



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BITUMIN TUNKEUMA- JA PÄÄLLYSTEEN SUHTEITUS -MENETELMÄT

Selvitystyö Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon

TEKIJÄ:

Aleksi Kosonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Aleksi Kosonen	
Työn nimi Bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmät – Selvitystyö Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon	
Päiväys 10.3.2021	Sivumäärä/Liitteet 37/50
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Savonia-ammattikorkeakoulu Oy ja työ käsitteli päällysteen suhteitus- ja bitumin tunkeumamenetelmien selvitystyötä Savonian yhdyskuntatekniikan laboratorioon. Työn tarkoituksena oli selvittää, onko bitumin tunkeuma ja päällysteen suhteitus menetelmät mahdollista ottaa Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon testivalikoimaan.</p> <p>Selvitys vaati menetelmille tarkennetut menetelmäohjeet, laitteet, tarvikkeet ja niiden kustannukset. Selvitys vaati menetelmille myös laitteiden sijainnit laboratorioissa standardien vaatimuksien mukaisesti. Opinnäytetyössä päällysteen suhteitus- ja bitumin tunkeumamenetelmille tarvittavat laite- ja tarvikkehankinnat tehtiin tarjouskyselyiden avulla, jotka kohdistuivat eri maahantuojiin. Hankinnoissa päädyttiin yksinkertaisimpiin ja halvimpiin laite ja tarvike vaihtoehtoihin, jotka ovat menetelmien standardien mukaisia. Hankintojen kannattavuutta arvioitiin takaisinmaksuperiaatteella. Opinnäytetyössä huomattiin, ettei päällysteen suhteitus menetelmää varten olisi kannattavaa hankkia kaikkia laitteita ja tarvikkeita, jos pyrittäisiin täysin itsenäiseen testin suorittamiseen. Osa päällysteen suhteitus menetelmistä ovat harvinaisluontoisia, joten osa päällysteen suhteituksen testausmenetelmistä kannattaisi ulkoistaa toiselle yritykselle. Laitteiden sijoittelu Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon tehtiin AutoCad-sovelluksella, jossa pohjakuvaan hahmoteltiin laitteille sopivat paikat, huomioiden standardien vaatimukset.</p> <p>Tulosten perusteella Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon on mahdollista hankkia päällysteen suhteitus ja bitumin tunkeuma menetelmät. Kuitenkin päällysteen suhteitus menetelmän täysin itsenäinen testaaminen ei olisi kannattavaa.</p>	
Avainsanat bitumi, päällysteen suhteitus, bitumin tunkeuma, Yhdyskuntatekniikka	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author(s) Aleksi Kosonen	
Title of Thesis Methods of bitumen penetration and pavement proportioning – report for the civil engineering laboratory of Savonia UAS	
Date 10 March 2021	Pages/Appendices 37/50
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences Oy	
<p>Abstract</p> <p>This final project was commissioned by Savonia University of Applied Sciences Oy and the work discussed the report of methods of bitumen penetration and pavement proportioning in the civil engineering laboratory of Savonia UAS. The purpose of the work was to find out whether it would be possible to include methods of bitumen penetration and pavement proportioning in the test range of the laboratory.</p> <p>The report required detailed methodological instructions, equipment, supplies, and information about the costs. Furthermore, the locations of the equipment in the laboratory had to be in accordance with the requirements of the standards. The equipment required for the pavement proportioning and bitumen penetration methods was supplied with the help of tender inquiries addressed to different importers. The acquisitions resulted in the simplest and cheapest options for equipment and accessories that meet the standards of the methods. The profitability of the acquisitions was assessed on a refund basis. It was noticed that it would not be profitable to procure all the equipment and supplies for the pavement proportioning method if the aim was to perform the test completely independently. Some of the pavement proportioning methods are rare, so it would be worth outsourcing some testing methods of the pavement proportioning to another company. The placement of the equipment in the Civil Engineering laboratory of Savonia UAS was done with the AutoCAD application, in which suitable locations for the equipment were outlined on the floorplan, considering the requirements of the standards.</p> <p>Based on the results, it is possible to obtain methods of bitumen penetration and pavement proportioning for the civil engineering laboratory of Savonia UAS. However, completely independent testing of the pavement proportioning method would not be profitable.</p>	
<p>Keywords</p> <p>bitumen, pavement proportioning, bitumen penetration, civil engineering</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorio .....	6
1.2	Määritelmät ja lyhenteet.....	6
2	BITUMI.....	8
2.1	Luonnon bitumi.....	8
2.2	Teollisesti valmistettu bitumi.....	8
2.3	Bitumin testausmenetelmät .....	9
2.4	Bitumin käyttökohteet .....	9
3	BITUMIN TUNKEUMA.....	11
3.1	Menetelmäohjeet .....	11
3.2	Laitteet ja tarvikkeet .....	14
4	PÄÄLLYSTEEN SUHTEITUS .....	15
4.1	Menetelmäohjeet .....	15
4.1.1	Rakeisuus suhteitus.....	15
4.1.2	Kokemuperäinen suhteitus.....	15
4.1.3	Toiminnallinen suhteitus .....	16
4.2	Laitteet ja tarvikkeet .....	21
5	TESTAUSMENETELMIEN HINNOITTELU.....	24
6	HANKINNAT .....	25
6.1	Laitehankinnat.....	25
6.1.1	Tislauslaite .....	27
6.1.2	Tunkeumalaite .....	27
6.1.3	Marshall-tyyppinen puristuslaite .....	28
6.1.4	Laboratoriosekoitin.....	28
6.2	Muut hankinnat.....	29
7	KANNATTAVUUS.....	30
7.1	Takaisinmaksuaika ja vuotuinen tuotto.....	30
8	MENETELMIEN SIJOITTAMINEN LABORATORIOON .....	32
9	YHTEENVETO.....	34
	LÄHTEET .....	36

LIITE 1: SAVONIA YHDYSKUNTATEKNIIKAN LABORATORIO POHJAKUVA, MENETELMIEN SIJOITUS.....	38
LIITE 2: ASFALTTIBETONI AB 16.....	39
LIITE 3: ASFALTTIBETONI ABS 16.....	40
LIITE 4: ASFALTTIBETONI ABK 22.....	41
LIITE 5: ASFALTTIBETONI ABT 16.....	42
LIITE 6: KIVIMASTIKSIASFALTTI SMA 5.....	43
LIITE 7: BITUMIN TUNKEUMA MENETELMÄPOHJA .....	44
LIITE 8: PÄÄLLYSTEEN SUHTEITUS MENETELMÄPOHJA .....	46

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, onko bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmät mahdollista ottaa käyttöön Savonian Yhdyskuntatekniikan testivalikoimaan. Työn tavoitteena on laatia bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmille standardien mukaiset menetelmäohjeet, selvittää tarvittavat laitteet sekä niiden hinnat ja arvioida hankintojen kannattavuutta.

Kyseisiä menetelmiä on tehty tähän mennessä Oulun ammattikorkeakoulussa, mutta henkilön eläköitymisen takia kyseisten menetelmien toteuttaminen tulee todennäköisesti loppumaan. Menetelmille olisi tarvetta, koska kyseisille menetelmille on tullut paljon kysyntää eri tahoilta. Työn saavuttamiseksi selvitetään testimenetelmien toimintaperiaatteet ja esitetään tarvittavat standardin mukaiset hankinnat, jotta menetelmiä voidaan tehdä Savonian yhdyskuntatekniikan laboratoriossa.

Tämä selvitystyö tehdään kirjallisena selvityksenä PANK- normien ja SFS-standardien pohjalta. Menetelmiin tarvittavien hankintojen kannattavuutta arvioidaan takaisinmaksuaikaa käyttäen. Työssä tehdään myös tarjouskyselyitä laitteista ja tarvikkeista eri maahantuojilta. Hankittaville laitteille tehdään pohjapiirustukseen hahmotelma standardien mukaisista paikoista.

### 1.1 Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorio

Savonia-ammattikorkeakoulu Oy Yhdyskuntatekniikan laboratorio on yksi Savonia-ammattikorkeakoulun liiketoiminnan palveluista. Savonian liiketoimintaa toteuttavat ammattikorkeakoulun henkilöstö ja opiskelijat yhteistyössä ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa. Laboratoriossa työskentelee vakituisesti 2 työntekijää. Kesäisin palkataan 1–2 opiskelijaa suorittamaan opintoihin kuuluvaa harjoittelua. Asiakkaat koostuvat konsulteista ja yksittäisistä yrityksistä, kuten maanrakennusliikkeistä ja kiviainestuottajista.

Yhdyskuntatekniikan laboratoriossa tehdään päällyste-, kiviaines- ja geoteknisiä testauksia. Tuloksien tavoitteena on rakentamisessa käytettävien raaka-aineiden ja niistä valmistettavien lopputuotteiden kelpoisuuden osoittaminen.

Yhdyskuntatekniikan laboratorio on PANK ry:n hyväksymä asfaltin ja kiviaineksen osalta, sekä Inspecta Sertifiointi Oy:n sertifioima testausorganisaatio. PANK- menetelmiä ja standardin mukaisia menetelmiä on käytössä yhteensä 22 kappaletta. Laboratorio on PANK-hyväksytty jo vuodesta 1997. (Yhdyskuntatekniikka; Kinnunen 2021.)

### 1.2 Määritelmät ja lyhenteet

Asfaltti	sidenaineen, kiviaineksen ja lisäaineen seos.
Asfaltti normit	PANK Ry:n julkaisema asiakirja, jossa esitetään asfalttimassojen, asfalttipäällysteiden, ja asfaltin raaka-aineiden laatuvaatimukset.
Asfaltti tyyppi	tietynlainen asfalttimassa tai asfalttipäällyste ominaisuuksiltaan, jonka merkitsemiseen käytetään kirjainlyhenteitä, kuten AB asfalttibetoni, AA avoin asfaltti ja VA valuasfaltti (Asfalttinormi 2017, 36).

Asfalteeni	asfalteeni on musta amorfinen aine, jota esiintyy raakaöljyssä ja bitumissa fraktioina (SPE international 2018).
Asfalttimassa	suunnitelman mukaan valmistettu seos kiviaineksista, sideaineesta ja lisäaineista.
KVL	keskimääräinen vuorokausiliikenne.
Lisämassa	perusmassasta yhden tai useamman ominaisuuden muutoksella tehty lisäkoemassa, jonka avulla pyritään valmistamaan tavoitteiden mukainen suhteitus (PANK-4006, 2).
Metyleenikloridi	helposti haihtuvaa kirkasta väritöntä nestettä, joka luokitellaan vaaralliseksi (Työterveyslaitos 2008.)
PANK Ry	päällystealan neuvottelukunta Ry
Perusmassa	päällysteen suhteitusmenetelmässä ensimmäiseksi tehtävä koemassa, jonka ominaisuuksien käytettävissä olevien tietojen perusteella oletetaan asetettujen tavoitteiden olevan lähellä niitä (PANK-4006, 2).

## 2 BITUMI

Bitumi on erittäin viskositeettinen, öljypohjainen hiilivety. Bitumi on koostumukseltaan huoneen lämpötilassa puolijähmeää tai jähmeää. Väriltään bitumi on musta tai erittäin tumma. Bitumia muodostuu maaöljyn tislauksen jäännöksenä, mutta sitä esiintyy myös luonnossa sellaisenaan. Bitumin tyypillisin käyttökohde on teiden päällystyksessä käytettävä asfaltti. Bitumi on erinomainen sideaine, sillä kuumennettuna se tarttuu hyvin erilaisiin alustoihin ja sen tartuntakyky on erittäin hyvä. (Energyeducation 2018; PANK ry 2017,10.) Bitumit jaetaan syntynsä puolesta luonnonbitumeihin ja teollisesti valmistettuihin bitumeihin. Molempien bitumityyppien lähtöaineena toimii maaöljy. (Investopedia 2018.)

### 2.1 Luonnon bitumi

Luonnossa esiintyvien bitumiesiintymien muodostuminen kestää miljoonia vuosia. Maaöljyä muodostuu hitaasti erilaisten orgaanisten aineiden hajotessa lämmön ja paineen vaikutuksesta. Maaöljyn kiivetessä ylempiin maankerroksiin se menettää keveimmät komponenttinsa ja jäljelle jää raskain osa eli bitumi. Joissain hyvin rikkaissa kohteisissa pinnalle nouseva asfaltti muodostaa kokonaisia asfalttijärviä. (Investopedia 2018.)

Luonnonbitumia kutsutaan myös luonnonasfaltiksi, jota on löydetty kaikista maanosista. Tunnetuimmat esiintymät sijoittuvat kaksoisvirtojen maan eli Indus- ja Niili-virtojen välisille alueille. Amerikan mantereet ovat myös hyvin kuuluisat bitumisista öljyesiintymistään. (Haapalinna 2007.)

Luonnonasfaltin koostumus vaihtelee melko vaaleasta tummaan ja juoksevasta kiinteään. Esiintymät saattavat vaihdella pienistä suuriin asfalttijärviin. Bitumipitoisuus vaihtelee myös lähes sataprosenttista hyvin pieniin pitoisuuksiin. Bitumiesiintymä on useimmiten bitumin ja jonkin mineraalin, kalkkikiven, hiekkakiven, saven, hiekan tai muun kiviaineksen seos. Kiviin sitoutunutta bitumia nimitetään eri nimillä riippuen kiviaineksestä, johon se on imeytynyt. (Haapalinna 2007.)

### 2.2 Teollisesti valmistettu bitumi

Öljynjalostamalla tapahtuu sama prosessi kuin luonnollisen bitumin synnyssä, mutta nopeasti ja hallitusti tislauksessa. Yleisin teollisessa tuotannossa käytetty jalostusprosessi on bitumin tyhjiötislaus. Bitumin tislaus opittiin 1800-luvulla. Ennen tislauksen taitoa ainut bitumin saantolähde oli vain luonnonasfaltit.

Bitumia voidaan valmistaa kaikista raakaöljyistä. Erittäin keveistä raakaöljyistä bitumin valmistus on taloudellisesti hyvin kannattamatonta niiden hyvin pienen asfalteenipitoisuuden vuoksi. (Haapalinna 2007; Blomberg 1990, 18.)

Nykyisin bitumin valmistukseen on keksitty useita menetelmiä. Näitä menetelmiä ovat suolanpoisto, suoratislaus, tyhjiötislaus ja bitumin puhallus. (The bitumen industry, Asphalt institute ja Eurobitume 2015, 3.)

Näiden pääkäyttöjen lisäksi bitumilla on myös monia pieniä käyttötarkoituksia. Näitä ovat esimerkiksi äänieristys, räjähteet, hometta suojaava aine, briketeissä oleva sideaine, peilien tuki, kengänpohjat ja maaperän stabilointi. (Energyeducation 2018.)

## 2.3 Bitumin testausmenetelmät

Bitumin testausmenetelmät perustuvat yleensä sen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Bitumin olennaisimmat testausmenetelmät ovat pehmenemispiste, tunkeuma, murtumispiste ja viskositeetti. Bitumin tunkeuma-testausmenetelmä on näistä yleisimmin käytetty.

Pehmenemispiste on määritelty bitumille, koska bitumilla ei ole selvää sulamispistettä, vaan lämpötilan noustessa bitumi pehmenee vähitellen. Pehmenemispiste määritetään testissä, jossa renkaaseen asetettua bitumia kuormitetaan 3,5 g painoisella kuulalla lämpötilaa nostaen vakionopeudella (5°C/min).

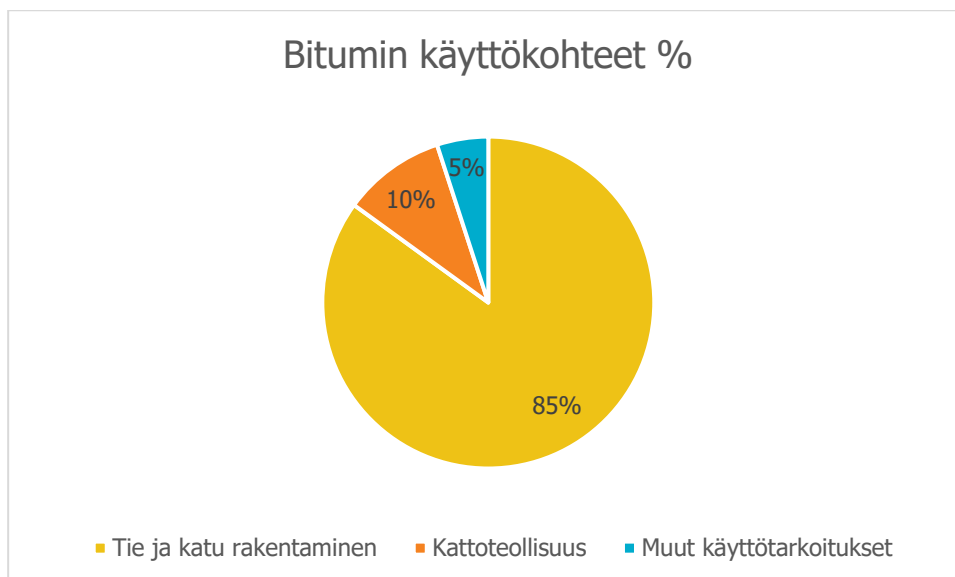
Tunkeumalla määritetään bitumin kovuutta. Bitumin tunkeuma määritetään menetelmällä, jossa kuormitetaan 100 g painoisella neulalla bituminäytettä viiden sekunnin ajan. Testi suoritetaan temperoidussa vesihauteessa, jossa näytteen lämpötila pysyy 25 °C lämpötilassa. Tunkeuma-arvo on kolmen testauskerran keskiarvo.

Murtumispisteellä kuvataan bitumin murtumisherkkyttä kylmissä olosuhteissa. Lämpötilan laskiessa bitumi katkeaa, eikä pysty venymään. Menetelmässä levyllä valetaan 0,5 mm paksuinen bitumikerros, jota jäähdytetään 1 °C/min nopeudella. Lämpötila, jossa bitumi katkeaa, kutsutaan murtumispisteeksi.

Viskositeetilla kuvataan aineen virtausvastusta eli sisäistä kitkaa. Bitumin viskositeettia mitataan yleisimmin kapillaariviskometri kokeella, jossa mitataan bitumin virtausta lasisella U-putkella. Bitumin läpivirtaus voidaan laskea virtausajan ja kapillaarisuusvakion tulona, joka kuvaa näytteen viskositeettia. (Blomberg 1990, 83-84, 89-91, 93-94.)

## 2.4 Bitumin käyttökohteet

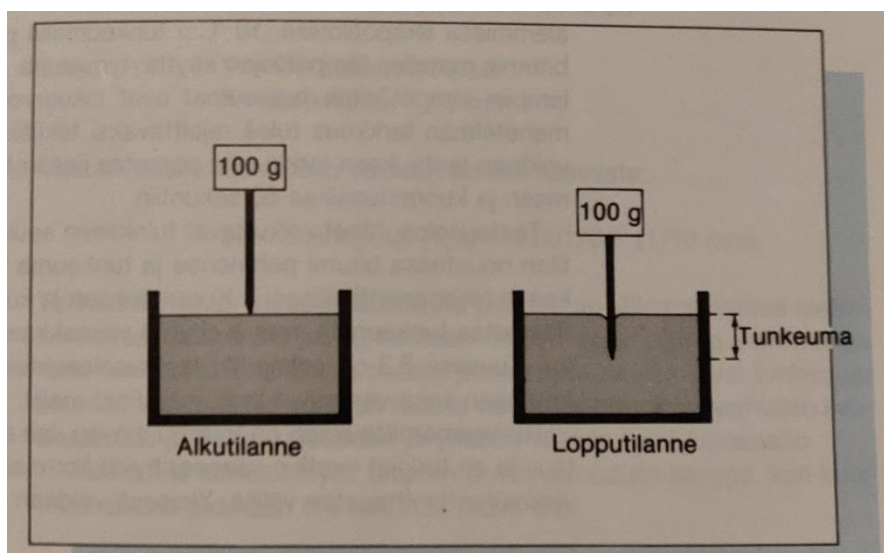
Bitumin käyttö painottuu selkeästi teiden ja katujen rakentamiseen. Suurin osa puhdistetusta bitumista käytetään rakennusalalla. Pääasiassa bitumia käytetään päällystys- ja kattosovelluksissa. Bitumista 85 % käytetään sideaineena asfaltissa teillä, kiitoteillä ja parkkipaikoilla. Sora ja murskattu kiviaines sekoitetaan paksun bitumin kanssa yhteen ja levitetään sitten ajoteille. 10 % maailmanlaajuisesti käytetystä bitumista käytetään kattoteollisuudessa, koska sen vedeneristysominaisuudet erinomaisille kattomateriaaleille. 5 % bitumista käytetään tiivistys- ja eristystarkoituksiin erilaisissa rakennusmateriaaleissa, kuten mattolevyissä ja maalissa. (Energyeducation 2018.) Kuvassa (kuva 1) esitetään bitumin käytön jakautuminen prosentuaalisesti.



KUVA 1. Bitumin käyttökohteet prosentuaalisesti (Kosonen 2021, CC BY-SA)

### 3 BITUMIN TUNKEUMA

Bitumin tunkeuman määrittäminen voidaan suorittaa standardin SFS-EN 1426 määrittelemässä menetelmällä. Tunkeumalla määritellään, kuinka kovaa bitumi on. Tunkeuma määritellään etäisyydellä jonka, neula kulkee bitumissa tietyn kuormituksen alla tietyssä ajassa (kuva 2). Mitä pienempi tunkeutumisarvo saadaan, sitä kovempaa bitumi on. Päinvastoin mitä korkeampi tunkeutumisarvo saadaan, sitä pehmeämpää bitumi on. Tunkeuman yksikkönä on millimetrin kymmenesosa. (Hunter 2015, 120; Blomberg 1990, 83.)



KUVA 2. Tunkeumamenetelmän toimintaperiaate (Blomberg 1990, 83)

#### 3.1 Menetelmäohjeet

Ennen testin aloittamista tutkitaan neulapidin ja sen ohjaaja, ettei siinä ole vettä tai muita vieraita aineita. Varmistetaan että naulanpidike liikkuu vapaasti ohjaajassaan ja neula puhdistetaan sopivalla liuottimella esimerkiksi ksyleenillä. Varmistetaan että neulan kokonaiskuorma on  $(100,00 \pm 0,10)$  g. (SFS 1426 2015, 4.)

Laboratorionäytettä otetaan standardin SFS-EN 58 mukaisesti noudattaen kaikki varotoimenpiteitä. Asfalttinäytteen ollessa kiinteää (kuva 3), bitumin talteenotto tehdään standardin SFS-EN 12697-3 mukaisesti. Näytettä kuumennetaan uunissa 50–80 °C, kunnes asfaltti on muuttunut pehmeämmäksi. Mikäli näytteessä epäillään olevan vettä, näytettä kuivataan uunissa, kunnes tunnin välein punnittaessa sen massa ei muutu. Asfalttinäytettä otetaan tietty määrä riippuen asfalttityypistä ja asetetaan pesurummussa (kuva 4) asfalttianalysaattoriin. Asfalttianalysaattori liuottaa metyleenin avulla kiviaineksesta bitumin erilleen. Asfaltin hienoaines siirtyy asfaltti analysaattorista avonaiseen sentrifugiin ja suurempi kivi aines jää kannelliseen rumpuun (kuva 4).



KUVA 3. Asfaltista porattu näytepala (Kosonen 2021, CC BY-SA)



KUVA 4. Sentrifugi ja rumpu (Kosonen 2021, CC BY-SA)

Bituminäyte otetaan asfalttianalysointilaitteesta. Analysointilaitteeseen tyhjennetään ja tarvittava määrä näytettä pestään ja otetaan liuos talteen hanaa käyttäen (kuva 5). Seuraavaksi suoritetaan bitumin tislus, jossa asfalttianalysointilaitteeseen jäänyt metyleeni tislataan pois ja jäljelle jää vain tutkittava nestemäinen bitumi (Kinnunen 2021).



KUVA 5. Asfalttianalysointilaitteisto ja bitumin näytteenottohana (Kinnunen 2021)

Bituminäyte kuumennetaan varovasti, kunnes näyte on tullut juoksevaksi. Näytettä kaadetaan koeastiaan, niin ettei neula pääse määrittymisen aikana 10 mm lähemmäksi pohjaa. Näytteen annetaan jäähtyä huoneen lämmössä noin 1,5–2 tuntia. Jäähdytyksen jälkeen koeastia ja siirtoastia asetetaan vesihauteeseen, jonka lämpötila on  $25 \pm 0,1$  °C. Annetaan näytteen ja astian temperoitua vesihauhteessa 1,5–2 tuntia. (SFS 1426 2015, 7.)

Koeastia siirretään vesihauhteesta käyttäen siirtoastiaa tunkeuma-laitteen neulan alle, jossa vesihauhteen vettä on niin paljon, että koeastia peittyy täysin. Mittaus aloitetaan viimeistään minuutin kuluttua siirtoastian poistamisesta vesihauhteesta. Testinäyteastia asetetaan paikoilleen ja neula lasketaan hitaasti alas, kunnes kärki koskettaa vain näytteen pintaa. Laitteeseen asetetaan vapaapudotuksen kesto, joka on  $5 \pm 0,1$  sekuntia ja mittari asetetaan nolla kohtaan. Laitteesta vapautetaan mäntä, jossa neula on kiinni. Neula tunkeutuu näytteeseen. (SFS 1426 2015, 8.)

Neulan pudotuksen jälkeen mitataan tunkeuman pituus. Tunkeuma mitataan matkaa mittaavalla mittarilla, joka ilmoittaa tunkeuman syvyyden millimetreinä. Tulos kirjataan ylös jokaisen testauksen jälkeen. Neula nostetaan varovasti pois näytteestä ja puhdistetaan niin, että neula on aivan puhdas. Koe toistetaan vähintään kolme kertaa ja samalla varmistetaan, että testauskohdat ovat vähintään 10 mm säiliön sivuilta ja vähintään 10 mm toisistaan. Jokainen koekerta tehdään uudella puhtaalla neulalla. Lopuksi lasketaan tunkeumien keskiarvo ja saadaan lopullinen tulos. Tarvittaessa kaksi ensimmäistä neulaa voidaan poistaa häiritsemättä bituminäytteen pintaa. Tulos ilmoitetaan 1/10 millimetreinä. (SFS 1426 2015, 9.)

Jos kolmen määrittymisen arvot poikkeavat enemmän kuin seuraavassa taulukossa (taulukko 2), niin määrittäminen tehdään rinnakkaisnäytteellä. Jos tulos poikkeaa edelleenkin sallituista rajoista, tulokset hylätään ja määrittäminen aloitetaan uudestaan alusta loppuun. (SFS 1426 2015, 9.)

TAULUKKO 1. Tunkeuman määrittämisen suurimmat sallitut arvot (Kosonen 2021)

Tunkeuma 0,1 mm	enintään 49	50–149	150–249	250 tai enemmän
Ero suurimman ja pienimmän arvon välillä	2	4	6	8

Testin suorittamisen jälkeen tunkeutumisneulat puhdistetaan ja säilytetään estääkseen niin ettei vaurioita tai korroosiota tapahdu. Liitteessä 7 on esitetty laboratoriossa käytettävä menetelmäohje ja ohjeet tulosten esittämiseen. (SFS 1426 2015, 9.)

### 3.2 Laitteet ja tarvikkeet

Bitumin tunkeumamenetelmään tarvitaan seuraavat standardin SFS-EN 1426 mukaiset laboratorio-laitteet ja tarvikkeet:

- Tunkeumalaite
- Standardineuloja
- Vesihaude
- Siirtoastia
- Näyteastia
- Ajastin
- Lämpömittari
- Neulan puhdistusaine ja talouspaperia.

## 4 PÄÄLLYSTEEN SUHTEITUS

Päällysteen suhteitus voidaan suorittaa PANK- 4006 määrittelemällä menetelmällä. Suhteitus termiä korvataan usein "suunnittelu" termillä. Käytän tässä työssä termiä suhteitus. Päällysteen suhteituksen tarkoituksena on laatia asfaltin valmistajalle ohje, jolla saavutetaan tietyille kohteelle asetetut tavoitteet ja ominaisuudet. Vilkasliikenteiset tiet ja kadut edellyttävät hyvää kulumis- ja deformaatiokestävyyttä ominaisuuksiltaan. Vähäliikenteiset tiet edellyttävät taas sitkeyttä ja pitkäaikaiskestävyyttä ominaisuuksiltaan. Kohteet, jotka vaativat hyvää kulumis- ja deformaatiokestävyyttä tai joi-  
tain muita erityisominaisuuksia, kuten melun vaimennusta, tehdään laboratoriossa ennakkoon testejä oikeiden raaka-aineiden ja optimaalisen koostumuksen valitsemiseksi. (RIL 165-2-2006 s.220.)

Päällysteen suhteitus jaetaan kokemusperäiseen ja toiminnalliseen suhteitukseen. Vähemmän vaativalle kohteelle kuten vähäliikenteisille kaduille voidaan tehdä kokemusperäinen suhteitus. Vaativissa kohteissa tehdään toiminnallinen suhteitus. Toiminnallisessa suhteituksessa määritellään usein tilavuussuhteet eli tyhjätila ja käyttökohteen muita vaatimusten mukaisia määrityksiä. Kokemusperäinen suhteitus valitaan vähemmän vaativampiin kohteisiin kuten vähäliikenteisille kaduille, joilla KVL on alle 2500. Toiminnallinen suhteitus valitaan vaativampiin kohteisiin KVL ollessa yli 2500. (PANK ry 2017 30,110; PANK-4006, 1.)

Suhteituksen valinta määritetään urakkakohtaisten asiakirjojen perusteella. Kohteen vaatiessa toiminnallista suunnittelua, ilmoitetaan vaadittavat toiminnalliset ominaisuudet ja niiden vaatimusarvot. (Tielaitos 1997, 34; PANK ry 2017, s. 30.)

### 4.1 Menetelmäohjeet

#### 4.1.1 Rakeisuus suhteitus

Rakeisuussuhteituksessa suhteitetaan matemaattisesti valituista kiviaineksista tavoitekäyrää vastaava rakeisuuskäyrä. Matemaattinen suhteitus voidaan laskea käyttäen suhteitusohjelmaa, tai matemaattisesti yhtälöryhmien avulla. Näistä kahdesta vaihtoehdosta kuitenkin suhteitusohjelma on helpompi ja luotettavampi tapa saavuttaa oikeanlainen rakeisuuskäyrä. Rakeisuuskäyrän soveltuvuus voidaan tarvittaessa varmistaa testaamalla kiviaineksen tyhjätila. Jos tyhjätila ei ole päällystetyypin vaatimuksien mukainen, muutetaan kiviaineslajitteiden osuuksia tai vaihdetaan kiviaines. (PANK-4006, 1.)

#### 4.1.2 Kokemusperäinen suhteitus

Kokemusperäisessä suunnittelussa asfalttimassan toimivuus perustuu kokemukseen materiaalien ja massan toimivuudesta. Kokemusperäisessä suhteituksessa käytetään hyvän tuloksen saanutta aikaisemmin tehdyn päällysteen arvoja uuden valmistettavan päällystemassan arvoina. Kokemusperäisessä suhteituksessa täytyy käyttää samoja raaka-aineita ja samaa asfaltin valmistuttajaa saman massatyyppin valmistamiseen. Raaka-aineissa saattaa olla pientä poikkeamaa kumminkin aikaisemmasta, sillä ainakin jonkun raaka-aineen ominaisuudet yleensä muuttuvat. Kokemusperäinen suunnittelu ei sisällä laboratoriokokeita, vaan sideainepitoisuus ja rakeisuuskäyrä lasketaan kokemuksen perusteella. (PANK Ry 2017,30; PANK Oppimateriaali C3 2018, 26.)

## 4.1.3 Toiminnallinen suhteitus

Seuraavaksi esitetään toiminnallisen suhteituksen vaiheet, joita menetelmässä voi esiintyä, mutta usein vain osaa vaiheista käytetään soveltaen yksinkertaisempiin suhteitukseen.

Ensiksi valitaan kohteen ja käyttötarkoituksen ja kohteen perusteella asfalttityyppi ja -laji. Asfalttityyppi voi olla myös määritetty etukäteen. Esimerkkejä asfalttityyppien valintaan esitetään taulukoissa (taulukko 2) ja (taulukko 3). Myös kiviainekset, mahdolliset täyteaineet, lisätäytejauheet ja lisäaineet valitaan asfalttinormien suosituksen mukaisesti. Täytejauheena käytetään yleensä kivipölyä. Lisätäytejauheena käytetään jauhattua kalkkikiveä tai lentotuhkaa. (PANK-4006, 1–2). Lisätäytejauheen tarve määritetään matemaattisesti rakeisuuskäyrän yhteydessä. Lisäaineet määritetään asfalttinormien suosituksen mukaisesti liitteissä (Liite 2–6). Lisää suosituksia eri asfalttityypeille esitetään asfalttinormeissa.

TAULUKKO 2. Esimerkkejä asfalttityyppien erilaisista käyttökohteista (RIL 165-2-2006, 221)

Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajoneuvoa/d)	Esimerkkejä eri käyttökohteiden kulutuskerroksen päällystelajeista ja pintauksista							
	AB 8-11	AB 16-22	PAB-B 11-16	PAB-V 16	SMA 5-11	SMA 16-22	KBVA	SIP, SOP
<b>KADUT</b>								
> 10000						1		
5000–10000		2			2	1		
2500–5000		1			2	2		
500–2500		1	2 <sup>1)</sup>					
250–500		2	1	2				
< 250			2	1				
Sillat		1 <sup>2)</sup>			2 <sup>2)</sup>	2 <sup>2)</sup>	1	
<b>ERITYISLIIKENNEALUEET</b>								
Kevyen liikenteen väylät	1	3	2					
Levähdys- ja pysäköinti-alueet	2	1	4					
<sup>1)</sup> Kun KVL < 1000 ajoneuvoa / vrk <sup>2)</sup> Vedeneristyksen on oltava kunnossa kohteissa, joissa ongelmana on melu (1 = sopivin, 2 = toiseksi sopivin, 3= kolmanneksi sopivin)								

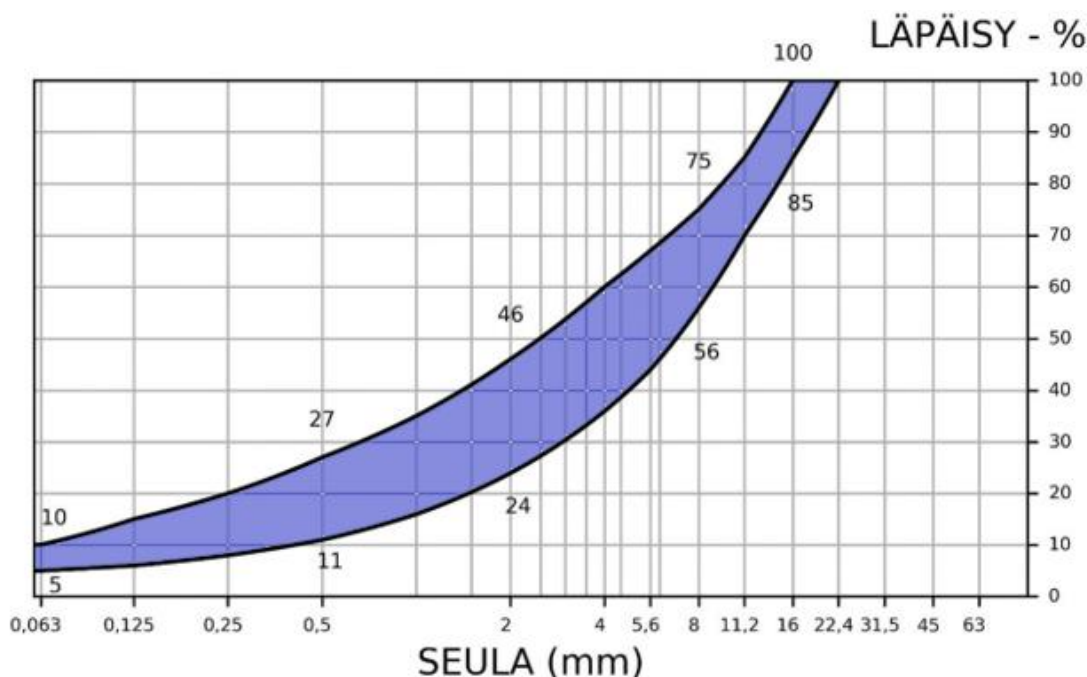
TAULUKKO 3. Esimerkkejä asfalttityyppien erilaisista käyttökohteista. (RIL 165-2-2006, 221)

Käyttökohte ja liikennemäärä KVL (ajoneuvoa/d)	Esimerkkejä eri käyttökohteiden kulutuskerroksen päällystelajeista ja pintauksista								
	AB 6-11	AB 16-22	PAB-B	PAB-V	SMA 6-11	SMA 16-22	KBVA	AA 11-16	SIP, SOP
<b>KADUT</b>									
>15 000		2			2	1			
10000–15000		2			2	1			
5000–10000		2			1	1			
2500–5000		2			1	2			
500–2500	2	1	3		2				
< 500	2	1	2	3					3
Sillat		2*)			2*)	2*)	1		
Linja-autokaistat		1			2	1			
<b>ERITYISLIIKENNEALUEET</b>									
Jalkakäytävät	1						2		
Kevyen liikenteen väylät	1		2						
Pysäköintialueet		1							
Kentät ja pihat, raskas liikenne		1				2			
Kentät ja pihat, henkilö- ja kevyt liikenne	1		3				2	3	
Teollisuus- ja varastohallit		1					2		
Huoltoasemat	2	1					3		
Pysäköintipaikat katoksessa	1	2							
Pysäköintipaikat katolla							1		
*) vedenerityksen oltava kunnossa (1 = sopivin, 2 = toiseksi sopivin, 3= kolmanneksi sopivin)									

Valituista kiviaineksista suhteitetaan matemaattisena suhteituksena mahdollisimman hyvin tavoitekäyrää vastaava rakeisuuskäyrä. Tarvittaessa voidaan rakeisuuskäyrän mukaisen kiviaineksen soveltuvuus varmistaa testaamalla kiviaineksen tyhjättila. Jos tällöin kiviaineksen tyhjättila ei vastaa kyseiselle päällystetyypille asetettuja vaatimuksia, etsitään sopiva kiviaineseos kiviaineslajitteiden osuuk-  
sia muuttamalla tai kiviaineksia vaihtamalla. (PANK-4006, 1–2.)

### Sideaineen valinta

Sideaineena toimii yleensä bitumiseos, joka valitaan asfalttinormeista. Sideainepitoisuus määritetään rakeisuuskäyrän perusteella interpoloimalla rakeisuuskäyrän sijainnin perusteella asfalttinormeissa ilmoitetulta ohjealueelta. Sideainepitoisuutta määrittäessä kiintotiheys on otettava huomioon. (PANK-4006, 1). Asfalttinormien ohjealueet eri asfalttityyppien rakeisuuskäyrästä ja asfalttityyppien bitumiseokset esitetään liitteissä 2–6. Lisää suosituksia eri asfalttityypeille esitetään asfalttinormeissa.



KUVA 6. Asfalttikonin AB16 rakeisuuskäyrän ohjealue

### Koemassojen ja koekappaleiden valmistus

Ennen koemassan valmistusta kiviaines valmistellaan määrittelemällä kiviaineksen tiheys ja rakeisuus standardien SFS-EN 933-1 ja SFS-EN 1097-6 mukaisesti. Asfalttiasemalla Kiviaines varmistetaan tasalaatuisiksi seulomalla mahdollisimman kapeiksi lajitteiksi, jonka jälkeen laboratoriossa lajitteista määritetään rakeisuus ja tiheys. Laboratoriossa lajitteista suhteutetaan perusmassan mukainen rakeisuuskäyrä rakeisuussuhteituksen mukaisesti. (PANK-4006, 2–3.)

Koekappaleet ja koemassat tehdään niiden ominaisuuksien testaamista varten. Perusmassa voidaan valmistaa asfalttiasemalla valmiiksi tai laboratoriossa sekoittimen avulla. Laboratoriossa valmistettava massa valmistetaan kuumennetulla sekoittimella, johon laitetaan tarvittavat kiviainekset, sideaineet, lisätäytejauheet ja lisäaineet. Sekoitulämpötila määräytyy sideaineen ja tiivistyslämpötilan perusteella (kuva 7). Massaa sekoitetaan, kunnes massa näyttää silmämääräisesti tasalaatuiselta. (PANK-4006, 2–3.)

Bitumi °C	AB, ABK	EA, SMA °C
B35/50	165	180
B50/70	160	175
B70/100	155	170
B100/150	150	165
B160/220	145	
B250/330	140	
B330/430	135	
B500/650	130	
B650/900	125	
V3000	50...120	
V1500	40...120	
BÖ2	10...70	
BE-PAB	10...70	

KUVA 7. Sideaineille tyypilliset sekoituslämpötilat (PANK-4003, 2)

Koekappaleet tehdessä laboratorio olosuhteissa ne valmistetaan kiertotiivistimellä standardin SFS-EN 12697-31 mukaisesti. Koekappaleet voidaan ottaa myös poraamalla valmiista asfalttilaatasta PANK-4004 ohjeiden mukaisesti. (PANK-4006, 3.)

### **PERUSMASSAN ARVIOINTI**

Koekappaleesta määritetään tiheys, täyttöaste ja tyhjätila valmistetusta massasta ja kiviaineksesta tyhjätila standardin SFS-EN 12697-8 mukaisesti. Kiviaineksesta määritetyn tyhjätilan täytyy olla päällystetyypin mukaisella hyväksytyllä alueella. Jos kiviaineksen tyhjätila ei ole hyväksytyllä alueella, on valmistettava uusi perusmassa. Kiviaineksen täyttäessä tyhjätilan vaatimukset, määritetään lisämassan sideainepitoisuus. Sideainepitoisuus määritetään SFS-EN 12697-1 liukoisen sideaineen pitoisuus menetelmää käyttäen. (PANK-4006, 3–4.)

Jos ei saada valmistettua haluttujen ominaisuuksien mukaista massaa, on valmistettava uudet perus- ja lisämassat. Massan koostumusta muutetaan vaihtamalla sideainelajia, rakeisuuskäyrää muuttamalla ja muuttamalla lisätäytejauheiden ja lisäaineiden määrää. Lisämassat valmistetaan samalla tavalla kuin koemassat. (PANK-4006, 3–4.)

### **Päällysteen toiminnallisiin ominaisuuksiin tehtävät testit**

Päällysteelle valitaan testit liikennemäärän mukaisesti kuvista 8 ja 9. Päällysteelle tehtäviä testejä ovat:

- Kuluminen testataan kuulamylykokeella standardin SFS-EN 1097–9 mukaisesti.
- Deformoituminen, joka testataan standardin SFS-EN 12697-25 jaksollisella virumiskokeella.
- Tilavuussuhteet eli kiviaineksen tyhjätila ja täyttöaste ja päällysteen tyhjätila, jotka testataan standardin SFS-EN 12687-8 mukaisesti.
- Vedenkestävyys, joka testataan standardin SFS-EN 12697-12:2018 tai PANK-4301B menetelmän mukaisesti.
- Bitumipitoisuus ja rakeisuus. Noudatettavat standardit ovat SFS-EN 12697-1 ja SFS-EN 12697-2.

## Yleiset tiet ja kadut: KULUTUSKERROS

Toiminnallinen ominaisuus					
Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajon./d)	Rakeisuus ja bitumipitoisuus	Tilavuussuhteet	Kuluminen	Deformaatio	Vedenkestävyys
> 10 000	X	X	I	I	X
5000 - 10 000	X	X	II	(II) <sup>2)</sup>	X
2500 - 5000	X	X			X
500 - 2500	X	(X) <sup>1)</sup>			X
250 - 500	X				X
< 250	X				X
Linja-autokaistat	X	X		I	X
Kevyenliikenteen väylät	X				
Levähdys- ja pysäköintialueet	X				
Kentät, pihat; raskas liikenne	X	X		I	X
Kentät, pihat; kevyt liikenne	X				
Muut erikoisliikennealueet	X	Valitaan tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan			
<sup>1)</sup> Materiaalit, joista ei ole aikaisempaa kokemusta <sup>2)</sup> Valitaan tapauskohtaisesti I,II,III Päällysteen luokat					

KUVA 8. Ohjeellinen valintataulukko asfalttimassan vaatimusten asettamiseen liikennemäärän mukaisesti toiminnalliseen suhteitukseen yleisten teiden ja katujen kulutuskerroksessa (PANK ry 2017, 111).

## Yleiset tiet ja kadut: KANTAVA- JA SIDEKERROS

Toiminnallinen ominaisuus					
Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajon./d)	Rakeisuus ja bitumipitoisuus	Tilavuussuhteet	Kuluminen	Deformaatio	vedenkestävyys
> 10 000	X	X		I-II	*)
5000 - 10 000	X	X		II	*)
2500 - 5000	X	(X) <sup>*)</sup>		(II) <sup>*)</sup>	*)
500 - 2500	X				*)
250 - 500	X				*)
< 250	X				*)
Linja-autokaistat	X	X		I	*)
Kevyenliikenteen väylät	X				
Levähdys- ja pysäköintialueet	X				
Kentät, pihat; raskas liikenne	X	X		I	*)
Kentät, pihat; kevyt liikenne	X				
Muut erikoisliikennealueet	X	Valitaan tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan			
I,II,III Päällysteen luokat *) valitaan tapauskohtaisesti					

KUVA 9. Ohjeellinen valintataulukko asfalttimassan vaatimusten asettamiseen liikennemäärän mukaisesti toiminnalliseen suhteitukseen yleisten teiden ja katujen kantavassa- ja sidekerroksessa (PANK ry 2017, 111).

Päällysteiden testaus voidaan aloittaa koekappaleilla, joiden tiivistymis- ja tiivysominaisuudet vastaavat parhaiten asetettuja tavoitteita. Koekappaleeseen käytetyn massan ollessa päällysteelle asetettujen ominaisvaatimuksien mukainen, voidaan siihen tyytyä. Jos päällysteominaisuuksien tulokset

eivät vastaa tavoitteita, on mahdollisuuksien mukaan selvitettävä mitä ainesosia muuttamalla voitaisiin saavuttaa haluttu lopputulos. Usein suhteitus aloitetaan alusta valiten uudet raaka-aineet ja niiden määrät. Myös päällystetyypin vaihtamiseen voidaan päätyä, jotta saadaan saavutettua tavoitteet. (PANK-4006, 4–5.)

Liitteessä (liite 8) esitetään laboratoriossa käytettävä menetelmäohje ja ohjeet tulosten esittämiseen. Tulosten esittäminen voidaan käyttää suhteitusohjelmaa apuna, joka laatii valmiin suhteitusraportin.

#### 4.2 Laitteet ja tarvikkeet

PANK- 4006 menetelmän mukaiseen päällysteen suhteitusmenetelmään voidaan tarvita tapauskohtaisesti seuraavia laitteita ja tarvikkeita. Päällysteen suhteitukseen tarvittavat laitteet ja tarvikkeet on jaettu päällysteen ominaisuuksiin perustuvien testimenetelmien mukaisesti:

Koemassan valmistus Pank-4006

- laboratoriosekoitin
- kiertotiivistin

Nastarengas kulutuskestävyys SFS-EN 1097-9

- kuulamylylaite
- laakerikuulia
- vaaka
- seulat kooltaan 2,0 mm, 6,0 mm, 11,2 mm, 14,0 mm ja 16,0 mm
- näytepeltejä
- magneetti
- mittalasi.

Deformaatio SFS-EN 12697-25

- kuormituslaite
- termostaattinen lämpöhaude
- vaaka
- lämpömittari
- astelevy.

Tilavuussuhteet SFS-EN 12697-31

- kiertotiivistin
- metallisia muotteja
- pyöreitä metallisia inserttejä
- työntömitta
- Laite, joka laskee kierrosten määrän yhden kierroksen tarkkuudella.
- uuni
- vaaka
- lämpömittari.

Asfalttimassan maksimitiheyden määrittäminen SFS-EN 12697-5 (tarvitaan SFS-EN 12697-31 menetelmään)

- metalliharja
- lasta
- vaaka
- lämpömittari
- vesihaude
- tärisevä pöytä
- tyhjiöjärjestelmä
- Tyhjiöastia

Asfalttinäytteen kappale tiheyden määrittäminen SFS-EN 12697-6 (tarvitaan SFS-EN 12697-31 menetelmään)

- vaaka
- vesihaude
- lämpömittari
- pyyhe
- työntömitta

Kiviaineksen kiintotiheys SFS-EN 1097-6

- tuuletettu lämpökaappi
- vaaka
- vesihaude
- lämpömittari
- näytepeltejä
- testiseulat kooltaan 0,063 mm, 4 mm, 31,5 mm ja 63 mm
- näytepeltejä
- pyyhkeitä
- pesulaitteet
- sekuntikello tai muu ajanotin
- verkkokori
- vedenpitävä säiliö
- pyknometri
- metallimuotti ja -suloin
- suppilo
- kuumailmapuhallin

Vedenkestävyys SFS-EN 12697-12 A-C

- Marshall-tyyppinen puristustestilaite
- tyhjiöjärjestelmä
- tyhjiösäiliö
- lämpösäädettävä vesihaude

- muovipusseja
- lasiastia ja kumitulppa
- suodatinpaperi

Bitumipitoisuus ja rakeisuus SFS-EN 12697-1, SFS-EN 12697-2, SFS-EN 12697-28 ja SFS-EN 933-1

- uuni
- uunipeltejä
- seulat: 6,3 mm, 8,0 mm, 11,2 mm, 16,0 mm, 20,0 mm, 22,4 mm ja 31,5 mm
- asfalttianalysaattori
- rumpu
- sentrifugi ja paperi
- vaseliini
- tärytin
- koeastioita
- ohjelmisto rakeisuuden määrittämiseen.

## 5 TESTAUSMENETELMIEN HINNOITTELU

Hinnoiteltavat testausmenetelmät ovat päällysteen suhteitus ja bitumin tunkeuma. Päällysteen suhteitukselle yleensä tehdään kolmea erilaista laboratorio tutkimusta PANK 4006 menetelmän mukaan, mutta päällysteen suhteitusmenetelmää voidaan soveltaa paljon. Näitä yleisiä suhteitustestejä ovat päällysteen tilavuussuhteitus koekappaleen valmistuksen kanssa tilaajan ilmoittaman rakeisuuskäyrän mukaan, Päällysteen suhteitus koekappaleen valmistuksen kanssa hienosäätäen rakeisuutta ja kokemusperäinen rakeisuusuhteitus. Standardin SFS-EN 1426 mukainen Bitumin tunkeuma nimitään hinnoittelussa sideaineen tunkeuman määrityksenä. Testausmenetelmien hinnoittelu pidetään salaisena

Taulukossa (taulukko 4.) on arvioitu tutkimusten hinnat kilpailevan yrityksen perusteella.

TAULUKKO 4. Testausmenetelmien yksikköhinnat (Kosonen 2021)

Nimike	Yksikkö	Hinta €
Sideaineen tunkeuman määrittäminen (SFS-EN 1426)	kpl	x
Päällysteen suhteitus ja koekappaleen valmistus tilaajan rakeisuuskäyrän mukaan (PANK 4006)	kpl	x
Päällysteen suhteitus hienosäätäen rakeisuutta ja koekappaleen valmistus (PANK 4006)	kpl	x
Päällysteen kokemusperäinen rakeisuusuhteitus	kpl	x

## 6 HANKINNAT

### 6.1 Laitehankinnat

Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorio omistaa osan tarvittavista tarvikkeista ja laitteista bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmää varten, mutta menetelmien suorittamiseen standardin SFS-EN 1426 ja PANK- 4006 ohjeiden mukaisesti laboratorioon on tehtävä hankintoja.

SFS-EN 1426 standardin mukaiselle Bitumin tunkeumamenetelmälle tarvittavia hankintoja ovat bitumin tisluslaite ja tunkeumalaite. Tunkeuma-laitteeseen kuuluu myös erikseen myytäviä lisäosia, joita tarvitaan testin suorittamiseen.

PANK-4006 päällysteen suhteitusmenetelmä voi haastavissa kohteissa sisältää deformaation, tilavuussuhteet, vedenkestävyyden, kulumisen, bitumipitoisuuden ja rakeisuuden testaamisen koekappaleista. Tällaisessa tilanteessa, jossa pyritään täysin itsenäiseen testaamiseen, vaaditaan paljon hankintoja. Tällaiset tilanteet ovat kuitenkin hyvin harvinaisluontoisia, joten taloudellisesta näkökulmasta on parasta ulkoistaa osa testausmenetelmistä ulkopuolisille yrityksille. Pakollisia laitehankintoja tarvitaan vain vedenkestävyyden mittaamiseen, jota testataan lähes jokaisella päällysteen suhteitus kerralla, kuten kuvista (kuva 8.) ja (kuva 9.) nähdään. Muita usein käytettyjä testausmenetelmiä päällysteen suhteitusmenetelmässä, kuten tilavuussuhteet, bitumi pitoisuus ja rakeisuus eivät tarvitse hankintoja, sillä Savonialta löytyy jo siihen tarvittavat laitteet ja tarvikkeet. Hankintoja vedenkestävyyden testaamiseen standardin SFS-EN 12697-12 mukaisesti ovat Marshall-tyyppinen puristuslaite ja siihen tarvittavat lisätarvikkeet.

PANK-4006 päällysteen suhteituksessa tehtävään peruskoemassaan on hankittava laboratoriosekoitin, jonka avulla voidaan sekoittaa tarvittavat asfaltin ainesosat. Päällysteen suhteitusmenetelmälle voidaan hankkia myös raportointia helpottava suhteitusohjelma, joka ei ole kuitenkaan välttämätön PANK-4006 menetelmien mukaisesti, mutta helpottaisi huomattavasti menetelmän tekoa.

Kaikissa laitteissa ja tarvikkeissa on huomioitu mahdollisimman edullinen hinta ja standardin mukaisuus. Taulukossa (taulukko 5.) esitetään tarvittavien hankintojen hinnat. Yksittäiset hintatiedot pidetään salaisena.

TAULUKKO 5. Hankintojen hinnat (Tolonen 2021; Haukkovaara 2021)

LAITEMALLI	LAITTEEN NIMI	HINTA	KPL
Bitumin tunkeumamenetelmään tarvittava laitteisto ja tarvikkeet			
R-300	Tislauslaite Rotavapor R-300	x €	1
B057-03	Siirtoastia	x €	1
B057-07	Standardi neula	x €	2
B056-01KIT	Tunkeumalaite	x €	1
B058	Vesihaude	x €	1
B058-01	Vesihaudeastia	x €	1
Päällysteen suhteitusmenetelmään tarvittava laitteisto ja tarvikkeet			
B043-KIT	Marshall puristuslaite	x €	1
B047-02	Vetolujuuslaite	x €	1
B047-04	Anturisarja 10 mm	x €	1
B044-03	Anturi 50 mm	x €	1
B043-02N	ohjelmisto testiin	x €	1
S336-43	Mittauslohko 10 mm	x €	1
S336-47	Mittauslohko 50 mm	x €	1
E095	Laboratoriosekoitin 5 L	x €	1
E095-03	Vispilä	x €	1
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>24 265,00 €</b>	
<b>ALV24%</b>		<b>30 088,60 €</b>	

### 6.1.1 Tislauslaite

Rotavapor R-300 (kuva 10.) on monipuolinen tislauslaite, jonka modulaarinen rakenne mahdollistaa erilaisten komponenttien yhdistämisen laitteen integroituun järjestelmään, jossa keskusyksikkö säätelee kutakin komponenttia. Rotavapor R-3000 tislauslaitteen mukana toimitetaan Manuaalinen käsinostimella varustettu tislauslaite, lämpöhaude, Näyttö ja tyhjiöpumppu. Laitteelle on myös paljon erilaisia lisäosia, joita vaadita bitumin tunkeumamenetelmään. Laitteen kaikki komponentit toimitetaan käyttövalmiina. (Leskinen 2021.)



KUVA 10. Rotavapor R-300 tislauslaite (Leskinen 2021)

### 6.1.2 Tunkeumalaite

Standard Digital Penetrometer B056-KIT (kuva 11.) on standardin SFS-EN 1426 mukaiseen bitumin tunkeumaan käytettävä tunkeumalaite. Tunkeuma-laitteen mukana toimitetaan pysäytys- ja vapautuspainike, automaattinen nollasäätö, mikrometrin säätö, painosarjat 50 ja 100 g, tunkeutumisneula ja messinkinäytekuppeja. Lisätarvikkeina saatavat siirtoastia, lämpösäädettävä vesihaude, vesihaudeastia ja varastandardineulat on ostettava erikseen. (Matest 2017.)



KUVA 11. B056-KIT (Matest 2017)

### 6.1.3 Marshall-tyyppinen puristuslaite

Marshall digital machine B043 KIT (kuva 12.) on standardin SFS-EN 12697-12 mukaisen vedenkestävyyden testaamiseen soveltuva puristuslaite, joka toimitetaan vakaumuotin kanssa. Lisätarvikkeina saatavat vetolujuuslaite, anturisarjat, ohjelmisto ja mittauslohkot on ostettava erikseen. (Matest 2017.)



KUVA 12. B043 KIT (Matest 2017)

### 6.1.4 Laborioriosekoitin

Laborioriosekoitin E095 turvaovella (kuva 13.) on PANK-4006 päällysteen suhteitukseen menetelmään sopiva laite, jota voidaan käyttää koemassan valmistukseen. Laitteen sekoittimen nopeutta voidaan säätää. Laite toimitetaan ruostumattomasta teräksestä valmistetulla kulholla. Vatkain on lisäosa, joka on tilattava erikseen. (Matest 2017.)



KUVA 13. Laboratorio sekoitin E095 (Matest 2017)

## 6.2 Muut hankinnat

Päällysteen suhteitukseen voidaan käyttää erilaisia apuohjelmia. Strokeplan Oy:n valmistama kiviaineksen suhteitusohjelma on erinomainen apuväline menetelmälle. Ohjelmaa käyttävät myös kilpailevat yritykset.

Strokeplan Oy:n suhteitusohjelma laskee haluttujen kiviaines lajitteiden ja murskeiden suhteituksen. Päällysteiden sideaineille ohjelma laskee valmistusohjeet eli reseptit. Ohjelma tuottaa raportit tarvittavista ohjekäyristä, suhteituksista ja lajitteista. (Strokeplan 2017.)

## 7 KANNATTAVUUS

Opinnäytetyön keskeisenä ideana, on tehdä selvitystä, onko mahdollista ottaa bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmiä Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion testausvalikoimaan. Selvityksessä on otettava huomioon taloudellinen näkökulma, kun menetelmiä varten tehdään investointia. Tässä työssä käytetään investoinnin takaisinmaksuaika periaatetta kannattavuuden arviointiin. Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorio on osa Savonian liiketoimintaa, joten kannattavuudella on suuri merkitys.

Savonia ei ole määritellyt tiettyä takaisinmaksuaikaa hankinnoille. Laitteet hankitaan Savonian rahoittamana suoraan liiketoimintaan. Lisäksi Savoniale hankitaan laitteita vain opetuskäyttöön, jolloin niistä ei saada tuottoa. Liiketoiminnan ja opetuksen yhteiskäyttöön on myös mahdollista tehdä hankintoja, jolloin ne kompensoisivat kannattavuutta. (Kinnunen 2021.)

### 7.1 Takaisinmaksuaika ja vuotuinen tuotto

Investoinnin takaisinmaksuaika kuvastaa aikaa, minkä kuluessa yhteenlasketut nettotuotot ylittävät investoinnin hankintakustannukset. Tässä tilanteessa oletetaan nettotuottojen pysyvän samalla tasolla, joten investoinnin takaisinmaksuaika lasketaan korottomana. (Hänninen 2016, 1–2.)

Investoinnin takaisinmaksuajan lasketaan seuraavalla kaavalla

$$n * = \frac{H}{S}$$

missä  $n *$  on investoinnin takaisinmaksu aika,  $H$  investoinnin rahallinen määrä ja  $S$  vuotuinen nettotuottojen määrä investoinnista. (Hänninen 2016, 2.)

Yksinkertaisuudessaan investoinnin takaisinmaksuaika lasketaan investoinnin hinta jaettuna vuotuisen nettotuotto investoinnista.

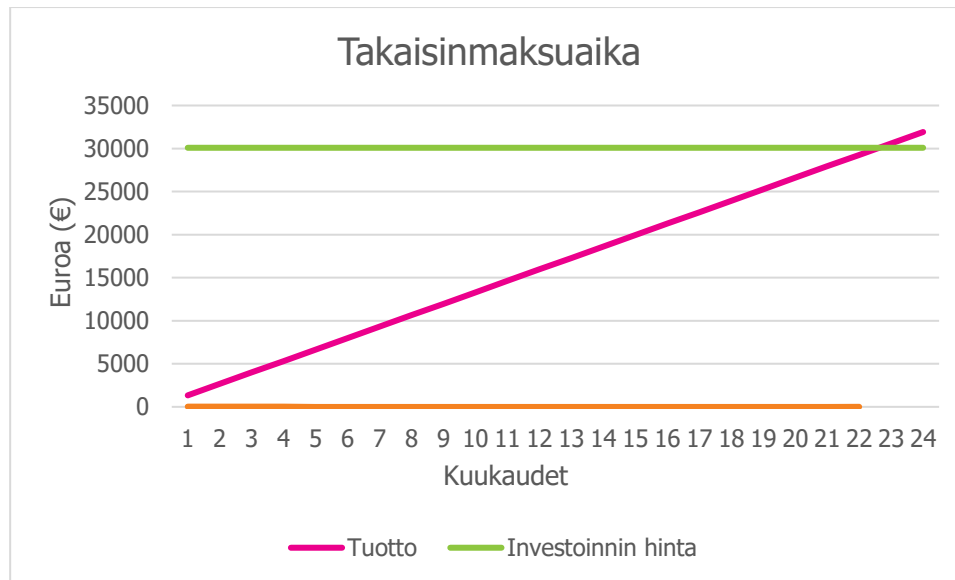
Savonian laboratorioon on investoitava laitehankintoja bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmää varten. Menetelmien laboratoriotutkimushinnat on arvioitu kilpailevan yrityksen mukaan, jotka käsiteltiin taulukossa (taulukko 4.). Päällysteen suhteitusmenetelmien kokonaishinnaksi on arvioitu kolmen tutkimuksen keskiarvo, joka kuvaisi todellista tuottoa. Bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitustutkimus tilauksia arvioidaan tulevan yksi kappale molempia kuukaudessa.

TAULUKKO 6. Menetelmien vuotuinen nettotuotto (Kosonen 2021, CC BY-SA)

Nimike	Kpl	Hinta €	Tuotto vuodessa €
Sideaineen tunkeuman määrittäminen (SFS-EN 1426)		x	x
Päällysteen suhteitusten keskihinta		x	x
Yhteensä			15960

Menetelmään tarvittavien laitteistojen kustannukset olisivat yhteensä (30 088,60 €). (taulukko 5). Vuotuisia nettotuottoja arvioidaan tulevan (15960 €). (taulukko 6). Näin ollen investoitavien laitteiden takaisinmaksuajaksi muodostuisi takaisinmaksuajan laskukaavaa käyttäen noin 1,9 vuoden aika, eli noin 23 kuukauden aika, kuten kuvasta (kuva 14.) nähdään.

$$n * = \frac{30088,60\text{€}}{15960\text{€}} = 1,885$$



KUVA 14. Takaisinmaksuaika (Kosonen 2021, CC BY-SA)

## 8 MENETELMIEN SJOITTAMINEN LABORATORIOON

Menetelmissä vaadittavien laitteiden sijoittamisessa on otettava huomioon huoneet ja laitteiden läheisyydet, alustat ja ilmanvaihto standardien mukaisesti. Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon sijoitettavat laboratoriolaitteet ovat esitetty liitteessä (liite 1) eri värisillä neliöillä. Laboratoriolaitteiden sijoittelu Savonia Yhdyskuntatekniikan laboratorion pohjakuvaan on suunniteltu AutoCad-sovelluksella. Sijoitettavia laitteita Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorioon ovat tunkeumalaite, tisluslaite, vesihaude, puristuslaite ja laboratoriosekoitin.

Tunkeumalaitteella ja puristuslaitteella tehdään tarkkaa mittaustyötä joten, laitteet vaativat kivialustan tai muun vakaan alustan, joka minimoi mahdollisen ympäristöstä saapuvan liikkeen. Tukeva paksu alusta varmistaa tehtävän testin laatua, minimoiden pöydästä aiheutuvat mittausrvirheet. Tunkeumalaite ja puristuslaite voidaan sijoittaa huoneeseen V104 liitteen (liite 1) mukaisille paikoille, joiden testausalustat täyttävät standardin SFS-EN 13150 mukaisesti kestävyys- ja turvallisuusvaatimukset työalustoille.

Tunkeumalaitetta ja vesihaudetta käytetään bitumin tunkeumamenetelmään ja ne toimivat yhdessä koko testin ajan, joten niiden sijoittaminen lähekkäin on tärkeää. Menetelmässä pitää toimia nopeasti ja siirtää temperoitunut bituminäyte viipymättä vesihauhteesta tunkeumalaitteeseen, joten vesihaude voidaan sijoittaa liitteen (liite 1) mukaiselle paikalle, joka on välittömässä läheisyydessä tunkeumalaitteen kanssa.

Päällysteen suhteituksessa käytettävä laboratoriosekoitin ei vaadi erityishuomioita tilan, alustan tai ilmaston suhteen, joten se voidaan sijoittaa liitteen (liite 1) mukaiselle paikalle. Laitetta voidaan siirtää vapaasti myös toiseen paikkaan, ilman suurempia huomioita.

Bitumin tunkeumamenetelmässä nestemäisestä bitumista tislataan metyleenikloridi pois, jotta jäljelle jää vain tutkittava bituminäyte. Työpisteen läheisyydessä on oltava silmienhuuhtelupaikka ja hätäsuihku. Metyleenikloridia käsiteltäessä on huolehdittava tehokkaasta ilmanvaihdosta.

(<https://www.ttl.fi/ova/metylklo.html> .) Tisluslaite voidaan sijoittaa näiden vaatimuksien perusteella asfalttianalyysihuoneeseen V107 (kuva 15.), jossa on standardin SFS-EN 1822-1:en mukainen tehokas ilmanvaihto ja huoneen välittömässä läheisyydessä on silmienhuuhtelupaikka ja hätäsuihku.



## 9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmät mahdollista ottaa käyttöön Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion testivalikoimaan. Menetelmille tehtiin omat selostuspohjat, menetelmäohjeet ja tarjouspyynnöt tarvittavista laitteista ja tarvikkeista. Laitteille hahmoteltiin paikat Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion pohjakuviin ja menetelmiin tarvittavien hankintojen kannattavuutta arvioitiin takaisinmaksuperiaatteen avulla.

Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion löytyi valmiiksi osa tarvittavista laitteista ja tarvikkeista päällysteen suhteitus ja bitumin tunkeumamenetelmää varten. Hankintojen selvitys suoritettiin tarjouskyselyiden avulla eri maahantuojilta, joista valittiin halvimmat ja standardeihin sopivat laitteet ja tarvikkeet. Bitumin tunkeumamenetelmää varten tehtäviä hankintoja oli huomattavasti vähemmän kuin päällysteen suhteitusmenetelmää varten.

Päällysteen suhteitusmenetelmään tarvittavista laitteista tehtiin tarjouskyselyitä vain puristuslaitteesta ja laboratoriosekoittimesta, jotka ovat pakollisia jokaisella testauskerralla. Jos pyrittäisiin täysin itsenäiseen päällysteen suhteituksen testaamiseen, niin hankintoja täytyisi tehdä hyvin paljon, sillä jokaista päällysteen ominaisuutta kohtaan on oma standardin mukainen testausmenetelmä. Osa päällysteen suhteitukseen käytettävistä menetelmistä on hyvin harvinaisluontoisia, joten voidaan tulla siihen tulokseen, että osa päällysteen suhteitukseen käytettävistä testausmenetelmistä olisi taloudellisesti hyödyllisintä ulkoistaa toiselle yritykselle. Jos päällysteen suhteitukseen hankittaisiin kaikki tarvittavat laitteet ja tarvikkeet, niin kaikki laitteet eivät mahtuisi laboratoriotiloihin.

Hankintojen kannattavuutta analysoitiin takaisinmaksuajan avulla, josta saatiin tulokseksi noin 1,9 vuotta. Savonia-ammattikorkeakoulu Oy ei ollut määritellyt hankinnoille tiettyä maksimihintaa tai takaisinmaksuaikaa, joten 1,9 vuoden takaisinmaksuaika kuulostaa kohtuulliselta. Hankintojen kannattavuutta voisi kompensoida menetelmien yhdistäminen liiketoiminnan ja opetuksen yhteiskäyttöön.

Laboratorioon sijoitettavat laitteet olivat hyvin erilaisia vaatimuksiltaan. Laitteiden sijoittelu tapahtui AutoCad-sovelluksen avulla Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion pohjakuvaan. Suurin osa menetelmiin tarvittavista laitteista vaati standardin mukaisen vakaan työskentelyalustan, kun taas bitumin tunkeumamenetelmässä käytettävään tisluslaitteeseen täytyi huomioida myös menetelmässä käytettävän metyleenin turvallisuuskäytännöt ja tehokas ilmastointi. Laitteille löytyi sopivat standardin mukaiset paikat vakailta työpöydiltä ja tisluslaite saadaan sijoitettua asfalttianalysaattorin huoneeseen, joka täyttää kaikki vaatimukset.

Tämän selvitystyön perusteella voidaan todeta että, bitumin tunkeuma- ja päällysteen suhteitusmenetelmät ovat mahdollista ottaa Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion testivalikoimaan. Kuitenkin on otettava huomioon, ettei olisi kannattavaa testata päällysteen suhteitusmenetelmää täysin itsenäisesti. Yksinkertaiset suhteitukset voitaisiin suorittaa Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratoriossa. Haastavammat ja harvinaisluontoisemmat suhteitukset vaativat yhteistyötä ulkopuolisen laboratorion kanssa, jossa voitaisiin tutkia tiettyjä päällysteen ominaisuuksia joihin Savonian Yhdyskuntatekniikan laboratorion ei olisi mahdollisuutta.

Työssä bitumin tunkeumamenetelmän standardi oli saatavilla vain englanninkielisenä, joka voi vaikuttaa menetelmäohjeiden luotettavuuteen johtuen mahdollisista käännöksissä tapahtuvista väärinkäsityksistä. Opinnäytetyössä oli tarkoitus tehdä yhteistyötä Oulun yliopiston laboratorion kanssa, jossa olisi käyty katsomassa kuinka käytännössä päällysteen suhteitus- ja bitumin tunkeumamenetelmät suoritettaisiin. Tämä ei kuitenkaan onnistunut sen hetkisten koronarajoitusten vuoksi, joten kaikki tieto menetelmiin on kerätty vain standardien ja PANK- menetelmien pohjalta.

## LÄHTEET

- Blomberg, T. 1990. Bitumit. Jyväskylä: Neste Oy ja Rakentajain Kustannus Oy.
- Haukkoavaara, Marjo 2021. Laboratoriolaitetiimi. Oy G.W.Berg & Co Ab. Lähdemerkintä Tislauslaitteelle. Yksityinen sähköpostiviesti 19.1.2021. Viestin saaja: Alekski Kosonen.
- Haukkoavaara, Marjo 2021. Laboratoriolaitetiimi. Oy G.W.Berg & Co Ab. Lähdemerkintä taulukkoon 5. Hankintojen hinnat. Yksityinen sähköpostiviesti 19.1.2021. Viestin saaja: Alekski Kosonen.
- Helena Haapalinna 2007. Öljyposti. Bitumi ja muinaiset babylonialaiset. <http://web.archive.org/web/20070927121352/http://www.tat.fi/fi/aineistot/ok/lisatietoa/bitumi.htm>
- Hunter, R, N., Self, A., & Read, J. 2015. The shell bitumen handbook 6. Painos. Lontoo: ICE Publishing
- Hänninen, Tuula 2016. Investoinnin takaisinmaksuaika. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <https://docplayer.fi/3558263-Investoinnin-takaisinmaksuaika.html>. Viitattu 22.1.2021
- Investopedia 2018. Bitumen. Verkkajulkaisu. Päivitetty 28.10.2018.<https://www.investopedia.com/terms/b/bitumen.asp> Viitattu 15.1.2021
- J.M.K.C. Donev et al. 2018. Energy Education - Bitumen. Verkkajulkaisu. <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Bitumen>. Viitattu 15.1.2021.
- Kinnunen, Heli 2020. Asfalttianalysaattori ja bitumi näytteenottohana. Valokuva. Kuopio.
- Kinnunen, Heli 2020. Projekti-insinööri. Savonia-ammattikorkeakoulu. Haastattelu 1.10.2020
- Kinnunen, Heli 2021. Projekti-insinööri. Savonia-ammattikorkeakoulu. Lähdemerkintä kannattavuus kappaleeseen. Yksityinen sähköpostiviesti 24.2.2021. Viestin saaja: Alekski Kosonen.
- Kosonen, Alekski 2021. Asfaltista porattu näytepala. Valokuva. 21.1.2021. Kuopio.
- Kosonen, Alekski 2021. Sentrifugi ja rumpu. Valokuva. 21.1.2021. Kuopio.
- Matest 2017. B043 KIT, Marshall digital machine. Verkkajulkaisu. <https://www.matest.com/en/product/b043-kit-marshall-digital-machine-50-kn>. Viitattu 19.1.2021.
- Matest 2017. B056 KIT, Standard Dial Penetrometer. Verkkajulkaisu. <https://www.matest.com/en/product/b056-kit-standard-dial-penetrometer>. Viitattu 19.1.2021
- Matest 2017. E095, Mortar mixer with sand dispenser and safety door. Verkkajulkaisu. <https://www.matest.com/en/product/e095-mortar-mixer-with-sand-dispenser>. Viitattu 19.1.2021.
- PANK Oppimateriaali C3 2018. Asfalttialan oppimateriaali. Asfaltit, niiden suunnittelu, valmistus ja laatuvaatimukset. [https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2021/01/c3-asfaltit-suunnittelu-valmistus-laatuvaatim.asd\\_.pdf](https://www.pank.fi/wp-content/uploads/2021/01/c3-asfaltit-suunnittelu-valmistus-laatuvaatim.asd_.pdf). Luettu 14.5.2019
- PANK ry 2017. Asfalttinormit 2017. Päällystealan neuvottelukunta. Vantaa:PANK ry.
- PANK-4003 1995. Massan valmistus laboratoriossa. Päällystealan neuvottelukunta.
- PANK-4006 1996. Päällysteen suhteitus. Päällystealan neuvottelukunta.
- SFS-EN 1426. 2015. Bitumen and bituminous binders. Determination of needle penetration. Suomen standardisoimisliitto SFS Ry. Luettu 18.1.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SPE international 2012. PetroWiki. Asphaltenesand waxes. Päivitetty 15.1.2018. [http://petrowiki.org/Asphaltenes\\_and\\_waxes](http://petrowiki.org/Asphaltenes_and_waxes). Viitattu 10.1.2021

Strokeplan 2017. Suhteitusohjelma. Verkkojulkaisu. <http://www.strokeplan.com/tie/suhteitus.html>. Viitattu 19.1.2021

The bitumen industry - A global perspective 2015. Asphalt institute and eurobitume.Pdf- tiedosto. Julkaistu 2015. [https://www.eurobitume.eu/public\\_downloads/General/The%20Bitumen%20Industry%203rd%20edition.pdf](https://www.eurobitume.eu/public_downloads/General/The%20Bitumen%20Industry%203rd%20edition.pdf) Viitattu 18.1.2021

Tielaitos 1997. Päälysteiden suunnittelu. Helsinki: Tielaitos.

Tolonen, Arto 2021. Atomit Oy. Lähdemerkintä taulukkoon 5. Hankintojen hinnat. Yksityinen sähköpostiviesti. 15.2.2021. Viestin saaja: Aleksi Kosonen.

Työterveyslaitos 2018. OVA-ohjeet: Metyleenikloridi (OVA-ohjeet). Verkkojulkaisu. <https://www.ttl.fi/ova/metylklo.html>. Viitattu 20.2.2021

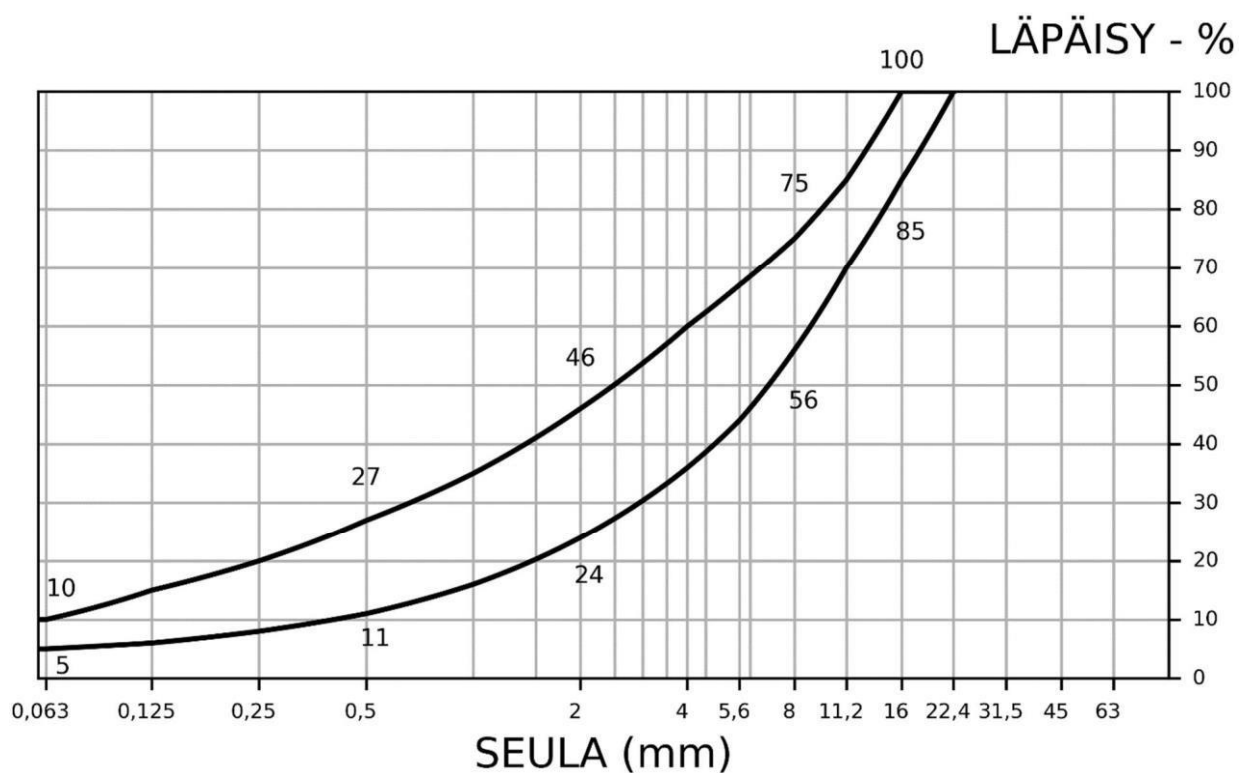
Yhdyskuntatekniikka. Savonia. Verkkojulkaisu. <https://yhdyskuntatekniikka.savonia.fi/>. Viitattu 4.1.2021.



## LIITE 2: ASFALTTIBETONI AB 16

EN-standardien mukainen nimi esimerkiksi AB 16 surf 70/100

Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Vakiopaksuisen päällyste-laatan massamäärä (kg/m <sup>2</sup> )
Tiebitumi 35/50...160/220, PMB 75/130–65, PMB 75/130–70, PMB 40/100–70	5,0...6,0	100...125



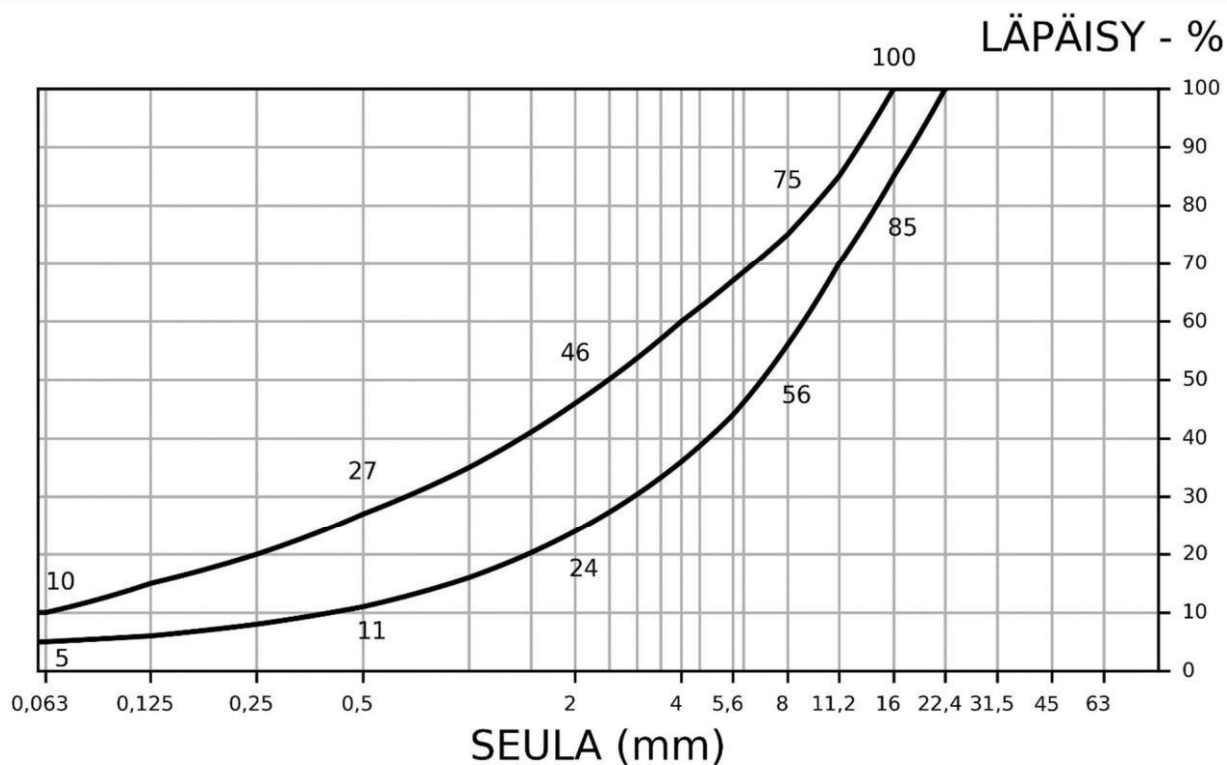
Seula (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4
Yläraja läpäisy-%	10,0	15	20	27	35	46	60	67	75	85	100	100
Alaraja läpäisy-%	5,0	6	8	11	16	24	36	44	56	70	85	100

Kuva 6. Asfalttibetonin AB 16 massan rakeisuuden ohjealue ja läpäisyprosentit.

## LIITE 3: ASFALTTIBETONI ABS 16

EN-standardien mukainen nimi esimerkiksi AC 16 bin 70/100

Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Vakiopaksuisen päällyste-laatan massamäärä (kg/m <sup>2</sup> )
Tiebitumi 35/50...100/150, PMB 75/130–65, PMB 75/130–70, PMB 40/100–70	4,6...5,4	100...125



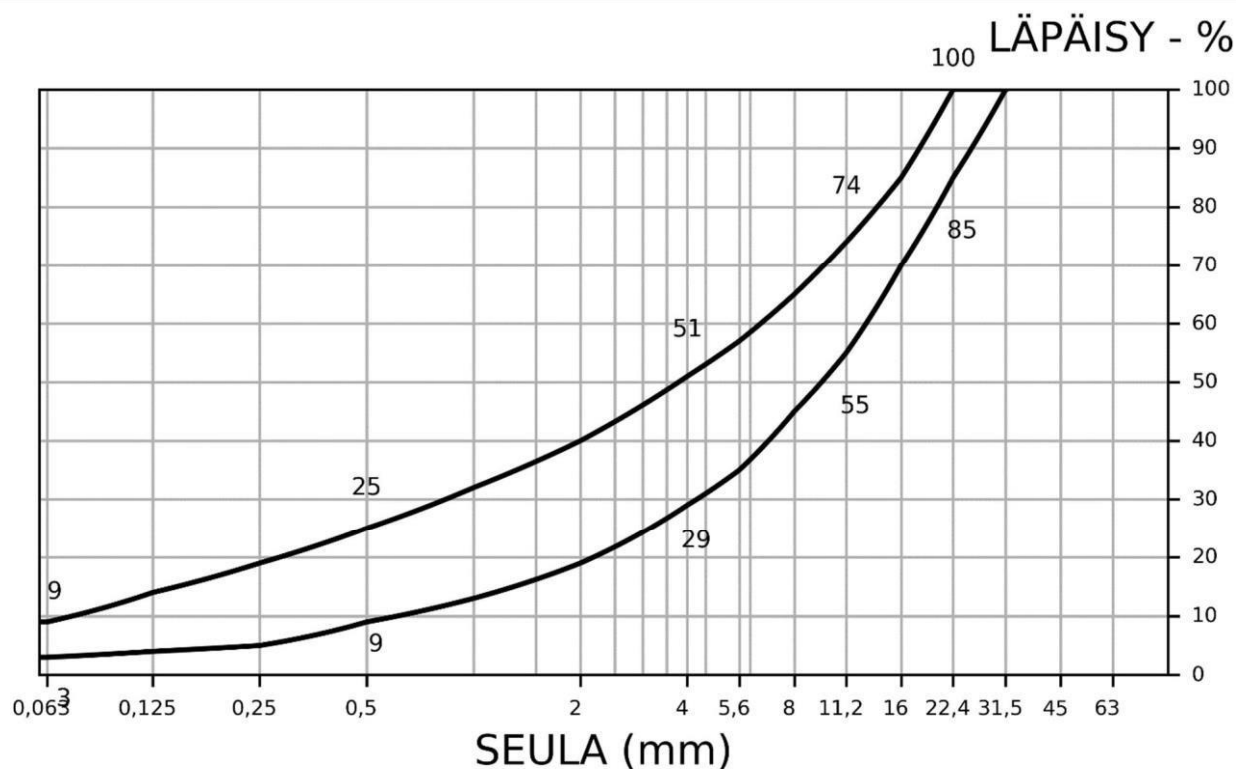
Seula (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4
Yläraja läpäisy-%	10,0	15	20	27	35	46	60	67	75	85	100	100
Alaraja läpäisy-%	5,0	6	8	11	16	24	36	44	56	70	85	100

**Kuva 8.** Sidekerroksen asfalttibetonin ABS 16 massan rakeisuuden ohjealue ja läpäisyprosentit.

## LIITE 4: ASFALTTIBETONI ABK 22

EN-standardien mukainen nimi esimerkiksi AC 22 base 70/100

Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Vakiopaksuisen päällyste-laatan massamäärä (kg/m <sup>2</sup> )
Tiebitumi 20/30...160/220, PMB 75/130–65, PMB 75/130–70, PMB 40/100–70	4,2...5,2	125...175

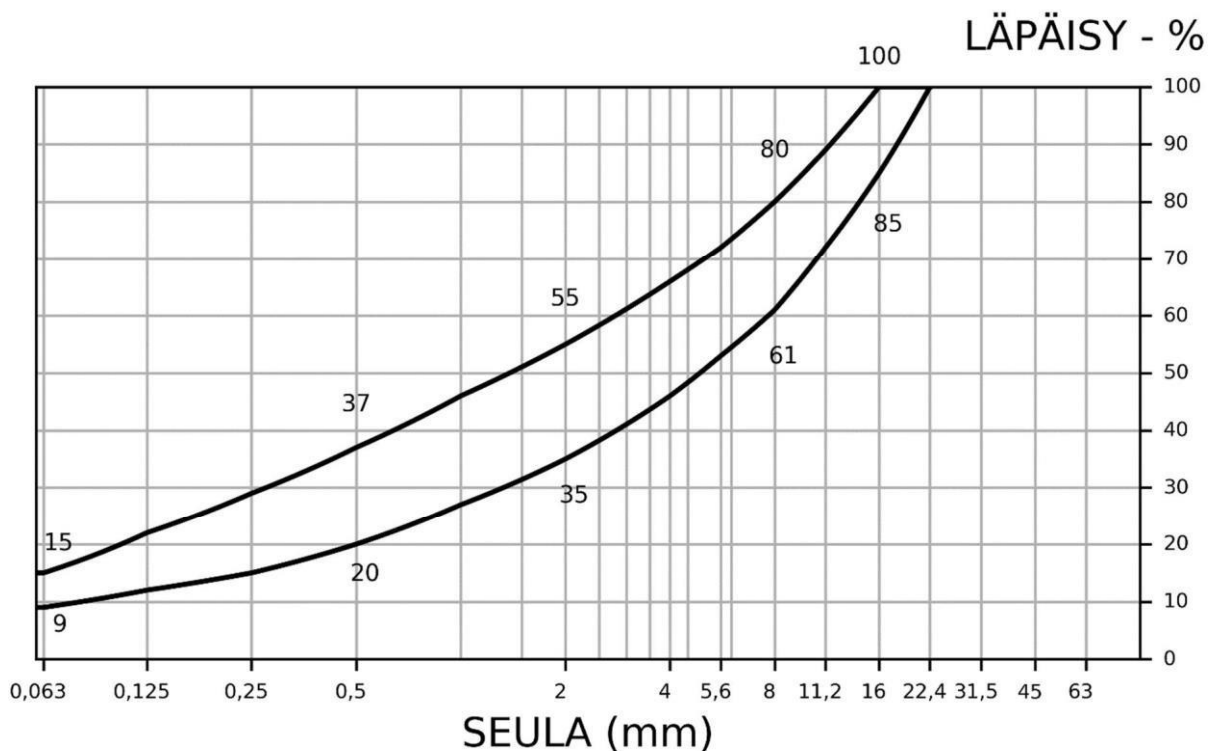


Seula (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
Yläraja läpäisy-%	9,0	14	19	25	32	40	51	57	65	74	85	100	100
Alaraja läpäisy-%	3,0	4	5	9	13	19	29	35	45	55	70	85	100

**Kuva 10.** Kantavan kerroksen asfalttibetonin ABK 22 massan rakeisuuden ohjealue ja läpäisyprosentit.

## LIITE 5: ASFALTTIBETONI ABT 16

Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Yksittäisen näytteen tyhjättila (%)	Laatan minimipaksuus (mm)
Tiebitumi 50/70...160/220, PMB 75/130-65, PMB 75/130-70, PMB 40/100- 70, PMB 40/100-75	5,7...6,9	≤ 3,0	40

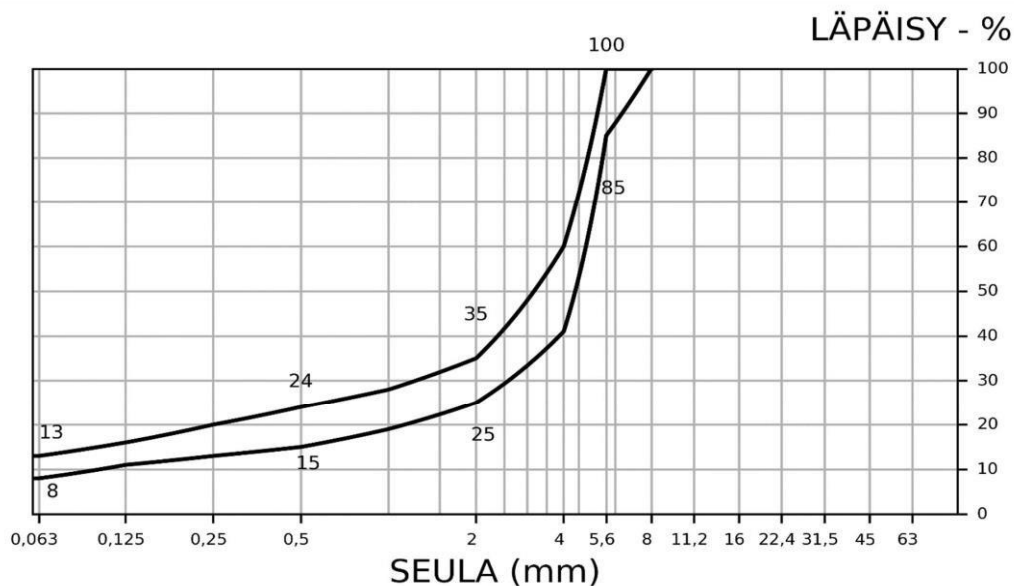


Seula (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4
Yläraja läpäisy-%	15,0	22	29	37	46	55	66	72	80	89	100	100
Alaraja läpäisy-%	9,0	12	15	20	27	35	46	53	61	72	85	100

Kuva 14. Tiiviin asfalttibetonin ABT 16 massan rakeisuuden ohjealue ja läpäisyprosentit.

## LIITE 6: KIVIMASTIKSIASFALTTI SMA 5

Sideaine	Lisäaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Vakiopaksuisen päällyste-laatan massamäärä (kg/m <sup>2</sup> )
Tiebitumi 50/70...100/150, PMB 75/130–65, PMB 75/130- 70 ja PMB 40/100–70	Esim. Selluloosa- kuitu 0,3...0,5 %	6,5...7,3	50...75



Seula (mm)	0,063	0,125	0,25			2	4	5,6	8
Yläraja läpäisy-%	13,0	16	20	24	28	35	60	100	100
Alaraja läpäisy-%	8,0	11	13	0,5	1	25	41	85	100

**Kuva 20.** Kivimastiksiasiastian SMA 5 massan rakeisuuden ohjealue ja läpäisyprosentit.

## LIITE 7: BITUMIN TUNKEUMA MENETELMÄPOHJA

## Yhdyskuntatekniset palvelut

## Menetelmäohje

Koodi: 1426	Versio: 1.3	Pvm: 23.1.2021	Sivu 1/2
-------------	-------------	----------------	----------

## BITUMIN TUNKEUMA

Tunkeumalla määritellään, kuinka kovaa bitumi on. Tunkeuma määritellään etäisyydellä jonka, neula kulkee bitumissa tietyn kuormituksen alla tietyssä ajassa. Noudatetaan standardeja SFS-EN 1426. Seuraaviin asiakirjoihin viitataan, joko kokonaan tai osittain. SFS-EN 12697-28, SFS-EN 12697-1, SFS-EN 12697-2, SFS-EN 12697-1, SFS-EN 1431 ja SFS-EN 933-1.

## 1. Näytteen esikäsittely ja määrä

Näytteen ollessa kiinteää asfalttia, seurataan standardin SFS-EN 12697-1 mukaista liukaisen sideaineen pitoisuus menetelmää. Asfalttianalysaattorista saatu bituminäyte tislataan, jotta metyleeni saadaan pois. Jäljelle jää puhdas bituminäyte. Tislaus tehdään SFS-EN 1431 standardin mukaisesti.

Näytettä kuumennetaan varovasti niin kauan, kunnes näytteestä on tullut juoksevaa. Näytettä kaadetaan koeastiaan niin paljon ettei neula pääse 10 mm lähemmäksi pohjaa tunkeumaa määrittäessä. Täytetty koeastia peitetään esimerkiksi kellolasilla näytteen suojaamiseksi ja annetaan jäähtyä huoneen lämmössä noin 1,5–2 tuntia. Jäähdytyksen jälkeen koeastia ja siirtoastia asetetaan vesihauteeseen, jonka lämpötila on  $25 \pm 0,1$  °C. Näytteen ja astian annetaan temperoitua vesihauteessa 1,5–2 tuntia.

## 2. Tunkeuman määrittäminen

Koeastia siirretään vesihauteesta siirtoastiaa käyttäen tunkeumalaitteen neulan alle, jossa vesihauteen vettä on niin paljon, että koeastia peittyy täysin. Mittaus aloitetaan viimeistään minuutin kuluttua siirtoastian poistamisesta vesihauteesta. Testinäyteastia asetetaan paikoilleen ja neula lasketaan hitaasti alas, kunnes kärki koskettaa vain näytteen pintaa. Laitteeseen asetetaan vapaapudotuksen kesto, joka on  $5 \pm 0,1$  sekuntia ja mittari asetetaan nolla kohtaan. Laitteesta vapautetaan mäntä, jossa neula on kiinni. Neula tunkeutuu näytteeseen.

Neulan pudotuksen jälkeen mitataan tunkeuman pituus. Tunkeuma mitataan matkaa mittaavalla mittarilla, joka ilmoittaa tunkeuman syvyyden millimetreinä. Tulos kirjataan ylös jokaisen testauksen jälkeen. Neula nostetaan varovasti pois näytteestä ja puhdistetaan niin, että neula on aivan puhdas. Koe toistetaan vähintään 3 kertaa ja samalla varmistetaan, että testauskohdat ovat vähintään 10 mm säiliön sivuilta ja vähintään 10 mm toisistaan. Jokainen koekerta tehdään uudella puhtaalla neulalla. Lopuksi lasketaan tunkeumien keskiarvo ja saadaan lopullinen tulos. Tarvittaessa kaksi ensimmäistä neulaa voidaan poistaa häiritsemättä bituminäytteen pintaa. Tulos ilmoitetaan millimetreinä.

Jos kolmen määrittelyn arvot poikkeavat enemmän kuin seuraavassa taulukossa (kts. taulukko 1.), niin määrittely tehdään rinnakkaisnäytteellä. Jos tulos poikkeaa edelleenkin sallituista rajoista, tulokset hylätään ja määrittely aloitetaan uudestaan alusta loppuun.

Tunkeuma 0,1 mm	Enintään 49	50–149	150–249	250 tai enemmän
Ero suurimman ja pienimmän arvon välillä	2	4	6	8

Bitumin tunkeuma arvot syötetään Excel-tiedostoon ”Bitumin tunkeuma”, joka laskee automaattisesti bitumin keskimääräisen arvon, joka on tunkeuman lopullinen arvo.

**Yhdyskuntatekniset palvelut****Menetelmäohje**

Koodi: 1426	Versio: 1.3	Pvm: 23.1.2021	Sivu 2/2
-------------	-------------	----------------	----------

**4. Tulosten tallennus ja esitys**

Bitumin tunkeuman tulos esitetään kolmen rinnakkaisnäytteen keskiarvona, 1/10 mm pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun. Tulokset voidaan tallentaa Excel-tiedostoon ”Bitumin tunkeuma”, joka laskee automaattisesti tunkeuman arvot.

Alkuperäinen selostus toimitetaan asiakkaalle ja kopio ’Laskuttamattomat testausselostukset’ -kansioon. Päiväkirjaan merkitään testaaja, käytetyt laitteet ja testauspäivämäärä.

**5. Testiraportti**

Testiraportissa pitäisi olla seuraavat tiedot:

- Viittaus tähän eurooppalaiseen standardiin
- Laboratorion tiedot
- Näytteen tiedot
- Näytteen vastaanottopäivämäärä
- Tulos kolmen näytteen keskiarvona 1/10 mm tarkkuudella pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun
- Asiakkaan nimi
- Kokeen ajankohta
- Menetelmään tehdyt muutokset, lisäykset tai poistot.
- Laitetyyppi (manuaalinen, automaattinen)

**Muuta huomioitavaa**

Tutustuttava ensiaputarvikkeiden sijaintiin ja metyleenikloridin käyttöturvallisuustiedotteeseen.

## LIITE 8: PÄÄLLYSTEEN SUHTEITUS MENETELMÄPOHJA

## Yhdyskuntatekniset palvelut

## Menetelmäohje

Koodi: 4006	Versio: 1.3	Pvm: 02.03.2021	Sivu 1/5
-------------	-------------	-----------------	----------

## Päällysteen suhteitus

Päällysteen suhteituksen tarkoituksena on laatia asfaltin valmistajalle ohje, jolla saavutetaan tietyille kohteelle asetetut tavoitteet ja ominaisuudet. Päällysteen suhteitus jaetaan kokemusperäiseen ja toiminnalliseen suhteitukseen. Tämä menetelmä ohje käsittelee toiminnallisen suhteituksen mahdollisia vaiheita. Toiminnallisessa suhteituksessa määritetään tapauskohtaisesti rakeisuus ja bitumipitoisuus, tilavuussuhteet, kuluminen, deformaatio ja vedenkestävyys. Noudatettavia standardeja ovat SFS-EN 933-1, SFS-EN 1097-6, SFS-EN 12697-10, SFS-EN 1097-9, SFS-EN 12697-25, SFS-EN 12697-31, SFS-EN 12697-12, SFS-EN 12697-1, SFS-EN 12697-2.

## 1. Päällysteen ja aineosien valinta

Ensiksi valitaan kohteen ja käyttötarkoituksen ja kohteen perusteella asfalttityyppi ja -laji taulukoista 1 tai 2. Myös kiviainekset, mahdolliset täyteaineet, lisätäytejauheet ja lisäaineet valitaan asfalttinormien suosituksen mukaisesti.

Taulukko 1.

Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajoneuvoa/d)	Esimerkkejä eri käyttökohteiden kulutuskerroksen päällystelajeista ja pintauksista								
	AB 6-11	AB 16-22	PAB- B	PAB- V	SMA 6-11	SMA 16-22	KBVA	AA 11-16	SIP, SOP
<b>KADUT</b>									
>15 000		2			2	1			
10000–15000		2			2	1			
5000–10000		2			1	1			
2500–5000		2			1	2			
500–2500	2	1	3		2				
< 500	2	1	2	3					3
Sillat		2*)			2*)	2*)	1		
Linja-autokaistat		1			2	1			
<b>ERITYISLIIKENNEALUEET</b>									
Jalkakäytävät	1						2		
Kevyen liikenteen väylät	1		2						
Pysäköintialueet		1							
Kentät ja pihat, raskas liikenne		1				2			
Kentät ja pihat, henkilöauto- ja kevyt liikenne	1		3				2	3	
Teollisuus- ja varastohallit		1					2		
Huoltoasemat	2	1					3		
Pysäköintipaikat katoksessa	1	2							
Pysäköintipaikat katolla							1		
*) vedenerityksen oltava kunnossa (1 = sopivin, 2 = toiseksi sopivin, 3= kolmanneksi sopivin)									

## Yhdyskuntatekniset palvelut

## Menetelmäohje

Koodi: 4006	Versio: 1.3	Pvm: 02.03.2021	Sivu 2/5
-------------	-------------	-----------------	----------

Taulukko 2.

Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajoneuvoa/d)	Esimerkkejä eri käyttökohteiden kulutuskerroksen päällystelajeista ja pintaauksista							
	AB 8-11	AB 16-22	PAB-B 11-16	PAB-V 16	SMA 5-11	SMA 16-22	KBVA	SIP, SOP
<b>KADUT</b>								
> 10000						1		
5000–10000		2			2	1		
2500–5000		1			2	2		
500–2500		1	2 <sup>1)</sup>					
250–500		2	1	2				
< 250			2	1				
Sillat		1 <sup>2)</sup>			2 <sup>2)</sup>	2 <sup>2)</sup>	1	
<b>ERITYISLIIKENNEALUEET</b>								
Kevyen liikenteen väylät	1	3	2					
Levähdys- ja pysäköintialueet	2	1	4					
<sup>1)</sup> Kun KVL < 1000 ajoneuvoa / vrk <sup>2)</sup> Vedeneristyksen on oltava kunnossa kohteissa, joissa ongelmana on melu								

Valituista kiviaineksista suhteutetaan matemaattisena suhteituksena mahdollisimman hyvin tavoitekäyrää vastaava rakeisuuskäyrä. Tarvittaessa voidaan rakeisuuskäyrän mukaisen kiviaineksen soveltuvuus varmistaa testaamalla kiviaineksen tyhjättila. Jos tällöin kiviaineksen tyhjättila ei vastaa kyseiselle päällystetyypille asetettuja vaatimuksia, etsitään sopiva kiviainesseos kiviaineslajitteiden osuuksia muuttamalla tai kiviaineksia vaihtamalla.

Sideainepitoisuus määritetään rakeisuuskäyrän perusteella interpoloimalla rakeisuuskäyrän sijainnin perusteella asfalttinormeissa ilmoitetulta ohjealueelta.

## 2. Koemassojen ja koekappaleiden valmistus

Ennen koemassan valmistusta kiviaines valmistellaan määrittelemällä kiviaineksen tiheys ja rakeisuus standardien SFS-EN 933-1 ja SFS-EN 1097-6 mukaisesti. Kiviaines varmistetaan tasalaatuiseksi seulomalla mahdollisimman kapeiksi lajitteiksi. Tämän jälkeen lajitteista suhteutetaan perusmassan mukainen rakeisuuskäyrä.

Koemassa valmistetaan kuumennetulla sekoittimella, johon laitetaan tarvittavat kiviainekset, sideaineet, lisätäytejauheet ja lisäaineet. Sekoitustilassa määrätty taulukon 3 mukaisesti. Massaa sekoitetaan, kunnes massa näyttää silmämääräisesti tasalaatuiselta.

Koodi: 4006	Versio: 1.3	Pvm: 02.03.2021	Sivu 3/5
-------------	-------------	-----------------	----------

Taulukko 3.

Bitumi °C	AB, ABK	EA, SMA °C
B35/50	165	180
B50/70	160	175
B70/100	155	170
B100/150	150	165
B160/220	145	
B250/330	140	
B330/430	135	
B500/650	130	
B650/900	125	
V3000	50...120	
V1500	40...120	
BÖ2	10...70	
BE-PAB	10...70	

Massan sekoituksen jälkeen valmistetaan koekappaleet kiertotiivistimellä standardin SFS-12697-10 mukaisesti.

### 3. Perusmassan arviointi

Koekappaleiden valmistuttua Koekappaleista määritetään päällysteen tiheys, massasta massan tiheys ja näistä lasketaan tyhjätila ja kiviaineksen tyhjätila ja täyttöaste standardin SFS-EN 12697-31 mukaisesti. Kiviaineksesta määritetyn tyhjätilan täytyy olla päällystetyypin mukaisella hyväksytyllä alueella. Jos kiviaineksen tyhjätila ei ole hyväksytyllä alueella, on valmistettava uusi perusmassa. Kiviaineksen täyttäessä tyhjätilan vaatimukset, määritetään lisämaston sideainepitoisuus. Sideainepitoisuus määritetään SFS-EN 12697-1 liukoisen sideaineen pitoisuus menetelmää käyttäen.

Jos massa ei ole haluttujen ominaisuuksien mukainen, on valmistettava uudet perus- ja lisämastat. Massan koostumusta muutetaan vaihtamalla sideainelajia, rakeisuuskäyrää muuttamalla ja muuttamalla lisätäytejauheiden ja lisäaineiden määrää. Lisämastat valmistetaan samalla tavalla kuin peruskoemastat.

### 3. Päällysteen ominaisuuksiin tehtävät testit

Päällysteelle valitaan tehtävät testit liikennemäärän mukaisesti taulukkojen 4 ja 5 mukaisesti.

## Yhdyskuntatekniset palvelut

## Menetelmäohje

Koodi: 4006	Versio: 1.3	Pvm: 02.03.2021	Sivu 4/5
-------------	-------------	-----------------	----------

Taulukko 4.

## Yleiset tiet ja kadut: KULUTUSKERROS

Toiminnallinen ominaisuus					
Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajon./d)	Rakeisuus ja bitumipitoisuus	Tilavuussuhteet	Kuluminen	Deformaatio	Vedenkestävyys
> 10 000	X	X	I	I	X
5000 - 10 000	X	X	II	(II) <sup>2)</sup>	X
2500 - 5000	X	X			X
500 - 2500	X	(X) <sup>1)</sup>			X
250 - 500	X				X
< 250	X				X
Linja-autokaistat	X	X		I	X
Kevyenliikenteen väylät	X				
Levähdys- ja pysäköintialueet	X				
Kentät, pihat; raskas liikenne	X	X		I	X
Kentät, pihat; kevyt liikenne	X				
Muut erikoisliikennealueet	X	Valitaan tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan			
<sup>1)</sup> Materiaalit, joista ei ole aikaisempaa kokemusta <sup>2)</sup> Valitaan tapauskohtaisesti I,II,III Päällysteen luokat					

Taulukko 5.

## Yleiset tiet ja kadut: KANTAVA- JA SIDEKERROS

Toiminnallinen ominaisuus					
Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajon./d)	Rakeisuus ja bitumipitoisuus	Tilavuussuhteet	Kuluminen	Deformaatio	vedenkestävyys
> 10 000	X	X		I-II	*)
5000 - 10 000	X	X		II	*)
2500 - 5000	X	(X) <sup>1)</sup>		(II) <sup>1)</sup>	*)
500 - 2500	X				*)
250 - 500	X				*)
< 250	X				*)
Linja-autokaistat	X	X		I	*)
Kevyenliikenteen väylät	X				
Levähdys- ja pysäköintialueet	X				
Kentät, pihat; raskas liikenne	X	X		I	*)
Kentät, pihat; kevyt liikenne	X				
Muut erikoisliikennealueet	X	Valitaan tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan			
I,II,III Päällysteen luokat *) valitaan tapauskohtaisesti					

**Yhdyskuntatekniset palvelut****Menetelmäohje**

Koodi: 4006	Versio: 1.3	Pvm: 02.03.2021	Sivu 5/5
-------------	-------------	-----------------	----------

Päällysteiden testaus aloitetaan koekappaleilla, joiden tiivistymis- ja tiiviysominaisuudet vastaavat parhaiten asetettuja tavoitteita. Koekappaleeseen käytetyn massan ollessa päällysteelle asetettujen ominaisvaatimuksien mukainen, voidaan siihen tyytyä. Jos päällysteominaisuuksien tulokset eivät vastaa tavoitteita, on mahdollisuuksien mukaan selvitettävä mitä ainesosia muuttamalla voitaisiin saavuttaa haluttu lopputulos. Usein suhteitus aloitetaan alusta valiten uudet raaka-aineet ja niiden määrät. Myös päällystetyypin vaihtamiseen voidaan päätyä, jotta saadaan saavutettua tavoitteet.

**5. Testiraportti**

Testiraportissa pitäisi olla seuraavat tiedot:

- asfalttimassan laji ja tyyppi
- sideaine ja sideainemäärä prosentteina massasta
- lisäaine ja lisäainemäärä prosentteina massasta
- täytejauhe ja tautejauhemäärä massaprocentteina kiviaineksen kokonaismäärästä
- kiviainekset ja niiden määrä massaprocentteina kiviaineksen kokonaismäärästä
- rakeisuuskäyrä
- tarvittaessa valmistukseen liittyvät lisäohjeet
- testausmenetelmät, johon suhteitus perustuu.

**Muuta huomioitavaa**

Tutustuttava ensiaputarvikkeiden sijaintiin.