

# Asfaltkatete tööstus: Üleilmne perspektiiv

Teine väljaanne

**Toodang, kasutus, omadused  
ning kahjulike kutsemõjude  
vähendamise tehnoloogiad ja  
suunad**

*Asfaltkatete tööstus: Üleilmne perspektiiv* on Euroopa Asfaldiliidu (EAPA) ja USA Rahvusliku Asfaldiliidu (NAPA) ühine väljaanne.

EAPA on Euroopa tööstusühendus, mis esindab bituumensegade tootjaid ning asfaltteede ehituse ja tehnohooldega hõivatud ettevõtteid. Tema missioon on asfaldi kasutamise heade kogemuste edendamine jätkusuutliku Euroopa teedevõrgu loomisel ja tehnohoiul. EAPA seob 18 Euroopa maa asfalditootjaid.

NAPA on ainuke äriühendus, mis esindab USA asfaltkatete tootjate/ettevõtjate huve rahvuslikul tasandil Kongressis, valitsusasutustes ja teistes rahvuslikes äriühendustes. Organisatsioon, kuhu kuulub liikmetena enam kui 1100 ettevõtet, asutati 1955. a.



EUROPEAN ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION

Rue du Commerce 77 ■ 1040 Brussels, Belgium  
Tel: +32.2.502.58.88 ■ Fax: +32.2.502.23.58  
www.eapa.org ■ info@eapa.org



NAPA Building □ 5100 Forbes Blvd. ■ Lanham, MD 20706-4407 U.S.A.  
Tel: 301-731-4748 ■ Fax: 301-731-4621  
Toll free 888-468-6499 ■ www.hotmix.org

ISBN 0-914313-06-1

Teine väljaanne  
**Global Series 101**  
Välja antud veebruaris 2011

## Sisukord

<b>1 Asfaltkatete tööstuse kirjeldus.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Keemilised ja füüsikalised andmed.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Asfaltsegude tootmine, transport ja paigaldamine.....</b>	<b>10</b>
<b>4 Bituumeni heitgaaside saaste<sup>1</sup> ja selle vähendamine.....</b>	<b>15</b>
<b>Lisa I: Asfalditööstuse terminid.....</b>	<b>23</b>
<b>Lisa II: Kokkuvõte Euroopa maade saasteandmetest .....</b>	<b>30</b>
<b>Lisa III: Kokkuvõte USA saasteandmetest.....</b>	<b>32</b>
<b>Kasutatud kirjandus.....</b>	<b>36</b>
<b>Tõlkija kommentaarid .....</b>	<b>38</b>

---

<sup>1</sup> Märkus: Väljendit „**bituumeni heitgaaside saaste**“ on artikli tõlkes kasutatud vastena inglisekeelsele „**bitumen fume exposure**“ ja see tähendab õhu kaudu levivate heitgaaside (aurud, gaasilised ühendid, udu ja aerosoolid) kahjulikku mõju inimese nahale ning hingamisteedele. (A.K.)

# I Asfaltkatete tööstuse kirjeldus

## 1.1 Sissejuhatus

Asfaltkatete tööstus on tööstusharu, mis ehitab maailma asfaltkattega kiirteid, maanteid, tänavaid, lennuväljade hoovõtu/maandumisradasid, parkimisalasid, sissesõite, kaldakindlustusi, kanalite vooderdusi, reservuaare, kergliiklus- ja kõnniteid ning spordi- ja puhkeplatse. Arusaamatuste vältimiseks olgu selgitatud, et selles dokumendis kasutatud mõiste „asfalt“ on kooskõlas Euroopa konventsiooniga ja tähendab bituumeni ja mineraalmaterjali segu, mis on projekteeritud/valmistatud spetsiifilisteks sillutustöödeks. Asfalt mängib elulist osa üleilmses transporditaristuses, mõjutades niihästi arenenud kui ka arengumaade majanduskasvu ning sotsiaalset heaolu (Mangum, 2006).

Avalikud investeeringud Euroopa maanteed, tänavate ja sildade ehitusse moodustavad kokku umbes 80 miljardit EUR (110 miljardit USD) aastas. Ühendriikide vastavad aastainvesteeringud on ümmarguselt 55 miljardit EUR (80 miljardit USD). Need numbrid ei sisalda erasektori kulutusi tänavatele, parklatele, kaubandus- ja olmerajatistele ning muudele transpordiga seonduvatele struktuuridele.

Silmas pidades taristu tähtsust ning sillutustööde kvaliteedi ja kestvuse tagamist peab tööstus kõigis maades võtma kasutusele materjalid ja tootmismeetodid, mis kindlustavad tellijate poolt seatud kõrgetele standarditele vastava lõpp-produkti.

Bituumenitööstuse andmetel läheb 85% kogu maailmas kasutatavast bituumenist teekatendite ehitamiseks, 10% katustöödeks ja ülejäänud 5% muudeks eesmärkideks (Asfaldiinstituut ja Eurobituumen, 2008).

## 1.2 Asfaldi kasutamine.

Lisaks kiir- ja magistraalteede ehitamisele ja tehnohoiule<sup>2</sup> kasutatakse asfalti laialdaselt kohalike teede ja linnatänavate tarbeks, lennuväljade maandumisradadel, erateedel, parklates, sillatekkides, kõnniteedel, jalgrattateedel ning spordi- ja mänguväljakutel.

Maailma kõige ulatuslikumad katteda teedevõrgud on kahtlemata Euroopas ja Põhja-Ameerikas. 5,2 mln km Euroopa katteda teedest ja maanteedest on hinnanguliselt rohkem kui 90% sillutatud asfaldiga. USA-s omab üle 4 mln km pikkusest teedevõrgust asfaltkatet enam kui 92%. Peale selle on USA-s asfaldiga kaetud umbes 85% lennuväljade maandumisradadest ja 85% parkimisaladest (Mangum, 2006). Kanadas ja Mehhikos on vastavalt 415 000 km (sh 90% asfalt-) ja 178 000 km (sh 96% asfalt-) katteda teid.

Ümmarguselt 344 000 km asfalteeritud teid on Kesk- ja Lõuna-Ameerikas, kokku 64 000 km Austraalias ja Uus-Meremaal, 1,5 mln km Hiinas ja 2,5 mln km ülejäänud Aasia osas.

---

<sup>2</sup> Siin nagu teisteski ESTAL veebilehe tõlgetes on „tehnoid“ ingl mõiste „*maintenance*“ vaste. (A.K.)

### 1.3 Asfaldi tootmise statistika.

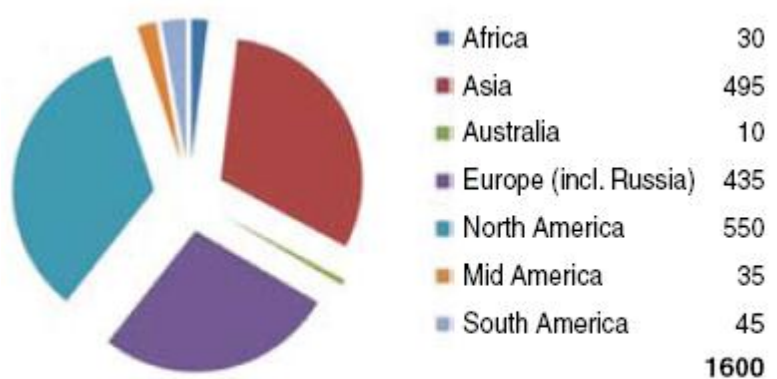
2007 aastal – viimasel, mille kohta võrreldavad arvud on hetkel saadaval – toodeti maailmas 1,6 triljonit tonni asfaldi. Allpool toodud diagramm näitab toodangu jagunemist kontinentide kaupa.

### 1.4 Asfalditehaste arv Euroopas ja USA-s.

Euroopas on ümmarguselt 4000 asfalditehast, mis toodavad 435 miljonit tonni asfaldi aastas. 90% Euroopa asfalditootjatest ja laotajatest võib klassifitseerida väikesteks ja keskmisteks ettevõteteks.

#### Joonis 1.3

Maailma asfalditoodang 2007.a (mln tonni)



([www.espa.org/default\\_news.htm](http://www.espa.org/default_news.htm))

USA-s on samuti umbes 4000 asfalditehast, kus toodetakse 410 mln tonni asfaldi aastas. USA asfaltkatete tööstus on suures osas kasvanud välja väikestest perefirmadest. Täna valitseb USA-s kasvav trend, kus perefirmasid ostetakse kokku suurfirmade poolt, sh multi-natsionaalsete kompaniide poolt, mis tegutsevad niihästi USA-s kui Euroopas.

Enamuses maades on tehaseid palju vähem. Näiteks Mehhikos on umbes 400 asfalditehast, Lõuna-Aafrikas 60 ja Uus-Meremaal 45. Erand on Hiina, kus 6500 väikest tehast kokku valmistavad 150 miljonit tonni segusid aastas (vrdl 4000 Euroopa tehase 435 mln t toodangut)

### 1.5 Töölise arv Euroopas ja USA-s.

USA ja Euroopa asfalditööstus kokku annab tööd umbes 400 000 töölisele, kes tegelevad segu valmistamise, paigaldamise ja transpordiga. Arvulised andmed üksikute maade tööliste kohta pole praegu lõplikul kujul kättesaadavad.

## II Keemilised ja füüsikalised andmed

### 2.1 Asfaltsegude tüüpkoostris.

Tüüpiline asfaltkatte materjal koosneb umbes 95% mineraalmaterjalist (täiteainest) segatuna ~5% teebituumeniga (CAS#8052-42-4), mis töötab nagu agregaat sidusasse segusse ühendav liim. Iga asfaltsegu on mõeldud spetsiifilise katterakenduse tarbeks, niisiis muutub sellele vastavalt segu koostis. Kasutatava teebituumeni kogus on tavaliselt suurusjärgus 4...6% segu kaalust olenevalt tehnilistest tingimustest ja katendi kavatsetud kasutusala.

### 2.2 Mineraalmaterjal (Täiteaine).

Asfaltsegudes kasutatav täiteaine koosneb tüüpiliselt purustatud kivist (killustikust), kruusast, liivast ja mineraalsest fillerist (peentäiteainest). Asfaltsegusse võivad olla agregaadina lisatud ka teiste tööstusharude kõrval- või jääkproduktid k.a valuvormiliiv, kõrgahjuräbu ja klaas. Täiteaine valitakse ja klassifitseeritakse vastavalt tera mõõdule ja muudele näitajatele, mis tulenevad segu projektist ja katendi lõppkasutuse tehnilistest tingimustest.

### 2.3 Taastuvkasutusega asfaltkate.

Taastuvkasutusega asfaltkate (RAP)<sup>3</sup> on asfaldi tootmisel üldiselt pruugis kui eheda agregaadina ja bituumeni asendaja. Asfaltsegule RAP lisamise määr sõltub mitmest asjaolust. Tehnilised tingimused RAP lubatud hulga ja konkreetse kattetüübi osas on varieeruvad. Enamasti kõigub RAP osakaal maanteedatete puhul 0...30% , kuid võib mõne rakenduse juures tõusta kuni 60%-ni.

### 2.4 Teebituumeni omadused.

#### 2.4-a Füüsikalised omadused.

Tüüpiliselt liigitatakse teebituumenit vastavalt spetsiifilistele füüsikalistele omadustele, mis on seotud tema konsistentsi, nakkevõime (adhesioon), viskoossuse ja kõvaduse või haprusega teatud kindlal temperatuuril. Need omadused on olulised asfaltkatte tõhusate lahenduste, kvaliteedi ning vastupidavuse tagamisel. Katte projekteerijad valivad konkreetsed bituumenid, mis vastavad ilmastikule, liiklusele ja teistele kavandatava katte kasutustingimustele. Tähtis füüsikaline omadus on fakt, et bituumen pehmeneb ja muutub voolavamaks, kui teda kuumutada, ning kõveneb jahutades. See omadus võimaldab segu segades, laotades ja tihendades formeerida kvaliteetse asfaltkatte, mida saab liikluseks edukalt kasutada.

Euroopas ja mujal tähistatakse teebituumenit lubatud penetratsiooni väärtuse järgi (väljendatud nn penetratsiooni kraadides<sup>4</sup> [„pen grade“], nt 40/60 pen grade, 100/150 pen grade jne), mis on omane materjali konsistentsile temperatuuril 25°C. Mida pehmem on bituumen, seda suurem

<sup>3</sup> RAP(=reclaimed asphalt pavement ingl). Eesti kõnekeeles öeldakse enamasti „freespuru“ (A.K.)

<sup>4</sup> Spetsiifiline penetratsiooni mõõtühik, mis iseloomustab bituumeni kõvadust (A.K.)

on penetratsioon. Euroopas standardiseeritakse bituumenit vastavalt CEN<sup>5</sup> juhenditele, mis teevad vahet teebituumeni ja teiste bituumenite (tööstuslik kõvabituumen, oksüdeeritud bituumen jne) vahel.

USA-s ja mõnel pool mujal kasutatakse 1990-te keskpaigast alates nn tulemuslikkuse klassi (*performance grade* – „PG“) süsteemi. Selle süsteemi juures võetakse arvesse nii liiklustase kui ka kliimaatilised tingimused. Näiteks tähendab PG-järgne nimetus PG 64-22 kõrgeimat ja madalaimat temperatuuri (sentikraadides), mille juures bituumenilt oodatakse rahuldavat kasutuskäitumist.

#### **2.4-b Keemilised omadused.**

Bituumenid on keemilised kompleks-segud, mille valmistamisel võib arvestada väga erinevaid füüsikalisi ja keemilisi nõudmisi. Näiteks teebituumenit CAS#8052-42-4 toodetakse enamasti toorõli refineerimise teel, kasutades õhk- või vaakuumdestillatsiooni ja mõnikord pehmet oksüdeerimist (millele sageli viidatakse kui õhuga parendamisele ehk pool-läbipuhumisele). Pehmelt oksüdeeritud bituumenil, mida vahel kasutatakse pool-puhutud teebituumeni valmistamiseks, on sarnased füüsikalised omadused atmosfääriliselt või vaakuumdestilleeritud bituumenitega.

Teebituumenid erinevad oksüdeeritud ehk puhutud bituumenitest (CAS#64742-93-4). Oksüdeeritud bituumenit valmistatakse kõrgendatud temperatuuril õhuga läbipuhumise teel, et muuta seda jäigemaks ja/või tõsta pehmenemistäppi (Asfaldiinstituut ja Eurobituumen 2008). Oksüdeerimisprotsessi käigus muudavad keemilised reaktsioonid bituumeni keemiat, suurendades materjali keskmist molekulaalu. Sellist oksüdeerimist teebituumeni tootmisel ei kasutata.

#### **2.4-c Füüsikaline keemia.**

Bituumeni heitgaaside genereerimine ja tööliste saaste on vahetult seotud kuumutamise- ja jahtumisprotsessiga. Tavalise asfaltkatte materjali valmistamine toimub enamasti vahemikus 140°C-160°C (280°F-320°F) (Brown jt 2000; Brown jt 2009). Asfaltsegu hakkab jahtuma momendist, kui algab tema transport tehastest töökohale. Sellepärast on segu paigaldamise temperatuur mõnevõrra madalam tema valmistamise temperatuurist (selles faasis temperatuur langeb umbes 5°C e ~10°F). Gaasiliste heitmete kogus ja iseloom, mis võivad töölistele mõjuda, on oluliselt seotud ka teiste faktoritega nagu genereerimise temperatuur ja tingimused (Thayer jt 1981, Brandt and de Groot 1985, Brandt and Molyneux 1985, Niemeier et al. 1988, Blackburn and Kriech 1990, Lien 1993, Machado et al. 1993, Kitto jt 1997, Butler jt 2000, Burstyn jt 2000, Law jt 2006, Ruhl jt 2006, Kriech 2007, Lange jt 2007, Ruhl jt 2007). Kümnekonna viimase aasta jooksul on arenenud soojalt segatud asfaldi (WMA)<sup>6</sup> tehnoloogiad, mis võimaldavad viia tootmistemperatuure madalamasse vahemikku 100°C-140°C (212°F-280°F) (Prowell jt, 2011).

#### **2.4-d. Füüsikaliste ja keemiliste omaduste kokkuvõte.**

Kokkuvõttes pole kõik bituumenid ühesugused. Iga bituumen on kavandatud ja toodetud spetsiifilise lõpptulemuse tarbeks. Peale füüsikaliste karakteristikute tuleks arvestada rakendustega seotud faktoreid (sh temperatuur), eriti kui püüame mõista ja hinnata saastepotentsiaali (vt ka ptk 4, Bituumeni heitgaaside saaste ja selle vähendamine).

<sup>5</sup> CEN (= Central European Normalization ingl) (A.K.)

<sup>6</sup> WMA (=warm mixed asphalt ingl) (A.K.)

## 2.5 Valuasfalt.

Valuasfalt<sup>7</sup> on eriline toode, mida vahel kasutatakse teekatte ülakihtides, katusetöödel ja tööstushoonete põrandates. Mõttevahetuse valuasfaldi teemadel võib leida dokumentidest<sup>8</sup> *The Mastic Asphalt Industry – A Global Perspective* (2009) (teetööd) ja *The Bitumen Roofing Industry – A Global Perspective* (2008) (katusetööd).

Samal ajal, kui mastiksfalt leiab teatud spetsiifilist kasutust Euroopas, ei kasutata teda USA-s ja teda ei tohiks ära vahetada nii USA kui Euroopa põhiliste ja tüüpiliste asfalteerimislahendustega.

Valuasfaldi puhul rakendatavad lahendused, seadmed ja tööülesanded erinevad tava-asfaldi omadest. Segu (mastiks), mida kasutatakse teekattes, võidakse laotada käsitsi või spetsiaalse laoturiga. Samuti kasutatakse valuasfaldis kõvemaid bituumeneid, mis tingivad segamise ja paigaldamise juures kõrgema töötemperatuuri kui tüüpiliste asfaltkatete puhul – 180°C-250°C (356°F-482°F).

## 2.6 Muud peamised erirakendused.

Teebituumenite modifikatsioonidel (kas pehmentatud või emulgeeritud) on asfaltkatete tööstuses spetsiifilised sekundaarsed rollid. Pehmentatud bituumen hõlmab ka spetsiifilise bituumeni segamise vähema viskoossusega lahustitega, et toota vedelamat bituumeni, mis võimaldab sideainet kasutada madalama temperatuuri juures. Tuleks märkida, et vedeldatud bituumeni asemel pruugitakse laialdaselt bituumenemulsioone, mis on keskkonnasõbralikumad. Emulgeerimisega saadakse peen bituumeni dispersioon (pihu) vees või mõnes pindaktiivses aines. Nagu vedeldatud bituumeni nii ka emulgeeritud bituumeni puhul võib töötemperatuur olla madalam. Üldiselt kasutatakse nimetatud sideaineid selleks, et rajada veekindlaid kihte katte uute ülakihtide alla või teatud juhtudel parendada sidet katendi erinevate kihtide vahel. Viimast lahendust nimetatakse ka „pealekleepimiseks“ (ingl „*tack coats*“ või „*bond coats*“). Samuti kasutatakse vedeldatud ja emulgeeritud bituumeneid teatud pinnakaitse lahenduste korral – nagu pindamine ja mössiga katmine – ning külma augulappimise segu valmistamiseks, mida saab pikemaks ajaks ladustada. Selleks mõeldud spetsiaalseid bituumeneid saab tavaliselt pruukida ümbritseva keskkonna temperatuuril.

## 2.7 Kivisöetõrv asfaltkatendites.

Endistel aegadel on Austraalia, Euroopa, Lõuna-Aafrika, ja USA teekattetööstuses mitmesugusel määral kasutatud teist sideaine tüüpi – kivisöetõrva (sageli öeldakse ka lihtsalt „tõrv“). Sarnase käitumise tõttu tehti minevikus bituumeni ja tõrva kui ehitusmaterjalide vahel vähe vahet. Siiski on nende päritolu ja järelikult keemiline koostis täiesti erinevad. Kui bituumen on nafta rafineerimise tulemus, siis tõrv saadakse kõrvalproduktina järgnevalt kirjeldatud protsessidest. Esimene protsess on kivisöe termiline töötlemine koksiahjus (terasetööstuses), mis annab nn koksiahju

<sup>7</sup> Ingl – *mastic asphalt*, sks – *gussasphalt* (A.K.)

<sup>8</sup> Mõlemad veebis saadaval, vastavalt [www.mastic-asphalt.eu](http://www.mastic-asphalt.eu) ja [www.bwa-europe.com](http://www.bwa-europe.com) aadresside alt (A.K.)

tõrva. Teisel juhul saadakse kivisöetõrv kui kõrvalprodukt kivisöest õli tootmisel. Viimast nimetatakse vahel ka Sasol-protsessiks ja toodet Lurgi tõrvaks (Jamieson, 1979).

Kivisöe destruktiivse destillatsiooni tulemusena sisaldab tõrv polüaromaatseid süsivesinikke (PAH)<sup>9</sup>. On hästi teada, et PAH ühendite – nagu näiteks bensopüreeni – sisaldus kivisöetõrvas on palju suurem kui bituumenis.

Majanduslikkus ja kättesaadavus on omal ajal tinginud erinevat suhtumist kivisöetõrvasse. Nt Lõuna-Aafrikas oli tõrva suhteliselt palju ja see oli odavam kui bituumen, samal ajal USA-s tunduvat kallim ja hõivas sideainete turust vaid 1-2% (McGovern jt, 1974).

## **Euroopa.**

Euroopas on kivisöetõrva kasutatud kõigis katendikihtides. Mõnikord moodustas see 100% sideainest, mõnikord oli osa segust naftabituumeniga, mõnikord oli segatud polümeeridega. Mõnedel toodetel olid nõ brändi nimed nagu nt Carbo-bituumen (bituumentoode tõrvaga), mis suurendas segadust arusaamades naftabituumeni ja kivisöetõrva vahelisest erinevusest.

Alles pärast seda, kui Euroopas tõrv asendati peaaegu täielikult bituumeniga (1970-1980 jooksul) – tänu õlitootmise kasvule, koksi kasutamise vähenemisele ning sellega kaasnevatele majandusfaktoritele – sai kõrvaldatud kivisöetõrvaga seotud risk inimtervisele ja keskkonnale. Varasteks 1990-teks kivisöetõrva kasutamine Euroopa teekatetes üldiselt lõppes. Õnnetuseks satuvad paljud inimesed siiani segadusse terminoloogiast, mis kasutab ajaloolist mõistet „tõrv“.

Kivisöetõrva kasutasid järgmised Euroopa maad: Belgia (kuni 1992), Holland (1991), Norra (1960), Prantsusmaa (1970), Rootsi (1974), Saksamaa (1995), Slovakkia (1980), Soome (1960), Taani(1975), Tšehhi Vabariik (1999), Türgi (1979) ja UK (1999).

Alates 1990.a on Euroopas sisse seatud kontroll, et takistada kivisöetõrva olulist pruukimist teekatetes, mis võib johtuda vana katematerjali taaskasutusest.

## **USA.**

Kontrastina ei kasutatud kuni II maailmasõjani USA teekatetes kivisöetõrva eriti palju. Kogu selle aja kestel eelistati naftabituumeni, kusjuures kivisöetõrva pakkumine oli languses. Pärast sõda kasvasid liiklussagedus, kiirused ja teljekoormused, mis kõik koos suurendasid nõudmist asfaltteede ehitamise ja korrashoiu järele. Kivisöetõrva tootmine teedeehituse tarbeks kasvas 675 mln liitrit (178 mln gallonit) 1945. a kuni 2 mln liitrit (540 milj. gallonit) 1963. a, põhjustades sel aastal kivisöetõrva kasutamise peaaegu 3% ulatuses kõigist bituumensideainetest. Pärast seda leidub veel mõningaid tõendeid kivisöetõrva tagasihoidlikul määral pruukimise kohta teede-ehituses 1965.a regionides, mis paistsid silma söe ja terase tootmisega. Hilisemad katsed kasutada kivisöetõrva on seotud väheste mitte-teedeobjektidega nagu lennuväljad, ja emulsioonide kasutamisega parklate, sildade ja juurdesõitude pinnatõtluseks. Riiklikud tehnilised tingimused keelustavad RAP kasutamise, kui on teada, et see sisaldab kivisöetõrva (Mundt jt, 2009).

<sup>9</sup> PAH (= *polycyclic aromatic hydrocarbon* ingl) (A.K.)

## **Lõuna-Aafrika ja Austraalia.**

Peamine kivisöetõrva kasutusala Lõuna-Aafrikas ja Austraalias on olnud kruntimine ja pinnatöötlus.

Hilistel 1960-l ja 1970-l on mõnesuguseid tõrvasegusid kasutatud alustes ja pinnakihtides kaasa arvatud konteinerite terminalides (kus voolab tihti kütust maha), parklates ja bussiterminalides. Lõuna-Aafrikas moodustas 1970-tel arvestuslik kivisöetõrva osa kõigist sideainetest alla 25% (Jamieson, 1974) ja see vähenes märkimisväärselt pärast nimetatud aega. Lõuna-Aafrika teehaldajad ja ettevõtjad on väljendanud kavatsust lõpetada tõrva kasutamine täielikult (SABITA<sup>10</sup>, 2005).

---

<sup>10</sup> SABITA (=Southern African Bitumen Association ingl) – Lõuna-Aafrika Asfaldiliit (A.K.)

## **III Asfaltsegude tootmine, transport ja paigaldamine**

### **3.1 Asfalditehas.**

#### **3.1.1 Kvaliteedi tehniliste tingimuste ja keskkonnakaitse poolt kehtestatud kontroll protsessi üle.**

Tänapäevast asfalditehast võib iseloomustada kui keerukasse tootmisprotsessi kuuluvat moodsat rajatist, mille heitmed on vähesed ning hästi kontrollitud. Tüüpiliselt on asfalditehase ekspuaterimiseks vaja vaid kolme kuni viit inimest. Kõigis maades peab asfalditööstus vastama kasutatavate materjalide, protsessi tingimuste ja teekatendite tehniliste lahenduste kohta kehtivatele rangetele normidele ja eeskirjadele. Need eeskirjad ja normid on kavandatud nii keskkonnakaitseks kui ka teede kvaliteedi, vastupidavuse, tasasuse ja ohutuse tagamiseks.

#### **3.1.2 Asfaldi segamisprotsess.**

Eksisteerib kahte tüüpi asfalditehaseid: portsjontehased (tsükliliselt toimivad) ja trummeltehased (pidevtoimelised). Mõlema tüübi puhul kuivatatakse ja kuumutatakse mineraalset täiteainet pöörlevates trumlites. Portsjontehastes eeltöödeldakse kivimaterjale kuumades punkrites, enne kui nad segatakse eraldi partiide kaupa bituumeniga ja laaditakse veokitele või ladustatakse silodes. Trummeltehastes toimub agregaadid ettevalmistamisprotsess ja bituumeniga segamine ühes ja samas trumlis, mille järel segu ladustatakse silodes (kogumispunkrites), enne kui laaditakse veokitele. USA-s ja Uus-Meremaal on käesoleval ajal eelistatud tehasetüüp trummeltehas. Euroopas, Lõuna-Aafrikas ja Austraalias prevaleerivad portsjontehased.

Joonistel 3.1a ja 3.1b on kujutatud vastavalt portsjontehase ja trummeltehase skeemid. Visandid ja tehnoloogilised skeemid koos protsessi kirjeldusega järgnevad.

Erinevate katematerjali tüüpide puhul kasutatakse erinevaid asfaltsegu tüüpe ja retsepte, mis on välja töötatud katte haldajate (omanike) vajaduste rahuldamiseks. Maanteede ja teiste suuremate teede ning lennuväljade maandumisradade haldajateks on tavaliselt riiklikud üksused. Paljud parklate, väiksemate teede ja muude rajatiste omanikud pärinevad erakaubandusturult, kuid kasutavad tihti valitsusasutuste tehnilisi tingimusi.

Bituumenit ladustatakse soojendatavates mahutites temperatuurivahemikus 150 °C (302 °F) kuni 180 °C (356 °F), mis tagab vedeliku sobiva viskoossuse, et pumbata teda isoleeritud torude kaudu tehasesse. Täiteained kivi (killustik), liiv ja kruus ladustatakse staablites (hoidlates) ümbritseva keskkonna temperatuuril. Peale ehedate agregaatide on enamuses tehastes ka RAP varud. Täiteained on hoidlates sorteeritud tüübi ja mõõdu järgi.

Täiteained ja taaskasutatav materjal võetakse hoidlatest ja laaditakse spetsiaalsetesse punkritesse. Erinevate materjalide fraktsioonid söödetakse konveierilindile seguretseptile vastavates kogustes ning transporditakse kuivatustrumlisse.

Portsjontehases kuivatatakse ja kuumutatakse agregaadid pöörlevas trumlis, kus nad liiguvad läbi kuuma õhu joa. Pärast kuivatamist segatakse doseeritud jäme- ja peentäiteained omavahel ja täpse koguse bituumeniga (vajaduse korral ka RAP-ga) järgmises seadmes – sundsegistis.

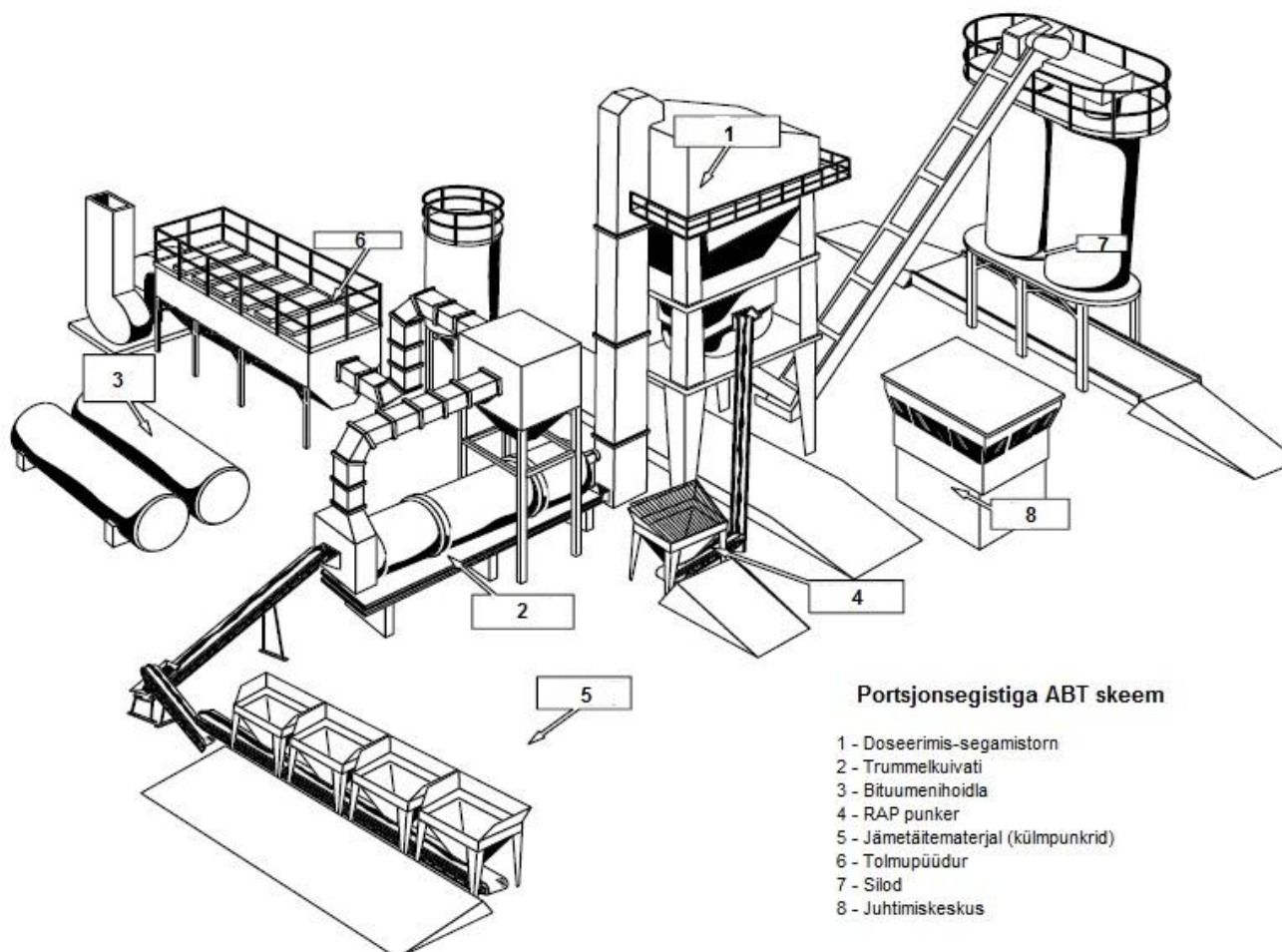
Trummeltehases lisatakse bituumen kuivatatud materjalile ja segatakse pidevalt samas trumlis, kus toimub ka kuivatamine. Siin lisatakse RAP ja bituumen agregaadile kütteallikast kaugel „allavoolu“.

Tehaste kõik osad on varustatud kaitsepiirete ja/või kontrollseadmetega. Enamust tehastest köetakse loodusliku gaasi või kütteõliga. Tänapäevased gaasipuhastid hoiavad sealjuures kütteaine põlemisest tingitud heitmed väga madalal tasemel.

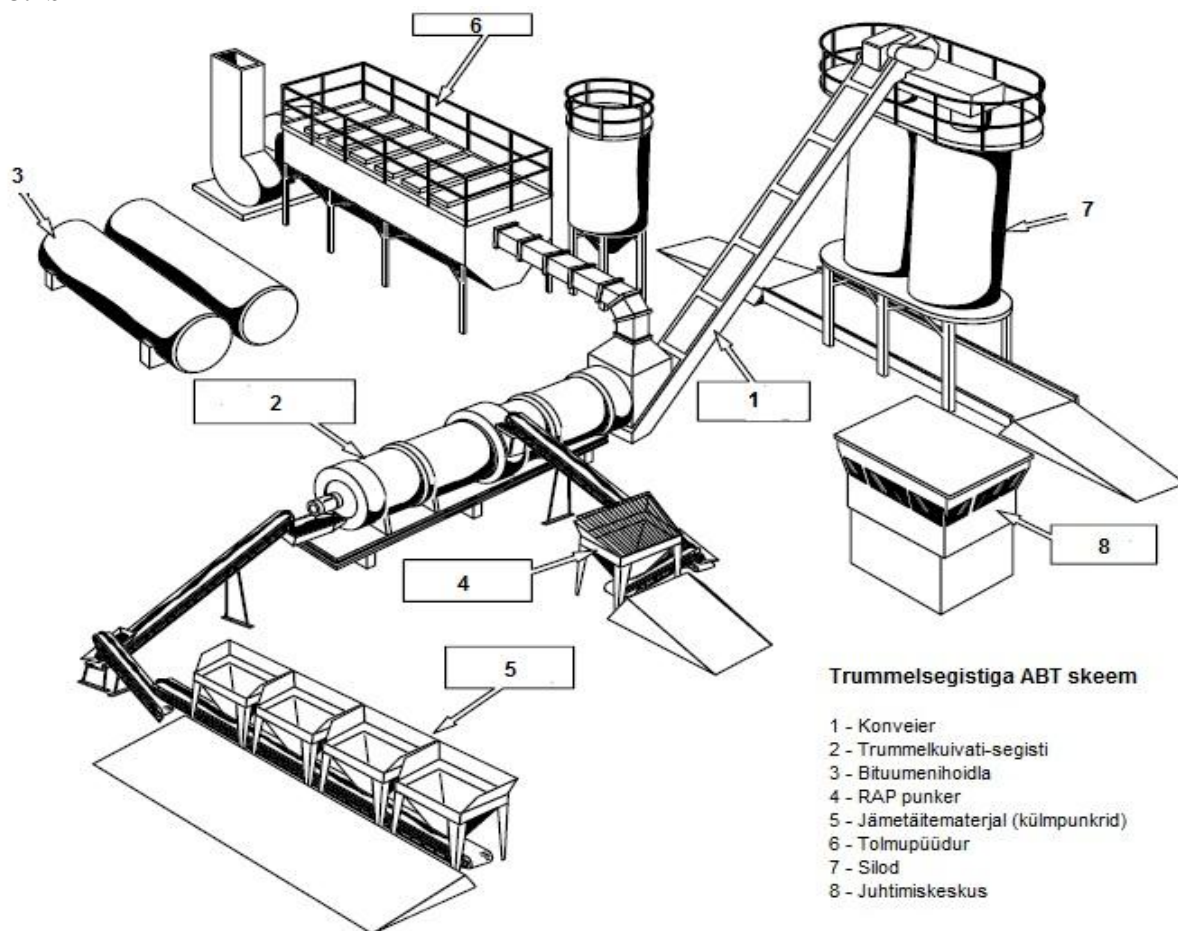
Tolm eraldatakse tolmutpüüduris, kus ta koos peenainesega kogutakse kottfiltrite välisküljele. Puhas õhk läbib samal ajal filtrite keskosa. Peenaines kogutakse suruõhu abil perioodiliselt tolmutpüüduri põrandale ja suunatakse sealt tagasi segusse. Puhas õhk väljub tolmutpüüduri ülaosast.

Enamus tehastest asub püsivatel kruntidel, kuid sarnaselt nendega omavad ka liikuvad tehased parendatud süsteeme keskkonnakontrolliks.

Joonis 3.1a



Joonis 3.1b



### 3.2 Laadimine veokitele ja transport laotamiskohale.

Pärast täitematerjali kuivatamist ja nõutud temperatuuril bituumeniga läbisegamist võidakse asfaltsegu kas ladustada tehase silodes või kohe laadida kalluritele, et seda transportida laotamiskohale. Segu veokaugused on kõikuvad, kuid jäävad tavaliselt vahemikku 30-80 km (18-50 miili). Veokaugus on piiratud, sest segu tuleb töökohale toimetada, kuni ta on piisavalt soe tee laotamiseks ja tihendamiseks.

### 3.3 Asfaldi laotamine ja tihendamine teerullidega.

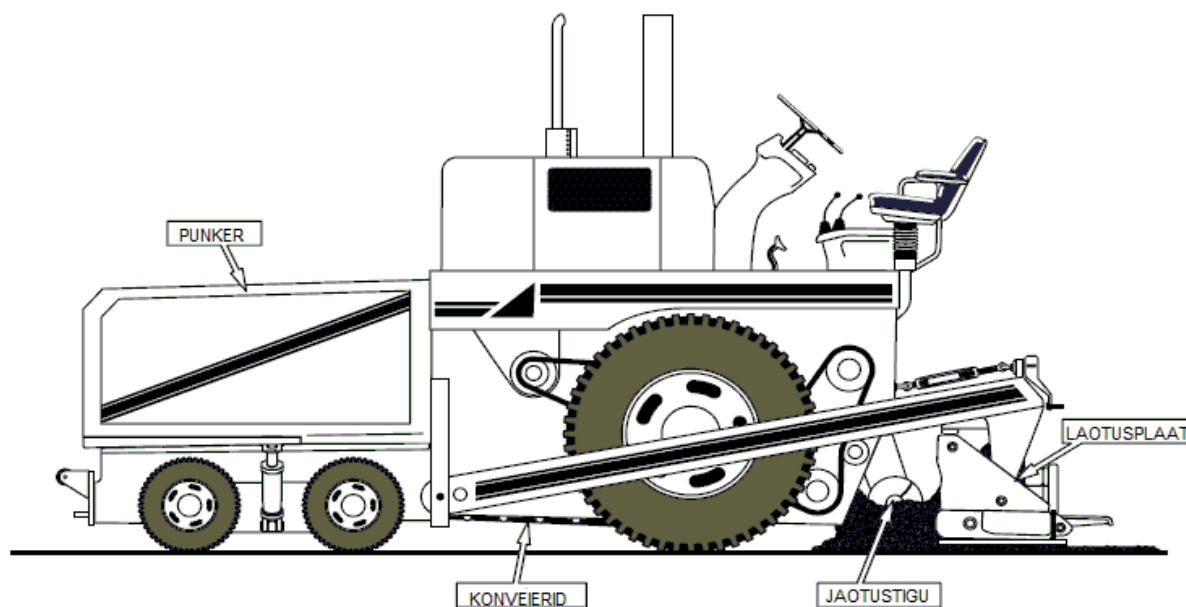
20-nda sajandi algul laotati asfaltsegu käsitsi, kasutades kühvlit. Hiljem võeti tarvitusele asfalteerimismasinad (mehaanilised laoturid). Alates hilistest 1930-ndatest varustati need masinad segu parema tasandamise ja eeltihendamise huvides liikuvate („ujuvate“) laotusplaatidega.

Varaseimad laotusplaadid olid mehaanilised; edasi tulid hüdraulilised ja hiljem elektroonilise tasasuskontrolliga ja vibroprussiga laotusplaadid.

Tänapäevased asfaldilaoturid kasutavad moodsaimat tehnoloogiat. Kallurid kummutavad kuuma asfaltsegu laoturi kolusse. Sealt liigub materjal konveierit mööda segutunneli kaudu läbi kogu masina ja jaotatakse ristsuunas masina laiuselt masina tagaosas paikneva jaotusteo poolt. Samal ajal, kui jaotustigu jaotab materjali piki laotusplaati, jätkab laotur edasiliikumist, nii et pruss hoiab asfaldipaani loodis ja sileda. Selle protsessi ajal asfaltsegu jahtub, mistõttu ta tuleb kiiresti tasandada ja tihendada nõutava määrani. Tihendamine toimub laoturile järgneva ühe või mitme rulliga. Laoturi meeskonda kuulub tavaliselt üks või kaks masina operaatorit, üks või kaks laotusplaadi operaatorit (prussimeest) ja kaks või kolm töölist roopide ja siluritega. Igal rullil on eraldi operaator (rullijuht).

Tüüpiline asfaldilaotur ja tüüpiline rull on kujutatud joonistel 3.3a-3.3b)

### Joonis 3.3a. Asfaldilaotur



### Joonis 3.3b. Tüüpiline teerull



Alates 20. saj. algusest on katte ehitusel kasutatav masinapark ja töökogemused püsivalt arenenud, nagu seda kujutab joonis 3.3c.

### Joonis 3.3c. Asfalditööde areng

Alates 20. saj. algusest on katte ehitusel kasutatav masinapark ja töökogemused püsivalt arenenud, nagu seda kujutab juuresolev kollaaž.



Käsitsilaotamine  
20. saj algul

Masinlaotamise  
kasutuselevõtt



1985

Asfalditööd

2009



## IV Bituumeni heitgaaside saaste ja selle vähendamine

### 4.1 Heitgaaside saaste potentsiaal ja tööülesanded.

Bituumeni heitgaaside saaste potentsiaal, k.a orgaaniliste ühendite hulk ja iseloom on otseselt sõltuv protsessi spetsiifilistest rakendustingimustest, sh temperatuurist. USA-s tehtud 22 kattebituumeni laboriuuringust selgus, et bituumenite PAH emissioonid on temperatuurist väga sõltuvad. Samuti selgitati, et tüüpilisel asfalditöödele iseloomulikul temperatuuril (140-160 °C; 284-320 °F) erituvad vaid lihtsad aromaatsed ühendid ja väga väike hulk 2-3 ringi PAH-e. (Thayer jt 1981, Brandt and de Groot 1985, Brandt and Molyneux 1985, Niemeier jt 1988, Blackburn and Kriech 1990, Lien 1993, Machado 1993, Kitto jt 1997, Butler jt 2000, Burstyn jt 2000, Law jt 2006, Ruhl jt 2006, Kriech 2007, Lange jt 2007, Ruhl jt 2007).

Vastavalt bituumeni rafineerimise tööstuse seisukohtadele vähendab bituumeni temperatuuri alandamine 11-12,5 °C (20-22 °F) võrra BSM<sup>11</sup> (benseenis lahustuvate ainete) aurude emissiooni 2 korda (Asfaldiinstituut ja Eurobituumen 2008). Nagu eespool märgitud, toimub tavaliselt asfaltsegu valmistamine temperatuurivahemikus 140°C- 160°C (280°F-320°F). Viimase aastakümne arengud sooja asfaltsegu tehnoloogias on võimaldanud segu tootmise ja paigaldamise temperatuuri alandada kuni 100°C-140°C (212°F-280°F).

Järgnevalt on kirjeldatud asfalditöölise tööülesandeid koos hinnanguga potentsiaalse saaste kohta, mida põhjustavad niihästi materjali temperatuur erinevatel töökohtadel segu tootmise ja paigaldamise protsessis kui ka tööliste ligidus saastavatele aurudele tööaja kestel.

#### 4.1.1 Tehasetöölise ülesanded ja heitgaaside saaste potentsiaal.

Tavaliselt kontrollib asfalditehases toimuvat segamisprotsessi üsna väike meeskond. Tehase operaator istub kontrollitud kliimaga juhtimiskeskuses. Ülejäänud isikud platsil on tavaliselt täitematerjali laaduri juht ja hooldustööde tegija. Need töölised on väga liikuvad. Maapinna tasemel on emissioonid kohalised, kestavad lühikest aega ning on üldiselt seotud veokite laadimisega. Kuivõrd tööliste arv on väike ja nad ei ole otseses kontaktis püsiva heitgaaside keskkonnaga, siis on tööliste saasteoht ilmselt piiratud.



**Joonis 4.1.1** Asfalditehase operaator

<sup>11</sup> BSM (=benzene-soluble matter ingl) (A.K.)

#### 4.1.2 Veokijuhi ülesanded ja heitgaaside saaste potentsiaal.

Veokijuhid võivad heitgaasidega kokku puutuda juhuslikult koorma peale- ja mahalaadimisprotsessi käigus. Kõik potentsiaalsed saasted vältavad lühikest aega ning neid mõjutavad looduslikud tegurid – tuule kiirus ja suund. Eriti on see seotud veoki liikumisega. Peale- ja mahalaadimise kestus on tavaliselt sekundite ja minutite küsimus. Seetõttu on veoki juhtimisel oht saada püsivat saastet üsna väike. Lisaks jahtub veetav asfaltsegu pidevalt ning sel moel väheneb esmane mõju heitgaaside lendumisele.



Joonis 4.1.2. Veokijuhid

#### 4.1.3 Asfaltsegu laotamise ja tihendamise seotud tööliste ülesanded ja heitgaaside saaste potentsiaal.

Võrreldes tehasetöolistega on laotamise ja tihendamise seotud tööliste saaste potentsiaal suurem. Vaadeldavasse rühma kuuluvad laoturi operaatorid (laotajad), laotusplaadi operaatorid (prussimehed), roobimehed/jalatöölised ja rullijuhid. Nendes ülesannetes tegutsevate isikute tööhügieeni kohta on kogutud kindlaid andmeid. Allpool esitatud andmed tõendavad, et saastetasemed kõigil töökohtadel on tänapäeval tüüpiliselt väiksemad kui lubatud limiidid, mida soovivad *National Institute for Occupational Safety and Health in the U.S. (NIOSH)* ja *the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*. Järgnevalt on esitatud tööliste tegevuse kirjeldus, mis pärineb saaste hinnangutest.

#### 4.1.4 Segu laotamise ja tihendamise seotud tööülesanded.

Tüüpiline laoturi meeskond nii Euroopas kui USA-s koosneb viiest kuni üheksast inimesest:

- **Laoturi operaatorid** (*pavers, paving machine operators*) – Üks või kaks operaatorit asuvad laoturi kõrgemas keskosas, et juhtida laoturit samal ajal, kui seda laetakse veokitelt asfaltseguga, mida masin jaotab teele rullimiseks. Laotur on varustatud punkriga, kuhu veokitelt mahalaaditav asfalt satub. Peamine saasteoht laoturi operaatori(te) jaoks lähtub kolust või laotusplaadi juures paiknevast jaotustest.
- **Laotusplaadi operaatorid – prussimehed** (*screedmen*) – üks või kaks prussimeest asuvad laoturi tagaosas ja kontrollivad laoturi liikudes asfaldikihi jaotumist ja paksust. Jaotusteoga varustatud laotusplaat kindlustab rullimiseks ühtlase laiuse ja paksusega segupaani. Põhiline saaste prussimeeste jaoks lähtub lähedal paiknevast jaotustest.
- **Roobimehed** (*rakers*) – üks või kaks töölisi kühveldavad ja rehitsevad kobedat kattematerjali, täites tühikuid ja valmistades tihendamiseks ette vuugikohti. Olles liikuvad, viibivad roobimehed, kus just

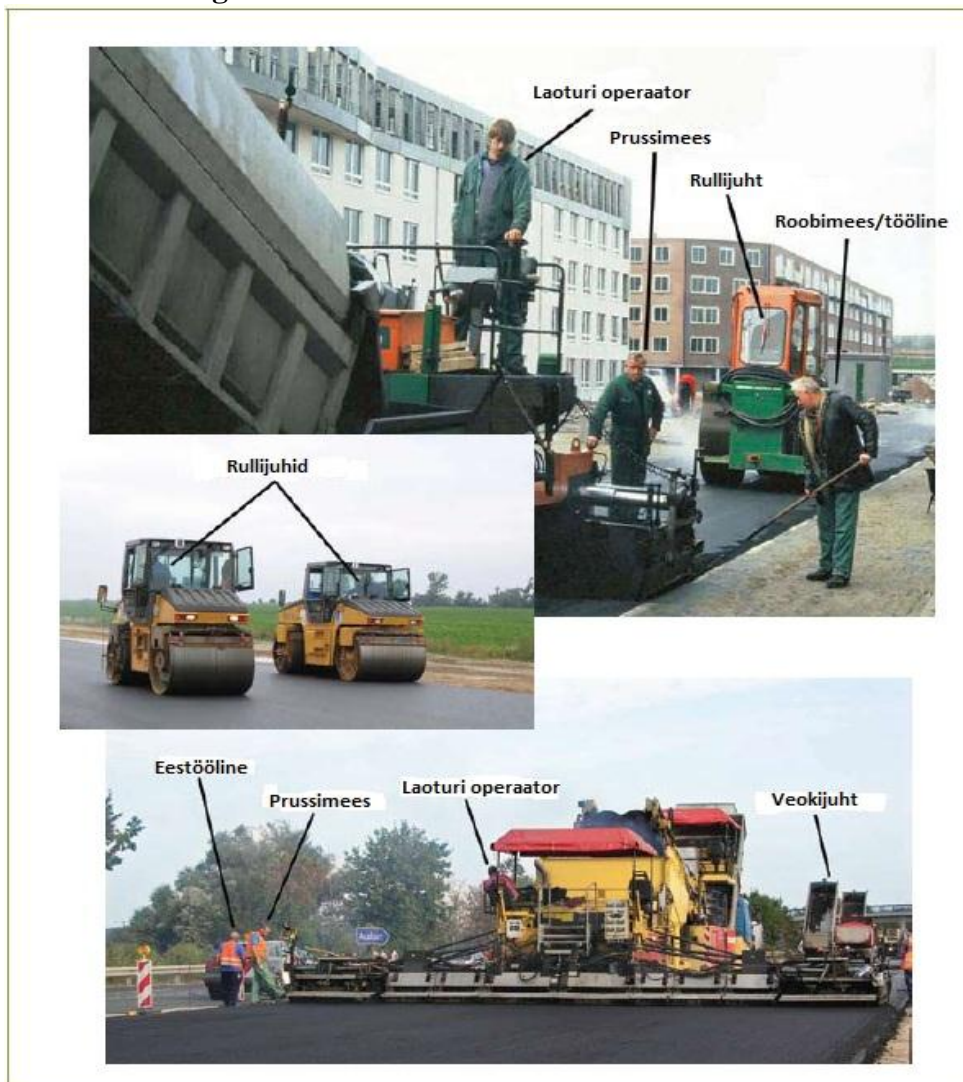
vaja, kuid enamasti laoturi läheduses. Nende jaoks on saasteallikas värskest laotatud asfaldikiht või jaotustigu olenevalt tööliste episoodilisest asukohast.

- **(Abi-)Töölised (*labourers*)** – täidavad mõnikord samu ülesandeid, mida roobimehed, kuid enamasti teevad mistahes muud tööd. Nende töö on väga liikuv, mistõttu nad võivad olla laoturit ümbritsevatest esmastest heitgaasidest koguni eemal.

- **Eestööline (*foreman*)** – viibib Euroopas sageli laotusplaadi vahetus läheduses, kontrollides meeskonna tööd, nagu on näha joonisel 4.1.3. USA-s on eestööline suure tõenäosusega rohkem liikuv.

- **Rullijuhid (*rollers*)** – tehniliste tingimuste kohaselt asfaldi tihendamiseks mõeldud masinaparki juhivad üks kuni kolm rullijuhti. Nende jaoks on põhiline heitgaaside saaste allikas värskest laotatud segukiht, kusjuures oluline on ka ligidus laotamisoperatsioonile. Rullijuhi amet on liikuv, tegutsemine toimub muutuv kauguses laoturit ümbritsevast otsesest heitgaaside allikast. Kui prussimehed, roobimehed ja abitöölised võivad tööpäeva jooksul täita väga erinevaid tööülesandeid, siis eestööline, laoturi operaator ja rullijuht mitmesuguseid lisäülesandeid ei täida. Erinevates maades võib meeskonna skeem muidugi varieeruda vastavalt ettevõtjate tööpraktikale.

### Joonis 4.1.3. Segu laotamine



## 4.2 Heitgaasidest proovide võtmine ja analüüsimeetodid.

### Faktorid, mis mõjutavad saaste hindamist.

Kutsealast heitgaaside saastet mõõdetakse personaalse jälgimise vahendiga. Olenevalt mõõtevahendi tüübist ja mõõtmistulemuste analüüsi meetoditest võivad lõpphinnangud oluliselt erineda (Ekström jt, 2001). Tulemuste võrdlemisel tuleb seda asjaolu arvestada. Põhiliselt jagunevad mõõtmine ja analüüs kolme kategooriasse, mis mõõdavad vastavalt järgmist:

#### ■ Tahkete osakeste meetod

TPM<sup>12</sup> (tahkete osakeste üldkogus): hõlmab bituumenist eralduvate aerosoolide ja anorgaaniliste materjalide (tolm, sõelmed, filler jne) kogumit. Kuna TPM meetodit kasutades kogutakse ka mittebituminoosetest allikatest pärinevat materjali, võivad mõõtmistulemuste väärtused – eriti tolmses keskkonnades – näidata kunstlikult kõrgendatud saastet.

<sup>12</sup> TPM (=total particular matter ingl.k) (A.K.)

### ■ TPM lahustuva fraktsiooni meetod.

BSM/BSF<sup>13</sup> (benseeni lahustuv osa) või CSM/CSF<sup>14</sup> (tsükloheksaanis lahustuv osa): on meetodid, mis samuti tuginevad tahke fraktsiooni kogumisele, nagu eespool märgitud. Et aga vähendada anorgaanilise osa põhjustatud eksitavat saastet, kasutatakse orgaaniliste fraktsioonide ekstraheerimiseks ja eraldamiseks lahustit. Need meetodid defineerivad uurimisaluste agentide (bituumeni heitgaasid) saastet täpsemalt.

Üks kirjeldatud meetodi alaliik kasutab spetsiaalset jälgimiskassetti, et koguda ainult tahkete osakeste teatud spetsiifilised fraktsioonid (nt sissehingatavad, hingamisteede-, või kopsufraktsioonid).

### ■ Orgaaniliste osakeste meetod

TOM/TCH<sup>15</sup> (orgaaniliste osakeste või süsivesinike üldkogus): hõlmab tahke fraktsiooni orgaanilist osa pluss orgaaniline aurudefaas, mida kogutakse lisa-absorbendi abil.

Bituumeni heitgaaside saaste hindamiseks ei ole praegu rahvusvahelist standardit. Seetõttu kõiguvad nii samal maal kui ka erinevates maades läbi aegade fikseeritud saasteväärtused märkimisväärselt, millist asjaolu tuleb vastavaid andmeid kasutades hoolega arvestada. Kutsealase bituumeni heitgaaside saaste hindamine on tundlik ka mõjuvate faktorite suurusjärkude olulise kõikumise suhtes ja sõltub faktorite muutumisest. Et leida saaste taseme määramiseks universaalselt kehtivat, kerget ja usaldusväärset hindamismeetodit, on vaja rohkem uuringuid.

Bituumeni heitgaaside saasteproovide võtmine ja analüütilised hindamisprotokollid erinevad oluliselt eri maade lõikes.

Bituumenist eralduvate heitgaaside (*fume* ingl) ja auru (*vapour* ingl) vahel on tegelikult erinevus. Bituumeni soojendamisel lenduvad nii aurud kui aerosoolide faas; koos on need faasid tuntud kui „bituumeni suits“<sup>16</sup>. Mõnikord nimetatakse tegelikku aurufaasi pool-lenduvaks (*semi-volatiles*) faasiks ja aerosoolide faasi bituumeni heitgaasideks (*fume*). Sellele võidakse ka viidata kui helesinisele suitsule. Bituumeni heitgaasidel kokku on kõrgem keemistäpi jaotumise diapason kui pool-lenduval fraktsioonil (Brandt jt, 1993).

Asfalditööliste saaste analüüsimisel Hollandis, Norras, Prantsusmaal, Rootsis, Saksamaal ja Soomes ei leitud järjekindlat sõltuvust bituumeni heitgaaside ja bituumeni aurude tasemetel vahel (Burstyn jt, 2002).

**Tabel 4.2. Saaste seire tulemusi mõjutavad olulised tegurid.**

Tööülesanne	Mõjuvad tegurid	Mõjuvad alamtegurid
<b>Proovide võtmine bituumeni heitgaasidest</b>	Proovivõtmise üksikasjad (tase, kestus; jne)	Mõõtevahendi tüüp; proovi võtmise karakteristikud
	Kliima	Tuule kiirus ja suund; õhu temperatuur; niiskus
	Ümbritsev keskkond	Füüsikalised iseärasused (nt asfalteerimine tunnelis)
	Seiratav bituumenirakendus	Bituumeni tüüp ja allikas, katsetemperatuur, seadmed, kaugus saasteallikast
<b>Heitgaaside analüüs</b>	Mõõtmismeetod (TPM, BSM/BSF, Total vapour, TOM, THC jne)	Bituumeni heitgaaside dünaamiline iseloom; aerosool, aur ja tahkete osade lahustuv fraktsioon
	Analüütiline meetod	Ekstraheerimislahusti, analüütilised instrumendid, gravimeetria, infrapunane spektroskoopia, üldine imendumus, kalibreerimisstandardid jne)

<sup>13</sup> BSM/BSF (=Benzene Soluble Matter/Fraction ingl) (A.K.)

<sup>14</sup> CSM/CSF (=Cyclohexane Soluble Matter/Fraction ingl) (A.K.)

<sup>15</sup> TOM/TCH (=Total Organic Matter/Total Hydrocarbon ingl) (A.K.)

<sup>16</sup> Eestindatud tekstis on saastet tekitavate lenduvate ainete kohta (*bitumen fume*) kasutatud vasteid „bituumeni heitgaasid“ või lihtsalt „heitgaasid“. (A.K.)

Saaste seire erinevate tulemuste tähenduse paremaks edasiandmiseks on tähtis mõista temperatuuri mõju bituumeni heitgaaside tekkimisele. Asfaldiinstituut ja Eurobituumen on täheldanud, et „Bituumeni või bituumenit sisaldavate materjalide käitlemisel kõrgendatud temperatuuridel erituvad väikesed kogused süsivesinik-heitmeid. Laboratoorsel uuringul temperatuurivahemikus, mis vastab asfalteerimisrakendustele, ... kasvab temperatuuri tõusu iga 11-12.5°C (20-22°F) astme kohta BSF emissiooni määr 2 korda“ (Asfaldiinstituut ja Eurobituumen, 2008).

### 4.3 Euroopa isikusaaste<sup>17</sup> andmed.

Nagu kirjutati eespool jaos 4.2, kõiguvad heitgaaside saaste rahvuslike uuringute kättesaadavad andmed märkimisväärselt, iseäranis selle tõttu, et kasutatakse erinevaid proovide võtmise ja analüüsimise meetodeid. Ulatuslik ülevaade teetöölise saaste kohta avaldatud kirjandusest ilmus aastal 2000 (Burstyn jt, 2000 AIHJA). Ülevaade nentis, et „avaldatud raportid pakuvad teatud pilguheitu teetöölise saastet mõjutavate faktorite identiteedile: tehtavate tööde liik, meteoroloogilised tingimused, asfaldi temperatuur. Siiski valitseb puudus (a) igakülgseltest ja hästi kavandatud uuringutest, mis hindaksid teedeehituses bituumeni heitgaaside saastet mõjutavaid otsustavaid tegureid, ja (b) proovide võtmise ja analüüsi standardmeetoditest. Muud saastet mõjutavate tegurite kohta aga informatsioon kas puudub või on piiratud. Võib järeldada, et saaste ajalooliste tasemete hindamiseks omavad avaldatud raportite kaudu kättesaadavad andmed vaid piiratud väärtust.“ Olemasolevad andmed Euroopa asfalditöölise kohta on kokku võetud Lisas II. Need andmed illustreerivad muuhulgas proovi- ja analüüsitulemuste kõikumist, mis on seotud eri maades fikseeritud saaste komponentide ja saadud tulemuste võrdlemisega.

### 4.4 USA isikusaaste andmed.

Eespool mainitud lahkuminekute tõttu saaste mõõtmistehnikas Euroopa maades on käesolev lõik piiratud USA asfaltkatete ehitusobjektidelt kogutud saaste andmetega, kuna USA-s on saaste mõõtmise meetodid põhjendatult ühtsed ja sealne andmebaas on ulatuslik. USA-s on tüüpiline võrdlusmeetod „NIOSH reference method 5042 for Total Particulate and Benzene Soluble Fraction“ koos raportiga TWA<sup>18</sup> - ajas kaalutud keskmise kohta kaheksa-tunnise töövahetuse jooksul.

Tabelid 4.4a, 4.4b ja 4.4c Lisas III pakuvad kokkuvõtet USA saasteandmetest, mis on avaldatud dokumendis „NIOSH Health Effects Evaluation of Occupational Exposure to Asphalt in addition to any new U.S. studies conducted and published since the NIOSH 2000 document (Butler et al., 2000).“

### 4.5 Naha absorptsioon ja biomarkerite<sup>19</sup> kasutamine – arenev teadusharu heitgaaside saaste uurimisel.

Biomarkerite kasutamine potentsiaalse heitgaaside saaste uurimiseks on kujunemisejärgus olev teadusharu. Hiljutiste teaduslike pingutuste tulemusena on oma koha leidnud nahaproovide kasutamine koos selliste biomarkeritega nagu uriini metaboliidid, et uurida niihästi hingamisteede kui naha saastet (Hicks, 1995; McClean jt, 2004 a, b; Zey, 1992 a, b, c; Zhou, 1997). Nendes uuringutes on valikuliselt rakendatud PAH-saaste biomarkerid koos laboratoorsete ja statistiliste katsetustega, et määrata naha ja hingamisteede saastete võrdlev suhteline mõju biomarkeritele nagu nt

<sup>17</sup> Personal exposure ingl (A.K.)

<sup>18</sup> TWA (=time weighted average ingl) (A.K.)

<sup>19</sup> Bioloogilise seisundi (protsessi) indikaatorina kasutatav aine (A.K.)

1-hüdroksüüreeni uriini metaboliit. Selliste vahendite kasutamine nahasaaste hindamiseks on praegu piiratud, kuna on keerukas teha vahet mõjude vahel, mida naha ja hingamisteede saaste vastavalt biomarkeritele avaldavad, samuti muude – mitte bituumeniaurude saastega seotud allikate kõrvalmõjude tõttu. Peale selle on bituumeni heitgaasid kompleksne segu mitmetest erinevatest komponentidest (McCLean, 2004), mille farmakokineetika on puudulikult mõistetav ja potentsiaalselt samuti kompleksne. Tingituna nimetatud kompleksusest keskendutakse paljude diskussioonide puhul sobivate biomarkerite valikule tulevaste uuringute jaoks. Igakülgne ülevaade senistest uurimispingutustest on toodud van Rooij jt poolt koostatud raportis “*Review of Skin Permeation Hazards of Bitumen Fumes*” („Bituumeniaurude nahasse imbumisega seotud riskide ülevaade“). Kuna jooksvad põhiteadmised biomarkerite kasutamise kohta asfalditööliste saastest tingitud nahaabsorbtsiooni hindamisel on seni piiratud, käivad märkimisväärsed uuringud edasi.

## 4.6 Kutsealase saaste rahvuslikud limiidid.

### 4.6.1 Euroopa.

Olemasolevad bituumeni heitgaaside kutsealase saaste limiidid Euroopa maades on erinevad, olenedes peamiselt mõõtmismetoodikast. Kuid ka need maad, mis on heaks kiitnud ühtse mõõtmismetoodika, võivad kehtestada erinevaid limiitide väärtusi. Praegu pole bituumeni heitgaaside saaste kohta ei siduvaid ega näitlikke EU ühislimiite.

Pakkumaks ülevaadet valitsevatest erinevustest on mõnede maade limiitide kohta esitatud andmed tabelis 4.6.

Maades, kus saasteliimitide väärtused on madalad, nt Iirimaa, kasutatakse emissioonide taseme kontrollimiseks bituumenist pärinevate aerosoolide tahkete osakeste spetsiifilisi orgaanilisi fraktsioone. Maad kõrgemate emissiooni väärtustega, nt Saksamaa, võtavad arvesse ka lisafaktoreid nagu aurud.

**Tabel 4.6 Kutsealase saaste limiitide võrdlus maade kaupa**  
**Bituumeni heitgaasid – CAS nr 8052-42-4**

Maa	Limiit (mg/m <sup>3</sup> )	Mõõtmise alus	Mida mõõdetakse
<b>Hispaania</b>	0,5	Saaste päevalimiit	Benseenis lahustuvad sissehingatavad osakesed
<b>Holland</b>	5,0	TWA	Kõrvaldatud 01.01.2007
<b>Iirimaa</b>	0,5	TWA	Aerosoolide bensiinis lahustuv fraktsioon
	10,0	15 min. STEL**	
<b>Itaalia</b>	0,5	TWA	Benseenis lahustuvad sissehingatavad osakesed
<b>Norra</b>	5,0	TWA	TPM***
<b>Portugal</b>	0,5	TWA	Benseenis lahustuvad sissehingatavad osakesed
<b>Rootsi</b>		Limiit puudub	
<b>Saksamaa</b>	10,0	TWA	Aerosoolid ja aurud
<b>Soome</b>	5,0	TWA	Orgaaniline tolmu (samuti bituumeni aurud)
<b>Šveits</b>	10,0	TWA	Süsivesinikud kokku
<b>Taani</b>	1,0	TWA*	Tsükloheksaanis lahustuv fraktsioon
<b>UK</b>	5,0	TWA	TPM
	10,0	10 min. STEL	

\* Ajas kaalutud keskmine (*time-weighted average*)  
 \*\* Lühiajalise saaste limiit (*short-term exposure limit*)  
 \*\*\* Tahkete osakeste üldkogus (*total particulate matter*)

#### 4.6.2 USA.

USA-s ei ole föderaalset OSHA<sup>20</sup> bituumeni heitgaaside kutsealase saaste limiiti. NIOSH soovitatud saastelimiit kehtestati 1977.a ja on  $5\text{mg}/\text{m}^3$ , 15 min. kohta. Aastal 2000 soovitatud ACGIH saaste- limiidi piirväärtus kehtestati  $0,5\text{ mg}/\text{m}^3$  (8-h TWA) kui benseenis lahustuvate tahkete osakeste sissehingatava fraktsiooni määr (ACGIH, 2000). Selle fraktsiooni mõõtmiseks vajalik selektiivne proovivõtmise seade osutus heitgaaside saaste hindamisel vähe-efektiivseks, kuna osakeste mõõdud on väikesed (Ekström jt, 2001). On võimalik teha otsene võrdlus ACGIH limiidi piirväärtuse ja NIOSH meetodi 5042 (benseenis lahustuvate osakeste määr – BSM) järgi saadud traditsiooniliste USA andmete vahel.

#### 4.7 Saaste vähendamine – Euroopa ja USA.

Viimase aja uuringud kinnitavad saastetaseme olulist alanemist asfalteerimisobjektidel alates 1960. a (Burstyn jt, 2003). Kivisöetõrva kasutamise lõpetamine Euroopas koos paremate töövõtete rakendamise ja tehnoloogilise arenguga on asfalditööliste saaste osas kaasa toonud äkilise efekti.

Üle 10 viimase aasta on USA asfalditööstuses intensiivselt tegeletud tööga kaasnevate bituumeni heitgaaside vähendamisega (Acott 2007, APEC 2000). Alates 1996. a on USA asfalditööstus algatanud koostöö NIOSH-ga, ametiühingutega ja FHWA<sup>21</sup>-ga otsimaks võimalusi asfalditööde heitgaaside saaste minimeerimiseks tehnilise kontrolli rakendamise teel. Koostöö jätkus vabatahtliku lepingu sõlmimisega OSHA-ga, mis kohustas paigaldama vastavad kontrollseadmed kõigile USA-s valmistatud maantee-klassi laoturitele alates 01.07.1997. Protsess sisaldas ka juhendi väljatöötamise mainitud tehnilise kontrolli tarbeks (Mead ja Mickelson, 1997).

Hinnanguliselt on enamused maantee-klassi laotureid, mida USA-s kasutatakse, praeguseks varustatud tehnilise kontrollsüsteemiga. Jätkuva valitsuse/tööstuse/labori partnerluse raames korraldati hiljuti järeluuring, et võrrelda tehnilise kontrolli kasutamist ja efektiivsust (Michelsen jt, 2006). Teostati laoturimeeskondade personaalne seire koos lenduvate osakeste määra mõõtmisega. Rakendati NIOSH proovi- ja analüüsiprotokoll 5042 ning kombineerides TPM ja BSF meetodeid, saadi 437 näidisproovi. Uuringu tulemused osutasid TP aritmeetilisele keskmisele  $0,36\text{ mg}/\text{m}^3$ , 95% usaldatavuse juures (0,27 ; 0,69) ja BSF aritmeetilisele keskmisele  $0,13\text{ mg}/\text{m}^3$ , 95% usaldatavuse juures (0,07 ; 0,43). Niihästi TP kui ka BSF määrad olid märgatavalt väiksemad kui NIOSH ja ACGIH poolt soovitatud saastelimiit  $0,5\text{ mg}/\text{m}^3$  vastavalt keskmisele TWA-le.

Heitgaaside tekke juures peetakse üheks määravaks parameetriks töötemperatuuri. Üsna hiljuti töötati välja ja võeti kasutusele innovatiivne meetod lähteaine heitgaaside vähendamiseks – soojalt segatud asfalt (WMA). See tehnoloogia lubab asfaldi valmistada ja paigaldada oluliselt madalamal temperatuuril kui seda tavasegude puhul vajatakse. Tootmis- ja paigaldamistemperatuuri alandamisel  $10\text{-}38\text{ }^\circ\text{C}$  ( $50\text{-}100\text{ }^\circ\text{F}$ ) võrra on mitu muud tootmis- ja keskkonnaeelist. Kõige tähtsam on, et WMA-s peitub potentsiaal elimineerida asfalditööliste ümbrusest heitmed peaaegu täielikult.

Juhituna tootjate/tellijate/teadlaste partnerlusest on käimas mainitud tehnoloogia ranged platsi-uuringud ja laboratoorsed testid nagu ka tootmishügieeni seire USA-s, Euroopas ja mujal maailmas. WMA kasutamine USA-s kasvab kiirenevalt (Acott, 2008). Tööstus, ettevõtjate ühendused, valitsusasutused ja akadeemilised institutsioonid toetavad ühiselt forsseeritud uuringuid ja arendusi.

<sup>20</sup> OSHA (=Occupational Safety and Health Administration ingl) (A.K.)

<sup>21</sup> FHWA (=Federal Highway Administration ingl) – USA Maanteeamet (A.K.)

Missiooniks on võetud WMA tehnoloogiate kiirendatud arengu realiseerimine tehniliste juhiste kaudu. Lisaks on rakendatud formaalsed mehhanismid, et rahvusvaheliselt koordineerida teabelevikut ja koolitust. Oluliste soojalt segatud segusid käsitlevate dokumentide hulgas on *Warm-Mix Asphalt: Best Practices* (Prowell jt, 2011).

## LISA I

### Asfalditööstuse terminid.<sup>22</sup>

**%m**

**Massiprotsent.** Materjali mass kajastab aine kogust (proovi-)kehas või näidises.

**%w**

**Kaaluprotsent.** Kaalu defineeritakse kui massi ja raskuskiirenduse (g) korrutist (Maa  $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ )

#### 1.AIR BLOWING (LÄBIPUHUMINE)

Protsess, milles suruõhku puhutakse **bituminoossesse** lähteainesse tüüpiliselt temperatuuril 230-260°C (446-500 °F), vahel katalüsaatori (tavaliselt raudkloriid, fosforhape või fosforpentoksüüd) juuresolekul. Toimivate reaktsioonide tulemusena tõuseb bituumeni pehmenemistäpp ja suureneb viskoossus.

Vt. OKSÜDEERITUD BITUUMENID.

#### 2.ASPHALT (ASFALT)

Bituumeni ja mineraalmaterjali segu, mille tootmise temperatuurivahemik on enamasti 140-160 °C (280-320 °F)

#### 3.ASPHALT COLD MIXES (KÜLMAD ASFALTSEGUD)

Asfaltsegud, mille valmistamisel on kasutatud vedeldatud bituumenit või bituumenemulsiooni võimaldamaks segu paigaldamist tavatemperatuuril.

#### 4.ASPHALTENES (ASFALTEENID)

Tavatemperatuuril suure viskoossuse või kõvadusega kõrgpolaarsed aromaatsed ained, millest oleneb bituumeni üldine kõvadus. Neid võib sadestada n-heptaaniga; mõnikord viidatakse neile kui n-heptaanis lahustumatutele ainetele.

<sup>22</sup> **Märkus:** Artikli lisa I „Asfalditööstuse terminid“ sisaldab originaalis 162 terminit. Sõnastik on osalt mõeldud ka mittespetsialistile artikli teksti paremaks mõistmiseks, kuigi samas on seletustes kasutatud spetsiifilisi mõisteid, mis omakorda vajaksid lahtiseletamist. Eeldades, et meil loevad tõlget põhiliselt asjatundjad, on siin näitena ära toodud vaid osa sõnastikust (71 terminit). Välja on jäetud kogu katusetööde ning osaliselt materjalitööstuse ja labori sõnavara. Alfabeetiline järjestus on originaalipõhine. (A.K.)

### **5.ASPHALT MIXES (MIXTURES) (ASFALTSEGUD)**

Sorteeritud mineraalainete (fraksioneeritud killustik, liivad ja fillerid) segud kindla hulga bituumeniga.

### **6.BINDER (SIDEAINE)**

(Vastavalt EN12597); Materjal, mis täiteaine külge kleepudes tagab segu sidususe. Terminit pruugitakse üldisemalt segu tootmisel kasutatava bituumeni (koos potentsiaalsete modifikaatoritega) tähistamiseks.

### **7.BITUMEN, PETROLEUM DERIVED (NAFTABITUUMEN)<sup>23</sup>**

Tumepruun kuni must liimjas jääk, mis tekib toornafta destilleerimisel. Destilleerimisprotsess võib toimuda õhu-, auru- või vaakuumkeskkonnas. Et saada sobivate füüsikaliste omadustega materjali, võib olla vajalik jäägi edasine käitlemine: oksüdeerimine, lahjendamine või erineva kõvadusega jääkide segamine.

### **8.BITUMEN EMULSION (BITUUMENEMULSIOON)**

Segu kahest normaaltingimustes mittesegunevast komponendist (bituumen ja vesi) ning emulgaatorist (tavaliselt pindaktiivne aine). Bituumenemulsioone kasutatakse teekatete ja katuste ehitamisel ning isolatsioonitöödel. Põhja-Ameerikas on vastava materjali nimetus *EMULSIFIED ASPHALTS*.

### **9.BITUMEN FUME (BITUUMENI HEITGAASID)**

Gaasid ja aurud, mis eralduvad (lenduvad) kuumutatud bituumenist, ning aerosoolid ja udu, mida põhjustab aurude kondenseerumine pärast lendumist.

### **10.BITUMEN GRADING TERMINOLOGY (BITUUMENI LIIGITAMISE TERMINOLOOGIA)**

Üleilmselt kasutatakse teebituumeni määratlemisel kolme põhilist liigitussüsteemi. Need on liigitamine penetratsiooni järgi, viskoossuse järgi ja suutlikkuse<sup>24</sup> järgi. Igal süsteemil on ainuomased testmeetodid. Mingil maal iseäranis kasutatav süsteem tuleneb ajaloolisest praktikast või valitsuse määrustest.

### **11.BITUMEN MACADAM (BITUUMENMAKADAM)**

Suure killustikusisaldusega asfaltsegu tüüp, milles on kaalu järgi 3-5% bituumenit.

### **12.BITUMEN PRIMER (BITUUMENKRUNT)**

Vedeldatud bituumen paljaste metallpindade töötlemiseks, et tagada sidet metalli ja emaili vahel.

### **13.BLENDED BITUMENS (SEGATUD BITUUMENID)**

Kahe või rohkema erinevate füüsikaliste omadustega bituumeni segud või bituumeni ja kõrge keemistemperatuuriga naftafraksioonide segud, et saada soovitud uusi füüsikalisi omadusi.

### **14.BLOWING STILL (BITUUMENI DESTILLAATOR)**

Seadmestik bituumeni läbipuhumiseks (tuntud ka kui oksüdaator või bituumeni puhumise seade)

### **15.CAS<sup>25</sup> REGISTRY (CAS-REGISTER)**

Üleilmne mahukas andmebaas keemiliste ainete kohta, mis sisaldab enam kui 29 milj orgaanilist ja anorgaanilist ainet ning 57 milj järeldust ([www.cas.org/](http://www.cas.org/))

<sup>23</sup> Märkus: USA-s ja veel mõnel maal kasutatakse bituumeni kohta termineid **ASPHALT BINDER** ja **ASPHALT CEMENT** (A.K.)

<sup>24</sup> Ingl *performance* (artikli tekstis on pruugitud ka vastet „kasutuskäitumine“) (A.K.)

<sup>25</sup> CAS = *American Chemical Society* ingl (A.K.)

**16.COAL TAR (KIVISÖETÕRV)**

Tumepruun kuni must kõrgaromaatne materjal, mida saadakse bituminoosse söe karboniseerimisel. Kivisöetõrv erineb koostise ja füüsikaliste näitajate poolest oluliselt bituumenitest. Varemalt on kivisöetõrva kasutatud katuse- ja teetöödel bituumeni alternatiivina.

**17.COLLOID MILLS (KOLLOIDVESKID)**

Suure kiirusega pöörlevad seadmed, kus bituumenit koos pindaktiivse ainega vesilahuses pihustatakse, et toota bituumenemulsiooni.

**18.CRUDE PETROLEUM<sup>26</sup> (TOORNAFTA)**

Vedelalt kaevandatav looduslik segu, mis sisaldab peamiselt süsivesinikke, kuid ka nende väävli, lämmastiku ja hapniku derivaate.

**19.CUTBACK BITUMENS (PETROLEUM) (VEDEL DATUD BITUUMENID)**

Bituumenid, mille viskoossust on vähendatud naftast saadud **vedeldava lahusti** (*cutback solvent*) lisamisega.

**20.CUTBACK SOLVENT (PETROLEUM) (VEDELDAV LAHUSTI)**

Suhteliselt lenduv naftalahusti, mida kasutatakse vedeldatud bituumeni tootmiseks. Vastavad tüüpilised lahustid on lakibensiin (*white spirit*) ja petrooleum.

**21.DRUM MIXER (TRUMMELSEGISTI)**

Asfaldi segamise seade, kus mineraalmaterjali ja bituumeni segu kuumutamine ja pidev segamine toimub pöörlevas trumlis.

**22.ELASTOMER (ELASTOMEER)**

Looduslik või sünteetiline polümeerne aine, mis venitamisel alla murdumistäpi ja seejärel pingest vabastamisel taastab oma endise pikkuse. Näited on vulkaniseeritud looduslik kautšuk, stüreen-butadieen-lateks kautšuk ja stüreen-butadieen-stüreenibloki kopolümeer.

**23.FILLER (Paving) (FILLER)**

Peen täitematerjal, mida kasutatakse bituumensideainele skeleti andmiseks või liiva pooride täitmiseks.

**24.FLASHPOINT (LEEKTÄPP)**

Temperatuur, mille juures spetsiifilise testmeetodi puhul bituumeni pinnal tekib süttiv aur.

**25.FLEXIBLE PAVEMENTS (ELASTSED TEEKATENDID)**

Asfaltsegude kihtidest rajatud teekatendid.

**26.FLUXED BITUMEN (PETROLEUM) (PEHMENDATUD BITUUMEN)**

Bituumen, mille viskoossust on vähendatud naftast saadud pehmendusõli lisamisega. Märkus: Tüüpiliselt kasutatakse pehmendamiseks mitmesuguse destillatsioonijärguga naftasaadusi. **Pehmendatud bituumen** erineb **vedeldatud bituumenist** (mis samuti on vähendatud viskoossusega bituumen) selle poolest, et pehmendusõlide lenduvus tavatemperatuuril on tühine võrreldes naftalahustitega, mida kasutatakse vedeldatud bituumeni valmistamisel.

**27.FLUX OILS (PETROLEUM) (PEHMENDUSÕLID)**

**Euroopas:** Suhteliselt vähelenduvad õlid, mida kasutatakse pehmendatud bituumeni tootmisel; termin vihjab ka lahjenditele, mida kasutatakse oksüdeeritud bituumeni valmistamisel.

**Põhja-Ameerikas:** Kõrge leektäpiga süsivesinik(peamiselt parafiinsed)-õlid, mida lisatakse pehmele katusebituumenile enne oksüdeerimist saamaks sama pehmenemistäpi juures kõrgemaid penetratsiooni väärtusi.

<sup>26</sup> Kasutatakse ka väljendit *CRUDE OIL* (= toorõli) (A.K.)

**28.FOREMAN (EESTÖÖLINE)**

Teostab asfaltsegu paigaldamise ja tihendamise protsessis järelevalvet meeskonna töö või teatud kindla operatsiooni üle.

**29.GILSONITE (GILSONIIT)**

Looduslik vaigutaoline süsivesinik, mille leiukoht on Uintah Basin, Utah kirdeosas USA-s.

**30.HARD BITUMEN (KÕVA BITUUMEN)**

Bituumen, millel on madal penetratsioon ja kõrge pehmenemistäpp. Kasutatakse suure jäikusega asfaltsegude valmistamiseks.

**31.HOT-MIX ASPHALT<sup>27</sup> (KUUM ASFALT)**

Teekatete ehitamiseks kasutatav bituumeni ja mineraalmaterjali segu, mille tüüpiline tootmistemperatuur on vahemikus 140-160 °C (280-320 °F). Euroopas on selle mõiste sünonüüm **asfalt**.

**32.KEROSENE (PETROOLEUM)**

Nafta destillaat, mis sisaldab peamiselt süsivesinikke süsinikuindeksiga C<sub>9</sub> kuni C<sub>16</sub>. Keemistemperatuur 150-290 °C (300-550 °F)

**33.LABOURERS (ABITÖÖLISED)**

Mõnikord roobimeeste ülesandeid täitvad, kuid üldiselt mitmesugusteks abioperatsioonideks vajalikud töölised.

**34.LAKE ASPHALT (JÄRVEASFALT)**

Üldtuntuim loodusliku asfaldi vorm, mille leiukoht on Trinidadis.

**35.LOSS ON HEATING (KUUMUTAMISKADU)**

Üldine tööstusliku bituumeni test, mis mõõdab kaalukadu, kui väikest bituumeni proovikeha 5 tunni jooksul allutatakse temperatuurile 163 °C (325 °F).

**36.MALTENES (MALTEENID)**

Suhteliselt madala molekulkaaluga õlifraktsioonid, mis bituumeni kolloidstruktuuris lahustavad või disperseerivad asfalteene. Malteenid on n-heptaanis lahustuv bituumenifraktsioon.

**37.MASTIC ASPHALT (VALUASFALT)**

Valuasfalt on poorideta asfaltsegu, kus sideaine (bituumen) ja filleri maht ületab jääkporide mahu (vt EN13108-6). Valuasfaldi tüüpiline paigaldamistemperatuur on 230-280 °C (450-536 °F)

**38.MINERAL AGGREGATE (MINERAAL- e. TÄITEMATERJAL)**

Kombinatsioon kivimaterjali fraktsioonidest ja fillerist.

**39. MODIFIED BITUMENS (MODIFITSEERITUD BITUUMENID)**

Bituminoossed sideained, mille reoloogilised omadused on valmistamise käigus ühe või mitme keemilise toimeaine abil modifitseeritud.

**40.NATURAL ASPHALT (LOODUSLIK ASFALT)**

Bituumeni ja mineraalmaterjali looduslik segu, mis on maakoos tekkinud õlide väljanõrgumisel. Selle hulka kuuluvad Trinidadis järveasfalt, mäeasfalt, gilsoniit, Selenizza asfalt jt.

---

<sup>27</sup> Põhiliselt USA-s kasutatav termin (A.K.)

**41.OXIDIZED BITUMEN (OXIDISED BITUMEN) — CAS #64742-93-4 (OKSÜDEERITUD BITUUMEN)**

Bituumen, mille reoloogilised omadused on oluliselt modifitseeritud reageerimisel õhuga kõrgendatud temperatuuril.

**42.PAH, PAC<sup>28</sup> (POLÜAROMAATSED SÜSIVESINIKUD<sup>29</sup>)**

Ühine nimetus mitmesaja kemikaali kohta, millel on iseloomulik nõ sulatatud ringstruktuur. Nad on üks orgaaniliste ühendite klass ja samuti laiema kemikaalide perekonna – polüaromaatsete ühendite alarühm.

**43.PAVER OPERATORS (PAVERS) (LAOTURI OPERAATOR)**

Isik, kes asudes asfaldilaoturi ülaosas, juhib laoturit, kui sellele laaditakse veokitelt asfaltsegu, mille laotur laotab teele enne rullidega tihendamist.

**44.PAVING BITUMEN (ASPHALT CEMENT IN THE U.S.) — CAS #8052-42-4 (TEEBITUUMEN)**

Bituumen, mida kasutatakse segus mineraalmaterjaliga peamiselt asfaldist teekattekihtide ehitamisel ja teede tehnohoiul.

**45.PAVING MACHINE (ASFALDILAOTUR)**

Masin, mis on mõeldud ühtlase asfaldikihi laotamiseks tee pinnale enne selle rullidega tihendamist.

**46.PENETRATION-GRADED BITUMENS (SITKED BITUUMENID)**

Bituumenid, mida klassifitseeritakse standardnõela sissetungimise (penetratsiooni) sügavuse järgi proovikehasse spetsiifilise testi käigus. (Vaata ASTM D5 ja/või EN 1426 penetratsioonitesti selgitamiseks)

**47.PENETRATION INDEX (PENETRATSIOONI-INDEKS)**

Bituumensideaine soojustundlikkuse määramine. Penetratsiooni-indeks tuletatakse penetratsiooni ja pehmenemistäpi väärtustest. Tuletamine põhineb Pfeifferi ja Van Doormaeli hüpoteesil.

**48.PENETRATION TEST (PENETRATSIOONITEST)**

Bituumeni kõvaduse mõõtmise test, mis spetsifitseeritud tingimustes mõõdab nõela jälje sügavust bituumenis kümnendik-millimeetrites (dmm) 25 °C (77 °F) juures, kasutades standardset nõela koormusega 100 g, 5 sec jooksul. Testi üksikasjad võib leida ASTM D5 ja/või EN 1426 kui ka muudest allikatest.

**49.PERFORMANCE-GRADED(PG) BITUMENS (SUUTLIKKUSE JÄRGI LIIGITATUD BITUUMENID)**

Bituumenid, mida liigitatakse USA Maanteede Strateegilise Uurimise Programmi (SHRP<sup>30</sup>) uurimistulemuste järgi. Suutlikkuse järgi liigitatud bituumenite tehniliste tingimuste aluseks on bituumeni jäikus temperatuurivahemikus, milles kattes sisalduv bituumen tegelikult töötab. Kõige laiemalt kasutatakse praegu neid sideaineid USA-s ja Kanadas.

**50.PLASTOMER (PLASTOMEER)**

Liik polümeere, mis omavad jäikust ja tugevust, kuid ei taastu oluliselt pärast deformeerumist. Sellistest polümeeridest kasutatakse bituumenites näiteks etüleen-vinüülatsetaati ja etüleen-metakrülaati.

<sup>28</sup> PAH = *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* ingl (A.K.)

PAC = *Polycyclic Aromatic Compounds* ingl (A.K.)

<sup>29</sup> nt antratseen, naftään jt (A.K.)

<sup>30</sup> SHRP = *Strategic Highway Research Program* ingl (A.K.)

**51.PUG MILL (SUNDSEGISTI)**

Segisti tüüp kivimaterjali ja bituumeni segamiseks asfalditehases. Segamine toimub kiiresti liikuvate labade abil kõrgendatud temperatuuril.

**52.RAFFINATE (RAFINAAT)**

Vedeliku (täpsemalt õli) jääk pärast rohkem lahustuvate komponentide eemaldamist lahusti abil.

**53.RAKER (ROOBIMEES)**

Tööline, kes kühveldab ja rehitseb asfaltsegu, tasandab tühikuid, töötleb vuuke ja kõrvaldab pinnadefekte, valmistades laotatud segu ette tihendamiseks.

**54.REFINERY (RAFINEERIMISVABRIK)**

Rajatis, kus separeerimis- ja keemiliste protsesside kompleksi rakendades rafineeritakse toorõli, et saada mitmesuguseid õlitooteid.

**55.ROAD OILS (TEEÕLID)**

Termin, mida mõnikord kasutatakse vaakuumdestilleerimise jäägi kohta või kõvemate bituumenite kohta, millele on lisatud pehendusõli või vedeldatud bituumeni kohta, millele valmistamisel on viskoossuse vähendamiseks lisatud petrooleumi keemistäpiga üle 225°C (435°F). Teeõlised kasutatakse peamiselt asfaltsegude valmistamiseks, mis on mõeldud väikese koormusega teede jaoks keskmises või külmas kliimas.

**56.ROCK ASPHALT (MÄEASFALT)**

Loodusliku asfaldi vorm, enamasti kombinatsioon bituumenist ja lubjakivist. Leidub Kagu-Prantsusmaal, Sitsiilias ja mujal.

**57.ROLLER OPERATORS (ROLLERS) (TEERULLIJUHT)**

Tööline, kes juhib masinaid, mis on mõeldud asfaldi tihendamiseks rullimise teel.

**58.ROLLING THIN FILM OVEN TEST (RTFOT) (RTFOT MEETOD)**

Üldine teebituumeni test, mis seisneb massimuutuse määramises pärast pöörlevates prooviklaasides oleva õhukese bituumenikile allutamist temperatuurile kuni 163 °C (325 °F) 85 min. jooksul. Vaata ASTM D2872 või EN 12607-1.

**59.ROTARY DRUM DRYER (TRUMMELKUIVATI)**

Seade asfalditehases kivimaterjali kuivatamiseks ja kuumutamiseks.

**60.SCREED (LAOTUSPLAAT)**

Asfaltsegu tasandusseade laoturi tagaosas.

**61.SCREEDMAN (PRUSSIMEES)**

Tööline, kes asfaldilaoturi tagaosas jälgib asfaldikihi jaotumist ja kihi pinna kvaliteeti masina liikumise ajal.

**62.SLENICE (SELENIZZA ASFALT)**

Albaanias (Selenizzas) leiduv looduslik asfalt.

**63.SKIP HOIST (KOPP-TÕSTUK)**

Seade asfaltsegu toimetamiseks sundsegistist lattu.

**64.SOFTENING POINT (PEHMENEMISTÄPP)**

Temperatuur °C järgi, mille juures standardtesti korral materjal saab spetsiifilise konsistentsi. (Vaata ASTM D36 ja/või EN1427)

**65. STONE MASTIC ASPHALT (Europe), STONE-MATRIX ASPHALT (USA) (lüh SMA)  
(KILLUSTIKMASTIKS ASFALT [lüh KMA])**

KMA on katkeva terakoostisega asfaltsegu mastiksigi seotud jämepurustatud kivimaterjalist ja bituumenist. (Euroopas spetsifitseeritakse KMA-d EN 13108-5 järgi, USA-s aga regionaalsete maanteeametite otsuse kohaselt). KMA paigaldamistemperatuur on sama, mis tava-asfaltsegudel.

**66. SULFUR-EXTENDED ASPHALT (SULPHUR-EXTENDED ASPHALT) (VÄÄVELASFALT)**

Asfaltsegu, milles osa bituumensideainet (enamasti 20-40% m) on asendatud loodusliku väävliga.

**67. SURFACE DRESSING (PINDAMINE)**

Protsess tee pinna kaitsmiseks; teele laotatud õhuke bituumeni või bituumenemulsiooni kiht kaetakse ühe- või kahekordse killustikukihiga ja rullitakse.

**68. SURFACE TREATMENT (PINNATÖÖTLUS, PINDAMINE)**

Sealhulgas pindamine klassikalises mõttes ja teised (pinnakaitse-) tehnoloogiad nagu näiteks väikestes kogustes bituumenemulsiooni pihustamine, et liita pinnaosakesi ühte.

**69. VISCOSITY (VISKOOSUS)**

Materjali vastupanu nihkepingetest tingitud voolamisele. Metoodiliselt kasutatakse bituminoosete materjalide testimiseks: vaakuum-kapillaar-, koonus-taldrik-, orifice-tüüpi ja pöördviskosimeetreid.

**70. VISCOSITY-GRADED BITUMEN (VEDEL BITUUMEN.)**

Bituumen, mida spetsifitseeritakse tema viskoossuse järgi standardtemperatuuril (enamasti 60 °C [140 °F]). Enamkasutatud viskoossustestid on ASTM D2171 ja EN 12596.

**71. WARM-MIX ASPHALT (WMA) (SOOJALT SEGATUD ASFALT)**

Tüüpiliste rullitavate asfaltsegudega võrreldes madalamatel temperatuuridel toodetud asfaltsegu. WMA-d valmistatakse ja paigaldatakse temperatuurivahemikus 100-140 C (212-280 F), mis on keskmiselt 10-20 °C (50-100 °F) madalam kui tava-asfaldil.

## LISA II

## Kokkuvõte Euroopa maade saasteandmetest

Tabel 1. Lahtise taeva all paiknevatel Euroopa asfalteerimisobjektidel mõõdetud õhu kaudu leviva isikusaaste tasemed ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

Exposure Metric	Job category	Number of samples	Geometric mean ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Arithmetic mean ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Median ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Reference number	
Total particulate	all	45	*	0.6	*	12	
		17	0.58	0.66	*	2	
	all except pavers	215	*	0.3-0.7	*	1	
		pavers	72	*	1.1	*	1
	Total vapors plus aerosols	pavers	20	0.4	0.7	*	7
			5	*	0.58	*	8
		rakers	16	0.3	*	*	11
			13	0.4	0.6	*	7
		screedmen	10	0.5	0.6	*	7
			12	*	0.83	*	8
		rollers	32	0.3	*	*	11
			10	0.2	0.2	*	7
		others	8	0.4	*	*	11
4			0.3	0.4	*	7	
Bitumen fume	pavers	119	*	*	2.58	10	
		screedmen	149	*	*	2.78	10
	rollers	47	*	*	0.98	10	
Carbon disulfide extractable	all	175	0.03	0.10	*	3a	
		83	0.13	0.35	*	3b	
	pavers	20	0.15	0.35	*	7	
	rakers	13	0.17	0.17	*	7	
	screedman	10	0.12	0.19	*	7	
	rollers	10	0.04	0.05	*	7	
	others	4	0.08	0.10	*	7	
Chloroform extractable	pavers and screedmen	58 total	*	1.2	*	6	
		rollers	*	0.3	*	6	
Cyclohexane extractable	pavers	5	*	0.17	*	8	
		screedmen	12	*	0.16	*	8
	all	17	*	1	*	5	
		8	*	0.6	*	12	
PAHs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>a</sup>	pavers	11	*	*	0.62	4	
		12	3.20	4.28	*	7	
	rakers	12	1.8	*	*	11	
		37	*	*	0.64	4	
	screedmen	10	2.69	3.50	*	7	
		11	*	*	0.48	4	
	rollers	10	2.97	3.64	*	7	
		29	1.6	*	*	11	
	others	13	*	*	0.50	4	
		10	1.87	2.38	*	7	
	4-6 ring PAHs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	pavers	7	1.3	*	*	11
			4	0.44	1.09	*	7
		rakers	12	0.07	0.18	*	7
10			0.18	0.27	*	7	
screedmen		10	0.19	0.26	*	7	
		10	<0.05	0.14	*	7	
others		4	<0.05	<0.05	*	7	
SVOCs	pavers	20	1.9	4.2	*	7	
		13	2.6	3.3	*	7	
	screedmen	10	1.9	3.1	*	7	
		10	0.8	1.1	*	7	
	others	4	0.4	0.6	*	7	
Oil mist	pavers	7	0.23	*	*	11	
		screedmen	9	0.09	*	*	11

*Selgitus:* Tabeli veergude peas on järjekorras vasakult paremale: mõõdetavad saastekomponendid, töökoht, proovide arv, geomeetriline keskmine, aritmeetiline keskmine, mediaan, viite number (A.K.)

- Andmetes toodud spetsiifiliste PAH identifitseerimiseks vaata viiteid 4,7 ja 11.
- Tärniga (\*) märgitud sisendid tähendavad, et neid andmeid raportites polnud.
- Mõõdetavad eksposuurid, proovide võtmine ja analüütilised meetodid varieeruvad maade lõikes.
- Viidete 1,8,9 ja 12 kokkuvõtte põhineb NIOSH 2000 analüüsidel
- Viite 6 kokkuvõtte põhineb Burstyni jt analüüsidel

**Tabeli 1 Viited**

<i>No.</i>	<i>Citation</i>	<i>Country</i>
1	Byrd and Mikkelsen 1979	Denmark
2	Burstyn et al. 2002a	Netherlands
3a	Burstyn et al. 2002b, 1991 data	Norway
3b	Burstyn et al. 2002b, 1992 data	Norway
4	Cirila et al. 2007	Italy
5	Claydon et al. 1984	Netherlands
6	Ekstrom 1990	Sweden
7	Heikkilä et al 2002	Finland
8	Monarca et al. 1987 (summary data from NIOSH 2000)	Italy
9	Norseth, et al. 1991 (summary data from NIOSH 2000)	Norway
10	Röhl et al. 2007	Germany
11	Ulvestad et al. 2007	Norway
12	Virtamo et al. 1979	Finland

## LISA III

## Kokkuvõte USA saasteandmetest

Järgnevad tabelid sisaldavad USA saasteandmete kokkuvõtet, mis esitati NIOSH 2000 dokumendis (*Reference NIOSH Hazard Review Document, Table 4-12*) lisaks kõigile varem avaldatud USA uutele uuringutele.

**Tabel 4.4a** Lahtise taeva all paiknevatel USA asfalteerimisobjektidel mõõdetud õhu kaudu leviva isikusaaste tasemed (mg/m<sup>3</sup>).

Measurement type	Job category	Number of samples	Geometric mean (mg/m <sup>3</sup> )	Arithmetic mean (mg/m <sup>3</sup> )	Reference number	
Total particulate	pavers	7	.45	*	1	
		10	0.17	0.21	3	
		2	0.8	*	5	
		2	0.85	*	6	
		2	0.62	*	7	
		2	0.39	*	8	
		1	0.0087	*	9	
		4	0.34	*	10	
		2	0.17	*	11	
		44	*	0.34	12	
		laborers/rakers	20	0.39	*	1
			7	0.34	0.34	2
	3		0.27	0.35	3	
	5		0.33	*	5	
	7		0.27	*	6	
	8		0.48	*	7	
	4		0.077	*	8	
	4		0.031	*	9	
	4		0.16	*	10	
	10		0.22	*	11	
	44		*	0.32	12	
	screedmen		12	0.72	*	1
		10	0.48	0.54	2	
		15	0.24	0.28	3	
		2	0.43	*	5	
		2	0.31	*	6	
		4	0.70	*	7	
		8	0.10	*	8	
		4	0.078 (A)	*	9	
		2	0.22	*	10	
		4	0.12	*	11	
		44	*	0.36	12	
		rollers	13	0.23	*	1
	5		0.30	0.4	2	
	1		0.36	0.36	3	
	5		0.053	*	5	
	4		0.21	*	6	
	2		0.18	*	7	
	4		0.057	*	8	
	6		0.04	*	9	
	4		0.055	*	10	
	6		0.10	*	11	
	other		37	0.37	0.43	2
		15	0.19	0.23	3	
Respirable particulates	pavers	7	0.21	*	1	
	rakers	20	0.15	*	1	
	screedmen	12	0.27	*	1	
	rollers	13	0.05	*	1	
Benzene solubles	pavers	7	0.11	*	1	
		10	0.05	0.08	3	
		2	0.59	*	5	
		2	0.33	*	7	
		4	0.22	*	10	
	44	*	0.16	12		

Measurement type	Job category	Number of samples	Geometric mean (mg/m <sup>3</sup> )	Arithmetic mean (mg/m <sup>3</sup> )	Reference number
	laborers/rakers	20	0.10	*	1
		3	0.11	0.16	3
		5	0.17	*	5
		8	0.13	*	7
		4	0.055	*	10
		44	*	0.08	12
	screedmen	12	0.27	*	1
		2	0.29	*	2
		15	.08	0.13	3
		4	0.19	*	7
		2	0.082	*	10
		44	*	0.15	12
	rollers	13	0.06	*	1
		1	0.07	0.07	3
		5	0.022	*	5
		2	0.014	*	7
		4	0.030	*	10
	other	15	0.07	0.10	3
Total PACs	rakers	24	0.0096	*	4
	screedmen	15	0.0073	*	4
	rollers	11	0.001	*	4
PAC370	pavers	2	0.030	*	5
		2	0.018	*	7
		1	0.0027	*	8
		2	0.0018	*	9
		2	0.060	*	10
	laborers/rakers	5	0.0079	*	5
		8	0.0081	*	7
		3	0.00039	*	9
		2	0.016	*	10
		2	0.011	*	11
		4	0.017	*	7
PAC370	screedmen	2	0.0091	*	5
		4	0.0015	*	8
		4	0.00087	*	9
		2	0.072	*	10
		1	0.0039	*	11
PAC370	rollers	5	0.00018	*	5
		2	0.0014	*	6
		2	0.0011	*	7
		1	0.0011	*	8
		6	0.00007	*	9
		4	0.0053	*	10
	PAC400 pavers	2	0.0043	*	5
		2	0.0024	*	7
		1	0.00043	*	8
		2	0.00027	*	9
		2	0.0085	*	10
	laborers/rakers	5	0.0012	8	5
		8	0.0011	*	7
		3	0.00009	*	9
		2	0.0024	*	10
		2	0.0030	*	11
	screedmen	2	0.0013	*	5
		4	0.0023	*	7
		4	0.00020	*	8
		4	0.00015	*	9
		2	0.0098	*	10
		1	0.0012	*	11
	rollers	5	0.00004	*	5
		2	0.00025	*	6
		2	0.00015	*	7
		1	0.00017	*	8
		6	0.00001	*	9
		4	0.00067	*	10

### Tabeli 4.4a. Viited

- a) Märkus:** Kõik originaalviidete 1,2 ja 5-11 andmed on võetud *NIOSH Hazard Review (2000)* koondtabelitest ühe erandiga. TPM andmed; prussimees (A), viide 9 võeti originaalraportist, kuna neid polnud võimalik põhjendada NIOSH poolt esitatuga. Euroopa andmed (Norseth jt) jäeti aga analüüsist välja, sest analüüs on USA-põhine.
- b)** Viidete 3,4 ja 12 andmed võeti originaalraportitest, mis olid avaldatud enne *NIOSH Hazard Review (2000)*
- c)** Tärniga (\*) märgitud sisendid tähendavad, et neid admeid raportites polnud.
- d)** Viide 3, Kriech jt 2002 sisaldab andmeid operaatorite kohta, kes töötasid niihästi tehnilise kontrolliga kui ilma selleta objektidel.
- e)** Viite 12, Michelsen jt 2006 andmed on 11 erineval objektil tehtud mõõtmiste aritmeetilised keskmised, kus eranditult kõik laoturid olid varustatud tehnilise kontrolliga.

#### Numbrite järgi:

- 1 Gamble et al. 1999
- 2 Hicks 1995
- 3 Kriech et al. 2002
- 4 McClean et al. 2004a
- 5 Miller and Burr 1996b
- 6 Hanley and Miller 1996b
- 7 Kinnes et al. 1996
- 8 Almaguer et al. 1996
- 9 Miller and Burr 1996a
- 10 Miller and Burr 1998
- 11 Hanley and Miller 1996a
- 12 Mickelsen et al. 2006

Selleks, et kontrollida kogu andmekogumit (töökoha järgi) tehti statistiline kokkuvõte, arvutades geomeetriliste keskmiste põhjal kaalutud aritmeetilised keskmised ja 95% usutavusega intervallid kõigist spetsiifiliste tööülesannete uuringutes võetud proovidest (tabel 4.4b). Nagu sellest analüüsist nähtub, on saasteohu „hierarhia“ alanevas järjekorras: prussimehed, laoturi operaator(id), roobimehed, rullijuhid – so järjekord, mis täielikult kattub eespool esitatud Euroopa omaga.

**Tabel 4.4b. Liitkokkuvõte (töökoha järgi) USA õhu kaudu leviva isikusaaste andmetest, mis on toodud tabelis 4.4a. – tahked osakesed kokku (*total particulate*) ja sh benseenis lahustuvad (*benzene soluble*).**

Measurement type	Job category	Total number of samples	Mean among studies (95% CI, mg/m <sup>3</sup> )	Minimum mean among studies	Maximum mean among studies
Total particulate	pavers	76	0.36 (0.32,0.39)	0.009	0.85
	rakers	116	0.31 (0.29,0.33)	0.031	0.66
	screedmen	107	0.37 (0.33,0.41)	0.078	0.72
	rollers	50	0.15 (0.13,0.17)	0.040	0.36
	Overall	401	0.32 (0.31,0.32)	0.009	0.85
Benzene solubles	pavers	69	0.16 (0.12,0.21)	0.005	0.59
	rakers	84	0.10 (0.08,0.11)	0.010	0.31
	screedmen	79	0.17 (0.10,0.24)	0.005	0.37
	rollers	25	0.04 (0.03,0.06)	0.014	0.07
	Overall	272	0.13 (0.12,0.14)	0.005	0.59

Katseandmete kaalutud aritmeetiline keskmine ( $\bar{Y}$  järgnevas võrrandis) arvutati kõigi uuringute proovide arvu ( $n_i$ , veerg 3 tab.1) ja kontsentratsioonide ( $y_i$ , veerg 4 tab.1) korrutiste summeerimise ja seejärel jagamise teel proovide üldarvuga:

$$\bar{Y} = \frac{\sum(n_i \cdot y_i)}{\sum n_i}$$

95% usutavusega intervallid arvutati kui:

$$CI = \bar{Y} \pm t_{(\alpha/2, N-1)} s / \sqrt{N}$$

Kus  $s$  on proovi standardhälve (vt allpool),  $N$  on uuringute arv ja  $t_{(\alpha/2, N-1)}$  on  $N-1$  vabadusastmega  $t$  kahepoolse jaotuse kõrgem kriitiline väärtus.

Proovide standardhälbed  $s$  arvutati sarnaselt kaalutud keskmisega:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(n_i (Y - y_i)^2)}{(\sum n_i)(N - 1)}}$$

**Tabel 4.4c. Tunnelites paiknevatel USA asfalteerimisobjektidel mõõdetud õhu kaudu leviva isikusaaste tasemed ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).**

(Sylvain ja Miller, 1996)

<i>Measurement type</i>	<i>Job category</i>	<i>Number of samples</i>	<i>Geometric Mean (<math>\text{mg}/\text{m}^3</math>)</i>
Total particulate	pavers	1	1.9
	rakers	6	1.5
	screedmen	1	1.5
	rollers	1	2.1
Benzene solubles	pavers	1	1.1
	rakers	6	0.44
	screedmen	1	0.91
	rollers	1	0.87

## KASUTATUD KIRJANDUS

- ACGIH [2000] 2000 TLVs® and BEIs®. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, Ohio, USA.
- Acott, M. [2007] Bold Initiatives in the Asphalt Industry to Safeguard Health, Safety, and the Environment. Report No. IS-133. National Asphalt Pavement Association. Lanham, Maryland, USA.
- Acott, M. [2008] Warm Mix Asphalt in the U.S.A.: State of the Practice. 4th Eurasphalt & Eurobitume Congress. Copenhagen, Denmark.
- Almaguer, D.; Miller, A.K.; and Hanley, K.W. [1996] Health Hazard Evaluation Report: Martin Paving Company, Yeehaw Junction, Florida. Report No. 95-0118-2565. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- APEC [2000] Best Management Practices to Minimize Emissions During HMA Construction. Report No. EC-101. Asphalt Paving Environmental Council. Lanham, Maryland, USA.
- Asphalt Institute and Eurobitume. [2008] The Bitumen Industry – A Global Perspective: Production, Chemistry, Use, Specification and Occupational Exposure. Lexington, Kentucky, USA.
- Brandt, H.C.A. and de Groot, P.C. [1985a] Sampling and Analysis of Bitumen Fumes: Part 3: Laboratory Study of Emissions Under Controlled Conditions. *Annals of Occupational Hygiene*. Vol. 29, No. 1, pp. 59-74. Oxford, England, UK.
- Brandt, H.C.A.; de Groot, P.C.; Molyneux, M.K.B.; and Tindle, P.-E. [1985b] Sampling and Analysis of Bitumen Fumes. Part 2: Field Exposure Measurements. *Annals of Occupational Hygiene*. 29(1):47-58. Oxford, England, UK.
- Brandt, H.C.A.; Beverwijk, C.D.M.; and Harrison, T. [1993] Health Aspects of Hot Bitumen Applications. Paper 2.09, p. 437. 5th Eurobitume Congress. Stockholm, Sweden.
- Burstyn, I.; Boffetta, P.; Kauppinen, T.; Heikkila, P.; Svane, O.; Partanen, T.; Stucker, I.; Frentzel-Beyme, R.; Ahrens, W.; Merzenich, H.; Heederik, D.; Hooiveld, M.; Langard, S.; Randem, B.; Jarvholm, B.; Bergdahl, I.; Shaham, J.; Ribak, J.; Kromhout, H. [2003] Estimating Exposures in the Asphalt Industry for an International Epidemiological Cohort Study of Cancer Risk. 43:3-17. *American Journal of Industrial Medicine*. Malden, Massachusetts, USA.
- Burstyn, I.; Ferrari, P.; Wegh, H.; and Kromhout, H. [2002a] Characterizing Worker Exposure to Bitumen During Hot Mix Paving and Asphalt Mixing Operations. 63:293-299. *American Industrial Hygiene Association Journal*. Fairfax, Virginia, USA.
- Burstyn, I.; Randem, B.; Lien, J.E.; Langård, S.; and Kromhout, H. [2002b] Bitumen, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Vehicle Exhaust: Exposure Levels and Controls Among Norwegian Asphalt Workers. *Annals of Occupational Hygiene*. 46, 79-87. Oxford, England, UK.
- Burstyn, I.; Kromhout, H.; Boffetta, P. [2000] Literature Review of Levels and Determinants of Exposure to Potential Carcinogens and Other Agents in the Road Construction Industry. 61:715-726. *American Industrial Hygiene Association Journal*. Fairfax, Virginia, USA.
- Butler, M.A.; Burr, G.; Dankovic, D.; Lunsford, R.A.; Miller, A.; Nguyen, M.; Olsen, L.; Sharpnack, D.; Snawder, J.; Stayner, L.; Sweeney, M.H.; Teass, A.; Wess, J.; and Zumwalde, R. [2000] Hazard Review: Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt. National Institute of Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Byrd, R.A., and Mikkelsen, O.G. [1979] Measurements of Concentrations of Asphalt Fumes, Concentrations of Organic Vapours and Chemical Analysis of Asphalt Fumes. Association of Danish Asphalt Industries. Hvidovre, Denmark.
- Cirila, P.E.; Martinotti, I.; Buratti, M.; Fustinoni, S.; Campo, L.; Zito, E.; Prandi, E.; Longhi, O.; Cavallo, D.; and Foà, V. [2007] Assessment of Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Italian Asphalt Workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Click to view volume  
[http:// www.informaworld.com.ezp-prod1.hul.harvard.edu/smpp/title~content=t713657996~db=all~tab=issueslist~branches=4 - v4 4 \(S1\), 87-99.](http://www.informaworld.com.ezp-prod1.hul.harvard.edu/smpp/title~content=t713657996~db=all~tab=issueslist~branches=4-v44(S1),87-99)
- Claydon, M.F.; Eyres, A.R.; Guelfo, G.; et al. [1984] Review of Bitumen Fume Exposures and Guidance on Measurement. Report No. 6/84. CONCAWE.
- EAPA [2009] The use of Warm Mix Asphalt. European Asphalt Pavement Association. Brussels, Belgium.
- Ekstrom, L.G. [1990] Bitumen Fumes and Exposure to Solvents in Connection with the Laying of Asphalt: Report from Exposure Measurements Carried Out in 1990. BitTech 625. Nynas Bitumen AB, Johanneshov, Sweden.

- European Mastic Asphalt Association. [2009] *The Mastic Industry – A Global Perspective*. Bern, Switzerland.
- Gamble, J.F.; Nicolich, M.J.; Barone, N.J.; and Vincent, W.J. [1999] Exposure-response of Asphalt Fumes With Changes in Pulmonary Function and Symptoms. *Scandinavian Journal of Work, Environment, and Health*. 25(3), 186-206.
- Hanley, K.W. and Miller, A.K. [1996a] Health Hazard Evaluation Report: Spartan Paving Company, Lansing, Michigan. Report No. 94-0365-2563. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Hanley, K.W. and Miller, A.K. [1996b] Health Hazard Evaluation Report: Granite Construction Company, Sacramento, California. Report No. 94-0408-2564. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Heikkilä, P.; Riala, R.; Hämeilä, M.; Nykyri, E.; and Pfäffli, P. [2002] Occupational Exposure to Bitumen During Road Paving. 63, 156-165. *American Industrial Hygiene Association Journal*. Fairfax, Virginia, USA.
- Hicks, J.B. [1995] Asphalt Industry Cross-sectional Exposure Assessment Study. 10(10):840-84. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*.
- Jamieson, I.I. [1979] A Study of Lurgi Road Tar and Its Use in Double Seals. 3rd Conference on Asphalt Pavement for Southern Africa. Durban, South Africa.
- Kinnes, G.M.; Miller, A.K.; and Burr, G.A. [1996] Health Hazard Evaluation Report: The Sim J. Harris Company, San Diego, California. Report No. 96-0130-2619. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Kitto, A.M.; Pirbazari, M.; Badriyha, B.N.; Ravindran, V.; and Synolakis, C.E. [1997] Emissions of Volatile and Semi-volatile Organic Compounds and Particulate Matter from Hot Asphalts. 18:121-138. *Environmental Technology*.
- Kriech, A.J.; Kurek, J.T.; Wissel, H.L.; Osborn, L.V.; and Blackburn, G.R. (2002) Evaluation of Worker Exposure to Asphalt Paving Fumes Using Traditional and Nontraditional Techniques. 63(5), 628-635. *Journal of the American Industrial Hygiene Association*. Fairfax, Virginia, USA.
- Lange, C.R. and Stroup-Gardiner, M. [2007] Temperature- Dependent Chemical-Specific Emission Rates of Aromatics and Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs) in Bitumen Fume. 4(S1):72-6. *Journal of Occupational Environmental Hygiene*. Cincinnati, Ohio, USA.
- Mangum, M. [2006] Asphalt Paving Sector Presentation. Health Effects of Occupational Exposure to Emissions from Asphalt/ Bitumen Symposium. Dresden, Germany.
- McClellan, M.D.; Rinehart, R.D.; Ngo, L.; Eisen, E.A.; Kelsey, K.T.; Wiencke, J.K.; and Herrick, R.F. [2004a] Urinary 1-Hydroxypyrene and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure Among Asphalt Paving Workers. Vol. 48, No. 6, pp. 565-578. *Annals of Occupational Hygiene*. Oxford, England, UK.
- McClellan, M.D.; Rinehart, R.D.; Ngo, L.; Eisen, E.A.; Kelsey, K.T.; Herrick, R.F. [2004b] Inhalation and Dermal Exposure Among Asphalt Paving Workers. Vol. 48, No. 8, pp. 663-671. *Annals of Occupational Hygiene*. Oxford, England, UK.
- McGovern, E.W. [1979] Durable Road Tar: The Development on Four Continents. 3rd Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa. Durban, South Africa.
- Mead, K. and Mickelson, L. [1997] Engineering Control Guidelines for Hot Mix Asphalt Pavers. National Institute of Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, Ohio, USA.
- Mickelson, R.L.; Shulman, S.A.; Kriech, A.J.; Osborn, L.V.; and Redman, A.P. [2006] Status of Worker Exposure to Asphalt Paving Fume with the Use of Engineering Controls. *Environment, Science and Technology*, es060547z. Vol. 40, Issue 18, 5661-5667. American Chemical Society, Washington, DC.
- Miller, A.K. and Burr, G.A. [1996a] Health Hazard Evaluation Report: Koester Equipment Company, Evansville, Indiana. Report No. 95-0307-2602. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Miller, A.K. and Burr, G.A. [1996b] Health Hazard Evaluation Report: Staker Construction Company, Casa Grande, Arizona. Report No. 96-0072-2603. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Miller, A.K. and Burr, G.A. [1998] Health Hazard Evaluation Report: Bardon-Trimount, Stoughton, Massachusetts. Report No. 97-0232-2674. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, Ohio, USA.
- Monarca, S.; Pasquini, R.; Sforzolini, G.S.; Savino, A.; Bauleo, F.A.; and Angeli, G. [1987] Environmental Monitoring of Mutagenic/Carcinogenic Hazards During Road Paving Operations With Bitumens.

- International Archives of Occupational and Environmental Health. 59(4):393–402.
- Mundt, D.J.; Marano, K.M.; Nunes, A.P.; and Adams, R.C. A Review of Changes in Composition of Hot Mix Asphalt in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Cincinnati, Ohio, USA.
- Norseth, T.; Waage, J.; and Dale, I. (1991) Acute Effects and Exposure to Organic Compounds in Road Maintenance Workers Exposed to Asphalt. *American Journal of Industrial Medicine*. 20, 737–744.
- Prowell, B., Hurley, G., Frank, B. [2011] Warm-Mix Asphalt: Best Practices. Report No. QIP-125. National Asphalt Pavement Association (USA). Lanham, Maryland, USA.
- Rühl, R.; Musanke, U.; Kolmsee, K.; Prieß, R.; Zoubek, G.; and Breuer, D. [24 February, 2006] Vapours and Aerosols of Bitumen: Exposure Data Obtained by the German Bitumen Forum. pp. 1-10. *Annals of Occupational Hygiene*. Oxford, England, UK.
- Rühl, R.; Musanke U; Kolmsee K; Prieß, R; and Breuer, D. [2007] Bitumen Emissions on Workplaces in Germany. 4(S1):77-86. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. Cincinnati, Ohio, USA.
- Sabita. [2005] Memorandum on the Discontinuation of the Use of Coal Tar in Road Construction. Southern African Bitumen Association. Pinelands, South Africa.
- Ulvestad, B.; Randem, B.G.; Hetland, S.; Sigurdardottir, G.; Johannessen, E.; and Lyberg, T. [2007] Exposure, Lung Function Decline and Systemic Inflammatory Response in Asphalt Workers. 33(2):114–121. *Scandinavian Journal of Work, Environment, and Health*. Helsinki, Finland.
- Virtamo, M.; Riala, R.; Schimberg, R.; Tolonen, M.; Lund, G.; Peltonen, Y.; and Eronen, R. [1979] Bituminous Products in Road Paving Operations. Publication No. 20. Finnish Institute of Occupational Health. Helsinki, Finland.
- Zey, J.N. [1992a] Letter of July 10, 1992, from J.N. Zey, Division of Surveillance, Hazard Evaluations, and Field Studies, National Institute for Occupational Safety and Health, to Forrest L. Cash, Quality Control Department, Barrett Paving Materials, Inc., Cincinnati, Ohio, USA.
- Zey, J.N. [1992b] Letter of July 27, 1992, from J.N. Zey, Division of Surveillance, Hazard Evaluations, and Field Studies, National Institute for Occupational Safety and Health, to Blair B. Bury, Vice President of Construction, Midwest Asphalt Corporation, Hopkins, Minnesota, USA.
- Zey, J.N. [1992c] Letter of August 14, 1992, from J.N. Zey, Division of Surveillance, Hazard Evaluations, and Field Studies, National Institute for Occupational Safety and Health, to Gerald D. Jordan, Branch Manager, APAC Mississippi Inc., Greenville, Mississippi, USA.
- Zhou, Q. [1997] Biomonitoring Workers Exposed to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Asphalt During Road Paving (Dissertation). University of Cincinnati, Department of Environmental Health of the College of Medicine. Cincinnati, Ohio, USA.

*Eestindanud*  
*Aleksander Kaldas*

## **TÕLKIJAJA KOMMENTAARID:**

*Artikli „Asfaltkatete tööstus: Üleilmne perspektiiv“ näol on tegemist ühega paljudest EAPA üldtutvustavatest toimetistest, millest hariva osa kõrval saab välja lugeda ka organisatsiooni põhimõttelisi seisukohti ja strateegiat. Ühtlasi on kasutatud juhust rõhutada väljaandjate pingutusi asfalditööstuse positiivse poole arendamiseks, ning tõestada sellega seotud kahjulike mõjude pidevat vähenemist, mis tõepoolest ka nii on. Käesolev (II) väljaanne on tegelikult varemilmunud dokumendi uus värskendatud versioon.*

*Tekstist võib leida palju kasulikku teavet. Lisaks, olles materjali läbi lugenud, võib tekkida ka küsimus, kellele see on õieti mõeldud. Minul igatahes korraks tekkis. Seda põhjustab käsitletava aine ulatus ja muutuvad keerukustasemed. Kui segu tootmise statistika*

ja tehniliste protsesside üldistatud kirjeldus sobib kõige laiemale lugejaskonnale, siis eriti terviseriskide osas läheb jutt kohati väga spetsiifilistesse üksikasjadesse. Õeldu täpsemaks jälgimiseks peab ka teedeinsener aju pingutama ja mõnest käsiraamatust (nt keemia-alasest) tuge otsima. Arvan, et toimetis on mingil määral sihitud majandus-poliitilistes debattides osalejatele. Seda kinnitab näiteks oluline rõhuasetus keskkonna- ja tervisekaitsele, mis hõlmab enam kui kolmandiku tekstiosast (lk 15...23) ning peale selle lisad II ja III. Veelkord meeldetuletus, et „vanas“ Euroopas (eks samuti USA-s) on keskkonnahoiu küsimused teravama tähelepanu all kui meil siin Läänemere ääres. Sellest tuleneb sealne vajadus võimalikult sagedasti selgitada tegelikku olukorda ja riskide olemasolu ning suurust.

Ülevaateemede puhul vägisi kommenteerima kippuda pole mõtet ega sisulist vajadust. Juhin kõigepealt tähelepanu sellele, et toimetises on koos esitatud nii Euroopa kui Ameerika (USA) andmeid ja seisukohti. Sellest tingituna siis ka originaali keelekasutus ja terminoloogia (kes võtab ette inglisekeelse versiooniga tutvumise, veendub selles ise) ning topelt mõõtühikud (kilomeetrid/miilid, C- ja F- kraadid jne).

Mitmes kohas on mainitud soojalt segatud asfaltsegu (WMA) kui keskkonda säästvat tehnoloogiat. WMA on praegu üks tõsisematest innovatsioonidest, mida EPA toetab. Asi läheb muide hästi kokku eespool mainitud kerge propagandasuunitlusega.

Artiklis on kokku ära toodud suur hulk erinevaid andmeid. Mõne numbriga või viite puhul võiks esitada teise küsimuse: „Miks nii vanad?“ Ilmselt on põhjuseks just selline suur hulk ja ulatus ning sealjuures soov tagada andmete võrreldavus. On ka vahe, kas teavet kasutatakse jätkuvateks uuringuteks, mis vajavad kõige värskemaid tulemusi, või olukorra ja trendide illustreerimiseks.

Mis puutub tõlketehnilisse külge, siis püüdsin olla sisult originaalilähedane, kuid ei pööranud tähelepanu inglise keele lauseehituse piinliku täpsusega jälgimisele. Organisatsioonide ja dokumentide pärisnimede ja nimetuste lühendid püüdsin avada, kuid enamuse neist jätsin teadlikult eesti keelde tõlkimata. Kui lugejal tekib küsimusi mõistete või nimetuste osas, mille kohta pole toodud viidet, siis on tal suurepärase võimalus otsinguteks oma käe peal.

Artikli originaalteksti leiab iga asjast huvitatu EPA veebilehelt [www.epa.org](http://www.epa.org) rubriigist „Publications“. Kinnitan veelkord, et seal on ka palju muud huvitavat, mistõttu surfamist võib igati soovitada.

Siiralt

Aleksander Kaldas

Jaanuar, 2012