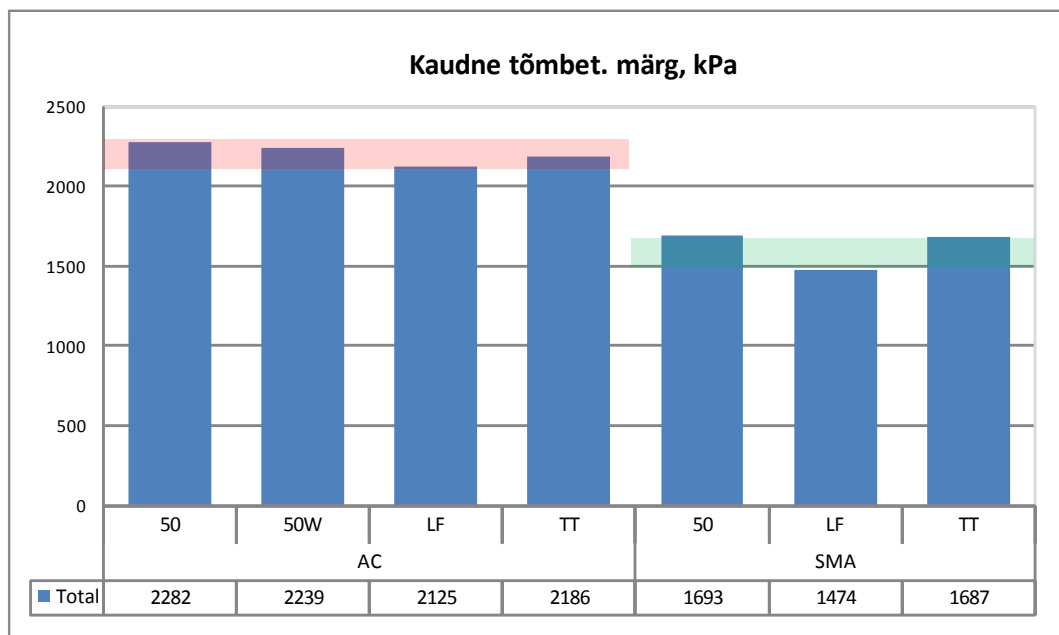
Joonistelt võib näha üksikproovide puhul nii kaudsete tõmbetugevuste kui veekindluse näitaja mõningaid heitusid sama segu piires kuid erinevate segude vahel on erinevused tagasihoidlikud. Teistest veidi väiksemaid kaudsete tõmbetugevuste näituseid kipuvad andma nii AC kui SMA osas LF-tüüpi segud.



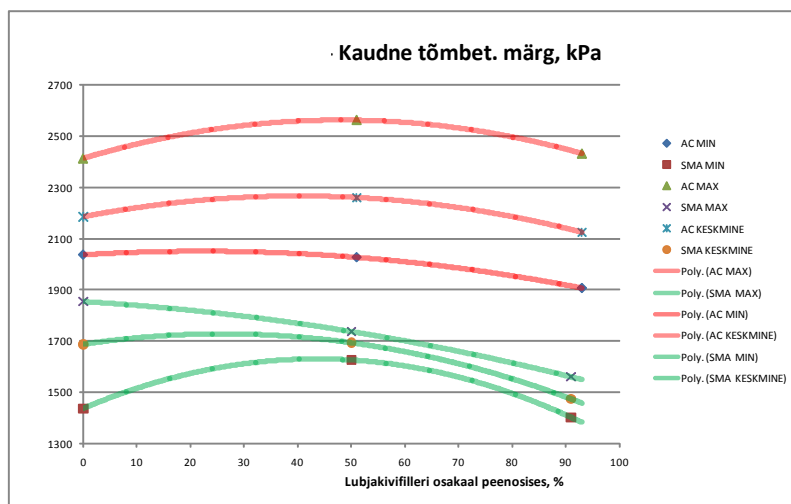
Joonis 25. Kaudne tõmbetugevus (kuiv) erineva peenosise korral



Joonis 26. Kaudne tõmbetugevus (kuiv) vs lubjakivifilleri osakaal peenosises

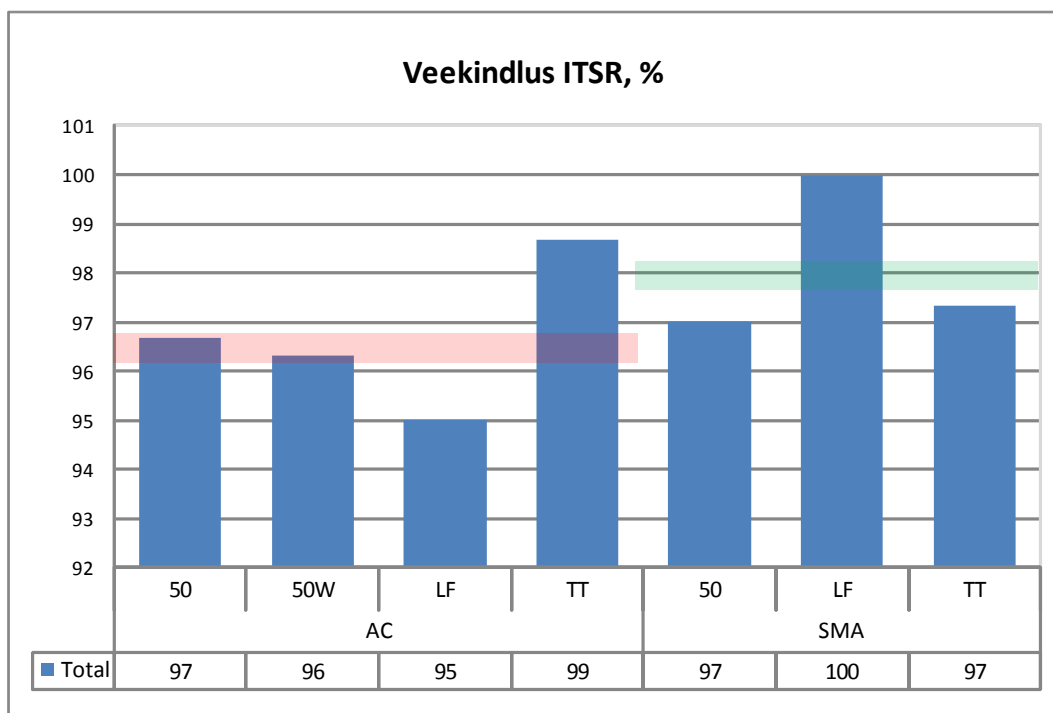


Joonis 27. Kaudne tõmbetugevus (märg) erineva peenosise korral

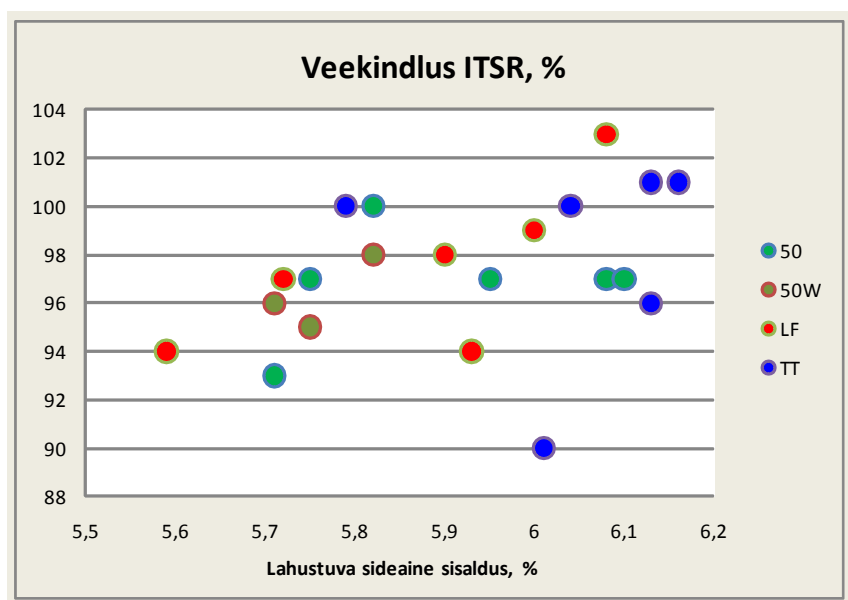


Joonis 28. Kaudne tõmbetugevus (märg) vs lubjakivifilleri osakaal peenosises

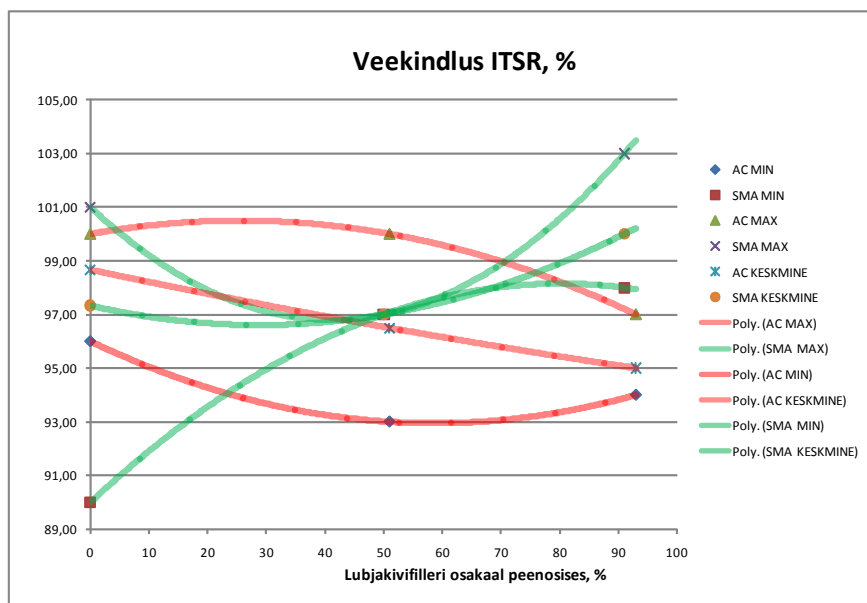
AC segude veekindlus jääb vahemikku 93 – 100 (95 – 99) ja SMA segude oma vahemikku 97 – 103 (97 – 100). Ka ei ole teostatud katsetest täheldada nakkeparendaja mõju veekindluse katsega seotud näitajate tulemustele. Kui AC segude juures võib täheldada tendentsi veekindluse vähenemise suunas lubjakivifilleri osakaalu kasvades siis SMA segude puhul on tendents pigem vastupidine.



Joonis 29. Veekindlus erineva peenosise korral



Joonis 30. Veekindlus vs sideaine sisaldus



Joonis 31. Veekindlus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises

Deformatsioonikindlust iseloomustavate katsete osas on maksimaalse jäljesügavuse juurdekasvu WTS_{AIR} näitaja AC-segude üksikproovidel vahemikus 0,07 – 0,19 mm/1000, (kolme proovi keskmine vahemikus 0,07-0,13 mm/1000). Maksimaalse suhtelise jäljesügavuse PRD_{AIR} näitajad jäävad vastavalt vahemikku 8,3 – 15,3 % (9,70 – 12,87 %).

SMA-segude puhul on maksimaalse jäljesügavuse juurdekasvu WTS_{AIR} näitajad vahemikus 0,06 – 0,17 mm/1000, (0,07 - 0,11 mm/1000) ja maksimaalse suhtelise jäljesügavuse PRD_{AIR} näitajad vahemikku 8,6 – 11,4 % (9,23 – 10,90 %).

Üksikkatsetes esineb suhteliselt suuri heitusid samade segude piires, samas on erinevused erinevate segude vahel väga väikesed. Joonistel võib täheldada AC segude puhul TT-tüüpi segu veidi väiksemat deformatsioonikindlust võrreldes teiste segudega, samas on SMA segude puhul täheldatav pigem vastupidine tendents, st. TT-tüüpi segu on veidi deformatsioonikindlam.

Tulenevalt suurtest heitudest üksikkatsetel on raske hinnata ka pindaktiivse lisandi mõju segu deformatsioonikindluse näitajatele. Nii on maksimaalse jäljekindluse juurdekasv WTS_{AIR} ilma ühe ekstreemse tulemuseta (0,19 mm/1000) mõlemal juhul vahemikus 0,07 – 0,09 mm/1000 ning maksimaalne suhteline jäljesügavus PRD_{AIR} ilma erandliku väärtuseta 13 %, vahemikus 9 – 11. Siiski on tulemusi arvestades

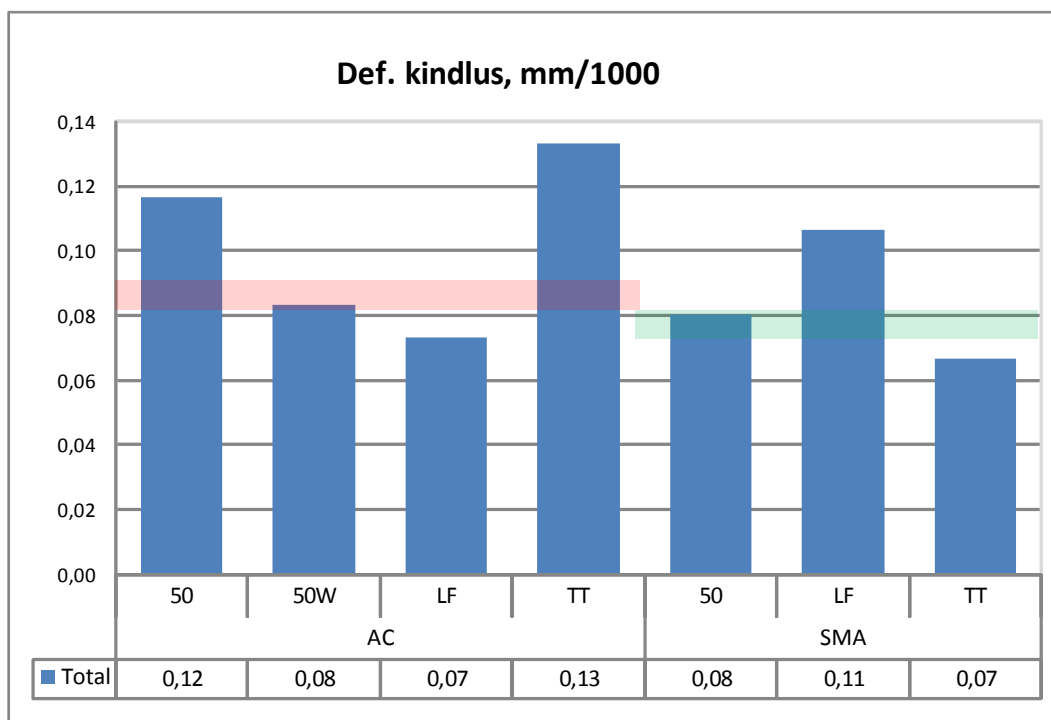
võimalik, et pindaktiivne lisand on avaldanud teatavat positiivset mõju nii AC-segu tugevuslikule homogeensusele kui tugevusnäitajatele.

Deformatsioonikindluse näitaja WTS_{AIR} puhul võib täheldada AC segu puhul lubjakivifilleri osakaalu kasvades pigem parenemise märke, kuid SMA puhul on tendents vastupidine.

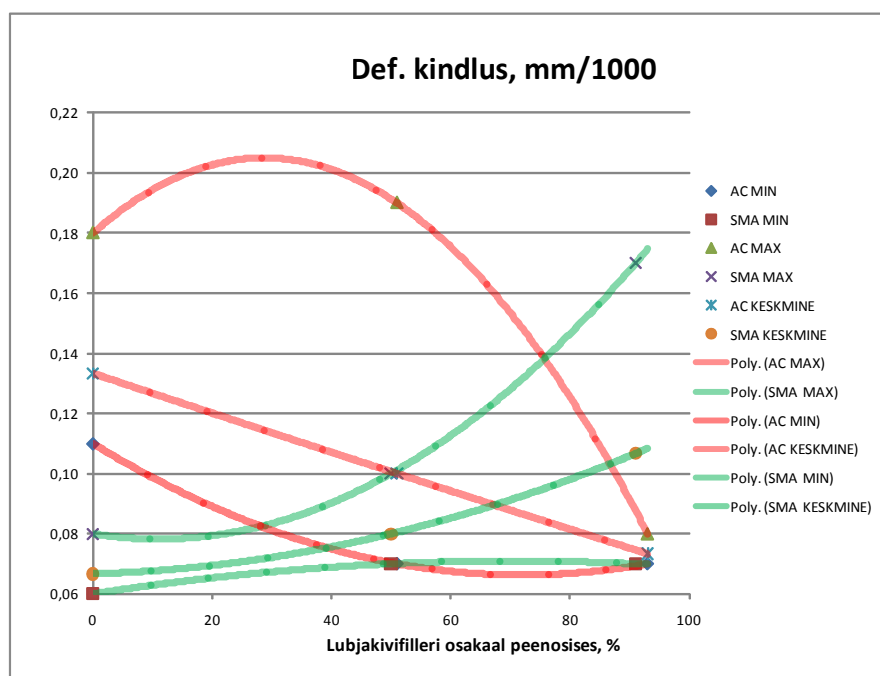
Deformatsioonikindluse näitaja PRD_{AIR} puhul võib täheldada AC segu puhul parenemise märke lubjakivifilleri osakaalu kasvades, kuid SMA segu puhul näitab suhteliselt kõige kehvemaid tulemusi segu, mille peenosises on võrdset lubjakivifillerit ja tardkivitolmu.



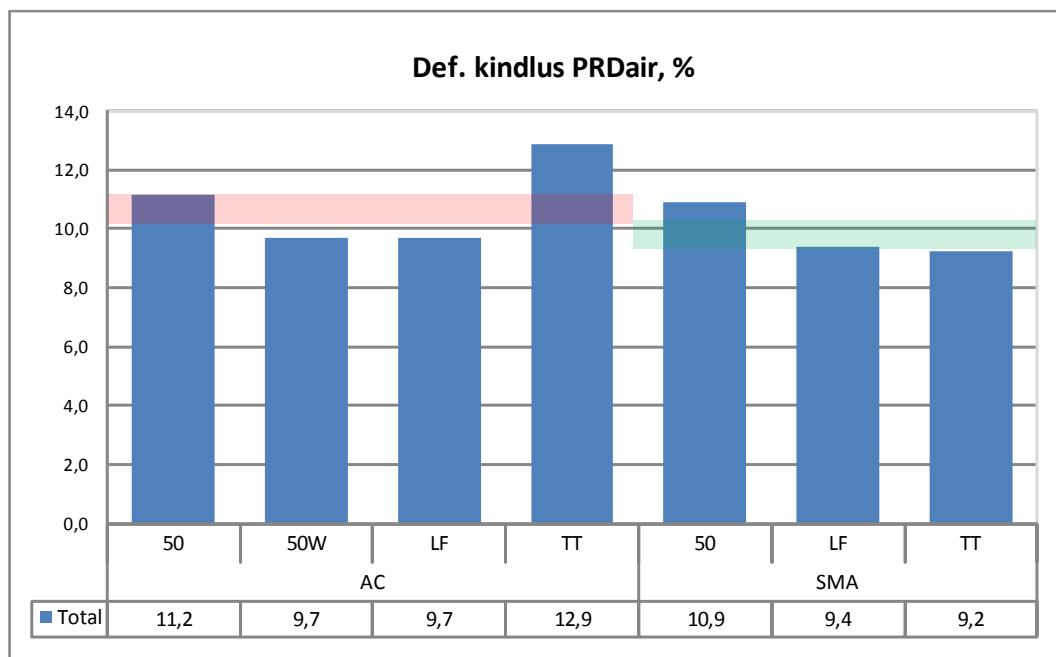
Joonis 32. Deformatsioonikindluse katse proovikeha pärast katset (AC-50)



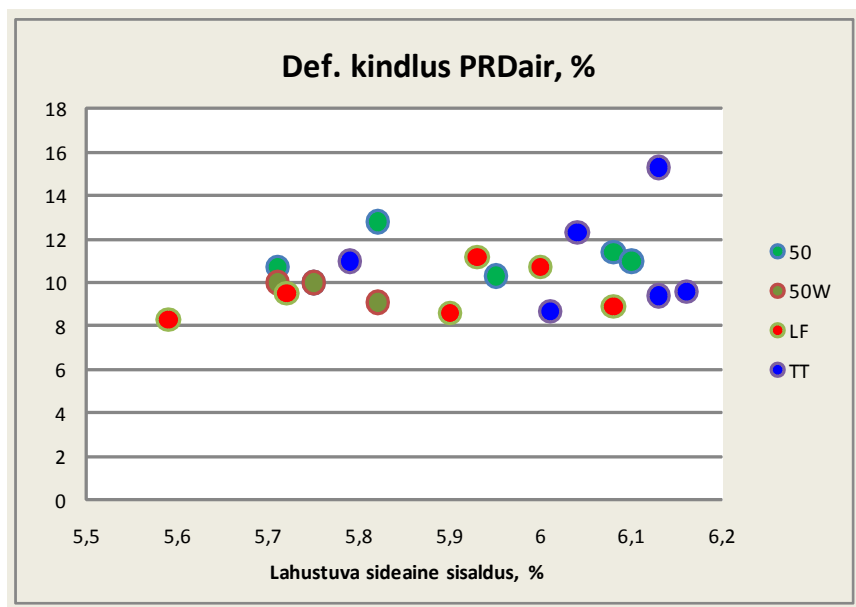
Joonis 33. Deformatsioonikindlus, jäljesügavuse kasvu kiirus erineva peenosise korral



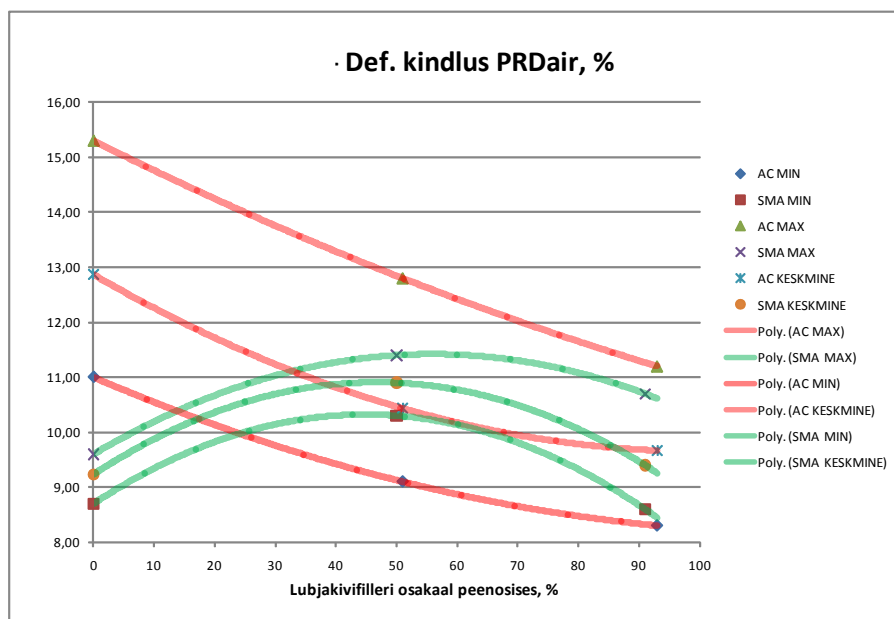
Joonis 34. Deformatsioonikindlus vs lubjakivifilleri osakaal peenosises



Joonis 35. Deformatsioonikindlus, jäljesügavuse suhteline kasv erineva peenosise korral



Joonis 36. Deformatsioonikindlus PRDAIR vs sideaine sisaldus



Joonis 37. Deformatsioonikindlus vs lubjakivi osakaal peenosises

Nagu andmetest ja eelnevatelt joonistelt näha, on seosed lubjakivifilleri osakaalu mõjust segude omadustele väga küsitavad. Mitmetel juhtudel on vastavad tendentsid AC ja SMA segude puhul vastukäivad.

Muud katsed

Lisaks eelnimetatud katsetele viisime läbi täiendavad katsed kontrollimaks metüleensinise arvu fraktsiooni 0/0,125 baasil. Saadud tulemused korreleeruvad hästi varemteostatud uurimistöös leitud areomeetrikatse tulemusega fr 0,02 osas. Mõlemal juhul on lubjakivifilleri näitaja ca 2 korda kõrgem tardkivitolmu vastavatest näitajatest.

Tabel 4. Metüleensinise katse tulemused

Reg nr	Materjal	Mb-väärtus
1752	0/0,25 sõelutud (Polveniitty 0/2 mm)	1,7 g/kg
258	0/0,25 sõelutud (Inkoo 0/4 mm)	1,7 g/kg
1772	Väo filler	3,3 g/kg

Muud tähelepanekud

Mõnevõrra üllatuslikult näitasid deformatsioonikindluse katsed AC-segu samaväärset või koguni paremat deformatsioonikindlust võrreldes SMA-tüüpi seguga. Siinjuures tuleb siiski arvestada, et deformatsioonikindluse katse viiakse läbi +50C juures kuid sageli tõusevad reaalsed kattetemperatuurid üle +50C, mil eeldatavasti bituumeni siduv mõju väheneb ja SMA-segu mineraalmaterjali karkassi osatähtsus kasvab.

AC-segude puhul osutusid paremateks ka veekindluse määramisel kasutatavate kaudsete tõmbetugevuste (nii kuiv kui märg) näitajad jäädes AC-segudel valdavalt vahemikku 2000-2500 kPa ning SMA-segudel vahemikku 1500-2000 kPa. Siin tuleb silmas pidada, et AC ja SMA segude juures on kasutatud proovikehade tihendamisel erinevaid meetodeid. Samas olid SMA puhul keskmiselt mõnevõrra paremad veekindluse näitajad.

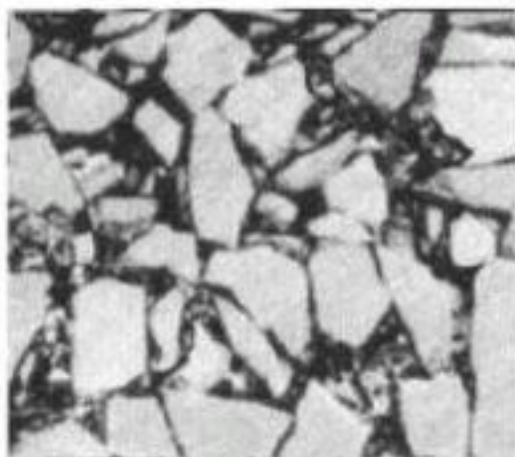
FILLERI KASUTAMISEST KIRJANDUSE PÕHJAL

Ameerika Ühendriikides kasutati pikka aega fillerit asfaltsegudele lisamiseks peamiselt täitematerjalide kuivatustrumlite töötamise iseärasuste tõttu, kus suur osa peenosist lendas koos suitsugaasidega atmosfääri. Filleriks nimetatigi täiendavalt lisatud peenmaterjali - lupja, tsementi, lendtuhka ja lubjakivifillerit jms. Aastate jooksul tehti erinevaid uuringuid, selgitamaks erinevate fillerite sobivust asfaltsegudesse ning mõju asfaltsegude omadustele ning täpsustati nõuded fillerile ja selle kasutamisele. Uurimistööde tulemusena pandi paika filleri kasutamise seotud nõuded. Murrang saabus alles 1970-ndate aastate alguses, kui kehtestati rangemad õhusaastennormid, mille tulemuseni hakati ulatuslikult kasutama tolmutpüüduid. Seoses tolmutpüüdurite kasutuselevõttuga oli tekkinud olukord, kus ühtäkki oli olemas asfaltsegu jaoks piisavas koguses peenmaterjali, teisalt aga puudus asfaltitehnoloogide hulgas üksmeel tolmutpüüdurite tolmu e. punkritolmu sobivuse osas. Järgnevad uuringud võrdlesid erinevate fillerite, sh. punkritolmu lisamise mõju asfaltsegude omadustele. Üldistatult võib öelda, et need uuringud kinnitasid punkritolmu sobivust asfaltsegudesse. Punkritolmudega toodetud asfaltsegude omadused ei erinenud oluliselt filleritega saavutatud tulemustest. Tänapäeval on fillerid Ameerika Ühendriikides oma tähtsuse minetanud, va. lubja (hydrated lime – $\text{CaOH}_2 + \text{CaO} > 90\%$) kasutamine ca. 1-2% ulatuses juhul kui projekteeritud segu ei täida niiskustundlikkuse (AASHTO T 283 moisture susceptibility) nõudeid. Mõnedes osariikides on keelatud lendtuha kasutamine ümarate terade tõttu, mis vähendavad

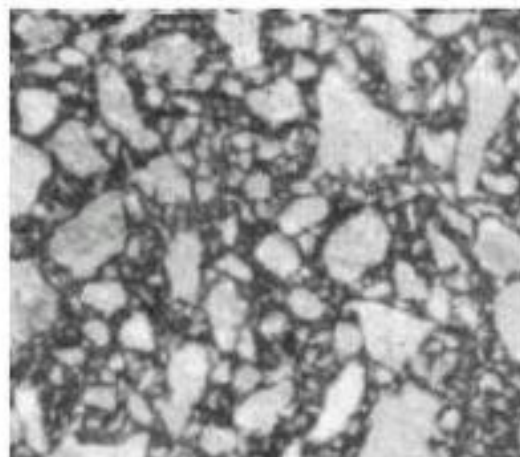
segu deformatsioonikindlust raskeliiklusega teedel. Marmoritolmu või muude jäätmete kasutamisel võib olla probleeme nakkega, mistõttu tuleks vajadusel kasutada nakkeparandajat. Samas ei tohiks kasutada selliseid jäätmeid punkritolmu asemel kui viimased on olemas vaid üksnes viimase puudujäägi katmiseks. (Kandhal)

Filleri mõju asfaltsegu omadustele selgitavad kaks erinevat lähenemist: täiteteooria ja mastiksiteooria. Täiteteooria kohaselt täidab filler täite- e. mineraalmaterjalide segus olevad tühikud, aidates kaasa tihedama segu saavutamisele. Selle teooria kohaselt on iga filleri tera kaetud sideaine kihiga, täites segus olevad tühikud ning mille tulemusena suurenevad asfaltsegu stabiilsus ja tihedus. Mastiksiteooria kohaselt moodustab filler koos sideainega uue tihedama sideaine – mastiksi, mis seob täitematerjali. Selle teooria kohaselt on filleri peenem fraktsioon osa kolloidsest suspensioonist e. sideainest ja mõjutades viimase omadusi ja suurendades selle kogust. (Al-Abdulwahhab, 1981)

Mastiksiteoorial põhineb Saksamaa Gussasfalt'il (valuasfalt), mille puhul kasutatakse eranditult kindla koostisega lubjakivifillerit, mis tagab sobivad mastiksi omadused, mis on antud segu juures võtmetähtsusega. (Kandhal)



SMA-tüüpi segu



AC-tüüpi segu

Ühes uuringus on märgitud, et suuremate osakeste olemasolu filleris aitab kaasa stabiilsema asfaltsegu saamisele võrreldes olukorraga, kus filler koosneb peaaesjalikult peenematest osakestest. Autorite arvates võib see asjaolu olla seotud peenemate osakeste suure eripinnaga, mis seob peaaesjalikult sideaine jäigema osakesi - asfalteene. Selle tulemusena jääb asfaltsegu muude osakeste vahele

rohkem sideaine kergemaid fraktsioone, muutes asfaltsegu voolavamaks. Samuti arvatakse suuremaid osakesi osutama paremini mehaanilist vastupanu nihetele, suurendades asfaltsegu stabiilsust. (Miller ja Traxler)

Ühes uuringus, kus võrreldi erinevate punkritolmude ja filleri segusid omavahel leiti, et parima tulemuse andis filleri ja punkritolmu segamine vahekorras 50/50. (Al-Abdulwahhab, 1981)

Standardi ASTM D 242 „Asfaltsegu fillerite standardspetsifikatsioonid“ kohaselt on filler peenmaterjal nagu kivimitolm, šlakitolm, kustutatud lubi, hüdrauliline tsement, lendtuhk või mõni muu sobiv mineraalne materjal. Tunnicliff oma varasemas artiklis („Review of Mineral Filler“) on selgitanud, et sideaine „täitjana“ saab käsitleda materjali, mille osakeste suurus on alla 50-75 mikroni. Filleri omaduste selgitamisel asfaltseguale loetakse oluliseks metüleensinise katset ning poorsust. Autori hinnangul saab nende kahe katsega viia miinimumini fillerist tingitud asfaltsegu puudulikkude toimivust. Seejuures poorsuse test peaks olema tehases kasutusel pidevalt filleri homogeensuse kontrollimisel. Erinevate fillerite võrdlemisel on selgunud, et need mõjutavad segude omadusi erinevalt. Filler võib mõningatel juhtudel toimida sideaine „pikendajana“, suurendades sideaine mahtu, teisel juhul aga muuta sideaine jäigemaks. Seejuures ei saa üksnes filleri terakoostise põhjal eeldada selle mõju asfaltsegule. Leiti, et filleri mõju asfaltsegule ei ole võimalik selgitada sideainekihi eeldatava paksuse alusel. Fillerid avaldavad sobivas koguses doseerituna sideainele positiivset modifitseerivat mõju – kõrgematel töötemperatuuridel mõjuvad sideainele jäigastavalt ning madalamatel temperatuuridel mõjutavad sideaine omadusi pigem suurema tugevuse suunas, suurendades pragudekindlust. Filleri jäigastavat mõju sideainele on võimalik tuletada vaba sideaine hulga järgi filleri-sideaine segus. Viimas mõõtmiseks kasutatakse kuivtihendamise tehnikat (dry-compaction technique). (Anderson D. A.)

Ühes uuringus selgitati lendtuha kasutusvõimalusi fillerina. Selles uuringus leiti, et keskmise peensusega lendtuha (läbis sõela nr 325; 0,045 mm) lisamisega kuni 30% ulatuses sideaine mahust ei mõjutanud negatiivselt asfaltsegu omadusi. (T.Tons)

Asfaltsegud, kus kasutati fillerina tellisetolmu ja lendtuhka, ei erinenud oma omaduste poolest nendest asfaltsegudest, kus kasutati tavapäraseid fillereid – tsementi ja lupja. (Satyajeet Pradhan, 2008)

Superpave nihkekatsega (shear tester) määratud jäävdeformatsiooni $G^*\sin Q@0,1$ hertz ja m väärtus näitab, et D60 (materjaliosakeste läbimõõt 60% läbiminekul) on peamine eraldiseisev muutuja ja metüleensinise katse tulemus teisene muutuja deformatsioonikindluse selgitajana. Selgus, et mida peenem on peenosis, seda suurem on selle mõju sideaine jäigenemisele. Nii väiksem D60 väärtus kui suurem MB väärtus viitavad peenemale peenosisele (viidatud kui P200). AASHTO R283 metoodikaga määratud eraldumise (stripping) katses selgus, et enim mõjutab eraldumise väärtust D10. So. sõela ava (materjali suurus), mida läbib 10%, materjalist. Teiseseks mõjutajaks on metüleensinise katse tulemus. D10 iseloomustab materjali suurust ja MB nii suurust kui omadusi. (Prithvi S. Kandhal, 1998)

Aastatel 1975 kuni 1980 Pennsylvania DOT (PennDOT, Department of Transportation - Transpordiamet) poolt läbi viidud uuringutes selgitati erinevate punkritolmude mõju katte omadustele asfaldiproovikehade kaudu 12-l lõigul. Paljudel juhtudel oli asfalt jäik, habras ja raskesti tihendatav kuid proovide analüüsil jõuti järeldusele, et selle peamine põhjus peitub ebatäpses doseerimises, peamiselt sellise filleri liiga suure koguse tõttu. Lisaks näitasid mitmed uuritud segud kõrgeid jäävpoorsuse näitajaid (9-14%), kiirendades asfaldi jäigenemist ning defektide arengut – peamiselt murenemine. Avastati, et sellised probleemid leidsid rohkem aset šlakitolmu kui loodusliku kivimi tolmu kasutamisel (punkritolmud). (Kandahl, 1981)

Aastal 1976 California DOT uuris asfaltsegude Hveem parameetreid kuue erineva punkritolmu osalusel. Aruandes toodi välja, et suurim punkritolmu osakaal 2% avaldab väga vähe mõju asfaltsegu stabiilsusele kuid mõjub positiivselt asfaltsegu koheksioonile. (Scrimsher, 1976)

1978 uuris Asfaldiinstituut (Asphalt Institute) erineva päritoluga filleritega koostatud asfaltsegusid. Uuringus võrreldi omavahel traditsiooniliste, kivimaterjalist toodetud fillerite ja filleri-bituumeni segudega asfaltsegusid punkritolmuga toodetuga. Kuigi leiti, et punkritolmude terastikulised koostised erinesid üksteisest suurel määral, jõuti järeldusele, et punkritolmude kvaliteet rahuldab asfaltsegude vajadused juhul kui lähtekivimi (asfaltsegu kasutatava kivimi) kvaliteet on rahuldav. (J. M. Eik, 1978)

Lääne-Virginia DOH uuris 16 erinevat punkritolmu ja leidis, et need erinevad üksteisest nii terastikulise koostise kui füüsikaliste ja keemiliste omaduste poolest.

Uuringus selgus, et tolmuosakesed alla 0,02 mm moodustavad segus sideainega uue sideaine, toimides „pikendajana“. Aruandes toodi välja, et punkritolmud ei oma asfaltsegule kahjulikku mõju ja neid võib asfaltsegus edukalt kasutada. (R.G.Ward, 1979).

Washingtoni osariigi DOT uuris 12 erinevat punkritolmu ning leidis, et nende terakoostised erinevad suurel määral. (R.H.Gretz, 1980)

Punkritolmu kasutamisel fillerina on oluline tagada asfaltsegu mõjutavad omadused nagu terakoostis, orgaaniline puhtus ja plastsusindeks. Fillerile esitatavad nõuded on sätestatud AASHTO M17 spetsifikatsioonis (Officials, 1986).

Terakoostis (Gradation): Enamasti vastab filtritolm AASTHTO M17 nõuetele kui kasutatakse tsüklon-eelfiltrit.

Orgaaniline puhtus (Organic Impurities): NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) punkritolmude uuringus vaadeldud 26 tolmu osas saviosiseid praktiliselt ei leitud. Küll aga sõltus orgaaniline puhtus kasutatavatest kütustest. (R.P.Lottman, 1978)

Plastsusindeks (Plasticity Index): NCHRP uuringus tehti kindlaks, et 23 juhul olid peenosise plastsusindeksite väärtused alla 4. Omadused, mida erinevate punkritolmude kasutamine mõjutab, on veel: sideaine penetratsioon ja viskoossus, *AC-tüüpi asfaltsegu volumeetrilised seosed*

Punkritolmu kasutamine võib mõjutada erinevaid asfaltsegu omadusi nagu sideaine penetratsioon ja viskoossus, asfaltsegu stabiilsus, jäikusmoodul ja niiskustundlikkus.

Penetratsioon (Penetration) ja viskoossus (Viscosity): Varasemad uuringud on näidanud, et peenosise/sideaine (F/A e. *fines/asphalt ratio*) suhtarvu kasvades 0,2 kuni 0,5 (mahu järgi) väheneb penetratsioon peaaegu lineaarselt. Samal ajal suureneb sideaine viskoossus (jäikus). (D.A.Anderson, 1982)

Stabiilsus (Stability): Peenosise kogus segus mõjutab otseselt Marshalli stabiilsust. Kui peenosise/sideaine suhtarv kasvab, kasvab ka Marshalli stabiilsus, saavutades oma maksimumi suhtarvu 0,55 lähedal. (Kandahl, 1981)

Jäikusmoodul (Resilient Modulus): laboratoorsed katsed näitavad, et jäikusmoodul suureneb filleripeenosise sisalduse kasvades. (A.Anderson, 1987)

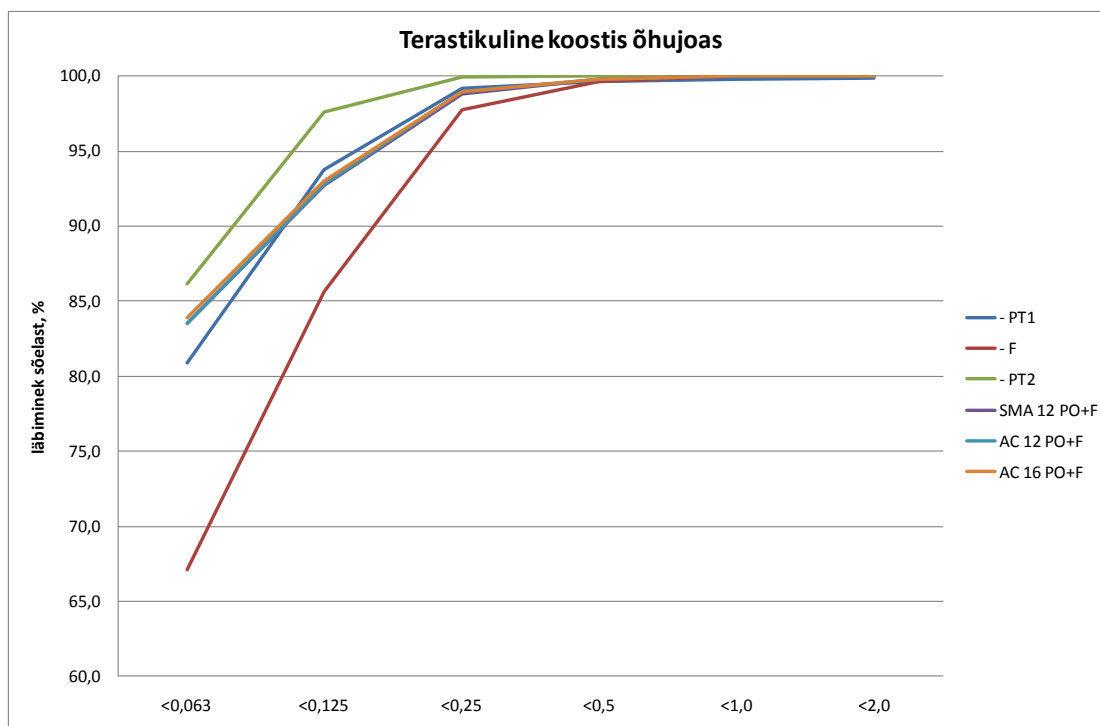
Niiskustundlikkus (Moisture Sensitivity): Niiskustundlikkus on üheks peamiseks võimalikuks mureks kui asfaltsegudes kasutatakse fillerina punkritolmu. Soovituslikult peaks peenosise osakaal sideaines (koos peenosisega) olema alla 50% (mahu järgi), et viia miinimumini niiskuse kahjustavat mõju või eraldumist (stripping) tihedates asfaltsegudes. (Kandahl, 1981)

Soome ASTO programmi raames läbi viidud nakkeuuringutes leiti, et tardkivitolmu asendamine asfaltsegudes lubjakivifilleriga vähendab tuntavalt asfaltsegu kulumiskindlust SRK ja Tröger'i katsel kuid Marshall'i tõmbetugevuse katsel ei erinenud erinevate peenosistega proovikehade katsetulemused üksteisest märkimisväärselt. (Kari Pylkkänen, 1990)

Sama programmi filleriuuringutes uuriti 16 erineva peenosise kasutamise mõju asfaltsegu veekindluse näitajatele ning leiti, et erinevate peenosiste mõju asfaltsegu veekindlusele on väike. Kõige suurem oli vee mõju asfaltsegudele, mille peenosises oli kivimiks magnesiit või sipernaat, milliste korral tõmbetugevuse vähenemine ületas 20%. Kõige väiksema tõmbetugevuse vähenemise (alla 10%) tõi kaasa aktiveeritud lubjakivifilleri, kustutatud lubja, tsemendi või Carbon Black'i kasutamine asfaltsegu. Lisaks tehti veekindluse katse ka Lottmani meetodil, mis samuti ei toonud välja erinevusi peenosiste vahel, mõningatel juhtudel olid tulemused ka eelnevatega vastukäivad. (Turunen, 1991)

VTI on uurinud 10 Põhja-Rootsis täitematerjalina kasutatava tardkivi tolmu omadusi ning tulnud järeldusele, et need tardkivitolmud on oma omadustelt EN 13043 mõistes üldjuhul madalamatesse klassidesse kuuluvad. Seejuures ei ole teada, kas ja kuidas need omadused mõjutavad asfaltsegu omadusi, mistõttu soovitatakse teostada vastavad katsed, eriti aga vilgurikaste kivimite korral. (Wiman, 2011)

Eestis viidi 2010 läbi uuring kus võrreldi omavahel fillerit ja erinevaid punkritolmusid. Uuringute käigus selgus muuhulgas, et lubjakivifiller (alloleval joonisel tähistatud F) ja erinevad punkritolmud (PT) ning tardkivitolm (PO) (sõelutud sõelmete fraktsioonist) erinevad üksteisest terastikulise koostise poolest. Terastikulist koostist selgitati nii vastava katsega õhujoas kui areomeetrikatsega.

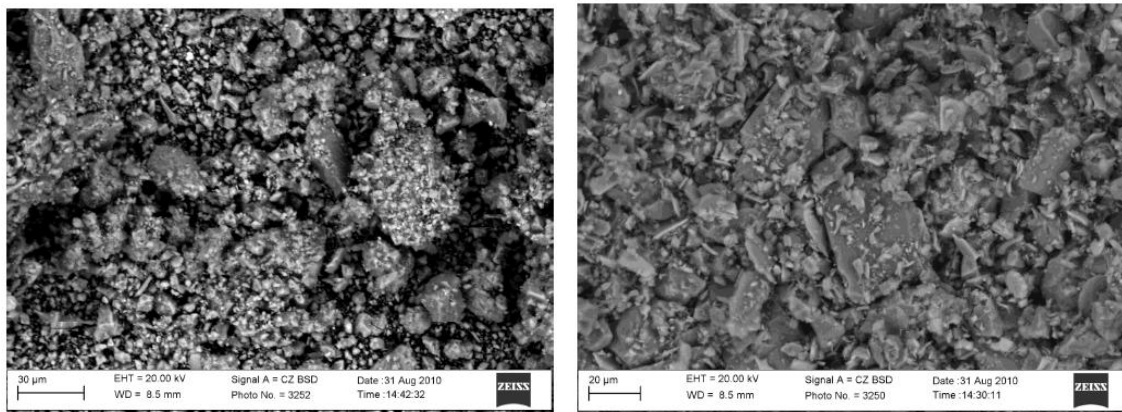


Joonis 38. Lubjakivifilleri, punkritolmude ja tardkivitolmu (segus lubjakivifilleriga) terastikulised koostised õhujoas

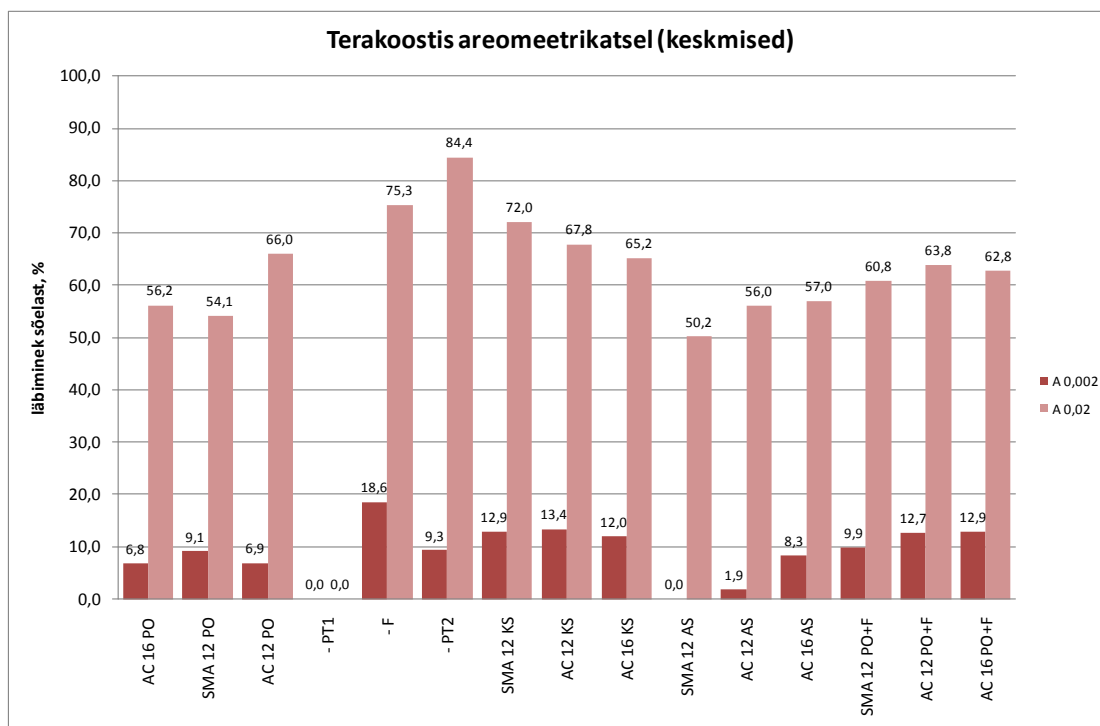
Punkritolmude osas ei andnud aga pae ja graniitkillustiku tolmu (PT1) areomeetrikatsel üldse tulemust, st osakeste suurus jääb vahemikku 0,02-0,063mm, ega oma seetõttu eraldi võetuna eeldatavalt filleriga võrreldavat peensust.

Tardkivitolmu (PT2) seevastu näitas paralleelkatsetes arvestatavat ebaühtlust, kus fr 0,002 mm osakaal jäi vahemikku 3-16% (olles sellega keskmisena võrreldav kasutatud peenosistega (PO) ning fr 0,02 osakaal 72-90 (olles keskmisena mõnevõrra suuremgi lisandfilleri vastavast näitajast).

Samas leiab suurem muudatus aset kuiv- ja asfaldisegude omavahelisel võrdlemisel. Kui kuivsegude puhul jääb fr 0,002 mm osakaal peenosises vahemikku 9-17%, siis asfaldisegudes on vastava fraktsiooni osakaal enam kui pooltel katsetel 0% ning ülejäänud katsetel kuni 10%, st. pärast bituumeniga segamist ja ekstraheerimist oli mõnedel juhtudel kadunud peenem tolmufraktsioon e. savifraktsioon (<0,002mm) – SMA12 segu puhul ja osaliselt AC12surf segu puhul. Fraktsiooni 0,02 mm puhul on vastavad näitajad 61-80% (kuivsegud) ning 47-59% (asfaldisegud pärast ekstraheerimist).



Joonis 39. Peenosis elektronmikroskoobi all. Ümaramate/kompaktsete teradega lubjakivifiller vasakul ja nurgelisemate/plaatjate teradega tardkivitolm paremal



Joonis 40. Saviosakeste (<0,02mm) osakaal peenosises on katsetatud tardkivitolmudel 6,8 – 9,1%, lubjakivifilleril 18,6%

Eeldades, et ekstraheerimise käigus püütakse kinni kogu mineraalmaterjal, võib eeltoodust järeldada, et laboratoorselt segatud bituumensesus muutuvad fr 0,002 ja 0,02 mm osakesed, mistõttu ei anna areomeetrikatse üheselt mõistetavaid tulemusi. Uuringus läbi viidud vaatluste käigus elektronmikroskoobiga (SEM) selgus, et lubjakivifilleri tera on üldjuhul veidi ümarama ning tardkivitolm nõeljama terakujuga. Eeldatavasti kanduvad mikroosakeste erinevad omadused üle makrostruktuuri omadustele e. siis asfaltseguale. (Truu, 2010)

JÄRELDUSED JA SOOVITUSED

Käesoleva uuringu raames erinevate peenosistega - lubjakivifiller, tardkivitolm ning nende 50/50-segu koostatud asfaltsegu katsetulemuste analüüsi põhjal võib väita, et laboratoorsete segude puhul ei sõltu asfaltsegu omadused asjaolust, kas peenosisena kasutatakse lubjakivifillerit või tardkivitolmu.

Erinevate katsete tulemuste võrdlemisel võib täheldada katsetulemuste mõningast hajuvust sama segu piires ning erinevate segude näitajate erinevused olid üldjuhul sellisest hajuvusest väiksemad.

Teostatud katsed ei toonud esile nakkeparandaja eeldatud positiivset mõju katsetulemustele. Asfaltsegu niiskustundlikkust hinnatakse reeglina veekindluse katsega kaudsete tõmbetugevuste kaudu. Mõnedes välisriikide uuringutes on asfaldiosakeste eraldumise (*stripping*) hindamiseks sobivamaks peetud deformatsioonikindluse katset, milles proovikeha koormatakse tsükliliselt veekeskkonnas. Seni pole Eestis vastavaid katseid tehtud, mistõttu puudub ka teadmine kuidas käituvad Eestis kasutatavad materjalid analoogilises katses. Selliste katsete läbiviimine võib aga võimaldada objektiivsemalt hinnata asfaltsegu vastupanu liikluskormusele kõrgetel katte temperatuuridel märgades tingimustes, kus eeldatavalt on asfaltkate kõige väiksema deformatsioonikindlusega ning samal ajal on suurim oht materjaliosakeste lahtitulekuks sideaine ja täitematerjali vahelise nakke vähenemise tulemusena. Hindamiseks erinevate peenosiste erinevat mõju sideainele ja seeläbi asfaltsegu omadustele (nt. niiskuskindlusel) on soovitatav edaspidi uurida kasutatavate tardkivitolmude ja muude peenosiste omadusi, sh. peensust (materjaliosakeste analüsaatoriga), tühiklikkust (Rigden), kahjulike osakeste sisaldust (metüleensinise katse), bituumeniarv, mahumass, eripind (BET, Blaine), liivekvivalent.

Kirjanduses toodud analüüsidele tuginedes on erinevates riikides teostatud uuringutes jõutud enamasti järelduseni, et kaasaegsete tolmpüüdurite olemasolul võib asfaldis kasutatavast tardkivimist pärinevat tolmu kasutada edukalt ka asfaldisegu tootmisel ning üldjuhul puudub vajadus kasutada täiendavaid lisandeid. Samas tõdetakse, et peenosis mõjutab oluliselt segu omadusi, mistõttu mitte kõik peenosised ei pruugi sobida kasutamiseks asfaltsegudes (nt. suure savisisalduse korral) ning sellisel juhul võib olla vajadus vastavat materjali kas osaliselt või täielikult asendada või parendada.

Käesolevas töös teostati kõik katse ettevalmistused ja katsed laboris, standardikohastes tingimustes ning täpselt segatud segudega. Praktikas võivad tingimused varieeruda mõnevõrra rohkem ning segud võivad käituda paigaldamisel teisiti, sõltudes konkreetsetest kasutatavatest tehnoloogiatest ja valitsevatest tingimustest (nt. ilmaoludest või aluspinnast). Ka on võimalik, et laborisegude väikese jäävpoorsuse (1,6-2,2%) tõttu ei pääse segu veekindlust mõjutavad tegurid piisavalt mõjule ning katse ei pruugi piisavalt väljendada suure poorsusega segude veekindlust või muid omadusi. Nimetatud aspekti kontrollimiseks tuleks projekteerida ka suure jäävpoorsusega segu ning katsetada erinevate peenosistega. Lisaks tuleks kaaluda võimalust viia läbi uuring ka tööstuslikult toodetud asfaldisegudega kus jälgitakse erinevate peenosistega asfaltsegude paigaldamist objektil sama tehnoloogiaga ja samades tingimustes.

Käesoleva uurimistöö põhjal võib seega üldistatult järeldada, et tolmutolmuuritega kogutav tardkivitolm on tõenäoliselt üldjuhul sobiv kasutamiseks asfaltsegudes, samas tuleb ilmselt pöörata rohkem tähelepanu tardkivitolmu nõ kvaliteedile, sh. savisisaldusele. Lubjakivifilleri kasutamisel on mitmed peenosise omadused kontrolli all filleri tootmise tootmisohje kaudu, mida ei saa aga sageli öelda tardkivitolmu kohta, kuna eriti punkritolmu kvaliteedi üle puudub korrapärane kontroll. Seetõttu on võimalik, et mõningatel juhtudel ei pruugi ka lubjakivifilleri 50% osakaal tagada kvaliteetset peenosist. Seetõttu oleks vajalik saada Eestis asfaltsegudes täitematerjalidena kasutatavate tardkivimite tolmu kohta enam teavet. Samuti on vajalik teada erinevate päritoluga lubjakivide tolmu ning punkri ehk filtritolmu omadusi, mis võivad mõnevõrra algsest tolmust erineda. Kindlasti ei ole kõikvõimalike kasutatavate peenosiste uurimine ratsionaalne kuid ka valikuline uurimine annab senisest parema ettekujutuse materjalist, mis tõenäoliselt väga suuresti mõjutab kasutatavate segude kvaliteeti. Uuringud võivad anda võimaluse erinevate peenosiste senisest suurema kasutamise lubamiseks kui oskame koostada nõuded lisatavale tolmufraksioonile (nt. terastiline koostis, savisisaldus, orgaaniliste ühendite sisaldus) ning need on pideva kontrolli all ning samuti on kontrollitud nende sobivus kasutamiseks asfaltsegudes. Täna pole siiski üheselt teada, millised peenosise mõõdetavad omadused mõjutavad asfaltsegu omadusi ja kuidas (sh. milliseid omadusi).

Asfaltsegude kvaliteet võib drastiliselt väheneda kui asfaltsegu püütakse kasutada peenosist, mille omadusi ega sobivust asfaltsegu pole katseliselt kontrollitud –

olgu nendeks looduslike või tehistäitematerjalide tolmu - tardkivitolmu, lubjakivitolmu, šlakitolmu, liivatolmu või muudest allikatest pärinev peenos, nt. lubjatolmu, filtrituhk vms. Seetõttu ei tohiks kindlasti kergelt lubada lisandfillerina selliste peenoside kasutamist, mille omadused ja mõju asfaltsegu omadustele pole usaldusväärsete katsetega kontrollitud ja omaduste püsivus tagatud.

KOKKUVÕTE

Käesolevas uurimistöös „Lubjakivifilleri ja tardkivitolmu mõju erinevused asfaltsegu deformatsiooni- ja veekindlusele“ viidi läbi laboratoorsed katsed AC12surf 70/100- ja SMA12-segudega, milles kuummaski varieeriti peenosist. Uuritud variatsioonid peenosise suhtes olid: a) peenosisena kasutusel ainult tardkivitolm (tüüp „TT“); b) peenosisena kasutusel ainult lubjakivifiller (tüüp „LF“) ja c) peenosisena kasutusel tardkivitolmu ja lubjakivifilleri segu vahekorras 50/50 (tüüp „50“). Lisaks teostati katsed nakkeparandaja mõju selgitamiseks AC12surf tüüp „50“ asfaltsegu omadustele (tüüp „50W“). Seega katsetati kokku 7 erinevat segu (4 AC-segu ja 3 SMA-segu).

Uurimistöös käigus jälgiti nimetatud erinevate segude käitumist katsetel ning analüüsiti katsetulemusi ning erinevate katsetulemuste vahelisi seoseid. Vaadeldud ja katsetatud segud käitusid üldjoontes sarnaselt ning mõningate katsetulemuste suuremad hälvimised esinesid pigem sama segu piires kui erinevate segude vahel.

Uurimistöös tehtud katsete põhjal näitas nakkeparandjat sisaldanud segu deformatsioonikindluse näitajate osas mõnevõrra paremaid tulemusi kui segu, milles nakkeparandajat ei kasutatud, kuid veekindluse osas sarnane tendents ei avaldunud. Võimalik, et siin mängib rolli kasutatud segu suhteliselt väike jäävpoorsus.

Teostatud katsetele ja uuritud kirjandusele tuginedes võib öelda, et asfaltsegudes kasutatavates täitematerjalides sisalduv tardkivitolm on üldjuhul sobilik kasutamiseks asfaltsegudes ning selle piiramine koguseliselt ei ole otstarbekas. Kindlasti on aga oluline, et lisandfillerina kasutatava peenosise omadused ja mõju asfaltsegu omadustele oleks katseliselt kontrollitud nii labori kui katselõigu baasil. Senise praktika ja käesoleva uuringu põhjal sobib selliseks lisandfilleriks hästi lubjakivifiller, kuid tõenäoliselt on võimalik täiendavate uuringute ja sobiva tootmiskorraldusega ka mõnede teiste mineraalsete peenosiste korral võimalik tagada oluliste omaduste püsivus ja ühtlane kvaliteet ning läbi vastavate tõendada nende sobivus kasutamiseks asfaltsegudes.

KASUTATUD KIRJANDUS

(NAPA). (kuupäev puudub). Using of baghouse fines - User Guidelines.

A.Anderson, D. (1987). "Guidelines for the Use of Dust in Hot Mix Asphalt Concrete Mixtures". *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 56* , 492-516.

Akhtarhusein A. Tayebali, W. K. (2003). *Effect of Percentage Baghouse Fines on the Amount and Type of Anti-Stripping Agent Required to Control Moisture Sensitivity*. Department of Civil Engineering, North Carolina State University, RESEARCH PROJECT 2002-08.

Al-Abdulwahhab, H. I. (1981). *Effects of baghouse fines and mineral fillers on asphalt mix properties in the Eastern Province of Saudi Arabia*.

Anderson, D. A. (1983). "Characterization and Specification of Baghouse Fines." . *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 52* , 88-120.

Anderson, D. A. (1982). "Dust Collector Fines and Their Influence on Mixture Design." *Proceedings of the AAPT, Volume 51*, pp. 353-397. Association of Asphalt Paving Technologists.

Anderson, D. A. *INFLUENCE OF FINES ON PERFORMANCE ON ASPHALT CONCRETE MIXTURES*.

Crawford, C. (1987). "Tender Mixes. Probable Causes, Possible Remedies." *NAPA Quality Improvement Series No., 108-3/8*. Riverdale, Maryland: National Asphalt Pavement Association.

D.A.Anderson, J. (1982). "Adding Dust Collector Fines to Asphalt Paving Mixtures." *National Cooperative Highway Research Program, Report No. 252*. Washington, DC: Transportation Research Board.

EVS. (2009). *EVS 901-1:2009 TEE-EHITUS. Osa 1: Asfaltsegude täitematerjalid*. Tallinn: EVS.

EVS. (2009). *EVS 901-1:2009 TEE-EHITUS. Osa 3: Asfaltsegud*. Tallinn: EVS.

J. M. Eik, J. F. (1978). *The Effect of Baghouse Fines on Asphalt Mixtures. Research Report No. 78-3*. College Park, Maryland: Asphalt Institute.

Kandahl, P. S. (1981). "Evaluation of Baghouse Fines in Bituminous Paving Mixtures." . *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 50* , 150-220.

Kandhal. *Do we need to add mineral filler in bituminous mixes?*

Kandhal, P. (1999). *Evaluation of Baghouse fines in Hot Mix Asphalt, NAPA, Information Manual 127*. National Asphalt Association.

Kari Pylkkänen, P. K.-V. (1990). *ASTO Loppuraportti n:o 3. Bitumin ja kiviaineksen välinen tartunta asfalttipäällysteessä. Osa I*. Espoo: VTT, Pank Ry, Tutkimusselostus n:o 776.

Materials, A. S. ASTM D1075-94. *"Standard Test Method for the Effect of Water on the Cohesion of Compacted Bituminous Mixtures."* . West Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03.

Officials, A. A. (1986). *Standard Method of Test "Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures," AASHTO Designation: M17-83, Part I Specifications, 14th Edition*.

Prithvi S. Kandhal, C. Y. (1998). *CHARACTERIZATION TESTS FOR MINERAL FILLERS RELATED TO PERFORMANCE OF ASPHALT PAVING MIXTURES*. Auburn, Alabama: NCAT Report No 98-2, Auburn University.

Puzinauskas, V. (1969). *Filler in Asphalt Mixtures. TAI Report 69-2*. The Asphalt Institute.

R.G.Ward, J. (1979). *Bituminous Concrete Plant Dust Collection System — Effects of Using Recovered Dust in Paving Mix. Research Report No. FHWA/WV-79-003*. Charleston, West Virginia: West Virginia Department of Highways.

R.H.Gretz. (1980). *Mineral Fines Effect on Asphalt Viscosity. Report No. 164*. Olympia, Washington: Washington State Department of Transportation.

R.P.Lottman. (1978). *"Predicting Moisture-Induced Damage to Asphaltic Concrete."* National Cooperative Highway Research Program, Report No. 192. Washington, DC: Transportation Research Board.

Satyajeet Pradhan, P. N. (2008). *Effect of fillers on bituminous paving mix.*

Scrimsher, T. (1976). *Baghouse Dust and Its Effect on Asphaltic Mixtures. Research Report No. CA-DOT-TL-3140-1-76-50.* Sacramento, California: California Department of Transportation.

T.Tons, A. R.-S. *PROPERTIES OF FLY ASH-EXTENDED-ASPHALT CONCRETE MIXES.*

Truu, M. (2010). *Katsetoodika koostamine lisandfilleri osakaalu määramiseks.*

Turunen, R. (1991). *ASTO Loppuraportti TR3 n:o 3. Asfalttipäällysteiden täyttejauheet.* Espoo: VTT, Pank Ry, Tutkimusselostus n:o 831.

Wiman, L. (2011). *Laboratorieanalyser av filler.* Linköping: VTI, 24-2010.

LISA

Lisa 1. Katseprotokollid

Lisa 2. Joonised. Üksikproovide katsetulemuste võrdlus

LISA 1. Katseprotokollid

21.06.11 nr 3-7/2267

Katseprotokoll nr 1057/11

Lk 1/23

Tellija: MÕÕTMISED JA UURINGUD OSAKOND

Töö ülesanne: “Uurimistöö lubjakivifilleri ja tardskivitolmu mõju erinevused asfaltsegu deformatsiooni- ja veekindlusele” proovide katsetamine

Proovide kirjeldus, katsetamine ja tulemused: On esitatud katseprotokolli lisas lk 2/23 kirjeldatud tabelites.

Saadud tulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta.

Vastutav teostaja: Labori juhataja asetäitja
Protokolli osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori kirjalik luba.
Labor väljastab ainult värvilise templiga katseprotokolle.



Silver Siht

Tabeli nr	Sisu	lk
1.	Töös kasutatud materjalide algandmed	3
2.	Laboratoorsete asfaltsegude algandmed (iga seguretsepti kohta 3 paralleelsegu)	3
3.	Teostatud täitematerjalide katsed ja nende standardid	4
4.	Killustike terastikuline koostis EVS-EN 933-1:2007 järgi.	5
5.	Filleri ja tolmu terastikuline koostis (sõelanalüüsi õhujoas) EVS-EN 933-10:2009 järgi.	5
6.	Killustike purunemiskindlus Los Angelese (LA) katsel EVS-EN 1097-2:2010 järgi ning osakeste tihedus ja veeimavus EVS-EN 1097-6:2007 (traatkorvi meetod) järgi.	5
7.	Filleri ja tolmu metüleensinise arv EVS-EN 933-9:2009 (Lisa A) järgi.	5
8.	Nake rullpudeli meetodil EVS-EN 12697-11:2005+EVN-EN 12697-11:2005/AC 2007 (osa A) järgi.	6
9.	Naftabituumeni Nynas B-80 katseandmed	6
10.	Teostatud asfaltsegude katsed ja nende standardid	7
11.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) katsetuste tulemused	8
12.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) katsetuste tulemused	9
13.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 1/11 (50 % tardkivifiller + 50 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	10
14.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 2/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	11
15.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 3/11 (9 % tardkivifiller + 91 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	12
16.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 4/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	13
17.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 5/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	14
18.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 6/11 (7 % tardkivifiller + 93 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	15
19.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 7/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) „Wetfix 0,4%“ terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.	16
20.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 1/11 (50 % tardkivifiller + 50 % lubjakivifiller)	17
21.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 2/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller)	18
22.	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 3/11 (9 % tardkivifiller + 91 % lubjakivifiller)	19
23.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 4/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller)	20
24.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 5/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller)	21
25.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 6/11 (7 % tardkivifiller + 93 % lubjakivifiller)	22
26.	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 7/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) „Wetfix 0,4%“	23



Tabel nr 1. Töös kasutatud materjalide algandmed

Labori Reg nr	Materjal	Võtmise kuupäev
1772	Väo karjääri filler	10.06.2010
235	Naftabituumen Nynas B-80	Nov 2009
1219	Wetfix AP 17	
1752	Polveniitty karjääri sõelmed fr 0/2 mm (ALGMATERJAL)	29.05.2009
	Polveniitty karjääri sõelmed fr 0/2 mm (PESTUD läbi 0,063 mm sõela)	
	Polveniitty karjääri tolmu fr 0/0,25 mm (sõelatud algmaterjalist)	
1753	Polveniitty karjääri killustik fr 2/4 mm	29.05.2009
1754	Polveniitty karjääri killustik fr 4/8 mm	29.05.2009
1755	Polveniitty karjääri killustik fr 8/12 mm	29.05.2009
1756	Polveniitty karjääri killustik fr 12/16 mm	29.05.2009
258	Inkoo karjääri sõelmed fr 0/4 mm (ALGMATERJAL)	8.03.2011
	Inkoo karjääri sõelmed fr 0/4 mm (PESTUD läbi 0,063 mm sõela)	
	Inkoo karjääri tolmu fr 0/0,25 mm (sõelatud algmaterjalist)	
259	Inkoo karjääri killustik fr 3/6 mm	8.03.2011
260	Inkoo karjääri killustik fr 6/12 mm	8.03.2011

Tabel nr 2. Laboratoorsete asfaltsegude algandmed (iga seguretsepti kohta 3 paralleelsegu)

Labori Reg nr	Segu	Segamise kuupäev
337	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 1/11 (50 % tardkivifiller + 50 % lubjakivifiller)	21.03.11
338		21.03.11
339		21.03.11
326	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 2/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller)	18.03.11
327		18.03.11
328		18.03.11
360	Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 3/11 (9 % tardkivifiller + 91 % lubjakivifiller)	23.03.11
361		23.03.11
362		23.03.11
526	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 4/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller)	08.04.11
527		08.04.11
764		29.04.11
524	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 5/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller)	08.04.11
525		08.04.11
763		29.04.11
535	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 6/11 (7 % tardkivifiller + 93 % lubjakivifiller)	11.04.11
536		11.04.11
765		29.04.11
537	Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 7/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) „Wetfix 0,4%“	11.04.11
538		11.04.11
766		29.04.11

Tabel nr 3 Teostatud täitematerjalide katsed ja nende standardid

Jrk nr	Omadus	Katsemeetod	Ühik	Tähis
1.	Peenosiste sisaldus	EVS-EN 933-1:2007 (pesemine ja sõelumine)	%	f
2.	Terakoostis	EVS-EN 933-1:2007 (pesemine ja sõelumine)	%	-
3.	Purunemiskindlus Los Angelese katsel	EVS-EN 1097-2:2010	-	LA
4.	Osakeste näivtihedus	EVS-EN 1097-6:2007 (traatkorvi meetod)	Mg/m ³	ρ_a
5.	Osakeste tihedus väljakuivatatud olekus		Mg/m ³	ρ_{rd}
6.	Osakeste tihedus küllastatud pindkuivas olekus		Mg/m ³	ρ_{ssd}
7.	Veeimavus		%	WA ₂₄
8.	Terastikuline koostis (sõelanalüüs õhujoas)	*EVS-EN 933-10:2009	%	-
9.	Metüleensinise arv	EVS-EN 933-9:2009 (Lisa A)	g/kg	MB _f

*- Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteerimata katse.

Tabel nr 4. Killustike terastikuline koostis EVS-EN 933-1:2007 järgi.

Reg nr	Karjäär	Fr (mm)	Läbib sõela ava (mm) massi %-des											
			20	16	12,5	8	6,3	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
1752	Polveniitty	0/2					100	99	76	54	39	29	21	15,4
1752		0/2 pestud					100	98	73	48	31	19	4	0,1
1753		2/4				100	97	51	7	4	3	3	2	2,0
1754		4/8			100	95	57	7	2	2	2	2	2	1,5
1755		8/12		100	95	11	3	1	1	1	1	1	1	0,9
1756		12/16	100	91	24	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8
258	Inkoo	0/4				100		94	66	44	31	22	13	10,6
258		0/4 pestud				100		93	62	37	23	12	3	0,1
259		3/6				100	93	21	4	2	2	2	1	1,3
260		6/12		100	96	42	16	3	2	2	2	1	1	1,1

Tabel nr 5. Filleri ja tolmu terastikuline koostis (sõelanalüüs õhujoas)* EVS-EN 933-10:2009 järgi.

Reg nr	Materjal	Läbib sõela ava (mm) massi %-des		
		0,063	0,125	0,25
1772	Väo karjääri filler	68,0	86	100
1752	Polveniitty karjääri tolmu fr 0/0,25 mm (sõelatud algmaterjalist)	52,4	78	100
258	Inkoo karjääri tolmu fr 0/0,25 mm (sõelatud algmaterjalist)	49,2	76	100

* - Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteerimata katse.

Tabel nr 6. Killustike purunemiskindlus Los Angelese (LA) katsel EVS-EN 1097-2:2010 järgi ning osakeste tihedus ja veeimavus EVS-EN 1097-6:2007 (traatkorvi meetod) järgi.

Reg nr	Materjali fr (mm)	Karjäär	LA		Osakeste tihedus				Veeimavus %
			Katse fr mm	Tulemus	Katse Fr mm	näiv tihedus Mg/m ³	välja kuivatatud olekus Mg/m ³	küllastatud pindkuivas olekus Mg/m ³	
1755	8/12	Polveniitty	10/14	11	8/11,2	2,89	2,87	2,87	0,3
1756	12/16								
260	6/12	Inkoo	8/11,2	19	6,3/12,5	2,66	2,64	2,65	0,3

Tabel nr 7. Filleri ja tolmu metüleensinise arv EVS-EN 933-9:2009 (Lisa A) järgi.

Reg nr	Materjal	Metüleensinise arv Mbf	
		Katse fr (mm)	Tulemus
1772	Väo karjääri filler		3,3 g/kg
1752	Polveniitty karjääri tolmu fr 0/0,25 mm (sõelatud algmaterjalist)	0/0,125	1,7 g/kg
258	Inkoo karjääri tolmu fr 0/0,25 mm (sõelatud algmaterjalist)		1,7 g/kg

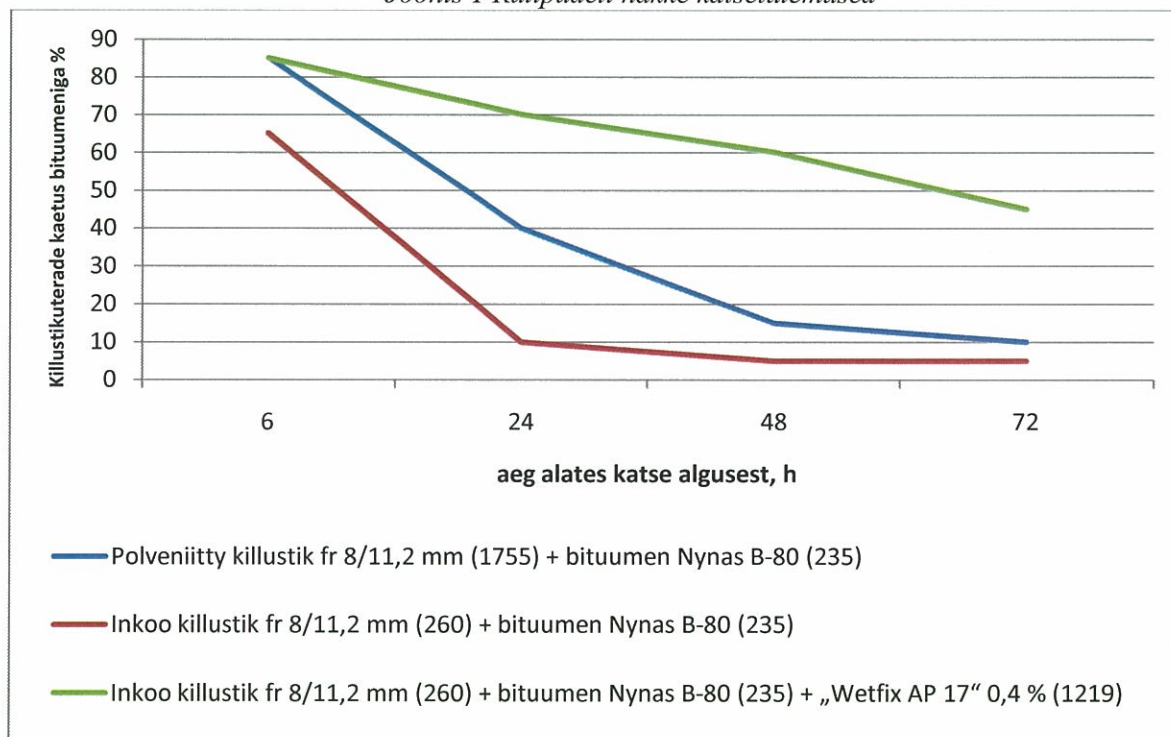


Tabel nr 8. Nake rullpudeli meetodil EVS-EN 12697-11:2005+EVN-EN 12697-11:2005/AC 2007 (osa A) järgi.

Katsetatavad proovid	Killustikuterade kaetus bituumeniga %, (aeg alates katse algusest, h)			
	6	24	48	72
Polveniitty killustik fr 8/11,2 mm (1755) + naftabituumen Nynas B-80 (235)	85	40	15	10
Inkoo killustik fr 8/11,2 mm (260) + naftabituumen Nynas B-80 (235)	65	10	5	5
Inkoo killustik fr 8/11,2 mm (260) + naftabituumen Nynas B-80 (235) + lisand „Wetfix AP 17“ 0,4 % (1219)	85	70	60	45

Märkused: Nakke katse läbiviimisel oli rullpudelite pöörlemiskiirus 60 pööret minutis. Bituumenile lisati enne katsetamist vastav kogus lisandit (arvutatult bituumeni massist).

Joonis 1 Rullpudeli nakke katsetulemused



Tabel nr 9. Naftabituumeni Nynas B-80 (reg nr 235) katseandmed.

Omadus	Katsemeetod	Katsetamise tulemus	Tähis
Penetratsioon 25 °C juures	EVS-EN 1426:2007	73 x 0,1 mm	-
Pehmenemistäpp	EVS-EN 1427:2007	46,6 °C	-



Tabel nr 10. Teostatud asfaltsegude katsed ja nende standardid

Jrk nr	Omadus	Katsemeetod	Ühik	Tähis
1.	Lahustuva sideaine sisaldus	EVS-EN 12697-1:2006 (massierinevuste meetod)	%	S
2.	Näiv erimass	EVS-EN 12697-5:2010 (meetod A)	kg/m ³	ρ_{mv}
3.	Mahumass	EVS-EN 12697-6:2003+A1:2007 (meetod B)	kg/m ³	ρ_{bssd}
4.	Jäävpoorsus	EVS-EN 12697-8:2003	%	V_m
5.	Skeletipoorsus		%	VMA
6.	Bituumeniga täidetud pooride maht		%	VFB
7.	Kaudne tõmbetugevus kuivalt 15 °C juures	EVS-EN 12697-12:2008 (meetod A)	kPa	ITS _d
8.	Kaudne tõmbetugevus veega küllastunult 15 °C juures		kPa	ITS _w
9.	Veekindlus		%	ITSR
10.	Marshalli stabiilsus	EVS-EN 12697-34:2004+A1:2007	kN	S
11.	Marshalli voolavus		mm	F
12.	Marshalli koefitsient		kN/mm	-
13.	Maksimaalne jäljesügavuse juurdekasv	Vastupanu jäävdeformatsioonile (deformatsioonikindlus) – väike seade EVS-EN 12697-22:2004+A1:2007 meetod B (õhus) 50°C	mm 10 ⁻³ koormustsükli kohta	WTS _{AIR}
14.	Maksimaalne suhteline jäljesügavus		%	PRD _{AIR}

Laboratoorsed proovikehad valmistati:

- SMA 12 70/100 segude puhul EVS-EN 12697-31:2007 (poorsusnäitajad 120 pööret, veekindlus 50 pööret) järgi
- AC 12 surf 70/100 segude puhul EVS-EN 12697-30:2004+A1:2007 (Mahumass ja Marshalli katse 2 korda 50 lööki, Veekindluse katse 2 korda 35 lööki) järgi

Laboratoorsed proovikehad valmistati deformatsioonikindluse katseks EVS-EN 12697-33:2004+A1:2007 järgi.

Tabel nr 11. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitü killustik) katsetuste tulemused

Jrk nr	Omadus	Ühik	Katsetamise tulemus									Tähis
			50 % tardkivifiller + 50 % lubjakivifiller RETSEPT nr 1/11			100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller RETSEPT nr 2/11			9 % tardkivifiller + 91 % lubjakivifiller RETSEPT nr 3/11			
			337	338	339	326	327	328	360	361	362	
1.	Lahustuva sideaine sisaldus	%	6,1	6,0	6,1	6,1	6,2	6,0	5,9	6,1	6,0	S
2.	Näiv erimass	kg/m ³	2604	2610	2610	2601	2612	2607	2618	2595	2605	ρ _{mv}
3.	Mahumass (poorsusnäitajate proovikehad)	kg/m ³	2569	2569	2561	2556	2565	2550	2552	2542	2551	ρ _{bssd}
4.	Jäävpoorsus	%	1,3	1,6	1,9	1,7	1,8	2,2	2,5	2,0	2,1	V _m
5.	Skeletipoorsus	%	17,0	16,9	17,5	17,4	17,6	17,5	17,6	17,5	17,4	VMA
6.	Bituumeniga täidetud pooride maht	%	92,1	90,7	89,3	90,1	89,8	87,5	85,7	88,3	88,1	VFB
7.	Mahumass (veekindluse proovikehad)	kg/m ³	2539	2536	2530	2537	2532	2506	2505	2512	2510	ρ _{bssd}
8.	Kaudne tõmbetugevus kuivalt 15 °C juures	kPa	1794	1766	1672	1760	1836	1595	1484	1364	1577	ITS _d
9.	Kaudne tõmbetugevus veega küllastunult 15 °C juures	kPa	1737	1717	1626	1771	1854	1437	1460	1402	1560	ITS _w
10.	Veekindlus	%	97	97	97	101	101	90	98	103	99	ITSR
11.	Maksimaalne jäljesügavuse juurdekasv	mm 10 ³ koormustsükli kohta	0,07	0,07	0,10	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08	0,17	WTS _{AIR}
12.	Maksimaalne suhteline jäljesügavus	%	11,4	10,3	11,0	9,4	9,6	8,7	8,6	8,9	10,7	PRD _{AIR}

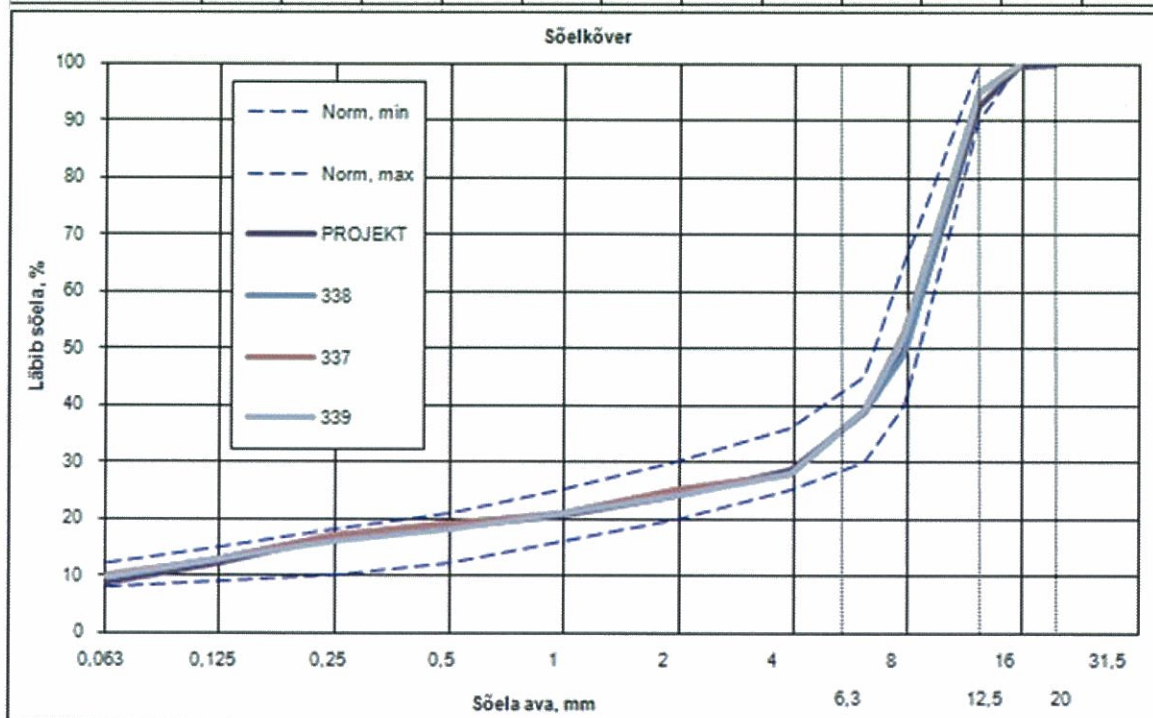


Tabel nr 12. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) katsetuste tulemused

Jrk nr	Omadus	Ühik	Katsetamise tulemus												Tähis
			49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller RETSEPT nr 4/11			100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller RETSEPT nr 5/11			7 % tardkivifiller + 93 % lubjakivifiller RETSEPT nr 6/11			49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller „Wetfix 0,4%“ RETSEPT nr 7/11			
			526	527	764	524	525	763	535	536	765	537	538	766	
1.	Lahustuva sideaine sisaldus	%	5,7	5,8	5,8	6,1	5,8	6,0	5,6	5,9	5,7	5,8	5,8	5,7	S
2.	Näiv erimass	kg/m ³	2443	2445	2445	2430	2440	2430	2449	2441	2446	2443	2435	2446	p _{mv}
3.	Mahumass (poorsusnäitajate proovikehad)	kg/m ³	2400	2400	2394	2393	2391	2389	2394	2393	2402	2394	2400	2392	p _{bossd}
4.	Jäävpoorsus	%	1,8	1,8	2,1	1,5	2,0	1,7	2,2	2,0	1,8	2,0	1,4	2,2	V _m
5.	Skeletipoorsus	%	15,5	15,8	15,9	16,2	15,9	16,1	15,6	16,2	15,5	15,8	15,4	15,9	VMA
6.	Bituumeniga täidetud pooride maht	%	88,6	88,4	86,8	90,6	87,3	89,5	85,6	87,8	88,4	87,3	90,7	86,1	VFB
7.	Mahumass (veekindluse proovikehad)	kg/m ³	2380	2399	2366	2385	2376	2384	2389	2390	2377	2384	2382	2382	p _{bossd}
8.	Kaudne tõmbetugevus kuivalt 15 °C juures	kPa	2182	2247	2655	2125	2113	2414	2176	2037	2513	2265	2159	2253	ITS _d
9.	Kaudne tõmbetugevus veega küllastunult 15 °C juures	kPa	2027	2257	2563	2037	2106	2414	2036	1907	2433	2149	2125	2443	ITS _w
10.	Veekindlus	%	93	100	97	96	100	100	94	94	97	95	98	96	ITS _r
11.	Marshalli stabiilsus	kN	9,0	8,8	10,5	7,0	7,4	10,0	8,9	8,4	10,1	8,0	8,9	11,0	S
12.	Marshalli voolavus	mm	3,4	3,2	3,6	3,0	3,4	3,9	3,5	3,7	3,9	3,2	3,1	3,7	F
13.	Marshalli koefitsient	kN/mm	2,6	2,8	2,9	2,3	2,2	2,6	2,5	2,3	2,6	2,5	2,9	3,0	-
14.	Maksimaalne jäljesügavuse juurdekasv	mm 10 ³ koormus-tsükli kohta	0,09	0,19	0,07	0,18	0,11	0,11	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	WTS _{AIR}
15.	Maksimaalne suhteline jäljesügavus	%	10,7	12,8	10,0	15,3	11,1	12,3	8,3	11,2	9,5	10,0	9,1	10,0	PRD _{AIR}

Tabel nr 13. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 1/11 (50 % tardkivifiller + 50 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6,3	8	12,5	16	20
Sõela läbind, % kivimaterjali massist												
337	10,1	13	17	19	21	25	28	39	53	95	100	
338	9,8	13	17	19	21	25	28	39	49	95	100	
339	9,8	13	16	18	21	24	28	39	52	95	100	
PROJEKT	8,8	12	17	18	21	24	29	39	50	93	100	100
Norm, min	8,0	9	10	12	16	20	25	30	40	90	100	
Norm, max	12,0	15	18	21	25	30	36	45	65	100		

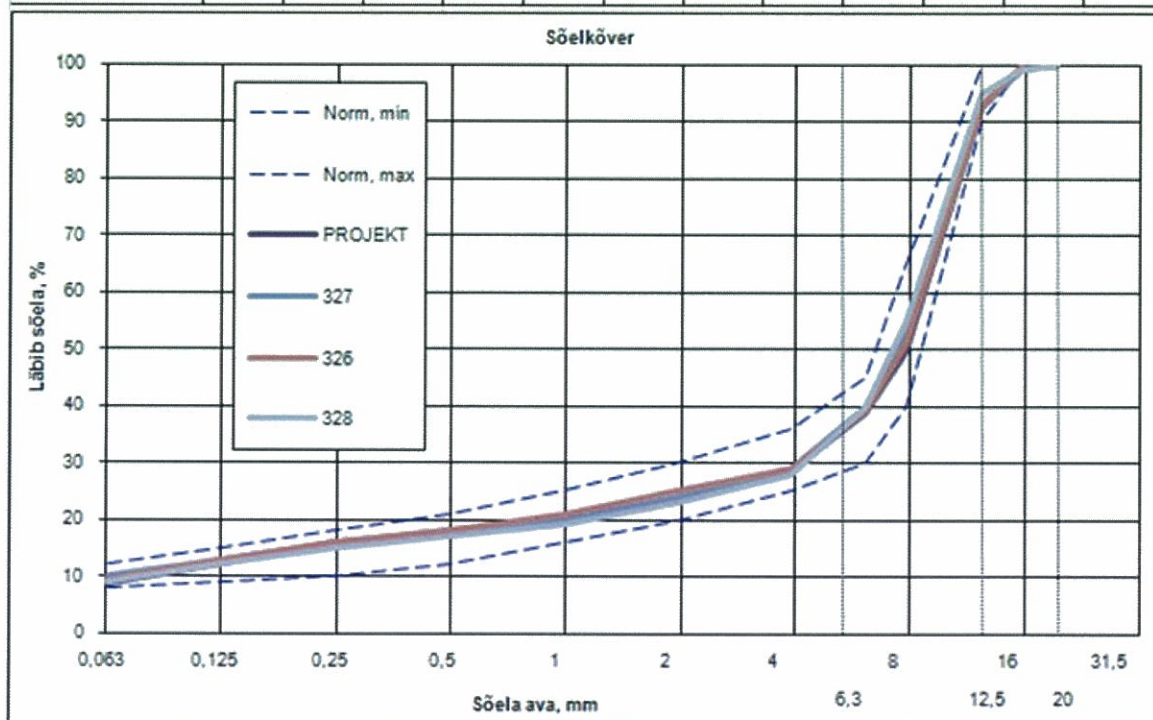


Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS-901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“



Tabel nr 14. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 2/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

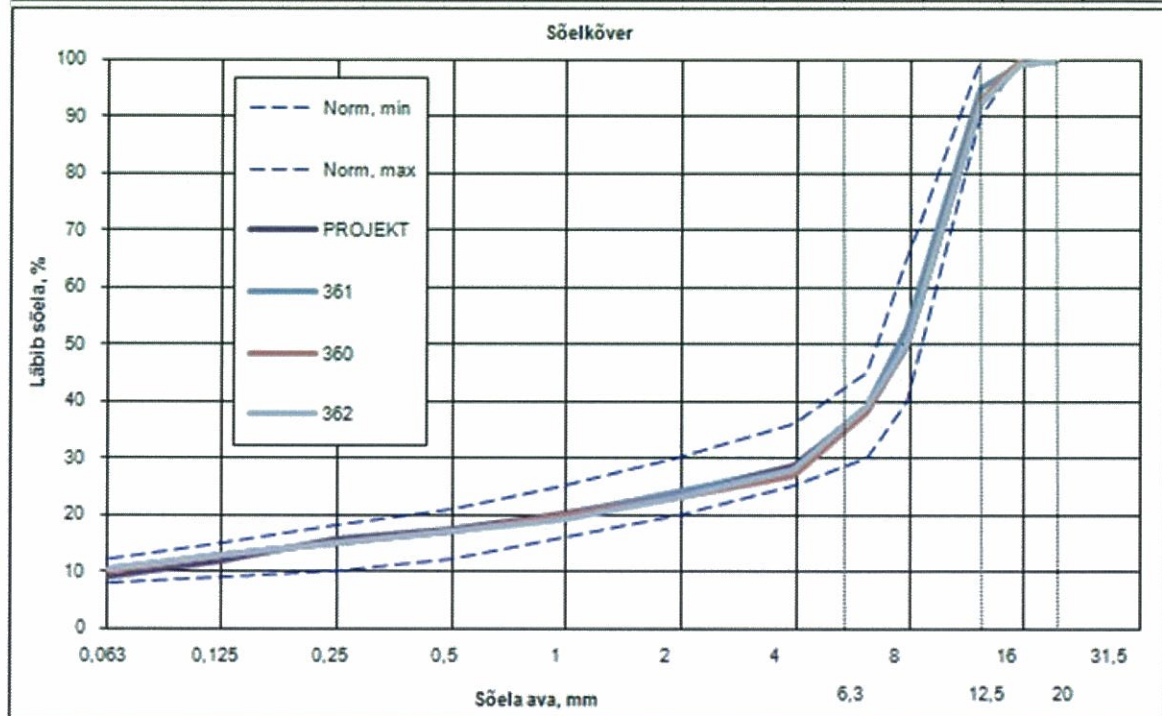
Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6,3	8	12,5	16	20
Sõela läbind, % kivimaterjali massist												
326	9,4	13	16	18	21	25	29	39	51	93	100	
327	10,2	13	16	18	20	24	29	40	53	93	99	100
328	9,1	12	15	17	19	23	28	40	55	95	99	100
PROJEKT	8,6	12	16	18	20	24	29	39	50	93	100	100
Norm, min	8,0	9	10	12	16	20	25	30	40	90	100	
Norm, max	12,0	15	18	21	25	30	36	45	65	100		



Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

Tabel nr 15. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 3/11 (9 % tardkivifiller + 91 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6,3	8	12,5	16	20
	Sõela läbind, % kivimaterjali massist											
360	10,1	13	15	17	20	23	27	38	50	93	100	
361	10,5	13	15	17	20	24	28	39	53	95	99	100
362	10,4	13	15	17	19	23	28	39	50	92	99	100
PROJEKT	8,9	12	16	18	20	24	29	39	50	93	100	100
Norm, min	8,0	9	10	12	16	20	25	30	40	90	100	
Norm, max	12,0	15	18	21	25	30	36	45	65	100		

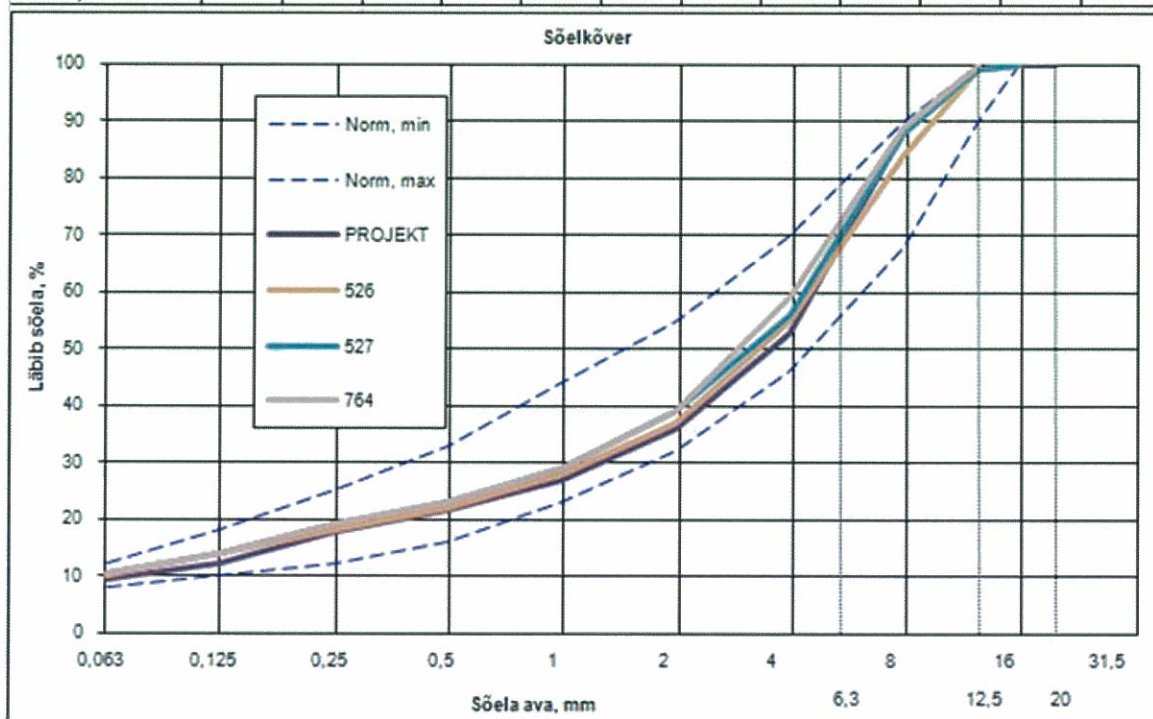


Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“



Tabel nr 16. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 4/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	31,5
Sõela läbind, % kivimaterjali massist												
526	10,1	14	18	22	28	37	55	84	99	100		
527	10,4	14	19	23	29	39	56	88	99	100		
764	10,5	14	19	23	29	39	59	89	100			
PROJEKT	9,3	12	18	22	27	36	53	88	99	100	100	
Norm, min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
Norm, max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			

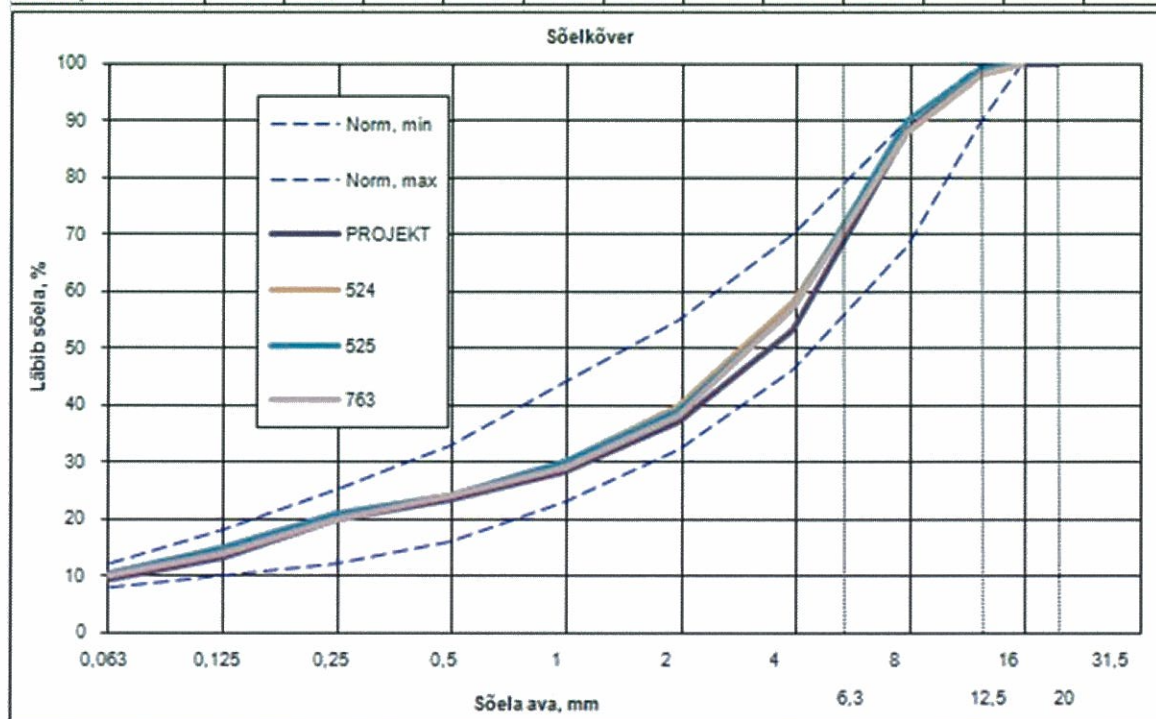


Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“



Tabel nr 17. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 5/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	31,5
Sõela läbind, % kivimaterjali massist												
524	10,3	15	21	24	30	40	58	88	98	100		
525	10,4	15	21	24	30	39	57	90	99	100		
763	10,2	14	20	24	29	38	57	88	98	100		
PROJEKT	9,3	13	20	23	28	37	53	88	99	100	100	
Norm, min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
Norm, max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			

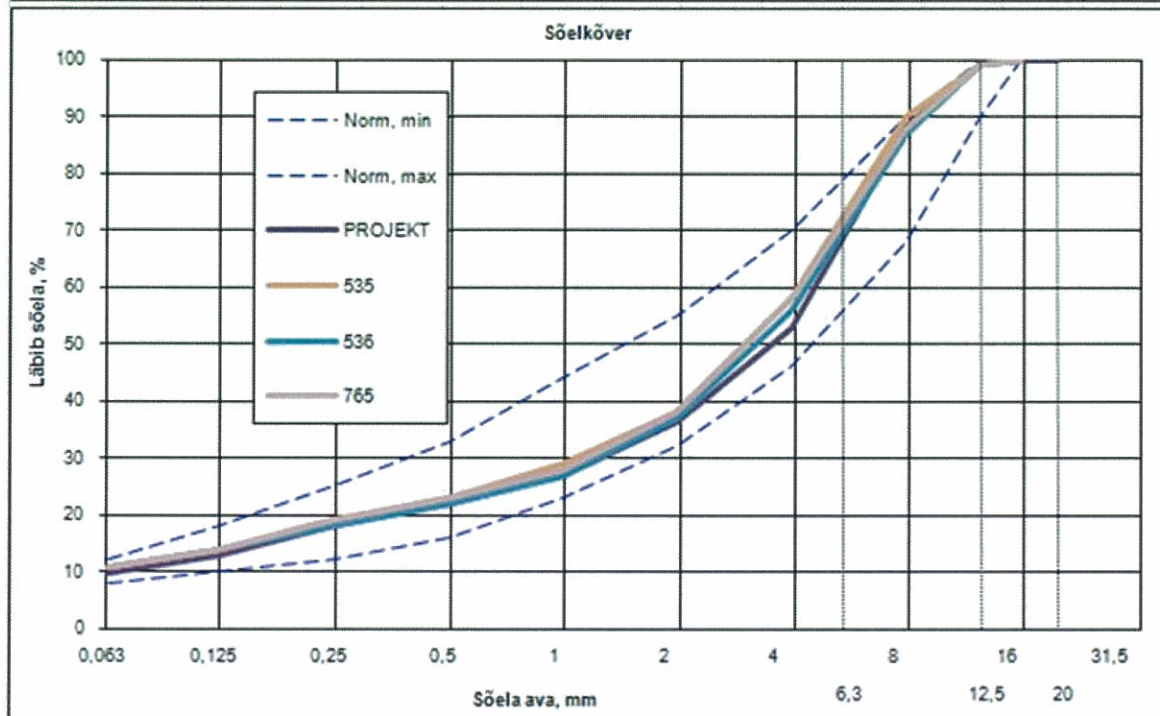


Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“



Tabel nr 18. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 6/11 (7 % tardkivifiller + 93 % lubjakivifiller) terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	31,5
Sõela läbind, % kivimaterjali massist												
535	10,9	14	19	23	29	38	58	90	99	100		
536	10,8	14	18	22	27	37	56	87	99	100		
765	10,9	14	19	23	28	38	58	88	99	100		
PROJEKT	9,5	13	18	22	27	36	53	88	99	100	100	
Norm, min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
Norm, max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			

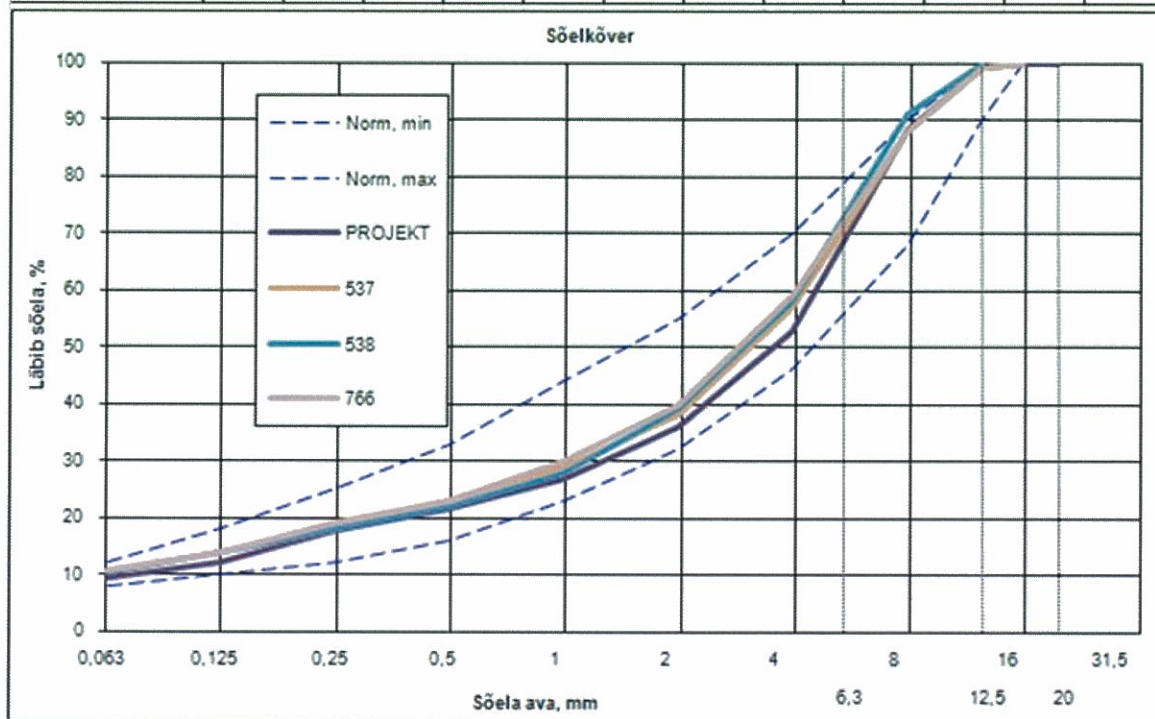


Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“



Tabel nr 19. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 7/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) „Wetfix 0,4%“ terastikuline koostis EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007 järgi.

Sõela ava, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	31,5
	Sõela läbind, % kivimaterjali massist											
537	10,4	14	18	23	29	38	57	88	99	100		
538	10,4	14	18	22	28	39	58	91	100			
766	10,6	14	19	23	30	40	59	88	99	100		
PROJEKT	9,3	12	18	22	27	36	53	88	99	100	100	
Norm, min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
Norm, max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			



Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“



Tabel nr 20. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polveniitty killustik) – retsept nr 1/11 (50 % tardkivifiller + 50 % lubjakivifiller)

Asfaltsegu SMA 12 70/100 retsept terastikulise koostise järgi

SEGURETSEPT nr 1/11

Täitematerjalid

Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _w	f	MB _F	C	FI	F	Hu- mus
1	0/2 pes	GR	Polvenniitty karjäär									
2	0/2	GR	Polvenniitty karjäär									
3	0/0,25	GR	Polvenniitty karjäär									
4	4/8	GR	Polvenniitty karjäär									
5	8/12	GR	Polvenniitty karjäär	2,89	11							
6	12/16	GR	Polvenniitty karjäär		11							
7	filler	PAE	Talter Vão									

Sideaine

Projekteeritud segu koostis.

8	Mark	B-80		Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus kg/t
	Tootja	Nynas		Nr	fr	Täitematerjal	Segu	
	Dekl nr							
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm		1	0/2 pes	13	12,2	
	Viskoossus			2	0/2	1	0,9	
	Nake 24h	40%		3	0/0,25	6,5	6,1	
	Nake 72h	10%		4	4/8	18	16,9	
	Pehm.täpp	46,6 °C		5	8/12	50	46,9	
Lisan- d	Mark	Tootja / dekl.nr.	%	6	12/16	5	4,7	46,9
	Viatop		0,4	7	filler	6,5	6,1	60,9
				8	B (doseeritav)		6,3	63,0

Terastikuline koostis

Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6,3	8	12,5	16	20
1	0/2 pes	0,1	4	19	31	48	73	98	100	100	100	100	100
2	0/2	15,4	21	29	39	54	76	99	100	100	100	100	100
3	0/0,25	52,4	78	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	4/8	1,5	2	2	2	2	2	7	57	95	100	100	100
5	8/12	0,9	1	1	1	1	1	1	3	11	95	100	100
6	12/16	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	91	100
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		8,8	12	17	18	21	24	29	39	50	93	100	100
Norm	min	8,0	9	10	12	16	20	25	30	40	90	100	
	max	12,0	15	18	21	25	30	36	45	65	100		

Projekteeritud segu omadused

Mahu- mass	Eri- mass	VMA %	V %	VFB %	V10G %	WTS mm	PRD %	D %	ITSR %	Abr _A ml	S kN	F mm	
Nõue	EVS 901	-	2-5	DV	NR	DV	DV	0,6	≥90	36	-	-	

TEHNOKESKUSE LABORATOORIUM

AS TEEDE

TEHNOKESKUS

DOKUMENDI ORIGINAAL

100,0%

90,0

80,0

70,0

60,0

50,0

40,0

30,0

20,0

10,0

0,0

0,063

0,125

0,25

0,5

1

2

4

6,3

8

10

12,5

16

20

31,5

Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

Tabel nr 21. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polvenniitty killustik) – retsept nr 2/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller)

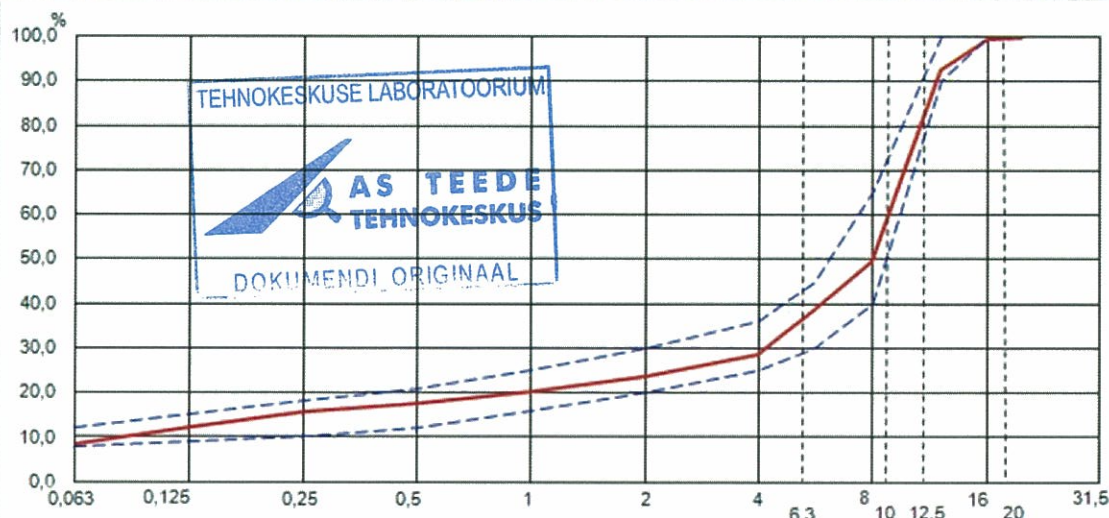
Asfaltsegu SMA 12 70/100 retsept terastikulise koostise järgi SEGURETSEPT nr 2/11													
Täitematerjalid													
Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _N	f	MB _F	C	FI	F	Huu- mus	
1	0/2	GR	Polvenniitty karjäär										
2	2/4	GR	Polvenniitty karjäär										
3	0/0,25	GR	Polvenniitty karjäär										
4	4/8	GR	Polvenniitty karjäär										
5	8/12	GR	Polvenniitty karjäär	2,89	11								
6	12/16	GR	Polvenniitty karjäär		11								
7	filler	PAE	Talter Vão										
Sideaine					Projekteeritud segu koostis.								
8	Mark	B-80			Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus kg/t				
	Tootja	Nynas			Nr	fr	Täitematerjal	Segu					
	Dekl nr												
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm			1	0/2	17	15,9	159,3				
	Viskoossus				2	2/4		0,0	0,0				
	Nake 24h	40%			3	0/0,25	10	9,4	93,7				
	Nake 72h	10%			4	4/8	18	16,9	168,7				
	Pehm.täpp	46,6 °C			5	8/12	50	46,9	468,5				
Lisan- did	Mark	Tootja / dekl.nr.	%	6	12/16	5	4,7	46,9					
	Viatop		0,4	7	filler		0,0	0,0					
				8	B (doseeritav)		6,3	63,0					
Terastikuline koostis													
Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6,3	8	12,5	16	20
1	0/2	15,4	21	29	39	54	76	99	100	100	100	100	100
2	2/4	2,0	2	3	3	4	7	51	97	100	100	100	100
3	0/0,25	52,4	78	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	4/8	1,5	2	2	2	2	2	7	57	95	100	100	100
5	8/12	0,9	1	1	1	1	1	1	3	11	95	100	100
6	12/16	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	91	100
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		8,6	12	16	18	20	24	29	39	50	93	100	100
Norm	min	8,0	9	10	12	16	20	25	30	40	90	100	
	max	12,0	15	18	21	25	30	36	45	65	100		
Projekteeritud segu omadused													
Mahu- mass	Eri- mass	VMA %	V %	VFB %	V10G %	WTS mm	PRD %	D %	ITSR %	Abr _A ml	S kN	F mm	
Nõue EVS 901	-	2-5	DV	NR	DV	DV	DV	0,6	≥90	36	-	-	

TEHNOKESKUSE LABORATOORIUM

AS TEEDE
TEHNOKESKUS

DOKUMENDI ORIGINAAL

Sieve Size (mm)	Project (%)	Upper Limit (%)	Lower Limit (%)
0.063	10	12	8
0.125	12	14	10
0.25	18	20	16
0.5	20	22	18
1	25	27	23
2	30	32	28
4	40	42	38
8	60	62	58
16	100	100	100
31.5	100	100	100



Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

Tabel nr 22. Asfaltsegu SMA 12 70/100 (Polvenniitty killustik) – retsept nr 3/11 (9 % tardkivifiller + 91 % lubjakivifiller)

Asfaltsegu SMA 12 70/100 retsept terastikulise koostise järgi SEGURETSEPT nr 3/11													
Täitematerjalid													
Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _N	f	MB _F	C	FI	F	Huu- mus	
1	0/2 pes	GR	Polvenniitty karjäär										
2	2/4	GR	Polvenniitty karjäär										
3	0/0,25	GR	Polvenniitty karjäär										
4	4/8	GR	Polvenniitty karjäär										
5	8/12	GR	Polvenniitty karjäär	2,89	11								
6	12/16	GR	Polvenniitty karjäär		11								
7	filler	PAE	Talter Vao										
Sideaine					Projekteeritud segu koostis.								
8	Mark	B-80			Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus				
	Tootja	Nynas			Nr	fr	Täitematerjal	Segu	kg/t				
	Dekl nr												
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm			1	0/2 pes	15	14,1	140,6				
	Viskoossus				2	2/4		0,0	0,0				
	Nake 24h	40%			3	0/0,25		0,0	0,0				
	Nake 72h	10%			4	4/8	18	16,9	168,7				
	Pehm.täpp	46,6 °C			5	8/12	50	46,9	468,5				
Lisan- did	Mark	Tootja / dekl.nr.		%	6	12/16	5	4,7	46,9				
	Viatop			0,4	7	filler	12	11,2	112,4				
				8	B (doseeritav)		6,3	63,0					
	Terastikuline koostis												
Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6,3	8	12,5	16	20
1	0/2 pes	0,1	4	19	31	48	73	98	100	100	100	100	100
2	2/4	2,0	2	3	3	4	7	51	97	100	100	100	100
3	0/0,25	52,4	78	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	4/8	1,5	2	2	2	2	2	7	57	95	100	100	100
5	8/12	0,9	1	1	1	1	1	1	3	11	95	100	100
6	12/16	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	91	100
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		8,9	12	16	18	20	24	29	39	50	93	100	100
Norm	min	8,0	9	10	12	16	20	25	30	40	90	100	
	max	12,0	15	18	21	25	30	36	45	65	100		
Projekteeritud segu omadused													
Mahu- mass	Eri- mass	VMA %	V %	VFB %	V10G %	WTS mm	PRD %	D %	ITSR %	Abr _A ml	S kN	F mm	
Nõue EVS 901	-	2-5	DV	NR	DV	DV	DV	0,6	≥90	36	-	-	

TEHNOKESKUSE LABORATOORUM

DOKUMENDI ORIGINAAL

Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

Tabel nr 23. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 4/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller)

Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 retsept terastikulise koostise järgi

SEGURETSEPT nr 4/11

Täitematerjalid

Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _N	f	MB _F	C	FI	F	Hu- mus
1	0/4	GR	Inkoo karjäär									
2	0/4 pes	GR	Inkoo karjäär									
3	0/0,25	GR	Inkoo karjäär									
4	3/6	GR	Inkoo karjäär							9		
5	6/12	GR	Inkoo karjäär	2,66		6,6				11		
6	12/18	GR	Inkoo karjäär									
7	filler	PAE	Talter Vão									

Sideaine

8	Mark	B-80		Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus kg/t
	Tootja	Nynas		Nr	fr	Täitematerjal	Segu	
	Dekl nr							
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm		1	0/4	23	21,7	216,7
	Viskoossus			2	0/4 pes	15	14,1	141,3
	Nake 24h	10%		3	0/0,25	3	2,8	28,3
	+Wetfix 0,4%	70%		4	3/6	32	30,1	301,4
	Pehm.täpp	46,6 °C		5	6/12	20	18,8	188,4

Lisan-
did

Mark	Tootja / dekl.nr.	%	6	12/18		0,0	0,0
			7	filler	7	6,6	65,9
			8	B (doseeritav)		5,8	58,0

Terastikuline koostis

Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	
1	0/4	10,6	13	22	31	44	66	94	100	100	100	100	100
2	0/4 pes	0,1	3	12	23	37	62	93	100	100	100	100	100
3	0/0,25	49,2	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	3/6	1,3	1	2	2	2	4	21	100	100	100	100	100
5	6/12	1,1	1	1	2	2	2	3	42	96	100	100	100
6	12/18												
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		9,3	12	18	22	27	36	53	88	99	100	100	100
Norm	min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
	max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			

Projekteeritud segu omadused

Mahu- mass	Eri- mass	VMA %	V %	VFB %	V10G %	WTS mm	PRD %	D %	ITSR %	Abr _A ml	S kN	F mm	
Nõue EVS 901	>14	1,5-4,5	DV	DV	DV	DV	DV	-	≥90	DV	*≥7,5	*2-5	

TEHNOKESKUSE LABORATOORIUM

AS TEEDE
TEHNOKESKUS

DOKUMENDI ORIGINAAL

Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

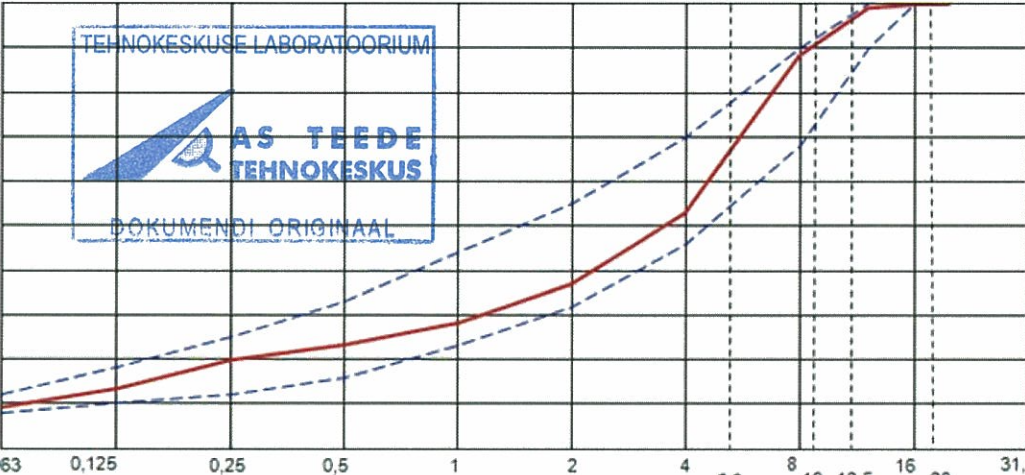
Tabel nr 24. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 5/11 (100 % tardkivifiller + 0 % lubjakivifiller)

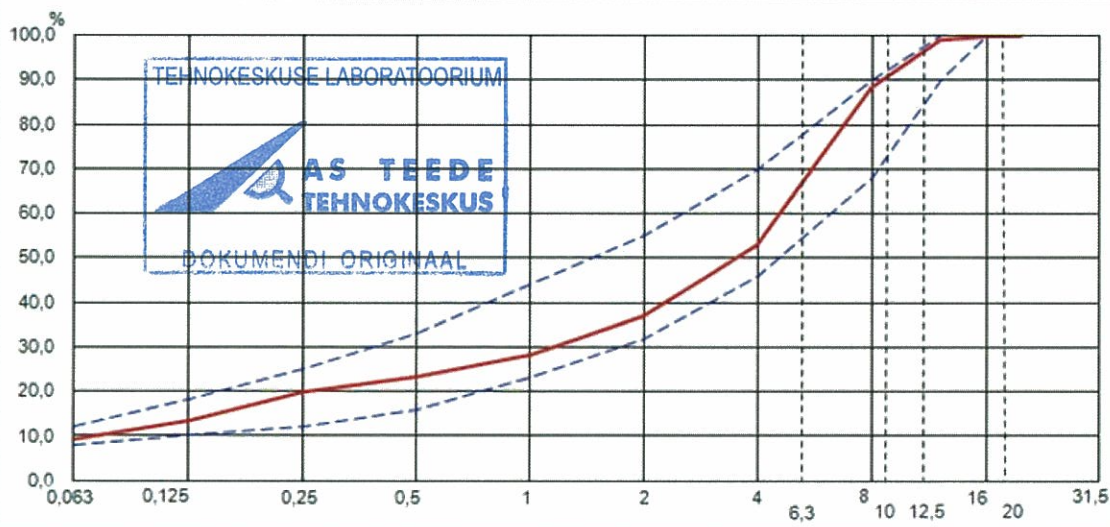
Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 retsept terastikulise koostise järgi SEGURETSEPT nr 5/11													
Täitematerjalid													
Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _N	f	MB _F	C	FI	F	Huu- mus	
1	0/4	GR	Inkoo karjäär										
2	0/4 pes	GR	Inkoo karjäär										
3	0/0,25	GR	Inkoo karjäär										
4	3/6	GR	Inkoo karjäär							9			
5	6/12	GR	Inkoo karjäär	2,66		6,6				11			
6	12/18	GR	Inkoo karjäär										
7	filler	PAE	Talter Vao										
Sideaine					Projekteeritud segu koostis.								
8	Mark	B-80			Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus kg/t				
	Tootja	Nynas			Nr	fr	Täitematerjal	Segu					
	Dekl nr												
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm			1	0/4	26	24,5	244,9				
	Viskoossus				2	0/4 pes	10	9,4	94,2				
	Nake 24h	10%			3	0/0,25	12	11,3	113,0				
	+Wetfix 0,4%	70%			4	3/6	32	30,1	301,4				
Pehm.täpp	46,6 °C			5	6/12	20	18,8	188,4					
Lisan- did	Mark	Tootja / dekl.nr.		%	6	12/18		0,0	0,0				
					7	filler		0,0	0,0				
					8	B (doseeritav)		5,8	58,0				
Terastikuline koostis													
Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	
1	0/4	10,6	13	22	31	44	66	94	100	100	100	100	100
2	0/4 pes	0,1	3	12	23	37	62	93	100	100	100	100	100
3	0/0,25	49,2	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	3/6	1,3	1	2	2	2	4	21	100	100	100	100	100
5	6/12	1,1	1	1	2	2	2	3	42	96	100	100	100
6	12/18												
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		9,3	13	20	23	28	37	53	88	99	100	100	100
Norm	min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
	max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			
Projekteeritud segu omadused													
Mahu- mass	Eri- mass	VMA %	V %	VFB %	V10G %	WTS mm	PRD %	D %	ITSR %	Abr _A ml	S kN	F mm	
Nõue EVS 901	>14	1,5-4,5	DV	DV	DV	DV	DV	-	≥90	DV	*≥7,5	*2-5	

TEHNOKESKUSE LABORATOORIUM

AS TEEDE
TEHNOKESKUS

DOKUMENDI ORIGINAAL





Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

Tabel nr 25. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 6/11 (7 % tardkivifiller + 93 % lubjakivifiller)

Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 retsept terastikulise koostise järgi SEGURETSEPT nr 6/11													
Täitematerjalid													
Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _N	f	MB _F	C	FI	F	Huu- mus	
1	0/4	GR	Inkoo karjäär										
2	0/4 pes	GR	Inkoo karjäär										
3	0/0,25	GR	Inkoo karjäär										
4	3/6	GR	Inkoo karjäär							9			
5	6/12	GR	Inkoo karjäär	2,66		6,6				11			
6	12/18	GR	Inkoo karjäär										
7	filler	PAE	Talter Vao										
Sideaine					Projekteeritud segu koostis.								
8	Mark	B-80			Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus kg/t				
	Tootja	Nynas			Nr	fr	Täitematerjal	Segu					
	Dekl nr												
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm			1	0/4		0,0	0,0				
	Viskoossus				2	0/4 pes	35	33,0	329,7				
	Nake 24h	10%			3	0/0,25		0,0	0,0				
	+Wetfix 0,4%	70%			4	3/6	32	30,1	301,4				
	Pehm.täpp	46,6 °C			5	6/12	20	18,8	188,4				
Lisan- did	Mark	Tootja / dekl.nr.	%	6	12/18		0,0	0,0					
				7	filler	13	12,2	122,5					
				8	B (doseeritav)		5,8	58,0					
Terastikuline koostis													
Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	
1	0/4	10,6	13	22	31	44	66	94	100	100	100	100	100
2	0/4 pes	0,1	3	12	23	37	62	93	100	100	100	100	100
3	0/0,25	49,2	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	3/6	1,3	1	2	2	2	4	21	100	100	100	100	100
5	6/12	1,1	1	1	2	2	2	3	42	96	100	100	100
6	12/18												
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		9,5	13	18	22	27	36	53	88	99	100	100	100
Norm	min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
	max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			
Projekteeritud segu omadused													
Mahu- mass	Eri- mass	VMA %	V %	VFB %	V10G %	WTS mm	PRD %	D %	ITSR %	Abr _A ml	S kN	F mm	
Nõue EVS 901	>14	1,5-4,5	DV	DV	DV	DV	DV	-	≥90	DV	*≥7,5	*2-5	

100,0%

90,0

80,0

70,0

60,0

50,0

40,0

30,0

20,0

10,0

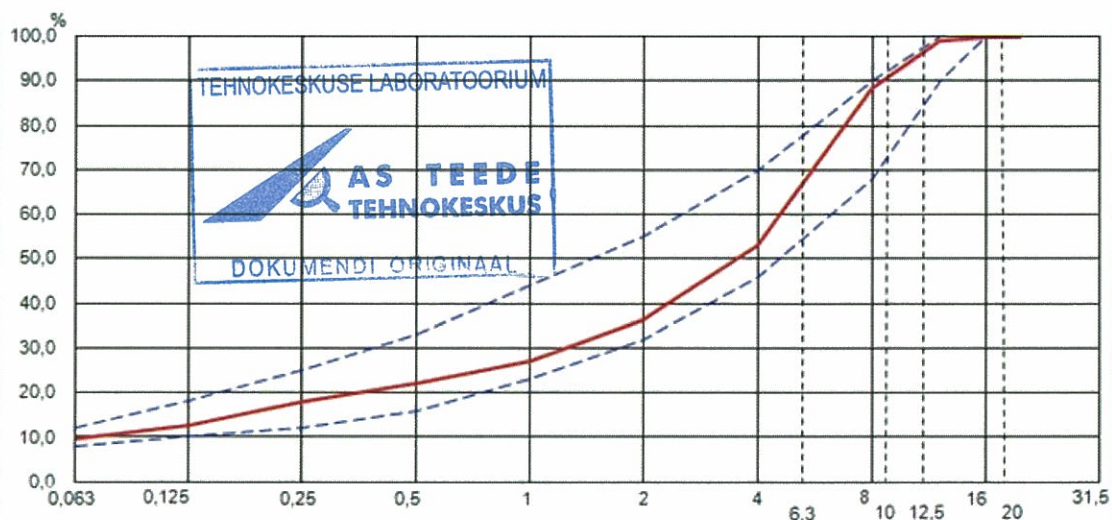
0,0

0,063 0,125 0,25 0,5 1 2 4 6,3 8 10 12,5 16 20 31,5

TEHNOKESKUSE LABORATOORIUM

AS TEEDE
TEHNOKESKUS

DOKUMENDI ORIGINAAL



Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

Tabel nr 26. Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 (Inkoo killustik) – retsept nr 7/11 (49 % tardkivifiller + 51 % lubjakivifiller) „Wetfix 0,4%“

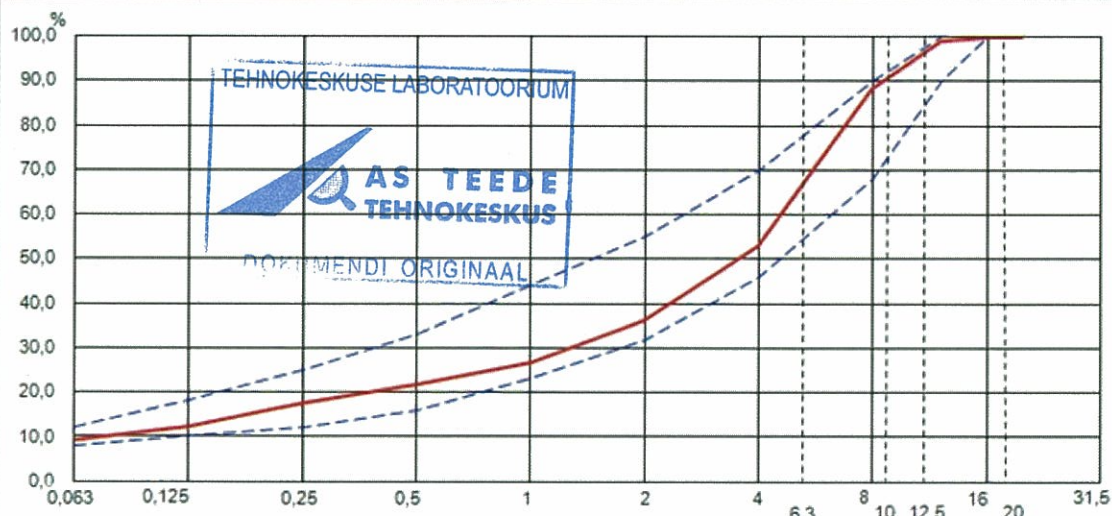
Asfaltsegu AC 12 surf 70/100 retsept terastikulise koostise järgi SEGURETSEPT nr 7/11													
Täitematerjalid													
Nr	fr	Tüüp	Tootja, dekl / karjäär	Ter tih t/m³	LA	A _N	f	MB _F	C	FI	F	Huutus	
1	0/4	GR	Inkoo karjäär										
2	0/4 pes	GR	Inkoo karjäär										
3	0/0,25	GR	Inkoo karjäär										
4	3/6	GR	Inkoo karjäär							9			
5	6/12	GR	Inkoo karjäär	2,66		6,6				11			
6	12/18	GR	Inkoo karjäär										
7	filler	PAE	Talter Vao										
Sideaine					Projekteeritud segu koostis.								
8	Mark	B-80			Materjal		Materjali osakaal %		Materjali vajadus kg/t				
	Tootja	Nynas			Nr	fr	Täitematerjal	Segu					
	Dekl nr												
	Penetratsioon	73 x 0,1 mm			1	0/4	23	21,7	216,7				
	Viskoossus				2	0/4 pes	15	14,1	141,3				
	Nake 24h	10%			3	0/0,25	3	2,8	28,3				
	+Wetfix 0,4%	70%			4	3/6	32	30,1	301,4				
	Pehm.täpp	46,6 °C			5	6/12	20	18,8	188,4				
Lisan-	Mark	Tootja / dekl.nr.		%	6	12/18		0,0	0,0				
	Wetfix			0,4	7	filler	7	6,6	65,9				
					8	B (doseeritav)		5,8	58,0				
Terastikuline koostis													
Nr	Materjal	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	12,5	16	20	
1	0/4	10,6	13	22	31	44	66	94	100	100	100	100	100
2	0/4 pes	0,1	3	12	23	37	62	93	100	100	100	100	100
3	0/0,25	49,2	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	3/6	1,3	1	2	2	2	4	21	100	100	100	100	100
5	6/12	1,1	1	1	2	2	2	3	42	96	100	100	100
6	12/18												
7	filler	68,0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Projekt		9,3	12	18	22	27	36	53	88	99	100	100	100
Norm	min	8,0	10	12	16	23	32	46	68	90	100		
	max	12,0	18	25	33	44	55	70	90	100			
Projekteeritud segu omadused													
Mahu-	Eri-	VMA	V	VFB	V10G	WTS	PRD	D	ITSR	Abr _A	S	F	
mass	mass	%	%	%	%	mm	%	%	%	ml	kN	mm	
Nõue EVS 901	>14	1,5-4,5	DV	DV	DV	DV	DV	-	≥90	DV	*≥7,5	*2-5	

TEHNOKESKUSE LABORATOORIUM

AS TEEDE
TEHNOKESKUS

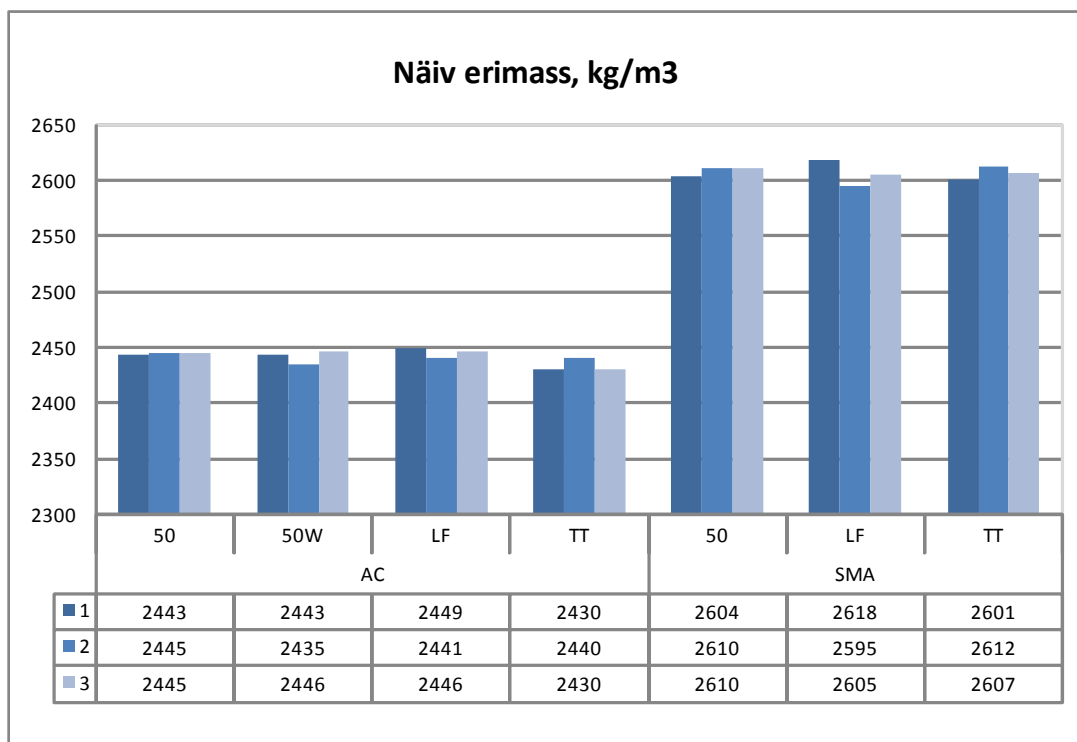
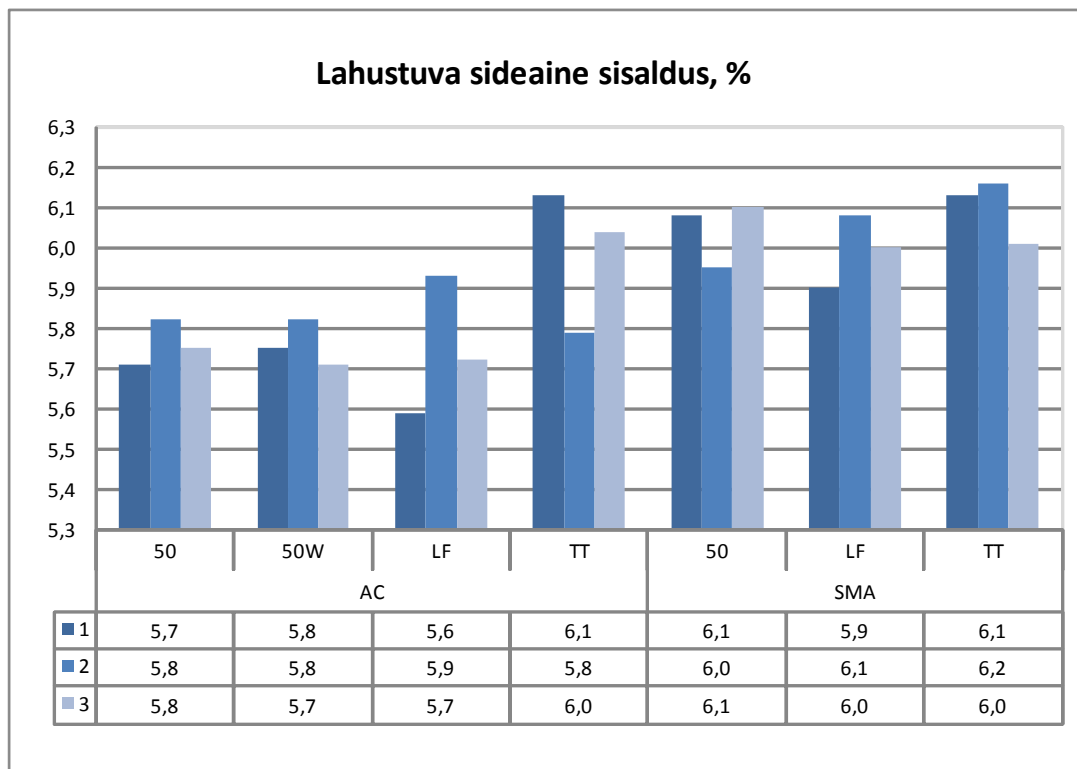
DOKUMENDI ORIGINAAL

Sieve Size (mm)	Project Mix (%)	Upper Limit (%)	Lower Limit (%)
0.063	10.6	10.6	10.6
0.125	13.9	13.9	13.9
0.25	22.2	22.2	22.2
0.5	31.1	31.1	31.1
1	44.4	44.4	44.4
2	66.6	66.6	66.6
4	94.4	94.4	94.4
8	100.0	100.0	100.0
16	100.0	100.0	100.0
31.5	100.0	100.0	100.0

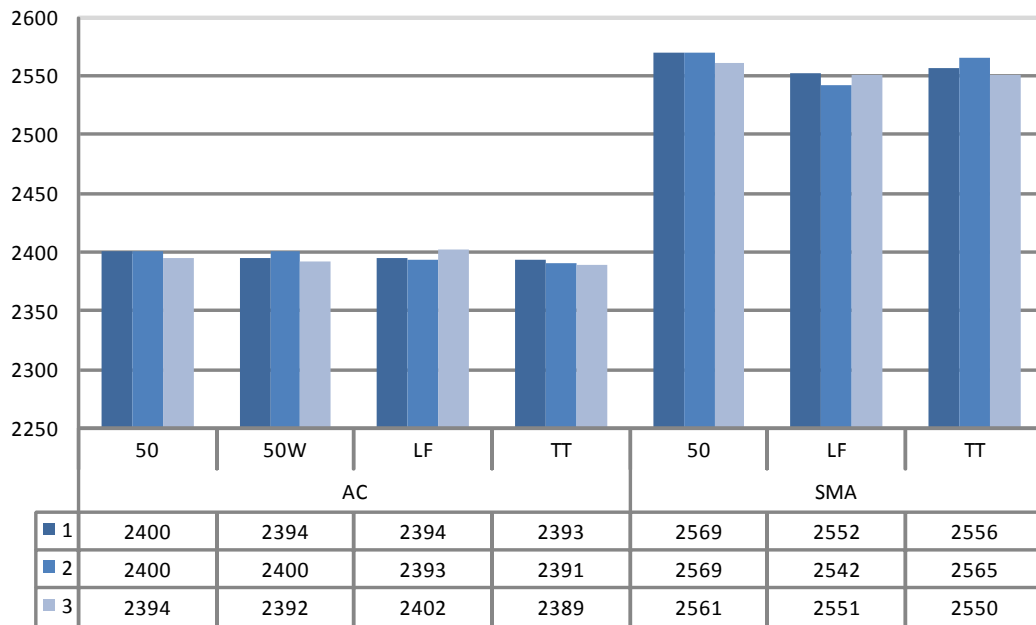


Märkus: Segukõvera välja piirid (Norm, min ja Norm, max) on võetud standardist EVS 901-3:2009 „Teeehitus. Osa 3: Asfaltsegud.“

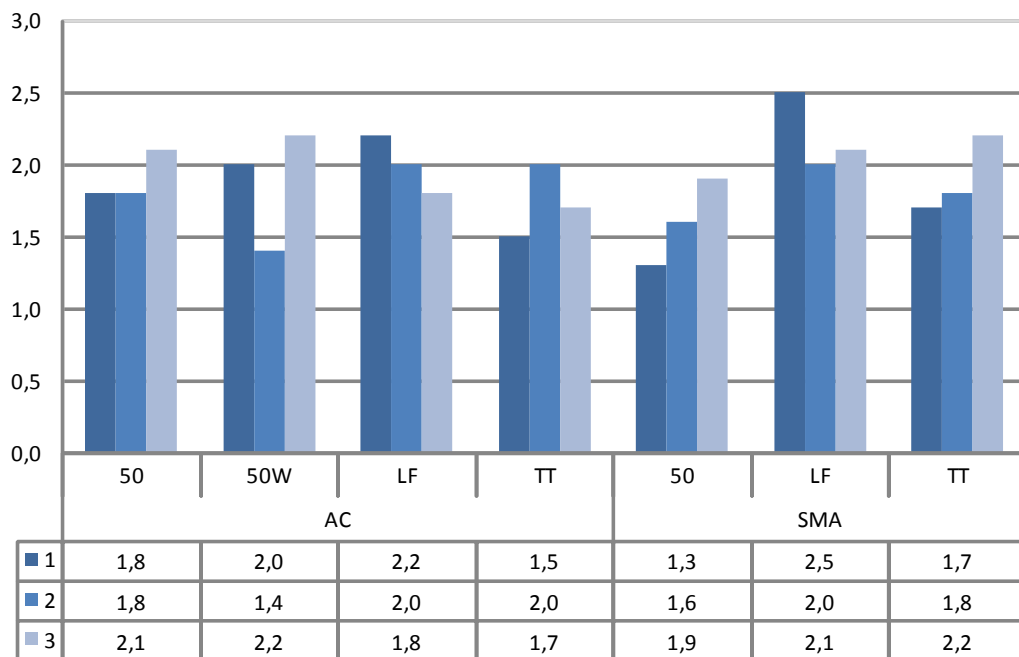
LISA 2. Joonised. Üksiproovide katsetulemuste võrdlus



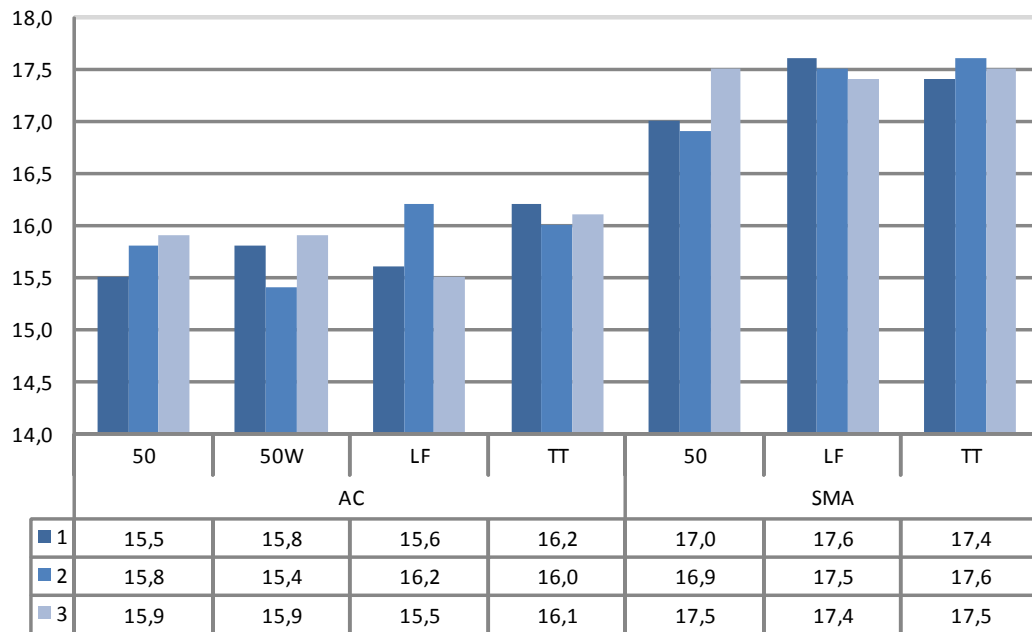
Mahumass, kg/m³



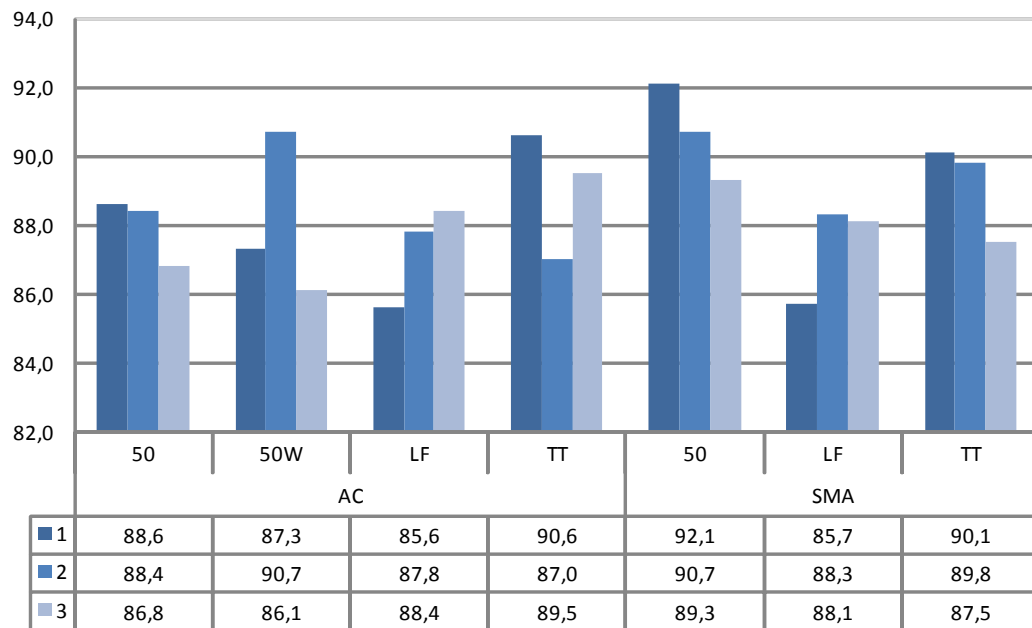
Jäävpoorsus Vm, %



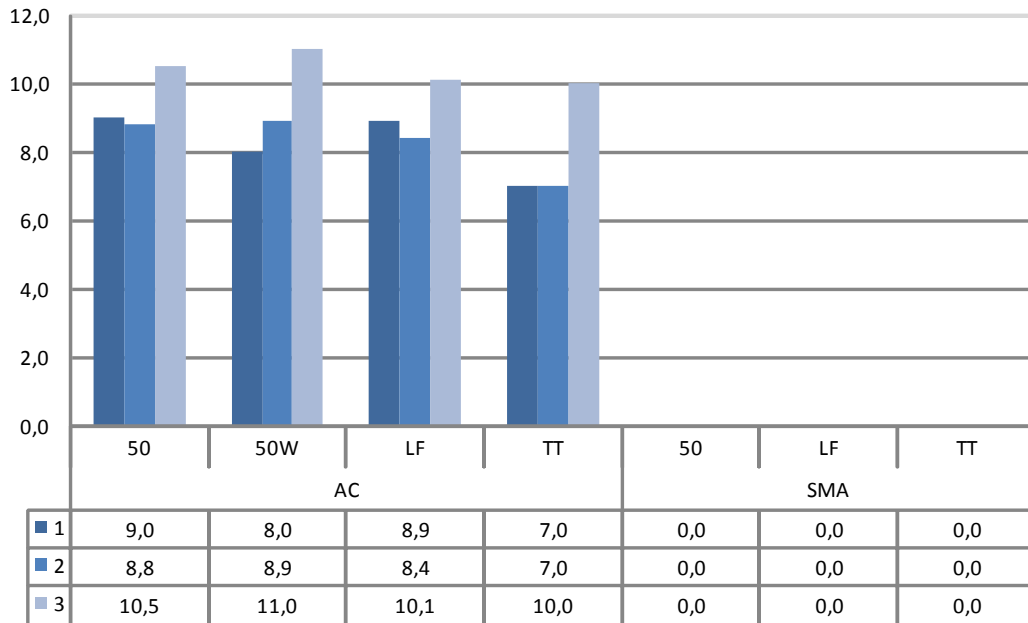
Skeletipoorsus VMA, %



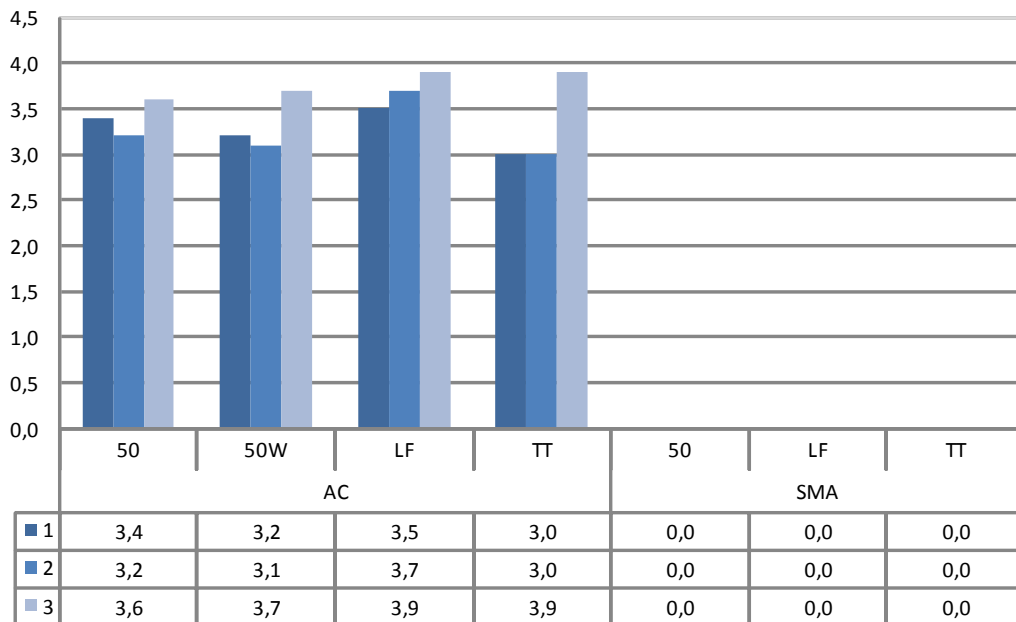
Bit-ga täidetud poorid VFB, %



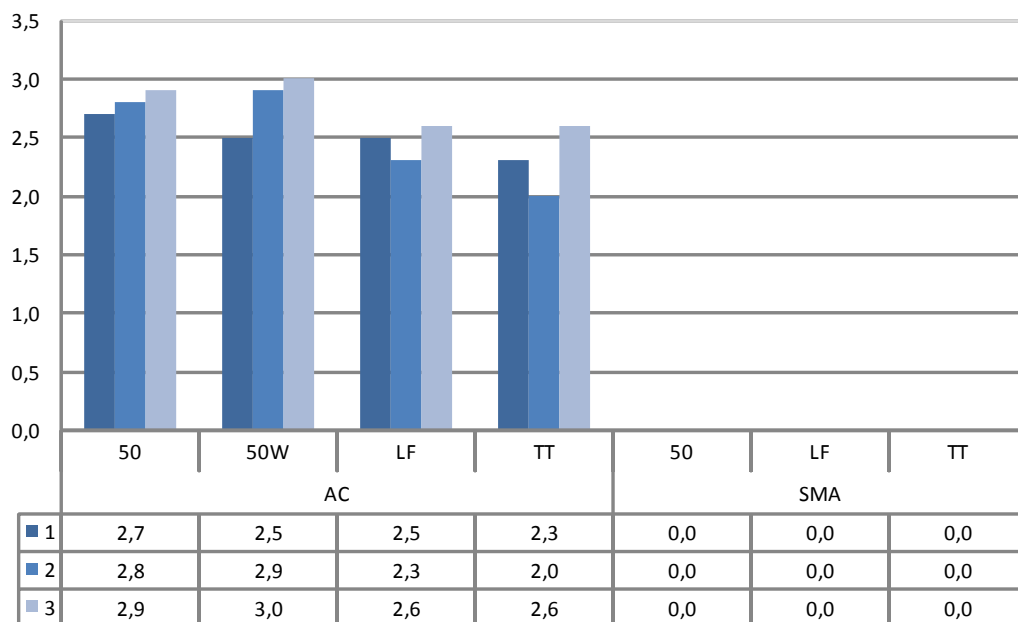
Stabiilsus, kN



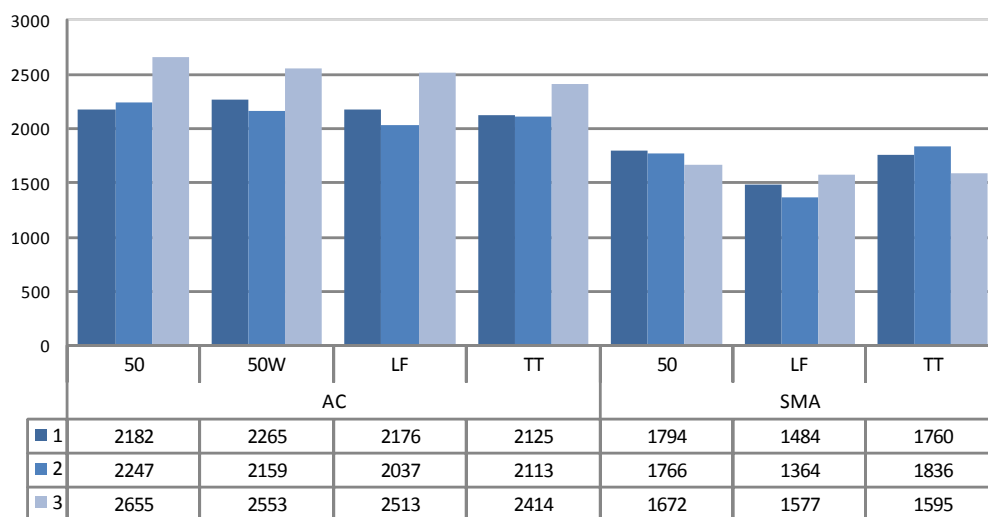
Voolavus, mm

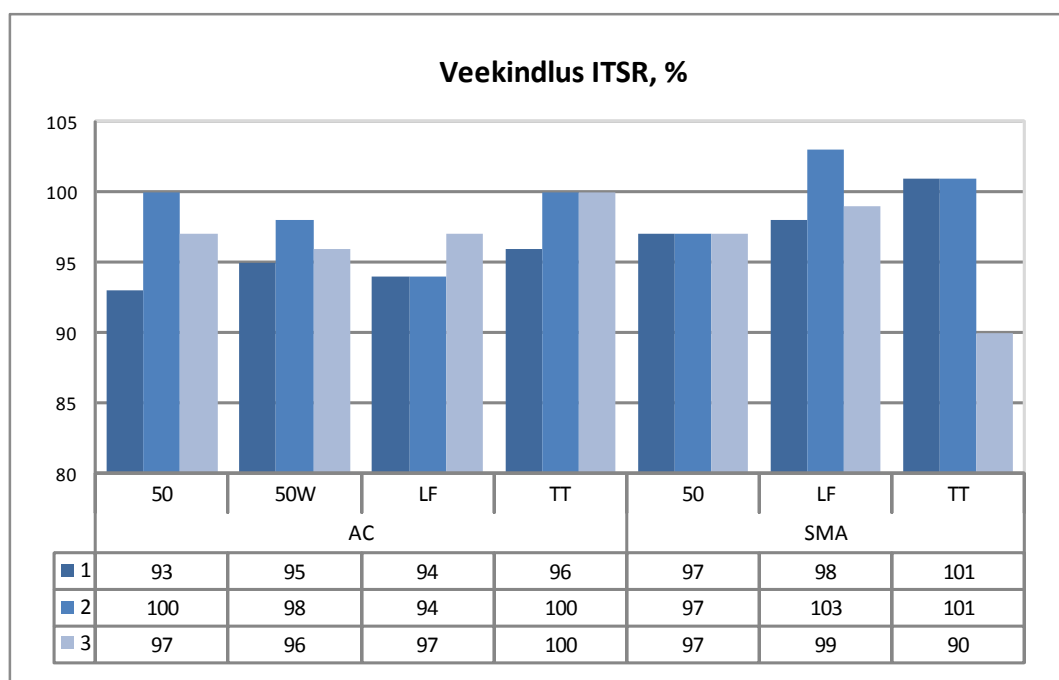
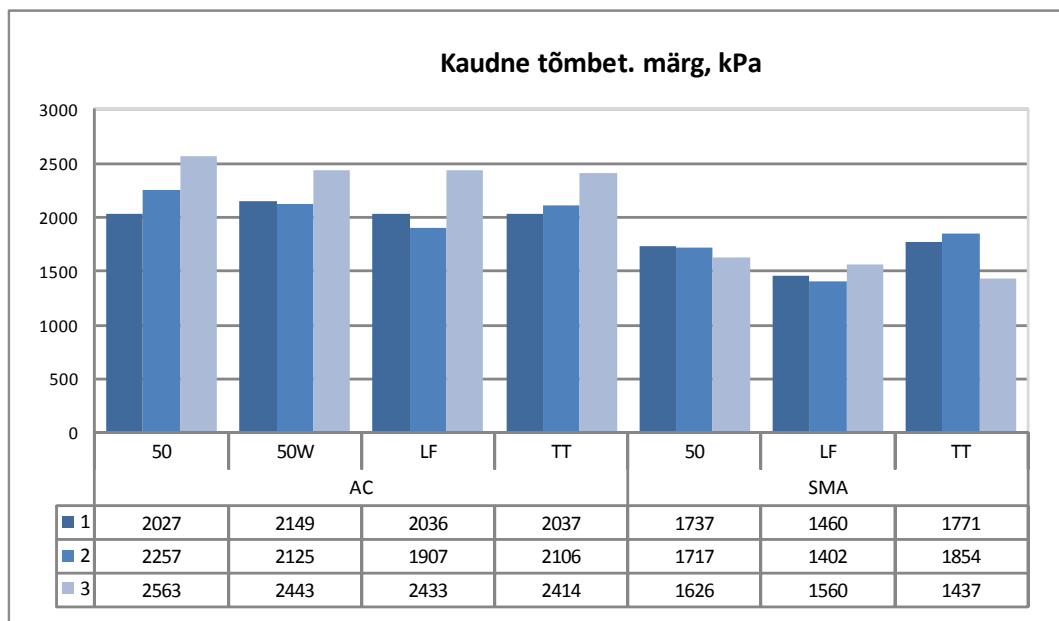


Jäikus, kN/mm

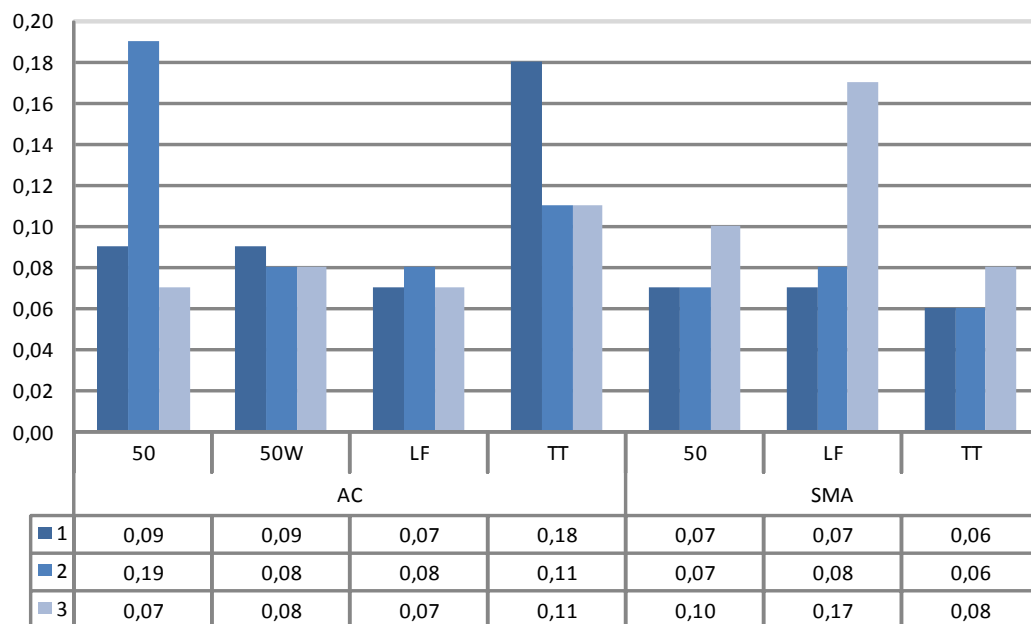


Kaudne tõmbet. kuiv, kPa





Def. kindlus, mm/1000



Def. kindlus PRDair, %

