

-1459 II

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Seeria A nr. 34

1950

R. AMBROS

KUKERMIIT FILLERINA
ASFALTBETOONI VALMISTAMISEL

С РЕЗЮМЕ:

КУКЕРМИТ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОВОГО
БЕТОНА



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-1459 II

TALLINNA POLÛTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Seeria A nr. 34 1950

R. AMBROS

KUKERMIIT FILLERINA ASFALTBETOONI VALMISTAMISEL

С РЕЗЮМЕ:

КУКЕРМИТ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОВОГО
БЕТОНА



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950 TARTU

P1

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

10234

TPI redaktsioonikolleegium: L. Schmidt (esimees), E. Rannak, A. Aarna,
H. Lepikson, B. Levin, L. Tepaks, A. Päss.

Sissejuhatus.

Asfaltbetooni valmistamise tehnoloogia on seni baseerunud peamiselt teede ekspluateerimise protsessis aja jooksul kogutud valmiskatete vaatlustel ja asfaltbetooni proovikehade laboratoorse teimimise andmetel. Need andmed on sageli osutunud liiga puudulikeks.

Asfaltbetooni valmistamise tehnoloogia peab aga olema rajatud teoreetilistele alustele, teaduslike uurimistööde tulemustele. Asfaltbetooni osainete valik peab toimuma kindlate uurimisandmete põhjal, ta peab toetuma füüsikalisele keemiale, kolloidkeemiale ja molekulaarfüüsikale. Need nõuded on eriti tähtsad filleri suhtes, sest see omab, võrreldes oma mahuga, suurt pindala, kus kulgevad mitmesugused füüsikalised-keemilised protsessid mineraalne ja bituumeni molekulide mõjul üksteisele.

Nagu teada, koosneb asfaltbetoon oma skeleti osas killustikust, mille sideaineks on bituumen. Asfaltbetoonilt nõutakse tihedust, mehhaanilist tugevust, kulumis-, vee- ja temperatuurikindlust. Asfaltbetooni tihedus oleneb agregaadid tihedusest ja asjaolust, kuivõrd tihedalt on bituumeniga täidetud ruumtühikud asfaltbetoonis.

Hävitavalt mõjub asfaltbetoonile vesi. Vee mõjul väheneb bituumeni niidusus kivimi osakeste suhtes, ja vesi, külmudes asfaltbetooni poorides, murendab viimast mehhaaniliselt.

Et tõsta asfaltbetooni mehhaanilist tugevust, sitkust, vee- ja temperatuurikindlust ning takistada mineraalosakeste liikumist segus, lisatakse bituumenile asfaltbetooni valmistamisel mineraalseid pulbreid, mida tuntakse filleri nimetuse all.

Filleri kasutamine asfaltbetoonis ei ole uudne. Nagu arheoloogilised uurimused on näidanud, segati juba vanal ajal bituumenit mineraalsete pulbritaoliste materjalidega. Need materjalid koosnesid peamiselt süsihapust kaltsiumist raua ja räni lisanditega.

Hilisematel aegadel püüti tõsta asfaltbetoonisegude püsivust sel teel, et hakati kasutama sitkemaid bituumenimarke. See viis osutus aga eeslikuks ja arusaamine filleri osatähtsusest asfaldisegus tõusis veelgi.

Kui kapitalistlikes maades põhineb teede katete ehitamine ja dimensioneerimine ainult tegelikel kogemustel ja katsete tulemustel, siis Nõukogude Liidus seevastu luuakse ka teedeasjanduses, nagu kõigil muudelgi teadusaladel, teoreetilised alused praktiliste tööde teostamiseks.

Uurimisi filleri mõjust asfaltbetooni füüsikalistele ja mehhaanilistele omadustele alustas vene teadlane M. V. Suhharev juba 1913. a. Silmapaistvaid tulemusi sel alal on saavutanud paljud Nõukogude Liidu teadlased, nagu N. N. Korotkevitš, N. V. Okorokov, P. V. Sahharov, A. I. Lössihhina, N. N. Ivanov jt.

I. Tegurid, mis mõjutavad bituumenkatete püsivust.

1. Bituumenkile veekindlusest.

Nagu eespool oli mainitud, on vesi asfaltbetoonkatete suurimaks hävitavaks teguriks. Kivimeid katva bituumenkile veekindlus oleneb sellest, kumb neist, kas vesi või bituumen, märgab kivimit paremini. Kui kivim märgub paremini veest, võib vesi bituumenkile ära tõrjuda. Niisuguseid kivimite liike nimetatakse hüdrofiilseteks ehk veelembesteks — vett armastavateks.

Märgub aga kivim paremini bituumenist, siis ei suuda vesi bituumenkilet ära tõrjuda ja kivimil on sel puhul hüdrofoobsed ehk vett vihkavad omadused.

Et viimasel ajal on osutatud suurt huvi ka bituumensideaine ja kivimite vahelise nidususe küsimusele, on alljärgnevalt selgitatud neid tegureid, mis mõjutavad bituumenkatete püsivust veekindluse seisukohalt.

2. Ainete kokkupuutepindade servades mõjuvad jõud.

Nagu kapillaarkeemiast teada, põhjustavad kõvade ja vedelate ainete molekulide vahel valitsevad jõud ainete koospüsimist. Kahe erineva aine kokkupuutepindades tekkivad jõud mõjutavad kokkupuutepindades asuvaid molekule. Nende üldiselt mitte suurte jõudude mõjul tõmbuvad kahe kokkupuutuva aine molekulid kas üksteise ligi või tõukuvad üksteisest eemale. Kui kaks ainet lahustuvad teineteises, siis tungivad ühe aine molekulid teise aine molekulide vahele. Teataval juhul aga tekitavad need jõud kokkupuutepindades pingeid ja kokkupuutepindu võib vaadelda kui elastset pinget all olevat „membraani”.

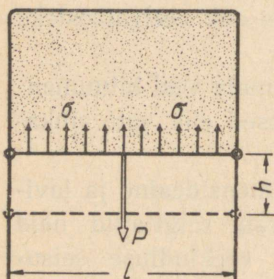
Pinged selles „membraanis” võrduvad kokkupuutepindade pindpinevusega. Seega on pindpinevus jõud, mis mõjub kahe aine — näiteks vee ja õhu, kivi ja asfaldi, kivi ja vee jne. kokkupuutepindades. Esimesel juhul on tegemist õhu ja vedeliku vahelise ning viimasel juhul kõva keha ja vedeliku vahelise pindpinevusega.

Ettekujutuse eespoolkirjeldatud pindpinevuse kohta saab, kui kujutleda, et ühe liikuva küljega metallraamis on tekkinud vedelikukile ja see kile tõmbab raami liikuvat külge ülespoole (joon. 1). Seda liikumist ülespoole saab takistada jõu P rakendamisega raami liikuvale küljele. Pindpinevus σ (väljendatud düünides) mõjub raami liistu mõlemat külge mööda ulatuses $2 \cdot l$ ja see jõud $P = 2 \cdot l \cdot \sigma$.

Pindpinevuse toimet võib vaadelda, kui raami liikuv külge nihkub teekonna h võrra. Siis liigub ka jõud P sama teekonna võrra ja seejuures kulutatud energia kulu $E = P \cdot h = 2 \cdot \sigma \cdot l \cdot h = 2\sigma F$, kusjuures F on pindala $l \cdot h$ suurus cm^2 -tes.

Seega pindpinevus $\sigma = \frac{E}{2 \cdot F}$ ja seda pinget nimetatakse vabaks pinnaenergia potentsiaaliks. See vaba pinnaenergia püüab alati omandada kõige väiksemat võimalikku suurust. Vedeliku pingest tingituna

väheneb nii pindpinevus σ kui ka pindala F . Viimane väheneb selle tõttu, et raami täitev vedelikukile püüab endale võtta sobivat kuju, tõmbudes kas kerrasse või omandades läätse kuju. See nähtus esineb eriti siis, kui aine katab teise aine pinda. Kui üks ainetest on peeneteraline ja teises aines dispergeeruv, võib pindala F väheneda ka selle tõttu, et katva aine osakesed liituvad klompideks ja koaguleeruvad. Pindala F suurenemine võib toimuda ainult uue energia juurderakendamisel.



Joon. 1.

3. Bituumensideaine nidususest kivimiga vee all.

Vaadeldes bituumensideaine kokkupuutumist kivimaterjaliga vee all, võib juhul, kui sideaine on küllaldaselt vedel, järeldada, et sideaine püüab kas levida kivi pinnal või tõmbub selle pinnal kokku, kuni on saavutatud ainetevaheliste jõudude tasakaal. Teoreetiliselt võib bituumensideaine omada kivi pinnal üht joonisel 2 toodud kujudest.

Vastavalt aine pindpinevuse toimel omandatud kujule moodustab bituumenitilgake kivimiga kokkupuute pinna servas nurga α . Selle nurga suurus on muutlik. Bituumenaine tilgakese sattumisel kivimi pinnale jätkub aine laialivalgumine kivimi pinnal seni, kuni on saavutatud teatav tasakaal, s. o. servanurk α on omandanud teatava kindla suuruse α_0 ($\alpha = \alpha_0$). Selle tasakaaluasendit tähistatava nurga α_0 suurus võib olla järgmine: 1) $\alpha_0 = 0^\circ$; 2) $0^\circ < \alpha_0 < 90^\circ$; 3) $\alpha_0 = 90^\circ$; 4) $90^\circ < \alpha_0 < 180^\circ$ ja 5) $\alpha_0 = 180^\circ$.

Joonisel 2 toodud võimalustest püüab esimesel juhul sideainetilgake kivi pinnal laiali valguda ja kujundada õhukest kilet. Siis märgab sideaine kivi pinda täielikult. Juhtudel 2, 3 ja 4 ei ole märgamine täielik ja ainetevaheline tasakaaluseisund saabub kas terava, täisnurkse või tõmpnurkse servanurga all. Numbriga 5 tähistatud juhul ei teki bituumeniga märgamist ja vesi tungib kihina kivi ning sideaine vahele.

Järgnevalt vaatlemegi juhtu, kui kivi ja bituumen asetsevad vees, ja selgitame seejuures, millised on sideaine ja kivimi kokkupuute pindade servades tekkivad pindpinevusjõud.

Selleks tähistame:

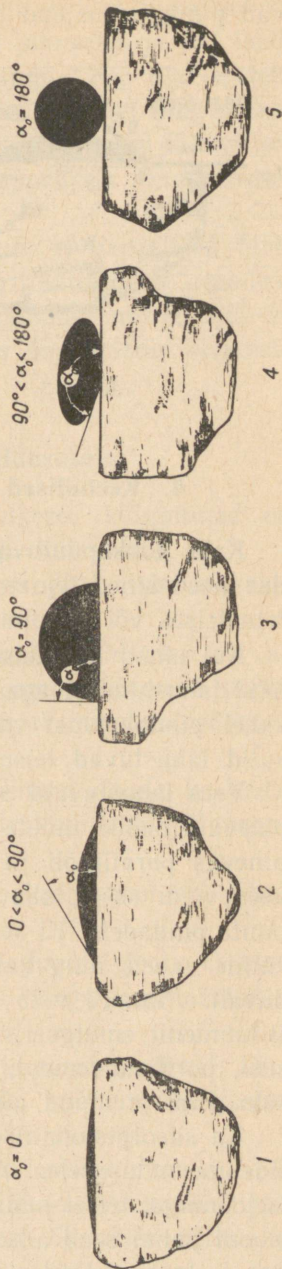
σ_{vk} — pindpinevus vee ja kivi vahel;

σ_{vb} — pindpinevus vee ja bituumensideaine vahel;

σ_{kb} — pindpinevus kivi ja bituumensideaine vahel.

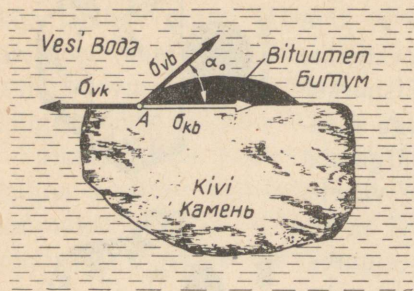
Rakenduspunktiks nendele kolmele pindpinevusjõule on punkt *A* (joon. 3), kus teoreetiliselt puutuvad kokku kõik kolm ainet, s. o. vesi, bituumensideaine ja kivi. Punktis *A* peab saavutatama ka jõudude tasakaal. Et kolmest kokkupuutuvast aineist on kivi tahke aine, peab punkt *A* nihkuma, kui liikumine üldse aset leiab, kivi pinda mööda. Tasakaalu tekkimisel pindpinevusjõudude vahel, kui punkt *A* jääb paigale, on $\alpha = \alpha_0$ ja $\sigma_{vk} = \sigma_{kb} + \sigma_{vb} \cos \alpha_0$ ehk $\sigma_{vk} - \sigma_{kb} = \sigma_{vb} \cos \alpha_0$.

$\sigma_{vk} - \sigma_{kb}$ võib nimetada nidususjõuks ja see on kivi ning kahe teise aine — vee ja bituumensideaine kokkupuute pinnal mõjuva pinge resultantjõud ning võrdub vee ja sideaine vahelise pindpinevusega, korrutatud nurga α_0 koosinusega. Bituumenkatete puhul on soovitatav, et bituumensideaine suudaks kivi pinnalt vee ära tõrjuda, teiste sõnadega, α_0 peaks olema nii väike, kui võimalik või pigemini võrduma nulliga.



Joon. 2.

Bituumensideaine asetamisel kivi pinnale juhul, kui $\alpha_0 < 90^\circ$, töötavad pindpinevusjõud σ_{vb} ja σ_{vk} kasulikult, s. o. laotavad sideainetilgakese kivi pinnale.



Joon. 3.

Et nidusust bituumensideaine ja kivi pinna vahel tõsta, tuleb pindpinevust vee ja kivi vahel (σ_{vk}) suurendada ning pindpinevust kivi ja sideaine ning vee ja sideaine vahel vähendada.

Parim nidusus saavutatakse siis, kui bituumensideaine märgab täielikult kivi pinda ehk $\sigma_{vk} - \sigma_{kb} \geq \sigma_{vb}$.

4. Keemilised reaktsioonid ainete kokkupuutepindades.

Kahe kokkupuutuva aine pindpinevuse suurus oleneb ka sellest, kuidas need ained teineteise suhtes reageerivad, s. o. kas nad lahustuvad teineteises või ei toimu nende vahel mingit keemilist ühinemist.

Kui ained teineteises lahustuvad, on pindpinevus väga nõrk. Täielikult lahustumisel aga võib pindpinevus võrduda nulliga. Et kahe aine vahel pindpinevust vähendada, jätkub ka sellest, kui ühe aine molekulid lahustuvad teises aines ainult osaliselt.

Vees lahustuvaid aatomigruppe sisaldavad ained vähendavad pindpinevust nende ainete ja vee kokkupuute pindades. Näiteks on pindpinevus parafiinõli ja vee vahel suhteliselt suur. Kui aga lahustada vees veidi seepi, siis väheneb pindpinevus vee- ja õliosakeste kokkupuute pindadel. Et seebikiht on väga õhuke, tungib ta õli ja vee molekulide vahele ning kahandab pindpinevust nende kahe aine vahel tunduvalt. Samuti võib seep olla üheks bituumensideaine emulgaatoriks. Bituument emulgeerivateks aineteks osutuvad veel näiteks kuiv pruunsiis, portlandtsement, kiltkivi, marmor, vesiklaas, vaikained, kolloidne savi, liim ja muud ained.

Ka adsorptsiooninähtusel on praktikas suur tähtsus kivi ja bituumensideaine nidususele. Adsorptsioon võib ühel juhul olla puht-füüsikalise iseloomuga, teisel juhul aga keemilise iseloomuga. Füüsikalise adsorptsiooni puhul seob adsorbeeruv aine end kõva pinna külge, kuna keemilise iseloomuga adsorptsiooni puhul lagunevad adsorbeeruvad molekulid ja osakesed ning jaotuvad adsorbeeriva keha pinnale.

Asfaltkatete ehitamisel kasutatakse nii hüdrofoobsete kui ka hüdrofiilsete omadustega agregaatide. Keemia seisukohalt on kivi hüdrofoobne, kui ta on suuteline reageerima sideainega kokku puutudes ja kui tekib ühend, mis ei lahustu vees, kuid lahustub sideaines. Kui aga ei teki mingit reaktsiooni või kui ühend on vees lahustuv, on kivi hüdrofiilne.

Praktiliselt on tähele pandud, et aluselisel reageerivatel kivimaterjalidel on suurem nidusus bituumeniga kui happeliselt reageerivatel kividel.

Bituumeni veekindluse uurimused on näidanud, et happelised kivimid, nagu graniit, süeniit, porfüür, kvarts jt., on hüdrofiilsete omadustega, kuna aluselised kivimid, nagu lubjakivi, dolomiit, marmor jt., on hüdrofoobsed. Seda võib kontrollida bituumeniga ümbritsetud kivikeste keetmisega vees.

5. Kivimite pinna iseloomu mõju nidususele.

Bituumenkatete ehitamiseks tarvitavate kivikeste külgpinnad on kas siledad ja libedad või konarlikud, karedad ja lõhestunud.

Libedatel ja tiheda struktuuriga kivikestel on pinna ebatasasuste mõju nidususele suhteliselt väike.

Niihästi kapillaarpragudega ja poorse struktuuriga kividel kui ka tiheda pragudevõrguga kaetud kivide pindadel, samuti õõnsuste puhul kivi kristalliterakeste vahel, on pinna ebatasasustel nimetamisväärselt suur mõju sideaine nidususele.

Seega tuleb bituumenkatte koostise valikul silmas pidada ka seda, kas agregaat bituumensideaine jaoks on tihedastruktuuriline või urbne ja praguline.

Vaatleme võrdlevalt ühte teekattematerjali osakest kahel eri juhul, nimelt:

- a) kui sideaine asetseb vabal ja siledal kivimi pinnal (joon. 4) ning
- b) kui sideaine asetseb kahe kivikese vahel nagu kapillaartorus, ümbritsetult külgedelt veega (joon. 5).

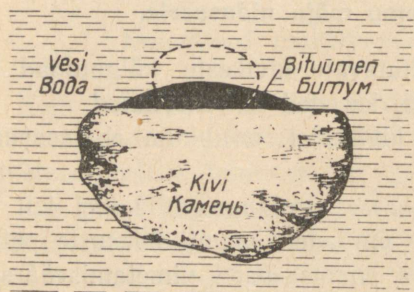
Bituumensideaine osake, mis asetseb siledal ja tasasel pinnal, tõmbub pindpinevuse tõttu kokku, andes ruumi veele, kusjuures paljastub osa kivi pinnast (joon. 4).

Sideaineosake aga, mis asub kapillaartorukese-taolises ruumis, võib vee ja sideaine kokkupuutepindades meniski-kujuliseks muutumisel paljastada ainult väikese osa kivikese pinnast (joon. 5). See nähtus ei ole aga üldiselt nimetamisväärselt suur. Seega on veel bituumeni asetamisel kahe kivikese vahele bituumenit raskem ära tõrjuda kui esi-

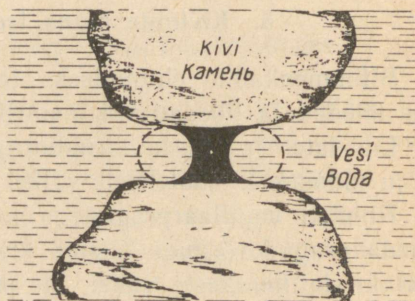
mesel juhul. Kui kivimi pind paljastuks suuremas ulatuses, peaks ka sideaine surutama kapillaartorukeste külgedele *A* ja *B* vastu tihedamaks. Karedate või praguliste kivipindade puhul nõuab niisugune surumine suurt jõudu.

Sideaine eraldumine kivikese pinnalt teekattemassis kutsub esile katte deformatsioone, milline nähtus on sideaine üheks halva nidususe tunnuseks. Siledatel pindadel on bituumeni nidusus kivikestega üldiselt nõrgem ja bituumen võib kivikese pinnalt eralduda.

Juhul, kui kivid on sideainega hästi impregneeritud, on sideaine eraldumine ja tema eemaletõrjumine vee poolt raskendatud. Et kindlustada impregneerimise toimet, tuleb agregaat kuumutada õhu väljutamiseks kivikeste pooridest. Kivikeste jahtumisel tungib bituumen pooridesse ja nidub hästi.



Joon. 4.



Joon. 5.

Sideainete vastupanu vee mõjule kasvab veel, kui sideaine on teatav aeg enne veega kokkupuutumist seisnud segatult kivimiga. Näiteks on pindamisele järgnenud kuivade ilmade tõttu katte vastupidavus suurem. See nähtus põhjeneb osalt sellel, et sideaine ise aja jooksul oksüdeerub ja aurub ning muutub seejuures sitkemaks. Kui aga tee pindamise järel, kohe pärast töö lõppu, hakkab vihma sadama, kannatab töö kvaliteet.

6. Peeneteraliste mineraalide mõju katte veekindlusele.

Maanteetolm ja huumuseosakesed agregaadil takistavad bituumeni nidusust ja vähendavad seega katte vastupidavust veele. Sama toimet avaldavad ka pinnase peeneteralised mineraalid, näit. savi, kui nad satuvad segusse.

Kui kivike kattub valmis teekattes pragude kaudu tolmu või savi-kihiga, tekib kivi pinnale koorik, mis takistab omakorda sideaine nidu- mist kiviga edaspidi, bituumeni deformeerumisel kivimil.

On leitud, et niisugused peened terad võivad emulgeerida ka side- ainet ning sideaine hakkab vees lahustuma.

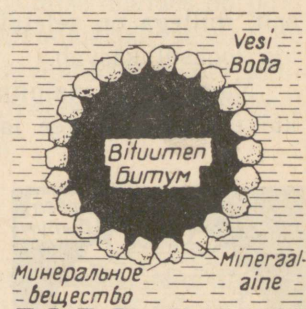
Ka sel juhul, kui teekattes asetatud agregaat eraldab murenemise tõttu oma pinnalt peeni osi, algab kivide servakestes — kivi ja side- aine vahel — lagunemine ning seega ka vee sissetungimine kattesse.

Mineraalained, nagu kvarts, raudoksüüd ja kips, tekitavad emul- sioonitüüpe „õli vees”, kuna lubjakivi, magneesiumkarbonaat, kaltsium- hüdroksüüd, magneesiumhüdroksüüd ja portlandtsement tekitavad emul- sioonitüüpe „vesi õlis”. Eespoolkirjeldatud ainetest on kvartsil ja kip- sil halb nidusus bituumeniga, kuna seevastu marmori, lubjakivi ja portlandtsemendi nidusus on tugev. Viimased ained emulgeerivad vee bituumenisse.

Teekatte püsivuse seisukohalt on oluline, kumb neist kahest ainet, s. o. kas bituumen või vesi, moodustab ümbritseva kihi. Kui vesi on välispinnal (joon. 6), siis on sideaine — bituumen — vees pihustatud ja uhetakse teekattest veega kergesti ära. Kui aga bituumen katab veetilgakesi väliskihina (joon. 7), siis on vesi ümbritsetud bituume- niga ja viimasel on kambrikestest koosnev struktuur ning teepinnale sattunud vesi ei suuda bituumenit teekattest ära uhta. Küll võib aga bituumen teekattest liikluse tõttu teataval määral komprimeeruda ja teekate selle tagajärjel aja jooksul tiheneda.

Milline neist emulsioonitüüpidest võib tek- kida, oleneb sellest, kas mineraalkehake mär- gub paremini bituumenist või veest. Kui see niiskub paremini veest, siis asetsevad peened mineraalsed terakesed klompidena rohkem vees ja vähem sideaines.

Kui bituumensideaine ja kivimaterjal on vabad kõrvalistest nidusust mõjutavatest ollustest, peab nende ainete vahelise hea nidususe saa- miseks tekkima sideaine ja kivi molekulide vahel reaktsioon, lahustu- mine. See reaktsioon peab sideaine ja kivi vahel olema suurem kui vee ja kivi vahel. Sideaine ja kivi pinna vahel tekkiva reaktsiooni pro- dukt peab olema säärase omadusega, et see ei lahustuks vees. Prak- tiliselt ei ole ei sideaine ega kivi vabad kõrvalollustest. Need kõrval- ollused võivad suurel määral mõjutada nidusust bituumensideaine ja



Joon. 6.

kivi vahel sel teel, et nad adsorbeeruvad ja moodustavad vahelüli sideaine ja kivimaterjali molekulide vahel. Niisuguseks aineks on näiteks peeneks jahvatatud kivimaterjal. Kõrvalollused võivad ka ise lahustada sideainet vees, mis oleks aga teekatte veekindlusele kahjulik. Niisugusteks aineteks osutuvad mõned savi- ja pinnaseliigid ning mõni liik kivijahu. Et vesi teekattes emulgeerub, see ei olene otseselt ei heast ega halvast nidususest sideaine ja kivi vahel, vaid põhjeneb mitmesugustel muudel, väljaspool keemiavaldkonda olevail tegureil.

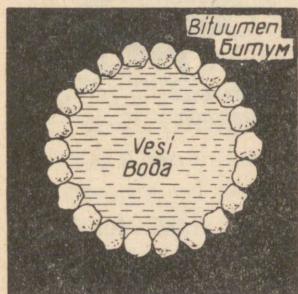
7. Nidusust tõstvad tegurid.

Nagu eespooltoodust selgub, on bituumenaine nidumisprotsess kiviga komplitseeritud nähtus ja sõltub paljudest teguritest. Lisaks eelnevale tuleb märkida, et ka sideaine viskoossus mõjutab nidusust: sitked sideained niduvad aeglasemalt kui vedelad.

Kui sideaine satub kivi pinnale, ei toimu nidumine otsekohe — sideaine peab, enne kui ta ise saab katta kivi pinda, sealt ära tõrjuma õhu ja gaasiosakesed.

Õhu molekulide asendumine bituumeni molekulidega toimub aeglaselt, millega on seletatav ka nähtus, et nidusus kivi ja sideaine vahel aja jooksul kasvab.

Nagu varem mainitud, suureneb nidusus sideaine ja kivi pinna vahel, kui pindpinevus vee ja kivi pinna vahel suureneb ja pindpinevus kivi ja sideaine ning vee ja sideaine vahel väheneb. Tegelikult on teatavate ainete juurdelamisega võimalik muuta pindpinevust soovitud suunas. Teoreetiliselt oleks mõeldav lisada neid aineid juurde kas veele, sideainele või katta nendega kivi pinda. Need ained peaksid suurendama nidusust kivi ja sideaine vahel. Teoreetiliselt oleks võimalik kivi ja sideaine vahelise pindpinevuse tõstmiseks kasutatavaid aineid juurde lisada veele, kuid praktiliselt osutuks see võimatuks, sest vesi teekatte pinnal ja teekattes endas vaheldub



Joon. 7.

kogu aeg, tungides kattesse ja voolates sealt ära. Sobiv oleks lisaaaine, mis tõstaks pindpinevust vee ja kivi vahel (σ_{vk}) ja vähendaks seda vee ja sideaine vahel (σ_{vb}). Pindpinevuse σ_{vk} suurenemist on raske tekitada, küll on aga kergem üht pindpinevuse komponentidest alandada. On püütud katsena alandada pindpinevust vee ja sideaine vahel 5%-lise

kloorkaltsiumi lisamise teel veele, kuid see on mõjutanud asfaldisegu kuni lagunemiseni.

Võimalik peaks olema nidusust tõstvaid aineid juurde lisada bituumenile.

Nagu kirjanduse andmeist selgub, on viimaseil aastail sooritatud katsed kinnitanud, et asfaldi fluksaineks on parem kasutada kivisöetõrvadest saadavaid õlisid kui mineraalõlisid. Ka on katsed ja uurimused tõestanud, et tõrvainet sisaldavatel asfaldilahustel on parem nidusus kui mineraalõlidega asfaldilahustel. Seda põhjendatakse sellega, et tõrvõlid on ilmselt aktiivsemad ja rohkem reaktsioonile kalduvad kui mineraalõlid. Sideaine nidusust kivimiga tõstab ka toortärpentin. Toortärpentin lahustub asfaldis ja sisaldab teataval määral ka vees lahustuvaid aineid, seega alandab toortärpentin pindpinevust σ_{vb} .

Pindpinevuse vähendamiseks kivi ja sideaine vahel kasutatakse seepe. On seepe, mis raskelt lahustuvad vees, kuid hästi õlides ja bituumensideaines, ning vastupidi. Halvasti lahustub õlides näiteks naatriumseep, kuid seevastu lahustuvad kaltsium- ja alumiiniumseebid õlis hästi. Bituumenis hästi lahustuvate seepide juurdelisamine bituumenile tõstis bituumeni nidusust agregaadiga. Nidususe tõstmise huvides on püütud agregaadile juurde lisada tsementi, lastes kivimaterjali seista õhu käes mõni aeg enne segamist. Tsement katab kivipinda õhukese kihikesena ja annab agregaadile pinnale aluselise reaktsiooni. Tsemendi hulgaks võetakse umbes 3% agregaadiga kaalust.

8. Järeldused.

Et bituumensideaine ja kivimi pinna vahelist nidusust suurendada, tuleb tõsta pindpinevust vee ja kivimi vahel (σ_{vk}) ning vähendada pindpinevust kivimi ja sideaine (σ_{kb}) ning vee ja sideaine (σ_{vb}) vahel.

Parim nidusus saavutatakse siis, kui bituumensideaine märgab täielikult kivipinda, s. o. kui

$$\sigma_{vk} - \sigma_{kb} \geq \sigma_{vb}.$$

Kahe teineteist lahustava aine vahelised pindpinevused on üldiselt nõrgemad kui mittelahustuvate ainete vahel. Sama on kehtiv ka teineteist osaliselt lahustavate ainete kohta. Pindpinevust võib nõrgendada ka kolmanda aine, emulgaatori juurdelisamisega kahele teineteises lahustumatule ainele. Sel juhul moodustab emulgaator „silla” kahe viimase aine vahel. Tõsta aga pingeid kahe aine vahel kolmanda aine juurdelisamisega on vaevalt võimalik. Emulgaatoritena on kasutamisel vees

lahustuvad vedelad ja ka tahked ained (leelised, seep, tõrvad, mäevaha, želatiin, kaseiin, tärklis, liim, vesiklaas, sulfaatleelised, pruunsöepulber, savi jne.).

Hüdrofiilsed kivimid märguvad paremini veest kui bituumeneist, kuna hüdrofoobsed seevastu märguvad paremini bituumeni suhtes.

Aluseliste kivimite nidusus bituumeniga on suurem kui happeliste oma. Järelikult võib filleri valmistamiseks kasutada ainult hüdrofoobseid kivimeid, näit. lubjakivi, dolomiiti, marmorit, põlevkivituhka jne.

Bituumenkatete ehitamisel kasutatava killustiku pind peab olema kare, et takistada bituumensideaine äratõrjumist vee poolt. Ka peavad kivimi terakesed olema puhtad tolmust, savist ja huumusest, et soodustada nidusust ja ära hoida bituumensideaine emulgeerumist nende tolmainete mõjul. Mõne emulgeeriva aine sattumisel teekattesse on katte veekindluse seisukohalt tähtis, et see emulgeeriv aine ei saaks mõjutada lahustavalt bituumenit. Katte veekindlus säilib tekkinud emulgeerumise puhul paremini siis, kui bituumen katab veekuulikest väliskihina.

II. Filleri probleemi lahendamisest asfaltbetoontede ehitamiseks Eesti NSV-s.

9. Nõuded filleri omaduste suhtes.

Vaatamata ulatuslikele kirjanduse andmetele filleri kohta tuleb märkida, et kuni käesoleva ajani puudusid ühtsad meetodid filleri kvaliteedi hindamiseks. Ühtne on olnud ainult nõue terade peenuse kohta.

Seni on nõutud, et filler olgu valmistatud kõvadest kivimiliikidest, ta ei tohi imada palju bituumenit, ei tohi sisaldada vees lahustuvaid aineid ega ka aineid, mis reageerivad tugevasti veele. Lisaks neile nõutakse fillerilt ka kindlat teralist koostist; filleri terakeste pind ei tohi olla klaasitaoliselt sile, vaid peab olema kare ja teravate nurkadeta.

NSV Liidu teedeala eriteadlane P. V. Sahharov seab tingimuseks, et filler peab andma segule suure nidususvõime, plastilisuse, temperatuuri- ja ilmastikukindluse.

Lähtudes keemilistest ja füüsikalisk-keemilistest nõuetest filleri suhtes vaatleb bituumeni eriteadlane Riedel filleri omadusi kivimi märgumise seisukohalt bituumeniga ja käsitleb ka kiviterakeste adsorptsioonivõimet. Kivimi adsorptsioonivõime oleneb aga happelistest ja aluselitest ühenditest kivimites. Mida suurem on aluseliste omaduste ülekaal happeliste suhtes, seda paremad on kivimi omadused nidususe poolest bituumeniga.

Teadlane M. A. Kurnajev, kes on põhjalikult uurinud filleri omadusi, jõuab otsusele, et püsiva teekatte saamiseks peab filler segamisel hästi ühinema bituumeniga ja omama küllaldast terapeenust.

NSVL Siseministeeriumi Maanteede Peavalitsuse 1948. a. tehnilistes tingimustes toodud definitsiooni järgi on asfaltbetooni valmistamiseks tarvitatav mineraalpulber — filler — peenestatud kivimaterjal, mille koostises on ülekaalus osakesed läbimõõduga alla 0,074 mm (läbivad sõela nr. 200).

Filler peab vastama tabelis 1 toodud nõuetele.

Tabel 1.

Tera peenus	Kivimi klass			Poorsus %-des alla	Hüdrofiilsuse koefitsient alla
	1, 2, 3	4	5		
Peab läbima sõela augud ø 1 mm	100%	100%	100%	} 45	1,10
Peab läbima sõela nr. 200 mitte alla	50%	60%	80%		

Märkusi: 1. Looduslikult murenenud kivimid ja tolmutaolised tööstuslikud jäägid kuuluvad jahvatuspeenuse suhtes neljanda klassi kivimite hulka.

2. Filler ei tohi asfaltbetooni valmistamisel tükki minna (pankuda).

Varem tootmises kasutatud ja tundmaõpitud fillerite (jahvatatud lubjakivi jm.) kõlblikkuse üle otsustatakse ainult jahvatuspeenuse järgi.

Fillerid, mida kasutatakse tootmises esmakordselt ja millele omadusi ei ole küllaldaselt tundma õpitud, teimitakse kõigi eespooltähendatud näitajate määramiseks ja peale selle uuritakse ka asfaltbetoonisegus. Uuritavast fillerist valmistatud asfaltbetoonisegu omadused peavad vastama tehnilistele nõuetele, mis on kehtestatud asfaltbetooni valmistamiseks katete ehitamisel kuumalt.

10. Asfaltbetooni valmistamisel fillerina kasutatud mineraalained.

Asfaltbetoonkatete valmistamisel on seni fillerina kasutatud järgmisi materjale.

1. Kvartsitolmu (kiiselguuri ja diatomiiti). Selle aine kasutamisel on aga tähele pandud, et peened räniliivad emulgeerivad asfaltmaterjali vees.

2. Kiltkivitolmu.

3. Tellistest jahvatatud pulbrit.

4. Granaatkivist valmistatud pulbrit. Siinjuures on aga tähele pandud, et nidusus bituumeni ja kivimi vahel on väike.

5. Asbestitolmu. Selle aine kiulisuse tõttu saab asfaltbetoon suure mehhaanilise tugevuse ja temperatuurikindluse, kuid samuti ka suure poorsuse.

6. Rübupulbrit. Viimane on aga koostiselt mitmesugune — happeline ja aluseline, seepärast ka kvaliteedilt mitmesugune.

7. Lubjakivipulbrit. Fillerina on see aine kõige populaarsem ja soovitatum.

8. Kustutatud lupja. Kustutatud lubi kui aluseline aine võib aga asfaldisegus esile kutsuda veega kokku puutudes emulgeerumist.

9. Portlandtsementi. See esineb paljudes maades kui soovitatud materjal fillerina.

10. Dolomiidipulbrit. Viimane on omadustelt lähedane lubjakivile ja teda on kasutatud paljudes maades rahuldavate tagajärgedega.

11. Kivisöetuhka ja kivisöetolmu. Siinjuures on tähele pandud, et nendel ainetel on omadus suurendada asfaltbetooni sitkust ja temperatuurikindlust.

12. Asfaltkivimist valmistatud pulbrit, mis on osutunud heaks materjaliks asfaltbetooni koostisele.

11. Eesti NSV oludes sobivad mineraalsed fillerid.

Nagu eespool mainitud, on paekivist jahvatatud pulbri kõrval üks levinumaid fillereid portlandtsement.

Et aga portlandtsement on tähtis sideaine ehitustööl, siis on käesolevas uurimistöös probleemiks seatud küsimus, millist teist materjali võiks Eesti NSV oludes ära kasutada fillerina.

Ülesseatud probleemi lahendamiseks on uurimise alla võetud alljärgnevad mineraalid:

1) Happelised kivimid, nagu rabakivi, pegmatiit, amfiboolgraniit, gneiss, graniit, biotiitgraniit ja kahe vilgu graniit (proov nr. 1). Süeniit, graniidist vähem happeline (proov nr. 2).

Pegmatiitgraniit, kahe vilgu graniit, nefeliinsüeniit, biotiitgraniit ja gneiss, kõik graniidist vähem happelised (proov nr. 3).

2) Aluselised kivimid, nagu doleriit ja basalt (proov nr. 4). Diabaasporfüriit (proov nr. 5), paekivi Lasnamäe paemurrust — „Laksipunane” (proov nr. 6), paekivi samast paemurrust, tuntud „Lasnamäe Papa” nime all (proov nr. 8).

Põlevkivituhk, mis jahvatatuna on tuntud kukermiidi nime all (proov nr. 9).

Portlandtsement margiga 350 (proov nr. 10).

12. Järeldused laboratoorsete uurimiste tulemustest.

Terastikuline koosseis.

NSVL Siseministeeriumi Maanteede Peavalitsuse 1948. a. tehniliste tingimuste kohaselt nõutakse, et filler läbiks sõela augu-läbimõõduga 1 mm 100%-liselt ja et läbimineku sõelast nr. 200 oleks 1., 2. ja 3. klassi kivimitel mitte vähem kui 50%, 4. klassil 60% ja 5. klassil 80%.

Kui analüüsitavad mineraalpulbrid, nagu kukermiit ja fosforiidijäätmelmed, kuuluvad 4. klassi, peab sõela nr. 200 läbinud aine hulk moodustama vähemalt 60% esialgsest kaalust.

Graniiti ja paekivi võib, nagu tsementi ning kukermiitigi, jahvatada filleri tootmisel soovitud peenuseni.

Fosforiidijäätmete sõelanalüüsi tulemused on järgmised:

Augu läbimõõt		Sõela läbinud aine hulk	
1	mm	—	100%
0,5	„	—	100%
0,25	„	—	99,95%
0,125	„	—	24,85%
0,075	„	—	2,55%

Nõutav on aga, et sõela nr. 200 läbimise protsent oleks vähemalt 60. Nagu sellest sõelanalüüsist järeldub, ei ole fosforiidijäätmete kasutamine täiendava jahvatamiseta võimalik.

Põlevkivituha jahvatuspeenuse näitajad on esitatud tabelis 2.

Tabel 2.

Proovi nr.	Proovi nimetus	Jahvatuspeenuse (jääk sõelale protsentides)		
		Sõel nr. 8, 64 auku cm ² -l	Sõel nr. 30, 900 auku cm ² -l	Sõel nr. 70, 4900 auku cm ² -l
1	Peenelt jahvatatud tuhk — (eelpeenendatud tuhk, jahvatatud kuulveskis 3 tundi)	1,0	5,0	20,9
2	Keskmiselt jahvatatud tuhk (eelpeenendatud tuhk, jahvatatud kuulveskis 3/4 tundi)	1,2	15,1	22,0
3	Jahvatamata eelpeenendatud tuhk (eelpeenendatud lõugpurustajas)	6,1	37,0	16,9

Kukermiidi jahvatuspeenuse võrdub portlandtsemendi jahvatuspeenusega:

Jääk sõelale nr. 30 (900 auku/cm²) — 0,13%.
 „ „ nr. 70 (4900 „ „) — 7,68%.

13. Terakeste kuju.

Mikroskoobilisel vaatlusel selgub, et kõikide laboratoorseks uurimiseks uhmris peenendatud kivimiliikide pulbriosakesed on võrdlemisi kuubilise kujuga.

Fosforiidijäätmete terakestel on ülekaalus piklik kuju, ümarikud servad ja peegelsiledad pinnad. Sellest võib järeldada, et fosforiidijäätmel on märgumine bituumeni suhtes puudulikum kui karedapinnalistel kivimitel ja pikliku kuju tõttu ka paindetugevus väiksem kui teistel kivimiliikidel.

Tsemendi- ja kukermiiditerakeste kuju ei ole võimalik luubi all küllaldase täpsusega määrata.

14. Kõvadus.

NSVL Siseministeriumi Maantee Peavalitsuse 1948. a. tehniliste tingimuste kohaselt liigitatakse tööstuslikest jäätmest valmistatud filler kõvaduse järgi 4-ndasse kivimite kõvaduse klassi. Nimetatud klassi kivimite nõutav survetugevus on 600 kg/cm².

Põlevkivituha sõelumisandmete lähemal vaatlusel selgub, et peaaegu kõigil erineva jämedusastmega tuhkadel on keskmist fraktsiooni, s. o. sõelade nr. 70 (4900 auku/cm²) ja nr. 30 (900 auku/cm²) vahelist, umbkaudu ühepalju. Seega näib jahvatamisel peenema fraktsiooni (läbi sõela nr. 70) saamine toimuvat nagu peamiselt jämeda (sõela nr. 30 ja nr. 8 vahelmise), mitte aga keskmise (sõela nr. 30 ja 70 vahel) fraktsiooni arvel.

Eeltoodud asjaolust võib järeldada, et põlevkivituhk koosneb kahest kõvaduse suhtes teineteisest tunduvalt erinevast osast: ühest suhteliselt kergesti kuni teatava jämeduseni peenendatavast osast, mis hiljem ka pikemaajalisel jahvatamisel enam märgatavalt ei peenene, ja teisest, tunduvalt kõvemast, teataval määral paakunud räbuosast, mis peamiselt annabki kuulveskis jahvatamisel juurdetuleva peene fraktsiooni (läbi sõela nr. 70 minevad osad). Seega toimivad põlevkivituha kui filleri peened terad asfaltbetoonis peamiselt bituumeni sitkuse suurendajatena, kuna jämedamad terad tõstavad ka asfaltbetooni kulumiskindlust sõidutee pinnal.

Kõik teised analüüsitud kivimite liigid, lähtudes kivimi klassist, rahuldavad täielikult kõvaduse suhtes ülesseatud nõudeid.

15. Keemiline koostis.

Nagu öeldud, märguvad hüdrofiilsed kivimid paremini veest kui bituumenist, kuna hüdrofoobsed seevastu märguvad paremini bituumenist. Hüdrofiilsed kivimid annavad happelise reaktsiooni, kuna hüdrofoobsed kivimid aluselise.

Kivimite hüdrofiilsust või hüdrofoobsust võib määrata nende SiO_2 -sisalduse järgi. Prof. N. V. Okorokovi järgi kuuluvad kivimid, milles on üle 66% SiO_2 , happeliste kivimite liiki. Keskmiste omadustega on kivimid siis, kui SiO_2 -sisaldus neis on 66—52%; alla 52% SiO_2 -sisalduse puhul on kivimid aluseliste omadustega.

Laboratoorselt uuritud proovidel on SiO_2 -sisaldus järgmine:

Nr. 1, graniidil	—	70,18%
„ 2, süeniidil	—	60,19%
„ 3, gneisil	—	54,30%
„ 4, basaldil	—	49,06%
„ 5, diabaasil	—	50,49%

Järelikult kuuluvad graniit, süeniit ja gneiss hüdrofiilsete kivimite liiki ja nende kivimite kasutamisel asfaltbetoonis võib eeldada teekatte nõrgemat veekindlust.

Proovid nr. 6 ja 7, s. o. paas, ja proov nr. 10, portlandtsement, kuuluvad aluseliste mineraalpulbrite liiki.

Proovi nr. 8 — fosforiidijätmete — keemiline koostis on:

SiO_2 — 82,1%	R_2O_3 — 1,05%
CaO — 8,04%	H_2O — 0,65%
P_2O_5 — 6,8%	Muud lisandid — 1,36%

Seega kuuluvad fosforiidijätmed happeliste omadustega kivimite liiki.

Põlevkivi mineraalse osa ja Kohtla-Järve põlevkivikaevanduse elektrijõujaama katlamaja põlevkivituha keemiline koostis on näidatud tabelis 3.

Järelikult kuulub põlevkivituhk aluseliste kivimite liiki ja on seega hüdrofoobne.

Nr. 10 — portlandtsement — kuulub aluseliste mineraalpulbrite hulka.

Tabel 3.

Keemiline koostis	Põlevkivi mineraalne osa		Kohtla-Järve katlamaja tuhk	
	Kiht E	Kiht B	Paremate hüdrauliliste omadustega	Nõrgemate hüdrauliliste omadustega
SiO ₂	30,7 %	28,6 %	46,9 %	41,1 %
Al ₂ O ₃	10,7 %	6,8 %	6,8 %	4,8 %
Fe ₂ O ₃	5,5 %	7,2 %	6,5 %	6,0 %
CaO	40,0 %	42,7 %	34,5 %	38,7 %
MgO	1,5 %	1,8 %	0,9 %	1,2 %
SO ₃	7,9 %	9,3 %	2,9 %	7,0 %
K ₂ O + Na ₂ O ja lahustamata jääk	3,7 %	3,6 %	1,5 %	1,2 %
Kokku	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
Niiskus	—	—	0,1 %	0,3 %
CO ₂	—	—	7,1 %	8,2 %
Orgaaniline aine	—	—	2,0 %	1,4 %

16. Mahukaal ja poorsusearv.

NSVL Siseministeriumi Maanteede Peavalitsuse 1948. a. tehniliste tingimuste kohaselt on nõutav filleri poorsuse protsent alla 45.

Jahvatatud põlevkivituha (jääk sõelale nr. 30 — 5,0%, jääk sõelale nr. 70 — 20,9%) erikaal on 2,75, mahukaal on seejuures raputatult 1,23 ja nende arvude põhjal tuletatud poorsusearv 0,56. Kükermiidi mahukaal on aga 1,04, erikaal 2,64 ja poorsusearv seega 0,62.

Ehkki analüüsil saadud andmed on nõutavast suuremad, ei tohi sellel olla tegelikkuses väga olulist tähtsust, sest asfalkate tihendatakse teekattes rullimise teel kuni 300 kg/cm².

Ka teiste fillerina kasutada lubatavate ainete, nagu söetolmu, restituha jt. poorsusearv ületab lubatavaid norme.

Eesti NSV oludes fillerina kasutamisele tulla võivate mineraalainete mahukaale ja poorsusearve iseloomustab tabel 4.

Tabel 4.

Proovi nr.	Mineraalaine nimetus	Mahukaal	Poorsusearv
1	Graniit	1,49	0,45
2	Süeniit	1,41	0,49
3	Gneiss	1,42	0,47
4	Basalt	1,46	0,50
5	Diabaas	1,63	0,44
6	Paas „Laksipunane“	1,26	0,50
7	Paas „Lasnamäe Papa“	1,41	0,48
8	Fosforiit	1,65	0,38
9	Kukermiit (põlevkivi-tuhk)	1,04	0,62
10	Tsement	1,39	0,54

17. Nidusus bituumeniga.

Segunemine bituumeniga asfaldisegude valmistamisel on suurel määral asjaolust, kuivõrd hästi märgub kivimite pind bituumenist. See märgumine aga on omakorda adsorptsioonikihi tekkimisest kivimile. Kivimile adsorbeerunud sideaine kiht soodustab kivimi märgumist bituumeniga, see aga omakorda kergendab filleri segunemist bituumeniga.

Kui kivim märgub bituumenist paremini kui veest, siis muutub ta järk-järgult hüdrofoobsemaks, s. o. kivimi füüsikalised-keemilised omadused lähenevad orgaanilise sideaine omadustele.

Tehniliste teaduste kandidaadi N. N. Korotkevitši poolt uuritud filletena kasutatavate ainete hüdrofoobsus, järjestatult paremuse järjekorras, on antud tabelis 5.

Tabel 5.

Filleri nimetus	Puutuja nurga $\cos \alpha$
Kivisöetolm	— 0,819
Kriit	— 0,809
Tellisepulber	— 0,700
Pehme paas	— 0,695
Tardkivimite tolmu	— 0,643
Löss	— 0,643
Keskm. kõvadusega paas	— 0,600
Kõva paas	— 0,559
Marmor	— 0,559
Dolomiidipulber	— 0,440
Peenestatud kvartslüüv	— 0,276

Kivimite adsorptsioonivõime oleneb põhiliselt kivimi pinna iseloomust ja jahvatuspeenusest. Liiga tugevad adsorptsiooniomadused ei ole soovitatavad, sest kivim neelab sel puhul palju sideainet, kuna aga liiga vähese adsorptsiooniomadusega filler ei stabiliseeri sideainet. Soovitatav on mõõdukas adsorptsioon.

Põlevkivituha adsorptsioonivõime on suurem kui raudkivitolmul ja peenestatud kivil.

18. Veekindlus.

Üheks otsustavamaks teguriks filleri hindamisel tema kasutamiskõlblikkuse seisukohalt on kivimi peal asuva bituumenkile veekindlus.

Veekindluse teimimisi on käesoleva töö autor teostanud NSVL Siseministeeriumi Maanteede Peavalitsuse tehniliste tingimuste kohaselt, määrates kivimite hüdrofiilsuse koefitsiendid ja kõrvutades saadud tulemused normide kohaselt.

Täiendavalt sellele on veekindluse katseid tehtud keeduproovide kaudu soodalahuses; saadud tulemused leiduvad tabelis 6.

Tabel 6.

Proovi nr.	Mineraalne nimetus	Hüdrofiilsuse koefitsient	Veekindluse arv pallides	Üldhinnang
1	Graniit	0,860	0—1	Kõlbmatu
2	Süeniit	0,853	0—1	"
3	Gneiss	0,714	0—1	"
4*	Basalt	0,864	10	Kõlblik
5	Diabaas	0,934	10	"
6	Paas	0,894	5—6	"
7				
8	Fosforiidijäätmed	0,938	9—10	Kõlblik pärast täiendamist peente fraktsioonidega
9	Kukermiit (põlevkivituhk)	0,762	} Pulbri kujul ei ole määratav	Kõlblik
10	Tsement	0,935		"

* Küllaldane veekindlus on materjalil siis, kui hinnang veekindluse järgi ei ole alla nelja palli.

NSVL Siseministeeriumi Maanteede Peavalitsuse tehniliste tingimuste kohaselt peab hüdrofiilsuse koefitsient olema alla 1,10.

19. Kokkuvõte.

Asfaltbetoonkatete mehhaanilise tugevuse, vee- ja temperatuurikindluse tõstmiseks kasutatava filleri füüsikalise-mehhaaniliste ja füüsikalise-keemiliste omaduste uurimisel tuleb lähtuda neist protsessidest, mis esinevad asfaldisegudes valmistamisel ja tekivad hiljem teekattes.

Neist omadustest on tähtsamad kivimi märgumisvõime bituumeniga, nidusus, adsorptsiooniomadused ja bituumenkile säilitamine ilmastiku mõju vastu.

Et nidusust bituumeni ja kivimi pinna vahel suurendada, on soovitatav suurendada pindpinevust kivimi ja vee vahel ja vähendada pindpinevust kivimi ja bituumeni ning vee ja bituumeni vahel.

Parim nidusus saavutatakse siis, kui bituumensideaine märgab kivimi pinna täielikult.

Hüdrofiilsed kivimid märguvad paremini veest kui bituumenist, kuna hüdrofoobsed seevastu paremini bituumenist. Järelikult võib filleri valmistamiseks kasutada ainult hüdrofoobsete omadustega kivimeid. Põlevkivituhk ja kukermiit kuuluvad hüdrofoobsete omadustega fillerite liiki.

Tuginedes tehtud laboratoorsete uurimiste tulemustele, võib järeldada, et kõige veekindlamaks ja kõvemaks filleraineiks osutuvad basaldist ja diabaasist valmistatud mineraalpulbrid. Et aga neid tardkivimeid — basalti ja diabaasi — leidub Eesti NSV-s teiste moreenkivide hulgas vähesel määral, siis ei ole nende kogumine filleri valmistamiseks majanduslikult õigustatud. Eesti NSV oludes on võimalik fillerina kasutamisele võtta peale portlandtsemendi ning paekivi jahvatatud põlevkivituhka — kukermiiti — ja fosforiidijätmeid, viimaseid aga tingimuse, et neid vääristataks peeneteraliste fraktsioonidega.

Et ka filleri jahvatamine paekivist on kulukas, jääb majanduslikult kõige sobivamaks materjaliks fillerina põlevkivituhk — kukermiit.

Põlevkivi kasutamistingimused võivad autori uurimuste põhjal võrdsed olla üldiste, fillerite kohta kehtestatud valmistamis- ja kasutamistingimustega. Põlevkivituhast valmistatud filler kõlbalb kasutamiseks nii naftast kui ka põlevkiviõlist valmistatud bituumenite puhul.

20. Tehnilised tingimused fillerina kasutatava kukermiidi valmistamiseks.

1. Kukermiitfilleriks nimetatakse mineraalainest koosnevat ja jahvatamise teel pulbristatud põlevkivituhka, mida kasutatakse asfaltbetoonisegude valmistamisel viimase mehhaaniliste omaduste, vee- ja temperatuurikindluse tõstmiseks.

2. Põlevkivituhast valmistatud mineraalpulber peab koosnema peentest teradest, läbimõõduga peamiselt 0,05—0,005 mm.

3. Savisisaldus mineraalpulbris üle 1,5% ei ole soovitav, sest see kutsub esile asfaltbetoonkatete paisumist.

4. Põlevkivituha jahvatuspeenus peab olema niisugune, et läbiminek 1-mm aukude läbimõõduga sõelast oleks 100% ja läbiminek 0,074-mm aukude läbimõõduga sõelast ulatuks 60%-ni.

5. Fillerina kasutatava põlevkivituha hüdrofiilsuse koefitsient peab olema alla 1,10.

6. Põlevkivituhast valmistatud filler peab olema segusse asetamisel kuiv ja sõmer ning segamisel ei tohi segistis muutuda panklikuks.

7. Põlevkivituhast valmistatud filleriga tehtud asfaltbetoonist proovikehad ei tohi peale 24-tunnist seismist vees ja vaakuumi all veest paisuda ega reageerida vee mõjule.

Kirjandus. — Литература.

1. М. И. Волков, Дорожно-строительные материалы, Москва, 1938 и 1948.
2. Н. Н. Короткевич, Минеральные порошки для асфальтового бетона, Москва, 1940.
3. С. С. Горский, Производство минерального порошка для асфальтового бетона, Москва, 1949.
4. ГУШОСДОР МВД СССР. Технические условия на основные дорожно-строительные материалы, Москва, 1948.

Кукермит в качестве заполнителя для асфальтового бетона.

(Резюме.)

Преобладающими дорожными покрытиями являются асфальто-бетонные и цементно-бетонные покрытия.

Как известно, в состав асфальто-бетона входят гранитный щебень, как несущая часть дорожных покрытий, и связующее вещество — битум.

Главнейшими требованиями, предъявляемыми к асфальто-бетону, являются: плотность, механическая прочность, прочность на износ, водоустойчивость и температурная устойчивость покрытия. Плотность асфальто-бетона зависит от плотности скелетного материала и количества битума в асфальто-бетонной смеси.

Одним из разрушающих факторов асфальто-бетона является вода. При воздействии воды на асфальто-бетон сцепление между каменным материалом и битумом может уменьшиться, и, кроме того, вода, превращаясь в лёд, механически разрушит асфальто-бетон. Для увеличения механической прочности асфальто-бетона и его температурной устойчивости применяют в качестве заполнителя минеральный порошок.

Роль заполнителя в асфальто-бетоне заключается в том, что он, с одной стороны, уменьшая количество пустот в асфальто-бетоне, увеличивает водоустойчивость и плотность его, с другой же стороны — препятствует передвижению в нём частиц.

Первыми русскими учёными, которые исследовали физико-механические свойства асфальто-бетона в зависимости от количества и качества применяемого минерального порошка, являются М. В. Сухарев (1913 г.) и дополнившие его исследования П. В. Сахаров, А. В. Окнин и др. Результаты, достигнутые в этой области советскими учёными, сотрудниками Дорожного Научно-исследовательского Института под руководством профессора доктора технических наук Н. Н. Иванова, являются самыми передовыми в мире.

Какие требования предъявляются к заполнителю в настоящее время.

Несмотря на наличие обширного литературного материала, касающегося данных о минеральном порошке в качестве заполнителя, до сего времени отсутствовали согласованные методы для оценки качества заполнителя. Согласованы только требования, касающиеся тонкости помола.

Требуется, чтобы заполнитель был изготовлен из твёрдых каменных пород, заполнитель не должен поглощать много битума, не должен содержать растворяющихся в воде веществ, а также и веществ, реагирующих с водой и т. д. Кроме того, требуется, чтобы заполнитель имел определённый гранулометрический состав,

и чтобы поверхность материала не являлась зеркально-гладкой, а была бы шероховатой и без острых граней.

П. В. Сахаров ставит требование, чтобы материал-заполнитель обладал большой сцепляющей способностью, пластичностью, температурной устойчивостью и водонепоглощаемостью.

Исходя из химических и физико-химических свойств минерального порошка, Ф. Ридель рассматривает свойства заполнителя с точки зрения смачивания битумом камня и учитывает адсорбционные свойства каменного материала. Последние, в свою очередь, зависят от кислотных и основных соединений, входящих в состав горных пород. Чем больше в горных породах перевес основных соединений, по сравнению с кислотными, тем лучшими являются сцепляющие свойства между битумом и каменным материалом.

М. А. Курнаев, исследовав свойства заполнителей, ставит следующие условия:

- а) заполнитель должен хорошо схватываться с каменным материалом при его смещении механическим путём и
- б) должен быть достаточно мелкозернистым, чтобы смешиваться с битумом.

Какие минеральные вещества использовались до сего времени в качестве заполнителя.

В качестве заполнителя использовались:

1. Кварцевая пыль. — Однако при этом замечено, что кварцевые пески эмульгируют битумные вещества в воде.

2. Шиферная пыль.

3. Порошок из размолотого кирпича. — Последний, благодаря шероховатости поверхности зёрен, хорошо сцепляется с битумом.

4. Порошок из гранитных камней. — Многими авторами однако замечено, что его схватывающие свойства малы.

5. Асбестовый порошок. — Благодаря волокнистости материала, асфальто-бетон с этим заполнителем имеет большую механическую прочность и температурную устойчивость, однако вместе с тем и большую пористость.

6. Шлаковые порошки. — Состав их может быть, однако, разнообразным — с кислотными и основными свойствами. Поэтому и качества их разнообразны.

7. Известковый порошок. — Является самым распространённым материалом в качестве заполнителя и рекомендуется многими авторами.

8. Гашёная известь — являясь материалом с основными свойствами, может вызывать в соприкосновении с водой эмульгацию.

9. Портланд-цемент — рекомендуемый во многих странах в качестве заполнителя материал.

10. Доломитный порошок — по своим свойствам близок к известняку и применялся во многих странах с удовлетворительными результатами.

11. Каменноугольная пыль и каменноугольная зола — увеличивают вязкость и температурную устойчивость асфальто-бетонных покрытий.

12. Гипс — мало применяется в качестве заполнителя.

13. Асфальтовые порошки — один из лучших заполнителей асфальто-бетона.

**Какие требования предъявляются к минеральному порошку
как заполнителю для асфальто-бетона.**

Согласно техническим условиям ГУШОСДОР'а МВД СССР на дорожно-строительные материалы, в качестве заполнителей допускаются измельчённые известняки, доломиты и асфальтовые горные породы, а также каменноугольная зола, искусственно размельчённые шлаки и пылеватые супески и др.

Минеральный порошок должен удовлетворять следующим условиям:

Тонкость помола	Класс породы			Пористость в % ниже	Козф. гидрофильности меньше
	5	4	1, 2 и 3		
Проход через сито с отв. в 1 мм.	100 %	100 %	100 %	} 45	1,10
Должен проходить через сито № 200 не менее	80 %	60 %	50 %		

**Какие минеральные порошки могут быть использованы
в качестве заполнителя в условиях Эстонской ССР.**

Как было выше упомянуто, портланд-цемент является одним из наиболее распространённых материалов в качестве заполнителя. Но так как он относится в наших условиях к дефицитным материалам, то автор настоящей работы задался целью выяснить, какими из имеющихся местных материалов может быть заменён цемент как минеральный порошок в качестве заполнителя.

В этих целях были исследованы нижеследующие минеральные вещества:

- Проба № 1. Кислые каменные породы, как-то: рапакиви, пегматит, амфибол-гранит, гнейс, гранит, бротит-гранит и гранит — полевой шпат.
- Проба № 2. Сиенит — как менее кислая порода.
- Проба № 3. Пегматит-гранит, нефелин-гранит, биотит-гранит и гнейс, как каменные породы менее кислые, чем гранит.
- Проба № 4. Долерит и базальт, как основные породы.
- Проба № 5. Диабазпорфирит, как порода с основными свойствами.
- Проба № 6. Известняк из карьера Ласнамяэ, порода «Лаксипунане».
- Проба № 7. Известняк из того же карьера под наименованием «Ласнамяэ-папа».
- Проба № 8. Отходы фосфоритной промышленности.
- Проба № 9. Зола горючего сланца «Кукермит № 7».
- Проба № 10. Портланд-цемент М-350.

О гранулометрическом составе заполнителей.

Как уже раньше было упомянуто, вода является одним из разрушающих факторов асфальто-бетонных покрытий. Устойчивость битумной плёнки на каменном материале зависит от того, смачивается ли каменный материал лучше водой, чем битумом. Если камень смачивается лучше водой, то вода оттесняет битумную плёнку. К таким каменным породам относятся камни с гидрофильными свойствами.

Если же каменный материал смачивается лучше битумом, то такие породы относятся к гидрофобным.

Практика показывает, что каменный материал с основными свойствами обладает большей сцепляемостью с битумом, чем кислые каменные породы.

Исследования водоустойчивости показали, что кислые каменные породы, как напр. гранит, сиенит, порфир, кварц и т. д. относятся к гидрофильным, основные же породы, как напр. известняки, доломиты, мрамор и т. д. — к гидрофобным.

Свойства сцепляемости битума с камнем в воде.

Рассматривая сцепляемость каменного материала с битумом в воде, можно заключить, что при условии, что битум достаточно жидок, он или стремится расплыться на поверхности камня или же стягивается до тех пор, пока не приобретает необходимого равновесия.

Теоретически битум может на поверхности каменного материала приобрести одно из нижеприведённых положений (рис. 2.).

Рассмотрим случай, когда каменный материал и битум находятся в воде, и постараемся выяснить величину поверхностного натяжения между битумом и каменным материалом на границе соприкосновения их (рис. 3.).

Обозначим через:

σ_{vb} — поверхностное натяжение между водой и битумом и

σ_{vk} — поверхностное натяжение между водой и каменным материалом,

σ_{kb} — поверхностное натяжение между каменным материалом и битумом.

Тогда приложение этих сил лежит в точке A , где теоретически соприкасаются между собой все три силы. В точке A должно установиться равновесие.

Так как из трёх поименованных веществ твёрдым телом является камень, то, если вообще возникает какое-нибудь передвижение, точка A может передвигаться только по поверхности камня.

При возникновении равновесия в точке A между силами поверхностного натяжения

$$\sigma_{vk} = \sigma_{kb} + \sigma_{vb} \cos \alpha \text{ или же}$$

$$\sigma_{vk} - \sigma_{kb} = \sigma_{vb} \cos \alpha.$$

Чтобы битумная плёнка была в состоянии оттеснить с поверхности камня воду, необходимо увеличить поверхностное натяжение между водой и камнем и уменьшить поверхностное натяжение между водой и битумом, а также и между каменным материалом и битумом.

Наилучшее поверхностное натяжение достигается тогда, когда битум смачивает полностью поверхность каменного материала, т. е. если

$$\sigma_{vk} - \sigma_{kb} \geq \sigma_{vb} \cos \alpha.$$

Большое значение имеет также адсорбционная способность битума в отношении сцепления битума с каменным материалом: адсорбированный в каменный материал слой битума содействует смачиванию камня с битумом, каковое явление в свою очередь облегчает смешение заполнителя с битумом.

Если каменный материал смачивается лучше битумом чем водой, то камень

становится постепенно более гидрофобным, т. е. физико-химические свойства каменного материала постепенно приближаются к свойствам органически-вязущим.

Чем больше гидрофобных свойств имеет тот или другой каменный материал, тем большим становится его сродство с битумом.

Нижеследующая сводка представляет степень гидрофобности разных заполнителей, согласно данным канд. техн. наук Н. Н. Короткевича:

Наименование заполнителя	Гидрофобность по Риделю	Изменение величины краевого угла капли воды на порошке после обработки его раствором битума в бензоле $\cos \alpha$
Каменноугольная пыль	7—8	—0,819
Мел	7—8	—0,809
Кирпич	—	—0,700
Мягкий известняк	—	—0,695
Булыжная пыль	—	—0,643
Известняк сред- ней прочности	5—8	—0,600
Известняк прочный	5—8	—0,559
Мрамор	—	—0,559
Доломитовый порошок	0—5	—0,440
Размолотый квар- цевый порошок	0	—0,276

Влияние вида поверхности каменного материала на сцепление с ним битума.

Поверхности каменного материала, употребляемого для приготовления асфальтобетона, бывают или гладкие и ровные, или же бугристые, шероховатые и с трещинами.

Сопоставляем материал покрытия:

- а) в случае, когда битумная плёнка лежит открыто на гладкой поверхности каменного материала (рис. 4.) и
- б) когда слой битума находится между двумя камешками. В обоих случаях их обволакивает вода (рис. 5).

Битумный слой, находящийся на гладкой и ровной поверхности, под воздействием поверхностного натяжения суживается, отступая под натиском воды, — камень оголяется.

Битум, принявший форму капиллярной трубочки, воде трудно вытеснить, и вода прижимает битумную плёнку к поверхности каменного материала. Шероховатость поверхности увеличивает сцепляемость, а также и импригнирование камня битумом.

Влияние минерального порошка в качестве заполнителя на водоустойчивость асфальто-бетона.

Дорожная пыль и наличие гумуса в каменном материале препятствуют сцеплению битума с каменным остовом асфальто-бетонного покрытия и уменьшают тем самым его водоустойчивость. Если пыль или глина попадают в трещины каменного материала, то вышеупомянутые вещества могут вызвать эмульгацию битума в воде. Также и в том случае, когда каменный материал покрытия начинает разрушаться или выветриваться, происходит оголение камней и вода проникает в покрытие.

Некоторые минеральные вещества, как напр., кварц, гипс и др., эмульгируют «масло в воде» (рис. 6.), известняк же, портланд-цемент и т. п. вызывают противоположный тип эмульгации — «воду в масле».

Если битум эмульгируется в воде, то он расщепляется (рис. 7.) и вымывается водой из покрытия.

Если же битум обволакивает капельки воды, то вода не в силах повлиять на битум, т. е. размывать и унести его.

Выводы.

I. Тонкость помола исследованных минеральных порошков в качестве заполнителя для асфальто-бетона дорожных покрытий.

Согласно техническим условиям ГУШОСДОР'а МВД СССР 1948 г., минеральный порошок должен удовлетворять нижеследующим требованиям:

Класс каменной породы	Тонкость помола		Пористость в %	Коэффициент гидрофильности
	проходит через сито 1 мм в %	проходит через сито 0,074 мм в %		
5	100	80	менее 45	менее 1,10
4	100	60		
1, 2, 3	100	50		

Так как минеральные порошки, изготавливаемые путём помола раздроблённых каменных пород, как напр., гранита, известняка и т. д., а также и зола горючего сланца, могут быть изготовлены в любой тонкости помола, то практически не представляется трудностей для их изготовления в соответствии с техническими требованиями.

Между тем анализ отходов фосфоритной промышленности дал следующие результаты:

проход через сито \varnothing в 1 мм	100%	по весу
„ „ „ \varnothing 0,5 „	100%	„ „
„ „ „ \varnothing 0,25 „	99,95%	„ „
„ „ „ \varnothing 0,125 „	24,85%	„ „
„ „ „ \varnothing 0,075 „	2,55%	„ „

Как видно из выше приведённого, проход через сито \varnothing 0,075 мм составляет здесь всего лишь 2,55%; требуется, однако, не менее 60%. Исходя из этого, можно заключить, что использование отходов фосфоритной промышленности без добавочной переработки невозможно.

II. Сопротивление на сжатие.

Согласно вышеприведённым техническим условиям, временное сопротивление на сжатие каменной породы 4-го класса, применяемой для изготовления минеральной муки, должно быть не менее 600 кг/см².

На основании тех же технических условий промышленные отходы, а следовательно, и зола горючего сланца, отнесены к 4-му классу каменных пород, и тем самым соответствуют требованиям.

Что касается прочности остальных исследованных каменных пород, то, согласно лабораторным данным Таллинского Политехнического Института, все они соответствуют требуемым нормам и отчасти превышают их.

III. Форма зёрен минеральных порошков.

На основании микроскопического анализа можно заключить, что зёрна всех минеральных порошков, за исключением отходов фосфоритной промышленности, имеют более или менее кубическую форму. Форма зёрен отходов фосфоритной промышленности отчасти продолговатая и поверхность их зеркально-гладкая, какое обстоятельство может уменьшить сцепление битума с каменным материалом.

Зола горючего сланца (или «Кукермит») размолота в мелкий порошок и сходна с цементом.

IV. Химический анализ минеральных порошков.

Как уже ранее было упомянуто, гидрофильные каменные породы смачиваются лучше водой чем битумом, гидрофобные же — наоборот.

Каменные породы с гидрофильными свойствами дают кислую реакцию, гидрофобные же — основную.

Согласно данным проф. Окорокова, можно установить гидрофильные свойства каменных пород, исходя из наличия SiO₂ в минеральном составе камня.

Если количество SiO₂ превышает 66%, то каменные материалы принадлежат к группе камней с кислой реакцией; материалы с содержанием SiO₂ от 66 до 52% — средние, а с содержанием менее 52% — основные.

Автором настоящих строк проанализированы минеральные порошки проб

под № 1 — гранит, содержание SiO ₂ —	70,18%
„ № 2 — сиенит „ „ —	60,19%
„ № 3 — гнейс „ „ —	54,3%
„ № 4 — базальт „ „ —	49,06%
„ № 5 — диабаз „ „ —	50,49%.

Отсюда видно, что каменные породы гранит и сиенит принадлежат к породам с кислой реакцией и являются, следовательно, гидрофильными.

Химический состав золы горючего сланца следующий:

Химический состав	Горючий сланец		Зола горючего сланца	
	Слой Е	Слой Б	С лучшими гидравлическими свойствами	С более слабыми гидравлическими свойствами
SiO ₂	30,7%	28,6%	46,9%	41,1%
Al ₂ O ₃	10,7%	6,8%	6,8%	4,8%
Fe ₂ O ₃	5,5%	7,2%	6,5%	6,0%
CaO	40,0%	42,7%	34,5%	38,7%
MgO	1,5%	1,8%	0,9%	1,2%
SO ₃	7,9%	9,3%	2,9%	7,0%
K ₂ O + Na ₂ O и нерастворяющиеся остатки	3,7%	3,6%	1,5%	1,2%
Всего	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Влажность	—	—	0,1%	0,3%
CO ₂	—	—	7,1%	8,2%
Органич. веществ	—	—	2,0%	1,4%

Следовательно, зола горючего сланца, согласно данным проф. Окорокова, является материалом с основным характером.

Химический состав отходов фосфоритной промышленности, на основании данных Министерства Сланцевой и Химической промышленности, следующий:

SiO ₂	—	82,10%
CaO	—	8,04 „
P ₂ O ₅	—	6,80 „
R ₂ O ₃	—	1,05 „
H ₂ O	—	0,65 „
прочее	—	1,36 „

Итого 100,00%

Пробы № 6, 7 и 10 принадлежат к каменным породам с основными свойствами.

V. Водоустойчивость минеральных порошков.

Решающим фактором при оценке минерального порошка как заполнителя, в условиях его пригодности для асфальто-бетона, является его водоустойчивость.

Автор настоящей работы проделал многократные испытания водоустойчивости минеральных порошков, согласно техническим условиям ГУШОСДОР'а МВД СССР, и сопоставил результаты своих испытаний с результатами исследований тех же образцов на водоустойчивость.

Результаты испытания на гидрофильность были следующие:

№ проб	Наименование каменных пород	Коэффициент гидрофильности
1.	Гранит	0,860
2.	Сиенит	0,853
3.	Гнейс	0,714
4.	Базальт	0,864
5.	Диабаз	0,934
6. } 7. }	Известняк	0,894
8.	Отходы фосфоритной промышленности . .	0,938
9.	Зола гор. сланца „Кукермит“	0,762
10.	Цемент	0,935

Сводка результатов анализа на водоустойчивость.

№ пробы	Наименование породы	Водоустойчивость битумной плёнки в баллах										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Концентрация раствора Na ₂ CO ₃										
		0	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	Зёрна не оголяются
1.	Гранит	50%	60%	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	Сиенит	50%	60%	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	Гнейс	40%	50%	65%	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	Базальт	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	не оголялось
5.	Диабаз	0%	3%	5%	5%	10%	20%	25%	30%	35%	40%	
6. } 7. }	Известняк	20%	22%	28%	30%	35%	40%	60%				
8.	Отходы фосфоритной промышленности	3%	5%	8%	10%	10%	20%	25%	30%	35%	40%	
9.	Сланцевая зола											
10.	Цемент											

Примечание: В зависимости от того, в какой из указанных концентраций раствора при кипячении смеси отделится битумная плёнка и оголится не менее 50% зёрен, определяется степень водоустойчивости асфальтовой смеси в баллах.

Смесь с достаточной водоустойчивостью имеет балл не ниже 4.

VI. Определение пористости минеральных порошков.

№ пробы	Наименование породы	Коэф. пористости
1.	Гранит	0,45
2.	Сиенит	0,49
3.	Гнейс	0,47
4.	Базальт	0,50
5.	Диабаз	0,44
6. } 7. }	Известняки	0,50 0,48
8.	Отходы фосфоритной промышлен.	0,38
9.	Сланцевая зола	0,62
10.	Цемент	0,54

VII. Заключение.

На основе произведённого исследования минеральных порошков в качестве заполнителей для асфальто-бетонных покрытий, уделяя при этом особое внимание водоустойчивости асфальто-бетона, автор пришел к следующему выводу:

№ проб	Наименование породы	Тонкость помола	Коэф. гидрофильности по техн. условиям ГУПОСДОРА	Водоустойчивость битумной пленки в баллах	Порист. в %	Общая оценка минеральн. порошка
1.	Гранит	Нужной тонкости помола можно достигнуть путём дробления в шаровых мельницах	0,860	0— 1	45	Непригоден
2.	Сиенит		0,853	0— 1	49	Непригоден
3.	Гнейс		0,714	0— 1	47	Непригоден
4.	Базальт		0,864	10	50	Пригоден
5.	Диабаз		0,934	10	44	Пригоден
6.	Известняк „Лаксипуанане“	Соответствуют требованиям	0,894	5— 6	50	Пригоден
7.	Известняк „Папа“		48	Пригоден		
8.	Отходы фосф. промышленности		0,938	9— 10	38	Пригоден при соответствующей переработке дополнит. грохочением или же в шаровых мельницах
9	Сланцевая зола „Кукермит“	Соответствуют требованиям	0,762	—	62	Пригодна
10.	Цемент М-350		0,935	—	54	Пригоден

1. До настоящего времени в Эстонской ССР применяли в качестве заполнителя для асфальто-бетонных работ портланд-цемент. Ввиду того, что портланд-цемент является дефицитным строительным материалом, внедрение применения какого-нибудь другого материала в качестве минерального порошка имеет большое народно-хозяйственное значение.

2. При исследовании физико-механических и физико-химических свойств заполнителя, как материала для повышения механической прочности и температурной устойчивости асфальто-бетонных покрытий, необходимо исходить из изучения тех процессов, которые возникают как при изготовлении асфальто-бетонных смесей, так и при работе асфальто-бетона в дорожном покрытии. Важнейшими из этих процессов являются: смачивающая способность (гидрофобность) каменного материала с битумом, прилипаемость битума к каменным породам, адсорбционная способность камней и устойчивость битумной плёнки в разных метеорологических условиях.

3. Чтобы повысить связующую способность битума с каменным материалом, желательно увеличить поверхностное натяжение между каменным материалом и водой, а также и поверхностное натяжение между водой и битумом.

Наилучшая связуемость достигается тогда, когда битум смачивает каменный материал полностью.

Каменные материалы с гидрофильными свойствами смачиваются лучше водой чем битумом, а каменные материалы с гидрофобными свойствами — лучше битумом, чем водой. Следовательно, для изготовления минерального порошка можно использовать только каменные материалы с гидрофобными свойствами.

4. Каменный материал, применяемый при постройке асфальто-бетонных покрытий, должен иметь шероховатую поверхность, чтобы препятствовать отеснению битумной плёнки водой. Поверхность каменного материала должна быть свободна от пыли, глины и органических веществ, чтобы препятствовать эмульгированию битума под влиянием этих веществ. В случае попадания каких-либо эмульгаторов на дорожное покрытие, в интересах водоустойчивости покрытия важно, чтобы они не оказывали растворяющего действия на битум. Водоустойчивость покрытия сохраняется лучше тогда, когда битумная плёнка обволакивает частицы воды снаружи.

5. На основе результатов исследования можно заключить, что наилучшим материалом в качестве заполнителя, в отношении водоустойчивости и прочности асфальто-бетонного покрытия, является минеральный порошок, изготовленный из базальта и диабазы.

Однако, поскольку вышеуказанные горные породы встречаются в Эстонской ССР в незначительном количестве, добытие их для изготовления минерального порошка с экономической точки зрения не оправдано.

В условиях Эстонской ССР можно применять в качестве материала для минерального порошка, кроме портланд-цемента, следующие каменные материалы:

- 1) сланцевую золу «кукермит»;
- 2) отходы фосфоритной промышленности, однако лишь при условии, что при их использовании они будут дополняться более мелкими фракциями, получаемыми путём дополнительного грохочения или дробления;
- 3) известняковый порошок, изготавливаемый в каменоломнях путём дробления, высушивания и размельчения в шаровых мельницах и грохочения.

Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus	3
I. Tegurid, mis mõjutavad bituumenkatete püsivust	5
1. Bituumenkile veekindlusest	5
2. Ainete kokkupuutepindade servades mõjuvad jõud	5
3. Bituumensideaine nidususest kivimiga vee all	6
4. Keemilised reaktsioonid ainete kokkupuutepindades	8
5. Kivimite pinna iseloomu mõju nidususele	9
6. Peeneteraliste mineraalide mõju katte veekindlusele	10
7. Nidusust tõstvad tegurid	12
8. Järeldused	13
II. Filleri probleemi lahendamiseks asfaltbetoonteede ehitamiseks Eesti NSV-s	15
9. Nõuded filleri omaduste suhtes	15
10. Asfaltbetooni valmistamisel fillerina kasutatud mineraalained	16
11. Eesti NSV oludes sobivad mineraalsed fillerid	17
12. Järeldused laboratoorsete uurimiste tulemustest. Terastikuline koosseis	17
13. Terakeste kuju	19
14. Kõvadus	19
15. Keemiline koostis	20
16. Mahukaal ja poorsusearv	21
17. Nidusus bituumeniga	22
18. Veekindlus	23
19. Kokkuvõte	24
20. Tehnilised tingimused fillerina kasutatava kükermiidi valmistamiseks	24
Kirjandus	25
Кукермит в качестве заполнителя для асфальтового бетона. (Резюме.)	26

Toimetaja L. Treiman.
Keeleline toimetaja E. Kindlam.
Tehniline toimetaja I. Rammi.

Ladumisele antud 17. V 1950. Trükkimisele antud 20. VII 1950. Trükiarv 1000. Paber $67 \times 95, \frac{1}{16}$. Trükipoognaid 2,375. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 2,73. Arvutuspoognaid 2,35.
MB-05124.

Trükikoda „Hans Heidemann“, Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 1457.

На эстонском и русском языках.
Р. Амброс. Кукермит в качестве заполнителя для асфальтового бетона.

Hind rbl. 2.35