



PÄRNUMAA OMAVALITSUSTE LIIT  
ASSOCIATION OF LOCAL AUTHORITIES OF PÄRNU COUNTY

**Pärnu linna ja lähiümbruse**

**võrgustikke siduv**

**teemaplaneering**

**(EU30501)**



iceland liechtenstein norway

**PÄRNU LENNUJAAMA**

**UURINGUD JA ANALÜÜS**



**AS TEEDE  
TEHNOKESKUS**

Tallinn, 2011



# **Pärnu Lennujaama uuringud ja analüüs**

Töö koostasid: Tõnis Mägi  
Spetsialist

Jüri Kivi  
Peaspetsialist

Janar Tükk  
Projektijuht

**Tallinn, 2011**

## Sisukord

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Sisukord .....                                                       | 1  |
| 1. Sissejuhatus.....                                                 | 2  |
| 1.1. Probleemi püstitus.....                                         | 2  |
| 1.2. Eesmärk.....                                                    | 3  |
| 3. Lennuvälja olemasolev seisukord.....                              | 4  |
| 3.1. Väljavõtte vahearuandest nr 1.....                              | 4  |
| 3.2. Olemasolevatest kommunikatsioonidest .....                      | 6  |
| 3.2.1. Tuledest. ....                                                | 9  |
| 4. Kolm erinevat varianti Pärnu Lennujaama rekonstrueerimiseks ..... | 9  |
| 4.1. Arvestulikul üldpõhimõtted .....                                | 10 |
| 4.2. Punktis 4. nimetatud variantide kirjeldused.....                | 10 |
| 4.2.1. Variant 1. ....                                               | 10 |
| 4.2.2. Variant 2 .....                                               | 17 |
| 4.2.3. Variant 3. ....                                               | 21 |
| 5. Kokkuvõtteks.....                                                 | 24 |
| 6. Lisad: .....                                                      | 26 |

## 1. Sissejuhatus

Käesolev vahearuanne on teine osa Tööst „Pärnu Lennujaama uuringud ja analüüs”. Töö tellijaks on Pärnumaa Omavalitsuste Liit ja töövõtjaks Teede Tehnokeskus AS vastavalt Töövõtulepingule 102010 18.10.2010.

Lepingukohaselt koosneb Töö järgmistest etappidest:

1. Uuringud;
2. Analüüs, lahendust vajavad küsimused;
3. Eskiislahendused;
4. Hinnang kommunikatsioonide rekonstrueerimisele/ehitamisele.

Käesolevas lõpparuandes käsitleb Töövõtja neist kahte viimast etappi. Esimesed kaks etappi on käsitletud vahearuandes nr 1.

Käesolevas aruandes on kasutatud järgmisi lühendeid: RW- stardi-maandumisrada (runway); TW- ruleerimisrada (taxiway).

Vahearuandes nr 1, uuringute osas lähtusime põhimõttest, et renoveeritava raja pikkus võiks olla ca 2 km, et jääks kasutusse TW B, mis 1,8 km (HD soovitud) puhul ei oleks kasutatav. Käesolevas aruandes on uurimistöö teostaja seisukohta muutnud ning soovib renoveeritava pearaja mõõtmeteks 2500x55 (koos õlgadega). Põhjendused on toodud käesoleva aruande punktis 2.

Kõik käesolevas aruandes esitletud joonised on soovituslikud ja pigem eskiisid. Kui mingisugune variant osutub väljavalituks, siis tuleb tehniline projekt koostada professionaalsetel projekteerijatel.

Teede Tehnokeskuse töögruppi uuringute tegemisel ja aruande ning soovitude koostamisel kuulusid: Tõnis Mägi, Janar Tükk ja Jüri Kivi.

### 1.1. *Probleemi püstitus*

Püstitatud probleemid on hankekutse põhjal järgmised:

1. Kas on otstarbekas panna rajale, ruleerimisteedele ja perroonile asfaltbetoon ülekate. Kui jah, siis milline peaks olema kasutatav tehnoloogia (täpne kirjeldus, mis kihid, kuidas, kuhu jne), materjalide mahud, orienteeruv maksumus;
2. Kui on otstarbekam kõik vana lammutada ja ehitada uus, siis millise tehnoloogiaga ja kui suured on materjalide mahud (täpne kirjeldus, kuidas, kuhu jne). Välja selgitada orienteeruv projekti maksumus (mõeldud asfaltbetoonrada).
3. Olemasoleva raja ülesvõtmine, uue põhja ehitamine, betoonraja taastamine. Välja selgitada orienteeruvad mahud ja maksumus.

## 1.2. Eesmärk

Selgitada välja võimalikult optimaalne lahendusvõimalus Pärnu endise militaarlennuvälja kohandamiseks tsiviillennunduse tarbeks, lähtudes näiteks lennukite Boeing 737, Bombardier CRJ 900 jt sama klassi lennukite vajadustest ja parameetritest ning ICAO nõuetest ohutuse tagamiseks.

## 2. Lennuvälja vajalike mõõtmete väljaselgitamine arvestades hankekutses nimetatud lennukite marke

Uurimistöö teostaja kogus kokku erinevate (s.h. hankekutses nimetatud) lennukimarkide ja mudelite, millised kõige tõenäolisemalt hakkaksid lennuvälja kasutama, maandumiseks ja õhkutõusmiseks soovitatavad raja parameetrid. Ühendust võeti ja abi saadi Tallinna Lennujaama ning Kuressaare Lennujaama juhtidelt, kelle kaasabil on koostatud tabel 1. Tabelis on kirjeldatud erinevate lennukitootjate mudeleid, neile määratud soovitatavaid raja pikkusi ja laiusi ning millist otstarvet konkreetne lennukimudel omab.

**Tabel 1**

| Jrk.nr. | Lennuki valmistaja | Mudel             | Kategooria | Soovitatav raja pikkus m | Soovitatav raja laius m | Põhiline lennu otstarve    |
|---------|--------------------|-------------------|------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1       | Britten Norman     | BN2A              | 1A         | 353                      | 18                      | Ruhnu ja Kihnu reisilennud |
| 2       | LET                | L410 UPV-E20      | 2B         | 1050                     | 23                      | Piirivalve patrull-lennud  |
| 3       | Hawker Siddley     | HS 125-700        | 3A         | 1768                     | 30                      | Ärilennud                  |
| 4       | Dassault Aviation  | F50/F50EX         | 3B         | 1586                     | 30                      | Ärilennud                  |
| 5       | Fokker             | F50               | 3C         | 1355                     | 30                      | Air Balticu lennud         |
| 6       | SAAB               | 340A              | 3C         | 1220                     | 30                      | Estonian Airi SPA lennud   |
| 7       | Airbus             | A320-200          | 4C         | 2480                     | 45                      | Tsarterlennud              |
| 8       | Boeing             | B737-300          | 4C         | 2160                     | 45                      | Tsarterlennud              |
| 9       | Boeing             | B737-500          | 4C         | 2470                     | 45                      | Tsarterlennud              |
| 10      | Boeing             | B737-800          | 4C         | 2090                     | 45                      | Tsarterlennud              |
| 11      | Bombardier         | CRJ900 NextGen LR | 4C         | 1954                     | 45                      | Tsarterlennud              |

Märkused:

1. Tabelis andmed lennukite kohta, milliseid Pärnu Lennuväli võtab vastu ja suure tõenäosusega hakkab tulevikus vastu võtma.
2. Kategooriate ja raja pikkuste allikas: ICAO Annex 14 Aerodrome Design Manual Part 1 Third Edition-2006. Appendix 1.
3. Kategooriate ja raja laiuste allikas: ICAO Annex 14 Aerodromes Volume 1 Fifth Edition July 2009. Chapter 3. 3.1.10
4. Nimetatud allikad kehtivad kõigi tabelis toodud lennukite kohta v.a. Bombardier.
5. Bombardier CRJ 900 NextGen raja pikkuse allikas: [http://farnborough.aero.bombardier.com/pdf/CRJ\\_900\\_Factsheet.pdf](http://farnborough.aero.bombardier.com/pdf/CRJ_900_Factsheet.pdf) June 2009.
6. Bombardier CRJ 900 NextGen on suhteliselt uus lennuk, andmed ICAO Annex 14-s veel puuduvad.

Tabelist selgub, et uurimistöö lähteülesandes uurimiseks etteantud pearaja parameetrid (1800x30), ei ole piisavad, et tagada lähteülesande punktis 6.1.2. nimetatud lennukite vastuvõtmine. Sellest lähtuvalt teeb uurimistöö teostaja ettepaneku lähtuda lennujaama rekonstrueerimisel pearajamõõtmetest 2500x55 (sh õlad 5+5).

Ruleerimisteede (TW) soovitatav kogulaius 25 m koos õlgadega, sellest sõidurada 15 m, õlad 5 + 5 m. Allikas: ICAO Annex 14 Aerodrome Design Manual Part 2 Fourth Edition-2005. Table 1.1. Design criteria for taxiway. Ruleerimisteede õlad peavad olema ehitatud tolmuwabast materjalist, näiteks asfaltbetoon või betoon. Lahendusena pakume välja asfaltbetooni.

Lõpparuande punktis 4 kirjeldatud analüüsid ja erinevate lahenduste mahud ning orienteeruvad maksumused on arvutatud nimetatud parameetritega. Lennujaama soovitude andmisel oleme lähtunud Lennujaamale ICAO poolt antavast kategooriast 4C. Peab ära märkima, et kui soovitakse siiski rekonstrueerida pearada lühemalt, siis orienteeruva töö maksumuse olenevalt raja mõõtmetest saab arvutada lähtudes konkreetsest variandist saadava ühe ruutmeetri hinnaga. Niiviisi on võimalik leida mitmeid lisavariante sõltuvalt perspektiivsest kasutusest ja rahalistest võimalustest.

### **3. Lennuvälja olemasolev seisukord**

#### ***3.1. Väljavõte vahearuandest nr 1.***

RW katte paksus on puurimise andmetel 15...58 cm põhiliselt 2 kihis raudbetoonist ja vahepeal ka 1 kiht monteeritavatest r/b plaatidest (15 cm). Pealmise ja alumise betoonikihi vahel on radariuuringu põhjal ka tasandav vahekiht, mis RW lõigul 300...800 m otsast 21 on kuni 60 cm paksune, puurimise andmetel on puur sattunud kohtadesse, kus vahekihti kas pole või on kuni 2 cm (nii RW, TW kui ka perrooni osas). 1982.a (TW ja perroon) ja 1988.a projektide võrdlemisel uuringutel saadud tulemustega on tegelikult vahekihid kõikjal olemas, mida ka radariuuring näitab. Vahekihtideks peaks olema kasutatud liivbetooni, kuid uuring näitab seal ka killustikku. TW ja perrooni osas ei näita uuringud armatuuri olemasolu betoonikihtides, mistõttu seal on ka palju suvalise suunaga pragusid.

Betoonikihtide all on täitepinnas, mis põhiliselt on kruus või liiv. Selle all on segipööratud erineva koostisega pinnasekiht või 10...20 cm tihenendatud mullakiht kuni sügavuseni 0,8...1,7 m ja edasi on juba kohalik aluspinnas. Kohalikku pinnast on ilmselt kasutatud ka täitepinnasena, kus oli täita vaja. Kõik need aluskihtide materjalid on niiskes kuni veeküllastunud oleks ja seega külmakerkeohtlikud. Veetase puuraukude lõigetes oli min 5 cm (PA2) kuni 115 cm (PA9), aga keskmiselt 45 cm betoonkatte pealt mõõdetuna. Selline olukord on katendi kandevõimet oluliselt vähendav faktor ja võib lisaks külmakergetele ja veega küllastumisest tekkivale kandevõime kaotusele tekitada ka lokaalseid kattealuste kihtide uhtumisi. Sellised asjaolud tekitavad probleeme rekonstrueerimise soovitude andmisel, kuna nende täpset ulatust pole praktiliselt võimalik määratleda.

Esimeses vahearuandes kirjutasime, et maaradari failide analüüs jätkub ning muutused neis on võimalikud. Käesoleva lõpparuande koosseisus oleme analüüsi lõpetanud ning mõõdistuste alusel on selgeks tehtud, et Pärnu Lennuväljal on

ehituseks pealmistes kihtides kasutatud väga erinevaid betoonkatteid, mille nimetused ja mahud on lahti kirjutatud alljärgnevalt. Mahud on orienteeruvad.

1. Armeeritud betoonplaadid  
pearajal  
a)  $250 \times 60 = 15\,000\text{ m}^2$   
b)  $36 \times 60 = 2\,160\text{ m}^2$   
Kokku:  $17\,160\text{ m}^2$   
perroonil  
a)  $222 \times 17,5 = 3\,885\text{ m}^2$   
b)  $268 \times 7 = 1\,876\text{ m}^2$   
c)  $258 \times 20 = 5\,160\text{ m}^2$   
Kokku:  $10\,921\text{ m}^2$   
Betonplaate kokku:  $28\,081\text{ m}^2$
2. Parandatud armeeritud betoon pearajal  $25 \times 60 = 1\,500\text{ m}^2$
3. Piki- ja ristsuunaliselt armeeritud betoon pearajal  $435 \times 43 = 18\,705\text{ m}^2$
4. Pikisuunaliselt armeeritud betoon pearajal  $340 \times 57 = 19\,380\text{ m}^2$
5. Armeeritud õlg pearajal  
a) vas. pool  $216 \times 8 = 1\,728\text{ m}^2$   
b) vas. pool  $409 \times 15 = 6\,135\text{ m}^2$   
c) par pool  $625 \times 7 = 4\,375\text{ m}^2$   
Kokku:  $12\,238\text{ m}^2$
6. Armeerimata betoon  
pearajal  
a)  $618 \times 60 = 37\,080\text{ m}^2$   
b)  $216 \times 45 = 9\,720\text{ m}^2$   
c)  $409 \times 38 = 15\,542\text{ m}^2$   
d)  $160 \times 60 = 9\,600\text{ m}^2$   
e)  $389 \times 5,5 = 2\,140\text{ m}^2$   
f)  $389 \times 5,5 = 2\,140\text{ m}^2$   
Kokku:  $76\,222\text{ m}^2$   
ruleerimisteed  
a) TW A:  $19\,558\text{ m}^2$   
b) TW B:  $5\,209\text{ m}^2$   
c) TW C:  $4\,072\text{ m}^2$   
d) TW D:  $16\,009\text{ m}^2$   
Kokku:  $44\,848\text{ m}^2$   
perroon  $69\,160\text{ m}^2$   
Armeerimata betooni kokku:  $190\,230\text{ m}^2$

Kogupindala:  $270\,134\text{ m}^2$

Kirjeldatud mahud ja erinevad pealmised kattekonstruktsioonid on kantud plaanile, mis on toodud käesoleva aruande lisas 1.



### 3.2. Olemasolevatest kommunikatsioonidest

Olemasolevast sadevee ärajuhtimissüsteemist on keeruline aru saada. Peamiselt on pearajale ehitatud sadevee ärajuhtimissüsteem kahele poole (va RW 21 poolses otsas, kus sadevee ärajuhtimissüsteem on projekteeritud ainult vasakule poole, seda näitab nõukogudeaegne projekt). Õlgades asuvad sadevee kaevud, mis võtavad vastu pinnavee ning juhivad selle kollektoritesse. Nõukogude aegset projekti ja maaradari mõõdistuste alusel saadud andmeid võrreldes selgub, et osad torud on olemas, kuid osad mitte. Näiteks on kindlalt olemas kollektor nr. 4, mille olemasolu selgub hoopis Google mapsist. Vt skeem allpool:

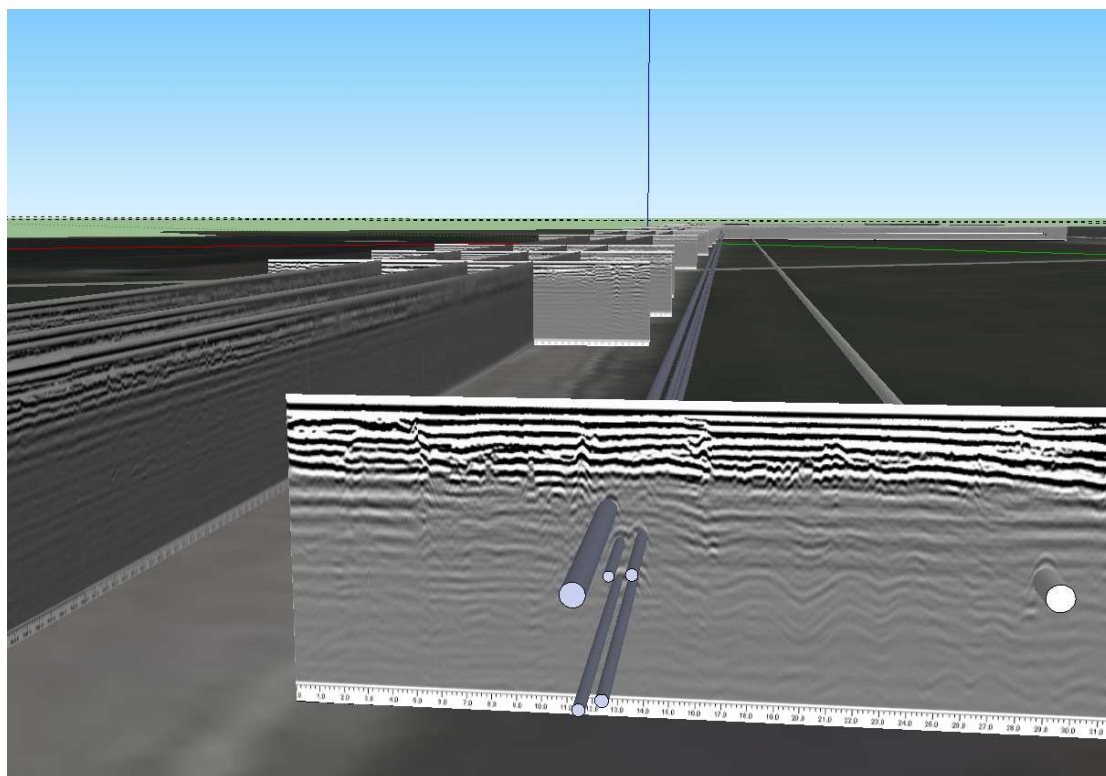


**Joonis 1 Kollektor nr 4 asukoht**

Nõukogudeaegses projektis on pastakaga tehtud parandusi. Millised parandused on ka tegelikult teostatud ja millised mitte, seda on raske öelda. Sellest johtuvalt peaks enne projekteerimist laskma geodeetidel mõõdistada üles kõik olemasolevad kaevud, kraavid ning kandma need plaanile, mille põhjal saaks välja joonestada olemasoleva sadevee ärajuhtimissüsteemi.

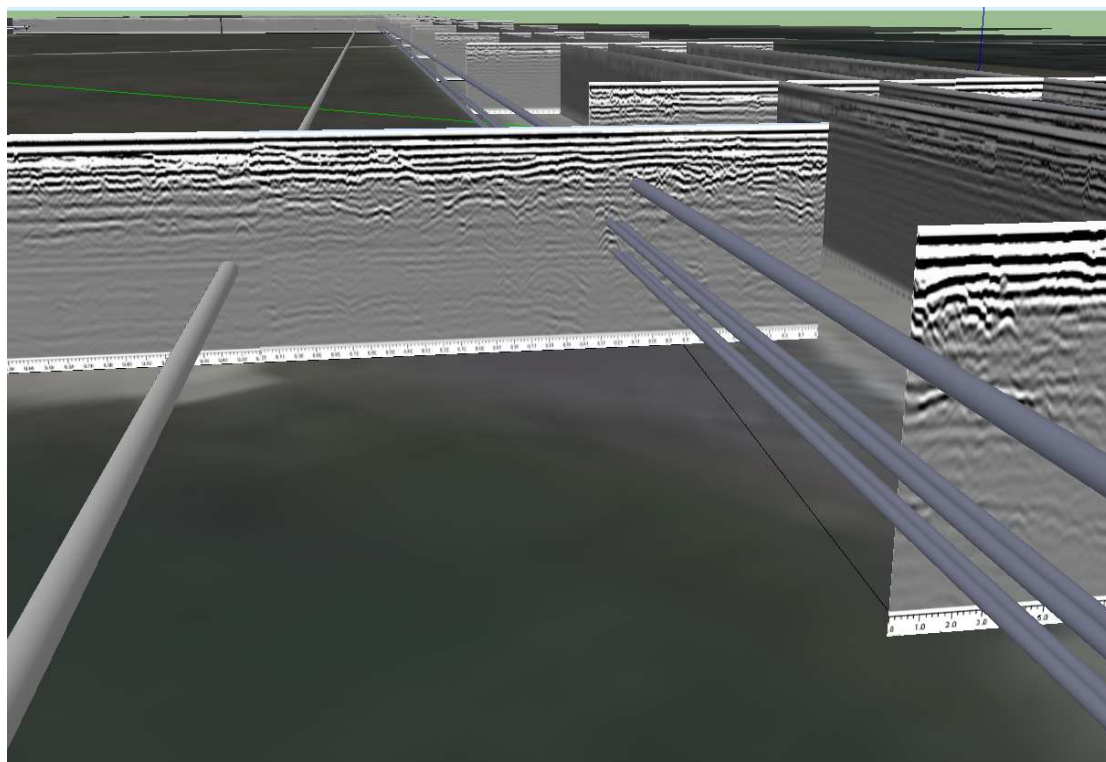
Nõukogudeaegse projekti ning maaradari poolt saadud rist-ja pikilõigete profiilide alusel koostas uurimistöö teostaja 3D pildi, millele on joonestatud peale olemasolevad trassid. Alljärgnev joonis 2 näitab ära, kuidas läbivad trassid TW C pearajapoolset otsa. Trassidest üks on kindlasti sadevee kollektor (halli värvusega) ning 4 (aluseks võttes nõukogudeaegset projekti) side-või elektrikaablid. Jääb järgi veel üks toru, mis võib olla samuti sadevee ärajuhtimiseks.





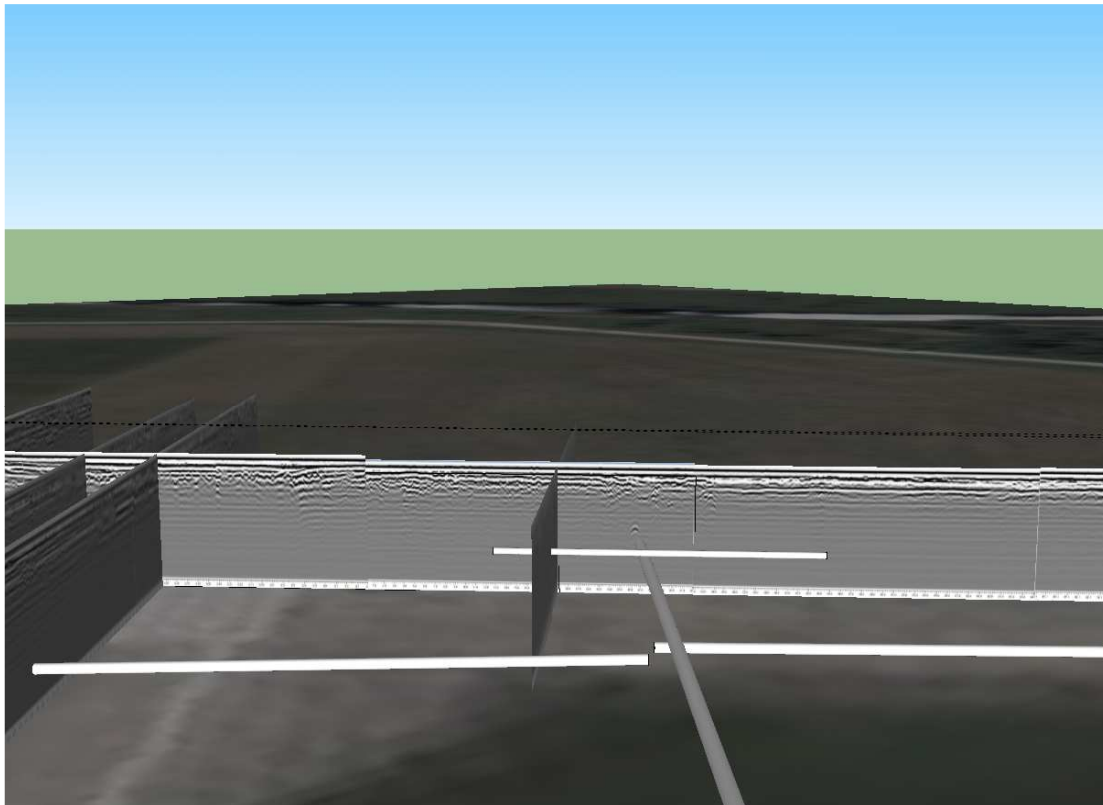
**Joonis 2 TW C pearaja poolne ots**

Sarnane pilt esineb ka TW B juures (joonis 3):



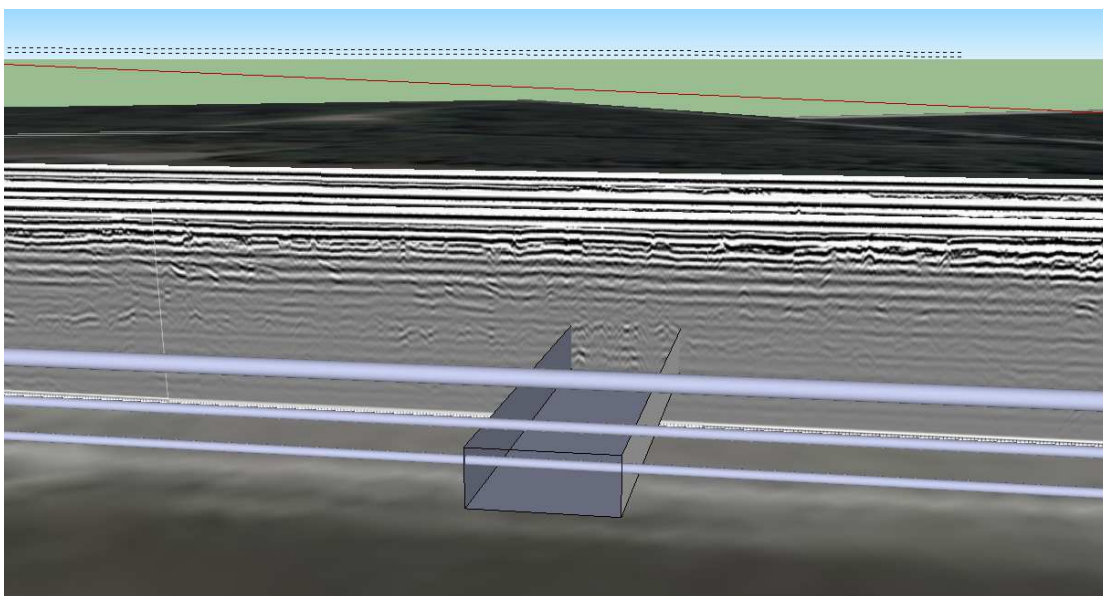
**Joonis 3 TW B pearaja poolne ots**

3D pildi alusel võiks öelda, et kaablid lõpevad enne TW A-d ära, kuna TW A pikilõikest need läbi ei lähe, küll aga läheb TW-A alt läbi hall toru (kollektor). Vt joonis 4.



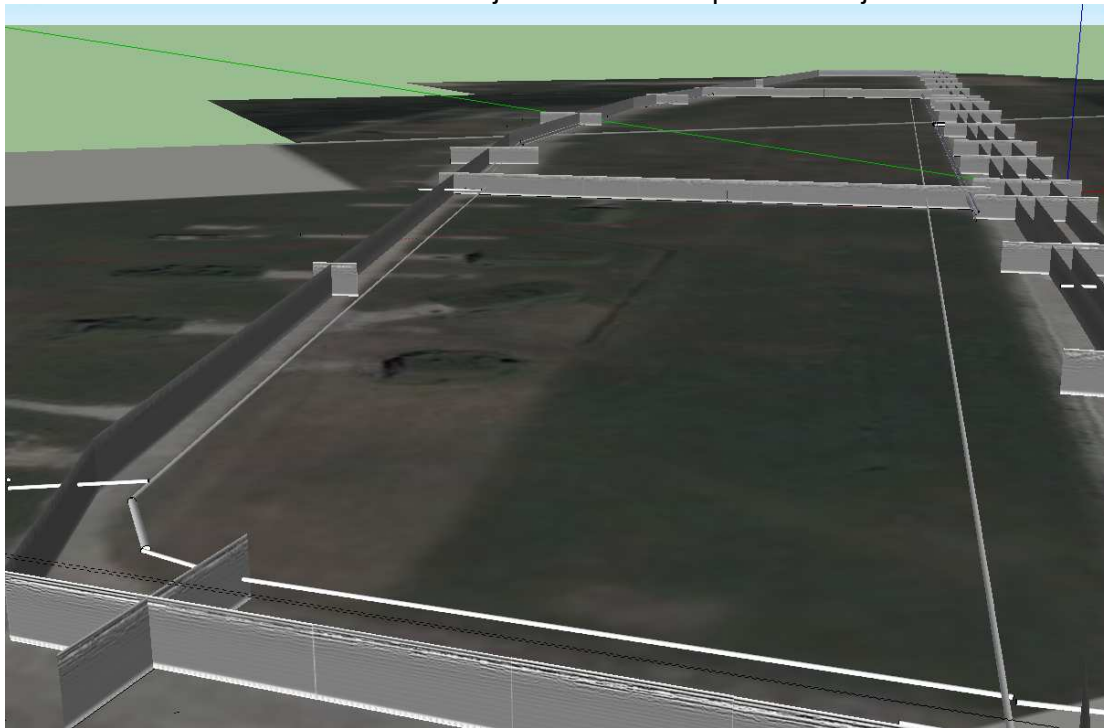
**Joonis 4 TW A pearaja poolne ots, kollektor läheb läbi**

Side-või elektrikaablite jaoks on ehitatud 3D pildi alusel pearaja alt läbiminekuks kaks kohta, esimene asub ca 1300m kaugusel RW 21 otsast ja teine ca 2300m kaugusel RW 21 otsast. Vt joonis 5.



**Joonis 5 Side-või elektrikaablite läbiviik pearaja alt**

Sadevete ärajuhtimissüsteem TW-del on olemas 3D pildi alusel ainult TW A-I. Vesi juhitakse TW A lõpust torudega TW A algusesse, kus on kollektor, mis juhib vee TW A alt läbi. Teistel TW-del sadevee ärajuhtimissüsteem puudub. Vt joonis 6.



Joonis 6 Sadevete ärajuhtimine TW A-I

### 3.2.1. Tuledest.

Hetkel eksisteerivad Pärnu Lennujaamas pearaja ääretuled, lähenemistuled ning TW-del B ja C ning perroonil ääretuled. Teljetulesid RW-I ei ole.

## 4. Kolm erinevat varianti Pärnu Lennujaama rekonstrueerimiseks

Arvestades olemasolevat olukorda Pärnu Lennujaamas, teeb uurimistöö teostaja ettepaneku kaaluda 3 erineva variandi vahel. Need lahendid/variandid oleksid järgmised:

- Variant 1. Paigaldada olemasolevale betoonkatele peale täiendav betoonist ülekate. Kohati laiendada õlgasid. Paigaldatakse drenaaž. Markeering, märgistus. Tulede tõstmine, paigaldamine.
- Variant 2. Lõhkuda ära ca 0,83 m paksuselt olemasolev katendikonstruktsioon pearajal (ruleerimisteedel ja perroonil ca 69 cm) ning tekkinud põhjale ehitada peale täiesti uus katendikonstruktsioon. Paigaldatakse drenaaž, uued kaevud, sadevete ärajuhtimissüsteem. Sisaldab puudu olevate ääretulede paigaldust. Markeering, märgistus.

- Variant 3. Paigaldada olemasolevale betoonkattele asfaltbetoonist ülekate, peegelduspragude vältimiseks kasutatakse metallist võrku (Meshtrack 1). Õlgade laiendused, kaevude tõstmine. Markeering, märgistus. Tulede paigaldus, tõstmine.

#### **4.1. Arvestuslikud üldpõhimõtted**

Alljärgnevalt on välja toodud mõõtmed ja lahendused, mis kehtivad kõikidele variantidele:

- Pearaja parameetrid 2500X45m;
- Pearaja õlad 5+5m;
- TW-de sõiduradade laius 15m;
- TW-de õlad 5+5m;
- Seisuplatsid 8 tk (3tk-38x35m, 2tk-27x29m, 3tk-17x19m);
- Tulede, markeeringu ja tähistuse asetus vastavalt lisas 5 toodule;

Orienteeruvate maksumuste arvutamisel oleme aluseks võtnud nii Ämari Lennuvälja, Tallinna Lennuvälja kui ka ühe tee-ehitusobjekti (Loo-Maardu) ühikhindasid. Maksumuste arvutamisel oleme lähtunud eeldusest, et ehitustööd võiksid alata ca 2013. a.

Mahasõitudel RW-lt TW-dele ei ole uurimistöö teostaja mahasõitude servasid ümarateks planeerinud, vaid on jätnud alles olemasolevad kolmnurkadega mahasõidud (neid on laiendatud). Mahasõidud ja pöörded TW-de vahel on planeeritud ümarateks. Kohati on mahasõitude laiusi suurendatud, et oleks tagatud suurte lennukite ohutu manööverdamine.

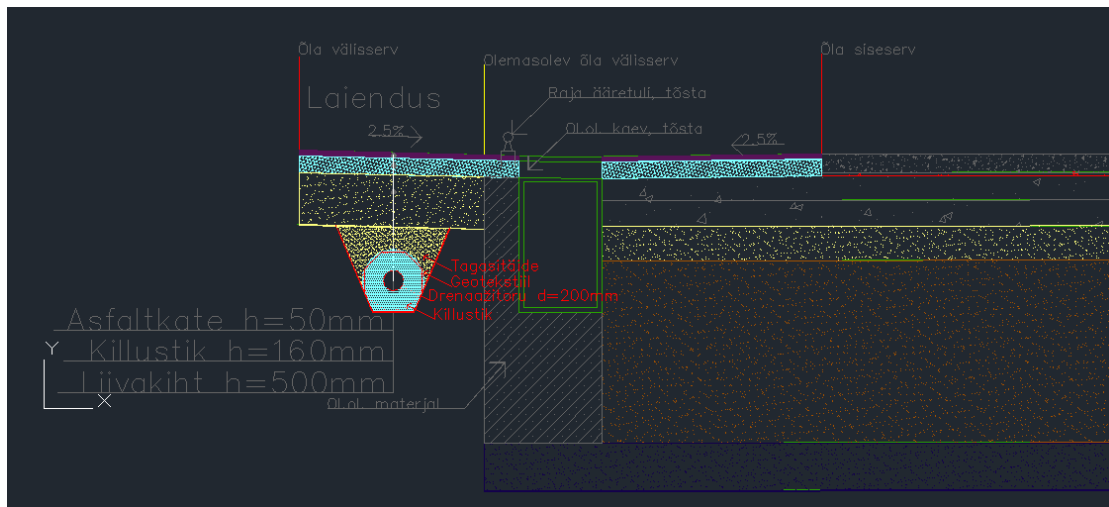
#### **4.2. Punktis 4. nimetatud variantide kirjeldused**

##### **4.2.1. Variant 1.**

##### **4.2.1.1. Pearada**

Pearaja (RW) pikkus 2500 m, laius 45 m, kahepoolne kalle 1,5%. Õlgade laiused 5 + 5 m. Vasakul õlal kahepoolne kalle 2,5%, et vesi valguks sadevee kaevudesse. Ka paremal õlal kahepoolne kalle: pearaja servast kaevudeni 1,5%; õla välimisest servast kaevudeni 2,5%.

Pearaja uute mõõtmete plaanile kandmisel tekib osaliselt lõike, kus pearaja vasakut serva on vaja laiendada, et õlg (5m) oma mõõtmetega ära mahuks. Paremat õlga laiendada ei ole vaja, kuna olemasoleva katte serva laius on piisav. Tegelikult mahuksid uued pearaja mõõtmed ka olemasolevasse pearaja laiusesse ära, kuid siis tuleks hakata ümber tõstma lähenemistulesid, mis on väga kallis töö ning ei oleks otstarbekas majanduslikust aspektist võttes. Tüüpiline ristlõige, koos vasaku õla laiendamisega on lisas 2 ning joonisel 7.



**Joonis 7 RW vasaku õla laiendus**

Variandi 1 puhul jäetakts alles olemasolevad sadevete kaevud, kuid neid tuleb tõsta ning puhastada.

Täiendava ja uue konstruktsiooni osana tuleks pearaja servadesse ehitada drenaaž kogu pearaja pikkuses, arvestada tuleb pearaja punkti, kus asub nõ katus, Drenaaži vesi tuleks juhtida kollektorisse, üks nendest jookseb TW A alt läbi ning suundub jõkke, teine peaks nõukogude aegse projekti järgi minema pearaja alt läbi TW C juures.

Betoonist pealiskattesesse tuleb lõigata sisse vuugid, uurimistöö teostaja teeb ettepaneku kasutada pearajal 7,5x7,5m mõõtmetega tekkivaid betoonplaatse.

Konstruktsioon nii pearajal kui ruleerimisteedel:

1. Olevalle betoonkihile paigaldada liivbetoonist tasanduskiht, paksus varieeruv (keskmiselt 4 cm)
2. Tasanduskihile betoonikiht, paksus 17 cm.

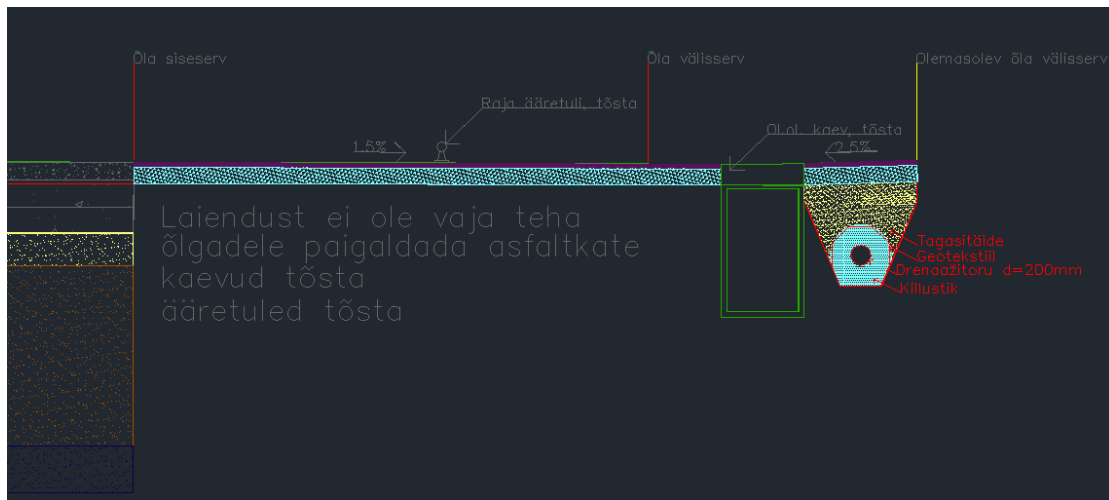
Vasaku õla konstruktsioon pearajal (laiendus):

1. Dreenkiht (keskliiv) 50 cm, nõutav mõõdetav kandevõime 130 MPa.
2. Lubjakivist killustikukiht fr. 0-32, paksus 16 cm, nõutav mõõdetav kandevõime 170 MPa.
3. Tihe asfaltbetoon AC 12 surf (TAB 12-I), paksus 5 cm.

Parema õla konstruktsioon pearajal (joonis 8):

1. Olevalle betoonile paigaldatakse lubjakivist killustikukiht fr. 0-32, paksus 16 cm, nõutav mõõdetav kandevõime 170 MPa.
2. Tihe asfaltbetoon AC 12 surf (TAB 12-I), paksus 5 cm.





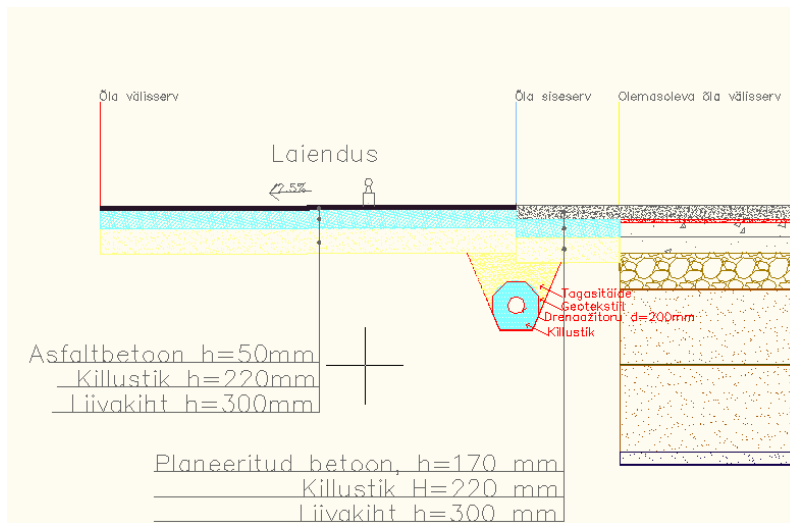
**Joonis 8 Pearaja parema õla konstruktsioon**

#### 4.2.1.2. Ruleerimisteed

Ruleerimisteede (TW) A, B, C, D parameetrid: raja laiused 15 m, ühepoolne kalle 1,5%. Õlgade laiused 5+5 m, kalded 2,5%. Nagu ka pearaja konstruktsioonis tuleks ruleerimisradade õlgade siseserva sisse ehitada drenaaž. Drenaaži üheseks eesmärgiks on vältida konstruktsiooni ülemärgumist ning külmaperioodil külmakergete tekkimist. Käesoleva variandi puhul on arvestatud, et drenaaž tehakse mõlemale poole TW teljest (v.a. TW A puhul, kus drenaaž tehakse ainult paremasse serva). Drenaažitoru läbimõõt võiks olla 200 mm ning selle ümber küllustikukiht paksusega 200 mm, mis on mähitud geotekstiili sisse. Geotekstiili peale ehk kaeviku tagasitäitena kasutada liiva.

Õlgade konstruktsioon ruleerimisteedel (vt ka lisa 2 ning joonis 9):

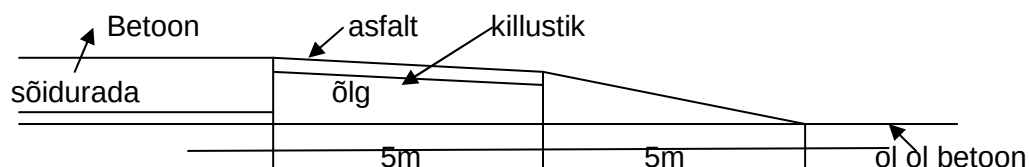
1. Dreenkiht ( keskliiv) 30 cm, nõutav mõõdetav kandevoime 130 MPa.
2. Lubjakivist küllustikukiht fr. 0-32, paksus 22 cm, nõutav mõõdetav kandevoime 170 MPa.
3. Tihe asfaltbetoon AC 12 surf (TAB 12-I), paksus 5 cm.



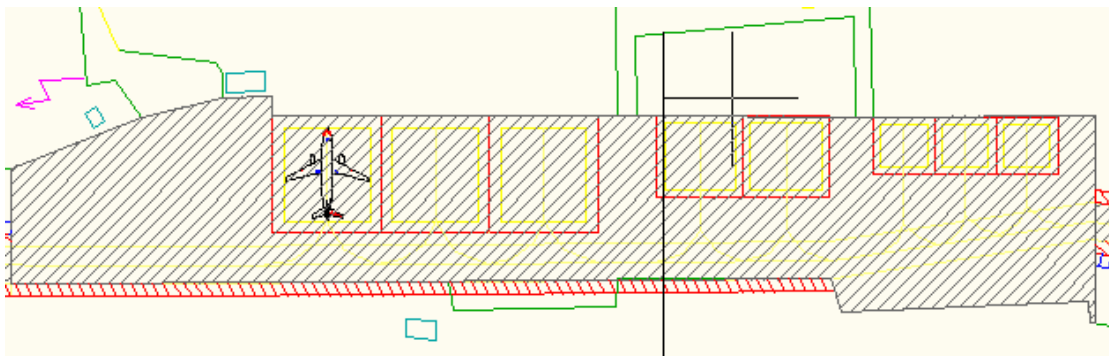
**Joonis 9 TW õla laiendus**

#### 4.2.1.3. Perroon

Perroonile on plaanis kulude kokkuhoiu mõttes teha ülekate ainult nõ sõidutee osale ehk siis sinna, kus asetsevad lennukite ruleerimisteed. Õlad tuleb samuti välja ehitada. Kasutatakse samasugust konstruktsiooni nagu TW-del. Laius 15m, lisaks õlad 5+5m. Kõigepealt tasandatakse olemasolev betooni pealispind tasandusbetooniga, selle peale valatakse betoonkiht paksusega 17 cm. Õlgade konstruktsioon oleks 16 cm killustikku betooni peal +5 cm asfaltbetooni. Alates õlgade välisservast, viiakse 5m laiuse asfaltribaga õla välisserv kokku olemasoleva betooniga. Nimetatud lahendus väldiks suuremaid lammutustöid ja ääretulede ümbertõstmisi. Samas võimaldaks olemasoleva betoonkatte allesjätmine lennukite ruleerimiseks mittevajalikus osas kasutada seda pinda väikelennukite või hooldetehnika ajutiseks parkimiseks. Illustreeriv lahendus alljärgnevalt:



Perrooni esine plats (vaata joonis 10) on planeeritud variandi 1 puhul teha üleni betoonist.



**Joonis 10 Perrooni betoneeritav osa, viirutus.**



Perrooni osas tuleb teha ka õlgade laiendust kahes kohas. Õlgade laiendamine on vajalik tagamaks sõiduraja ja seisuplatside ohutu vahekaugus. Õlgade laienduste konstruktsioon sarnane TW-de õlgade laiendustega.

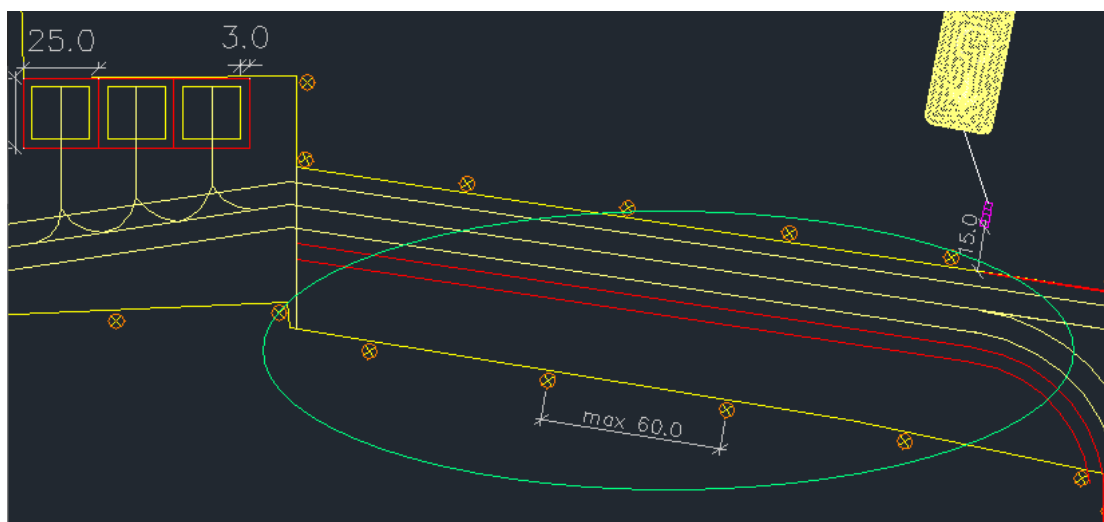
#### **4.2.1.4. Markeering**

Markeering Pärnu Lennujaama kogu territooriumile on teostatud arvestades olemasolevat situatsiooni ning arvestusega, et oleks tagatud nõutud ohutus (plaanilahendus lisas 5).

RW-l on planeeritud markeering valge värviga. Raja algusesse ja lõppu on vastavalt juhiste joonestatud lennuraja künnise märgistus, mis on ka tegelikkuses täna olemas. Lisaks sellele on joonestatud raja algusest ja lõpust lähtuvad teljejoone ja äärejoone vahelised maandumispärgi märgistused. Raja äärejoon on pidev, teljejoon katkendlik. Kirjeldatud markeering pearajal kehtib kõikide variantide puhul.

TW-dele on kantud kollase värvusega telje-, serva-, kui ka pöördejooned. Pöördejooned, millised on plaanile kantud, on illustratiivsed ning nende raadiused ei ole fikseeritud. Kui tellitakse projekteerimine, siis projekteerija peab määrama konkreetsed raadiused pöörtele.

Perroonile on peale joonestatud seisuplatsid. Kollase värvusega on seisuplats ise ning punase joonega on tähistatud lennuki seisuplatsi ümber nõutud ohutsooni (vt joonis 10). Suuremate lennukimarkide (näiteks Airbus A320, Boeing 737 erinevad mudelid, Bombardier CRJ 900) puhul on seisuplatsi mõõtmeteks 38,0X35,0m ning ohutsooniks ümber selle 4,5 m. Keskmiste lennukite jaoks (näiteks Fokker F50) on vajalikud mõõtmed 27,0X29,0 m ning ohutsooniks 3,0 m ümberringi. Kõige väiksemate lennukite jaoks (näiteks Britten Norman BN2A) on vajalikud mõõtmed 17,0X19,0m, ohutsooniks ümberringi 3,0m. Kokku mahutub olemasolevasse situatsiooni kaheksa seisuplatsi, millest 3 on kõige suuremate, 3 kõige väiksemate ja 2 keskmiste lennukite jaoks. Samas ei tähenda lahendus seda, et ainult 8 lennukit mahukski parkima, vaid seda, et kõige suurematesse seisukohtadesse võivad parkida ka 2 väikest lennukit. Pikemas perspektiivis on võimalus parklaala laiendada, näiteks väikelennukitele saaks seisukohti juurde luua alljärgneval joonisel 11 toodud kohta:



**Joonis 11** Võimalik asukoht väikelennukite seisuplatside juurdeehitamiseks

#### 4.2.1.5. Teostatavate tööde kirjeldus

Enne töödega alustamist tuleks pearajal ja ruleerimisteedel koos õlgadega kõik olevad vuugid puhastada prahist mullast ja rohttaimedest (teha umbrohu tõrjet, sellist, mis välistaks pikemas perspektiivis rohttaimede läbikasvamist kattest). Puhastatud vuugid täita elastse vuugimastiksiga. Laienduste kohapeal tuleb kasvumuld eemaldada ning kaevata nii sügavale, et laienduste tegemiseks vajalikud konstruktsioonikihid mahuksid ära. Laiendusi ehitada astmetega.

Kuna raja kõrgus muutub, tuleb muuta kõikide tulede kõrgusi. Seda saab teha ainult valgustite varte pikkuse muutmisega - tuleb tellida uued valgusti varred (firma IDMAN, Soome). Kõikide valgustite all on mõeldud nii ääre, kui ka lähenemistulesid. Kuna käesolevas eeluuringus pole ette nähtud täppislähenemise süsteemi rajamist, siis teljetulede järgi puudub vajadus. Uurimistöö teostaja ei tea, kuidas on lahendatud lähenemistulede kaabeldus, kuid kui kaablid on paigaldatud ilma varudeta, siis läheb töö teostamine kalliks maksma.

Lühidalt oleks tööde teostamise järjekord järgmine:

- Olemasoleva betoonist pealiskatte puhastamine (sh umbrohutõrje, vuukide täitmine elastse vuugimastiksiga);
- Ääretulede eemaldamine ehituse ajaks;
- Laienduste tegemine (sh. pearaja, TW-de ja perrooni laiendused);
- Drenaaži paigaldus RW-le, TW-dele ja perroonile;
- Olemasolevate kaevude tõstmine, sadeveesüsteemil tuleb mõned kohad lahti võtta, vajadusel puhastada / läbi pesta survepesuga;
- Tasandusbetooni paigaldamine;
- Sõiduradade betoneerimine, perrooni betoneerimine, vuukide lõikamine;
- Õlgade asfalteerimine;
- Lähenemistulede tõstmine;
- Ääretulede tõstmine RW-l ja TW-del B ja C ning perroonil;

- Ääretulede paigaldamine TW-dele A ja D;
- Markeering (RW-I valge värviga, TW-del ja perroonil kollase värviga);
- Juhul, kui õlgadesse või mujale hakkavad tekkima peegelduspraod, tuleb need kohe elastse mastiksiga täita. Selline tegevus väldib vee sattumist kattesse ja katte alla.

#### 4.2.1.6. Orienteeruv maksumus

Kogu tööde maksumus variandi 1 puhul oleks ca 100 000 000 eek ehk 6 391 165 eur. Orienteeruv maksumus sisaldab ka ettenägematuid töid ehk töid, mida me käesolevas aruandes ei ole suutnud ette näha.

**Tabel 2 Variandi 1 ehitusmahud ja maksumus**

| <u>Materjal</u>              | <u>Mõõtühik</u> | <u>Kogus</u> | <u>Ühikhind - eur</u> | <u>Kokku - eur</u> | <u>Kokku - eek</u> |
|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Betoon h=17 cm               | m <sup>3</sup>  | 32 500       | 135,62                | 4 068 600          | 63 659 757         |
| Tasandusbetoon h=4 cm        | m <sup>3</sup>  | 7650         | 31,95                 | 244 418            | 3 824 303          |
| <u>Laiendused, õlad</u>      |                 |              |                       |                    |                    |
| Killustik h=16 cm            | m <sup>2</sup>  | 35 000       | 2,24                  | 78 400             | 1 226 693          |
| Killustik h=22 cm            | m <sup>2</sup>  | 23 000       | 3,09                  | 71 070             | 1 112 004          |
| Liivtäide h=50 cm            | m <sup>2</sup>  | 1113         | 6,08                  | 6767               | 105 881            |
| Liivtäide h=30 cm            | m <sup>2</sup>  | 22 500       | 3,65                  | 82 125             | 1 284 977          |
| AC 12 surf h=5 cm (TAB 12 I) | m <sup>2</sup>  | 58 000       | 7,78                  | 451 240            | 7 060 372          |
| <u>Drenaaž</u>               |                 |              |                       |                    |                    |
| Drenaažitoru d=20 cm         | m               | 11 300       | 38,54                 | 435 502            | 6 814 126          |
| Killustik ümber drenaaži     | m <sup>2</sup>  | 4 400        | 2,8                   | 12 320             | 192 766            |
| Geotekstiil                  | m <sup>2</sup>  | 25 800       | 1,0                   | 25 800             | 403 682            |
| Kaeviku tagasitäide (liiv)   | m <sup>2</sup>  | 11 220       | 6,08                  | 68 218             | 1 067 373          |
| <u>Kaevud</u>                |                 |              |                       |                    |                    |
| Kaevude tõstmine             | tk              | ca 100       | 191,73                | 19 173             | 299 992            |
| Kaevude puhastamine          | tk              | ca 100       | 63,9                  | 6 390              | 99 981             |
| <u>Tuled</u>                 |                 |              |                       |                    |                    |
| Ääretulede tõstmine          | tk              | 158          | 127,82                | 20 196             | 315 992            |
| Ääretulede paigaldamine      | tk              | 74           | 1278,23               | 94 589             | 1 479 997          |

|                                                                |                |         |        |                  |                   |
|----------------------------------------------------------------|----------------|---------|--------|------------------|-------------------|
| Lähenemistulede tõstmine                                       | tk             | 36      | 301,02 | 10 836           | 169 558           |
| <u>Markeering</u>                                              | m <sup>2</sup> | 12 700  | 4,81   | 61 087           | 955 804           |
| <u>Väljakaeve laiendustelt</u>                                 | m <sup>3</sup> | 15 000  | 9,96   | 149 400          | 2 337 602         |
| <u>Olemasoleva betooni lõhkumine</u>                           | m <sup>2</sup> | 1 500   | 2,95   | 4 425            | 69 236            |
| <u>Õla serva kokkuviiimine olemasoleva betooni pinnaga</u>     | m <sup>2</sup> | 4 800   | 12     | 57 600           | 901 244           |
| <u>Vuukide täitmine mastiksiga, peale vuukide lõikamist</u>    | m              | 45 000  | 0,62   | 27 900           | 436 540           |
| <u>Umbrohu tõrje</u>                                           | L/S            | 1       | 12 782 | 12 782           | 200 000           |
| <u>Vuukide puhastamine ja täitmine enne töödega alustamist</u> | m              | ca 5000 | 0,62   | 3100             | 48 505            |
| <b>KOKKU</b>                                                   |                |         |        | <b>6 011 938</b> | <b>94 066 389</b> |

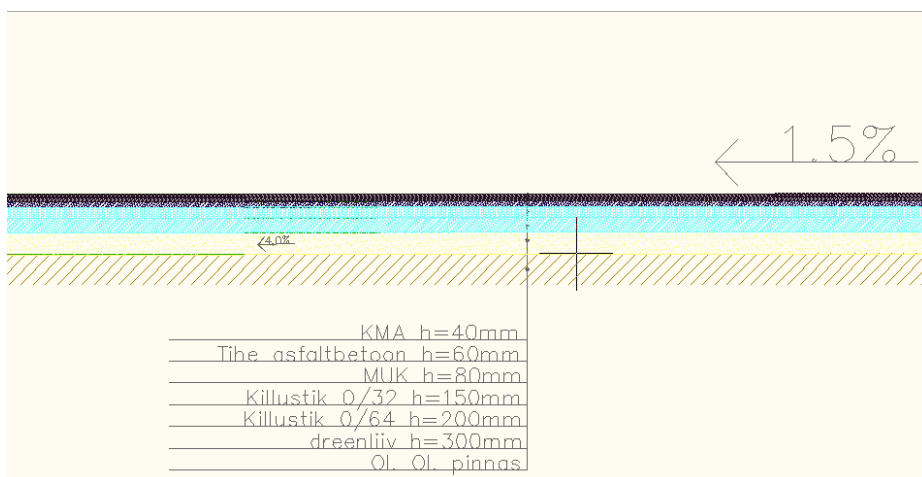
## 4.2.2. Variant 2

### 4.2.2.1. Pearada

Pearaja pikkus 2500 m, laius 45 m. Kahepoolne kalle 1,5%. Uue konstruktsiooni kihid (vt ka lisa 3):

1. Dreenliiv (keskliiv) 30 cm, nõutav mõõdetav kandevõime 130 MPa;
2. Kande kiht lubjakivikillustikust, kokku 35 cm, alumine kiht fr. 0-64 paksusega 20 cm, pealne kiht fr. 0-32 paksusega 15 cm. Mõlema kihi nõutav mõõdetav kandevõime 170 MPa;
3. Must killustik (MUK) fr. 12/32. Paksus 8 cm. Lagunemisohu tõttu tuleb MUK-ile võimalikult kiiresti paigaldada järgmine kiht;
4. Tihe asfaltbetoon AC 20 bin (TAB 20-I). Paksus 6 cm;
5. Killustikmastiksasfalt SMA 16 (KMA 16). Paksus 4 cm.

Konstruktsiooni kogupaksus 83 cm. Kõikidel kihtidel kalle 1,5% (vt joonis 12).



**Joonis 12 Pearaja tüüpkonstruktsioon**

Pearaja õlgade laiused 5+5 m. Konstruktsioon:

1. Dreenkiht paksus 50 cm, nõutav kandevõime 130 MPa;
2. Kandekiht lubjakivikillustikust kokku 16 cm, fr. 0-32, nõutav mõõdetav kandevõime 170 MPa;
3. Tihe asfaltbetoon AC 12 surf (TAB 12-I). Paksus 5 cm.

Küna põhja kalle õlgadel 4%, konstruktsiooni kihtidel vasakul õlal kahepoolne kalle 2,5%, et vesi valguks sadevee kaevudesse. Ka paremal õlal kahepoolne kalle: pearaja servast kaevudeni 1,5%; õla välimisest servast kaevudeni 2,5%.

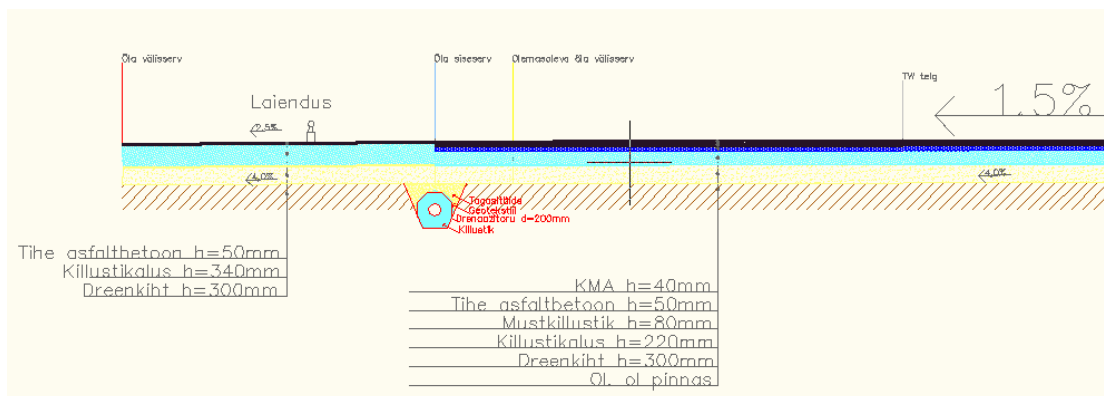
#### 4.2.2.2. Ruleerimisteed

Ruleerimisteede (TW) A, B, C, D ja parameetrid: raja laiused 15 m, ühepoolne kalle 1,5%. Õlgade laiused 5+5 m, kalded 2,5%.

Kõik paigaldatavad konstruktsiooni kihid sarnased pearajale, erinevad on vaid paksused – kogupaksus 69 cm (vt lisa 4):

1. Dreenliiv (keskliiv) 30 cm;
2. Kandekiht lubjakivikillustikust, kokku 22 cm, fr. 0-32;
3. Must killustik (MUK) fr. 12/32. Paksus 8 cm;
4. Tihe asfaltbetoon AC 20 bin (TAB 20-I). Paksus 5 cm;
5. Killustikmastiksasfalt SMA 16 (KMA 16). Paksus 4 cm.

Ka õlgade konstruktsioon sarnane pearajale. Erinevus: lubjakivist kandekihi fr. 0-32 paksus 34 cm, see paigaldada kahes kihis. Küna põhjade kalded 4%. Konstruktsiooni kihtide kalded: 2,5%.



**Joonis 13 TW-de tüüpkonstruktsioon**

#### 4.2.2.3. Perroon

Perrooni laius varieeruv, kahepoolne kalle 1,5% perrooni keskosa poole sadeveekaevude suunas, et vesi ära valguks.

Perrooni konstruktsioon sarnane ruleerimisteede konstruktsiooniga.

Perroonidele on ette nähtud betoonist seisuplatsid:

1. 38x35 m betooni paksus 23 cm, kokku 3 platsi.
2. 27x29 m betooni paksus 17 cm, kokku 2 platsi.
3. 17x19 m betooni paksus 17 cm, kokku 3 platsi

Seisuplatside paisumisvuukide omavaheliseks kauguseks planeeritud 7,5x7,5m.

#### 4.2.2.4. Markeering

Markeering on mõeldud jätta sarnaseks variandiga 1. Samuti tulede plaaniline asetus ning suunaviidad.

#### 4.2.2.5. Teostatavate tööde kirjeldus

Variandi 2 puhul on tööde mahud väga suured. Lisaks uutele konstruktsioonikihtidele, tuleb paigaldada uued sadevete kaevud ning vajadusel rekonstrueerida sadevete ärajuhtimissüsteem kogu ulatuses. See tähendaks ka torude ja kollektorite vahetust. Täiendava ja uue konstruktsiooni osana tuleks pearaja ja sarnaselt variant 1-ga ruleerimisteede õlgade siseservadesse ehitada drenaaž kogu RW ja TW-de pikkuses. Tööde ajaks tuleb eemaldada ääretuled, mis küll saab hiljem tööde lõppfaasis omale kohale tagasi panna. Selle variandi pluss on see, et lähenemistulede kõrgusi muutma ei pea. Küll aga tuleb uued ääretuled paigaldada TW-dele A ja D. Võimaliku plussina võib kõne alla tulla ka lammutatud betooni purustamisel saadav killustik fr 0/64 aluse alumiseks kihiks, kui see laboratoorselt kõlblikuks osutuks.



Betoonplaadid tuleb eemaldada, armeeritud ja armeerimata betoon tuleb lõhkuda. Betooni all olev täitepinnas tuleb eemaldada. Täitepinnaseks on valdavalt keskliiv, on ka peenliiva, kruusast liiva, kruusa. Pärast väljakaevamist tekib nn. küna. Küna põhja kalle 4%.

Lühidalt oleks tööde teostamise järjekord järgmine:

- Olemasolevate tulede ülesvõtmine;
- Olemasoleva betooni lõhkumine ja teisaldamine nii RW-lt, TW-delt kui ka perroonilt;
- Täitematerjali väljakaevu vajaliku sügavuseni;
- Olemasolevate kaevude lõhkumine ja uute paigaldamine;
- Drenaaži paigaldus
- Küna põhja profileerimine;
- Laiendustelt kasvupinnase eemaldamine nii RW-lt, TW-delt kui ka perroonilt;
- Laienduste väljaehitamine eelpool nimetatud konstruktsiooniga;
- Dreenkihi väljaehitamine;
- Aluste ehitus;
- Katte ehitamine;
- Markeering;
- Tulede paigaldamine.

#### 4.2.2.6. Orienteeruv maksumus

Variandi 2 puhul tuleb orienteeruvaks tööde maksumuseks ca 175 000 000 eek ehk 11 184 539 eur. Orienteeruv maksumus sisaldab ka ettenägematuid töid ehk töid, mida me käesolevas aruandes ei ole suutnud ette näha.

**Tabel 3 variandi 2 ehitusmahud ja maksumus**

| Material                                        | Mõõtühik       | Kogus   | Ühikhind – eur | Kokku - eur | Kokku – eek |
|-------------------------------------------------|----------------|---------|----------------|-------------|-------------|
| Olemasoleva betooni lõhkumine h=40 cm           | m <sup>2</sup> | 138 545 | 6              | 831 270     | 13 006 549  |
| Olemasoleva betooni lõhkumine h=20 cm           | m <sup>2</sup> | 95 000  | 3              | 285 000     | 4 459 281   |
| Olemasoleva materjali väljakaevu SMA 16 h=4cm   | m <sup>2</sup> | 112 500 | 9,96           | 1 120 500   | 17 532 015  |
| AC 20 bin h=6 cm                                | m <sup>2</sup> | 182 600 | 10,07          | 1 838 782   | 28 770 686  |
| MUK 12/32 h=8 cm                                | m <sup>2</sup> | 183 100 | 9,91           | 1 814 521   | 28 391 084  |
| Killustik 0/64 h=35 cm (RW-l)                   | m <sup>2</sup> | 184 000 | 7,04           | 1 295 360   | 20 267 980  |
| Killustik 0/64 h=22 cm (TW-del ja perroonil)    | m <sup>2</sup> | 115 000 | 4,8            | 552 000     | 8 363 923   |
| Dreenkiht liivast h=30 cm (pearajal)            | m <sup>2</sup> | 78 000  | 3,09           | 241 020     | 3 771 143   |
| Dreenkiht liivast h=30 cm (TW-del ja perroonil) | m <sup>2</sup> | 117 400 | 3,65           | 428 510     | 6 704 724   |
| Laiendused, õlad                                |                |         |                |             |             |
| AC 12 surf h=5 cm                               | m <sup>2</sup> | 81 900  | 3,65           | 298 935     | 4 677 316   |
| Killustik 0/64 h=34 cm                          | m <sup>2</sup> | 58 000  | 7,78           | 451 240     | 7 060 371   |
|                                                 | m <sup>2</sup> | 60 000  | 4,77           | 286 200     | 4 478 056   |

|                                                                              |                |                |        |         |                   |                    |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|--------|---------|-------------------|--------------------|
| Dreenkiht<br>h=30 cm                                                         | liivast        | m <sup>2</sup> | 61 000 | 3,65    | 222 650           | 3 483 715          |
| <u>Drenaaž, sama hinnaarvutus nagu variant 1 puhul</u>                       |                |                |        |         |                   |                    |
| Drenaaž                                                                      | L/S            | 1              |        | 541 840 | 541 840           | 8 477 954          |
| <u>Markeering, sama hinnaarvutus nagu variant 1 puhul</u>                    |                |                |        |         |                   |                    |
| Markeering                                                                   | L/S            | 1              |        | 61 087  | 61 087            | 955 804            |
| <u>Kaevud</u>                                                                |                |                |        |         |                   |                    |
| Uute kaevude paigaldamine                                                    | tk             | Ca 100         |        | 1917,35 | 191 735           | 3 000 000          |
| <u>Tuled</u>                                                                 |                |                |        |         |                   |                    |
| Ääretulede paigaldamine                                                      | tk             | 74             |        | 1278,23 | 94 589            | 1 479 997          |
| Ääretulede eemaldamine                                                       | tk             | 158            |        | 127,82  | 20 196            | 315 992            |
| ehituse ajaks ja uuesti paigaldamine                                         |                |                |        |         |                   |                    |
| Väljakaevet laiendustelt                                                     | m <sup>3</sup> | 15 000         |        | 9,96    | 149 400           | 2 337 602          |
| Vuukide täitmine mastiksiga, peale vuukide lõikamist                         | m              | 45 000         |        | 0,62    | 27 900            | 436 540            |
| <u>Seisuplatsid</u>                                                          |                |                |        |         |                   |                    |
| Seisuplatside betoneerimine, suurte lennukite jaoks h=23 cm                  | m <sup>3</sup> | 920            |        | 183,49  | 168 811           | 2 641 315          |
| Seisuplatside betoneerimine, väiksemate ja keskmiste lennukite jaoks h=17 cm | m <sup>3</sup> | 340            |        | 135,62  | 46 111            | 721 477            |
| <b>KOKKU</b>                                                                 |                |                |        |         | <b>10 967 657</b> | <b>171 606 542</b> |

### 4.2.3. Variant 3.

#### 4.2.3.1. Pearada

Pearaja jaoks on arvestatud lennukikoormus 120 t, kui max 100 lennukit/ööp (sellest 50% lennukeid koormusega 120 t). Variant pärineb firmalt Bekaert.

Konstruksiooni kihid:

1. Batoon, paksus 15 cm (võetud vähima olemasoleva paksuse järgi);
2. Tasanduskiht (crack&seat peale, kui crack&seat vajalikuks osutub, mille otsustab mõõtmiste põhjal projekteerija) paksus ca 2 cm AC 8 base (TAB 8 II);
3. Bitufor – Mesh Track MT1+ SLURRYSEAL kiht, paksus 2 cm;
4. Tihe asfaltbetoon AC 20 bin (TAB 20-I), paksus 7 cm;

5. Killustikmastiksfalt SMA 16 (KMA 16), paksus 4 cm.

Õlgade konstruktsiooni kihid:

1. Dreenliiv (keskliiv) 30 cm (ainult laiendustel);
2. Kandkiht lubjakivikillustikust kokku 8 cm, fr. 0-16 mm, nõutav mõõdetav kandevoime 170 MPa;
3. Tihe asfaltbetoon AC 12 surf (TAB 12-I). Paksus 5 cm.

Laiendamist vajavate õlgade konstruktsioon sarnane variandis 1 toodud konstruktsioonile.

#### **4.2.3.2. Ruleerimisteed**

Konstruktsiooni kihid sarnased pearaja konstruktsioonikihtidele. Laienduste konstruktsioon sarnane variandis 1 toodud konstruktsioonile.

#### **4.2.3.3. Perroon**

Konstruktsiooni kihid sarnased ruleerimisteede konstruktsioonikihtidele. Laienduste konstruktsioon sarnane variandis 1 toodud konstruktsioonile.

#### **4.2.3.4. Markeering**

Markeering on mõeldud jätta sarnaseks variandiga 1. Samuti tulede plaaniline asetus ning suunaviidad.

#### **4.2.3.5. Teostatavate tööde kirjeldus**

Enne töödega alustamist tuleks teostada samad tegevused, mis nimetatud variandis 1. Kasutades varianti nr 3, tuleb tõsta lähenemistulesid ja ääretulesid. Paigaldada tuleb TW-dele A ja D ääretuled. Tulede plaaniline paigutus on lisas 5. Variandi 3 puhul on eeliseks tööde teostamise kiirus ning tulemuse pikk iga. Näiteid saab tuua Saksamaalt Erfurti lennuväljalt, kus kasutati täpselt samasuguses situatsioonis oleva lennuväljal metallvõrku. Erfurti lennuväli on üldplaanilt sarnane meie nõukogudeaegsete lennuväljadega: nt. Pärnu, Ämari. Tänapäevani väidetavalt ei ole peegelduspraod katte pealispinnas välja löönud. Siiski ei pääse ka konkreetse variandi puhul pearaja laiendamisest, osaliselt. Kaevud jäetakse alles, kuid need tuleb tõsta ning puhastada. Drenaaži paigaldus.

Lühidalt oleks tööde teostamise järjekord järgmine:

- Olemasolevate tulede eemaldamine;
- Crack&seat meetodika ehk pealmise betoonkihi purustamine väiksemateks osadeks, millega vabastatakse betoonkiht pingetest; vajalikkuse määrab projekterija nn „faultimeetriga“ mõõtmise põhjal;
- Seisuplatside ehitus;
- Tasanduskihi ehitus purustatud ja rullitud betoonkihi peale;
- MeshTrack+ SLURRYSEAL kihi paigaldus;
- Katte paigaldus;
- Markeering;
- Tulede paigaldus ja tõstmine.

#### 4.2.3.6. Orienteeruv maksumus

Variandi 3 puhul oleks teostatavate tööde orienteeruv maksumus ca 140 000 000 krooni ehk 8 947 631 eur. Orienteeruv maksumus sisaldab ka ettenägematuid töid ehk töid, mida me käesolevas aruandes ei ole suutnud ette näha.

**Tabel 4 Variandi 3 ehitusmahud ja maksumus**

| Material                               | Mõõtühik       | Kogus   | Ühikhind – eur | Kokku - eur | Kokku – eek |
|----------------------------------------|----------------|---------|----------------|-------------|-------------|
| <b>Pearada</b>                         |                |         |                |             |             |
| SMA 16 h=4cm                           | m <sup>2</sup> | 113 355 | 10,07          | 1 141 485   | 17 860 357  |
| AC 20 bin h=7 cm                       | m <sup>2</sup> | 113 900 | 13,87          | 1 579 793   | 24 718 389  |
| MeshTrack+<br>SLURRYSEAL               | m <sup>2</sup> | 114 500 | 11,5           | 1 316 750   | 20 602 660  |
| Tasanduskiht AC 8<br>base h=2 cm       | m <sup>2</sup> | 114 800 | 2,94           | 337 512     | 5 280 915   |
| Crack&seat                             | m <sup>2</sup> | 115 000 | 0,5            | 57 500      | 899 680     |
| <b>Pearaja õlad</b>                    |                |         |                |             |             |
| AC 12 surf h=5 cm                      | m <sup>2</sup> | 25 000  | 9,91           | 247 750     | 3 876 445   |
| Killustik 0/16 h=8 cm                  | m <sup>2</sup> | 23 990  | 0,85           | 20 392      | 319 058     |
| <b>Pearajal laiendust vajavad õlad</b> |                |         |                |             |             |
| Killustik 0/32 h=16 cm                 | m <sup>2</sup> | 1200    | 2,24           | 2688        | 42 058      |
| Liivast täide h=30 cm                  | m <sup>2</sup> | 1300    | 3,65           | 4745        | 74 243      |
| <b>Drenaaž</b>                         | L/S            | 1       | 541 840        | 541 840     | 8 477 953   |
| <b>Kaevud</b>                          |                |         |                |             |             |
| Kaevude tõstmine                       | tk             | ca 100  | 191,73         | 19 173      | 299 992     |
| Kaevude puhastamine                    | tk             | ca 100  | 63,9           | 6 390       | 99 981      |
| <b>Tuled</b>                           |                |         |                |             |             |
| Ääretulede tõstmine                    | tk             | 158     | 127,82         | 20 196      | 315 992     |
| Ääretulede paigaldamine                | tk             | 74      | 1278,23        | 94 589      | 1 479 997   |
| Lähenemistulede tõstmine               | tk             | 36      | 301,02         | 10 836      | 169 558     |
| <b>Ruleerimisteed ja perroon</b>       |                |         |                |             |             |
| SMA 16 h=4cm                           | m <sup>2</sup> | 66 500  | 10,07          | 669 655     | 10 477 824  |
| AC 20 bin h=7 cm                       | m <sup>2</sup> | 66 700  | 13,87          | 925 129     | 14 475 123  |

|                                                                                          |                |        |        |                  |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|--------|------------------|--------------------|
| MeshTrack+<br>SLURRYSEAL                                                                 | m <sup>2</sup> | 69 000 | 11,5   | 793 500          | 12 415 577         |
| Tasanduskiht AC 8<br>base h=2 cm                                                         | m <sup>2</sup> | 70 000 | 2,94   | 205 800          | 3 220 070          |
| Crack&seat                                                                               | m <sup>2</sup> | 75 000 | 0,5    | 37 500           | 586 748            |
| <u>Laiendatavad õlad TW-del ja perroonil</u>                                             |                |        |        |                  |                    |
| AC 12 surf h=5 cm                                                                        | m <sup>2</sup> | 19 500 | 9,91   | 193 245          | 3 023 627          |
| Killustik 0/32 h=16 cm                                                                   | m <sup>2</sup> | 19 000 | 2,24   | 42 560           | 665 919            |
| Liivast täide h=30 cm                                                                    | m <sup>2</sup> | 19 000 | 3,65   | 69 350           | 1 085 091          |
| <u>Õlad olemasolevale katile</u>                                                         |                |        |        |                  |                    |
| AC 12 surf h=5 cm                                                                        | m <sup>2</sup> | 15 000 | 9,91   | 148 650          | 2 325 867          |
| Killustik 0/16 h=6 cm                                                                    | m <sup>2</sup> | 15 000 | 0,85   | 12 750           | 199 494            |
| <u>Markeering</u>                                                                        | L/S            | 1      | 61 087 | 61 087           | 955 804            |
| <u>Seisuplatsid</u>                                                                      |                |        |        |                  |                    |
| Seisuplatside<br>betoneerimine, suurte<br>lennukite jaoks h=23<br>cm                     | m <sup>3</sup> | 920    | 183,49 | 168 811          | 2 641 315          |
| Seisuplatside<br>betoneerimine,<br>väiksemate ja<br>keskmiste lennukite<br>jaoks h=17 cm | m <sup>3</sup> | 340    | 135,62 | 46 111           | 721 477            |
| <b>KOKKU:</b>                                                                            |                |        |        | <b>8 775 787</b> | <b>137 311 229</b> |

## 5. Kokkuvõtteks

Orienteeruvate maksumuste punktides nimetatud ettenägematute kulude all võib mõelda näiteks sadeveesüsteemi kohatist lahtikaevamist ning uuendamise vajadust või täiendavat puhastamist. Lisaks mahuks ettenägematute tööde hulka veel nõ heakorrastustööd, sh haljastus, murukülv jne.

Lisaks ei ole me arvestanud ühegi variandi puhul veepuhastusjaama ehitust, mille vajalikkus võib selguda projekteerimise käigus. Näitena võib tuua, et Ämari Lennuväljale ehitatud veepuhastusjaam, koos sinna juurde kuuluvate seadmetega maksis ca 50 000 000 eek.

Kolmandas variandis nimetatud „Faultimeeter“ on seade, mis mõõdab vuukide vertikaalseid liikumisi (lisa 7). Kui neid eksisteerib, siis „Crack & Seat“ tehnoloogia rakendamine on vajalik. Samas, kui „Faultimeetriga“ saadud tulemus näitab, et vertikaalseid liikumisi vuukide vahel ei ole, võib „Crack & Seat“ töö ära jätta. Sellisel juhul oleks tööde kogumaksumus ca 2 000 000 eeki odavam.

Kui vertikaalsed liikumised jäävad kontrollimata ja „Crack & Seat“ jääb tegemata, siis on peegelduspragude risk ikkagi olemas, kuigi mitte kohe ja mitte väga suur.

Variant 1:

- + odavaim variant (ca 100 000 000 eek)
- olevate pragude täitmine betoonis ei pruugi anda pikemaajalist head tulemust
- lähenemistulede tõstmine
- tööde kestvus on pikk

Variant 2:

- + peab kaua vastu
- + lähenemistulesid pole vaja tõsta
- kalleim variant (ca 175 000 000 eek)
- ehitusperiood pikim

Variant 3:

- + ehitusperiood lühim
- + vastupidav
- +/- hind (140 000 000 eek)

Meiepoolne eelistusjärjekord:

1. Variant 3
2. Variant 2
3. Variant 1

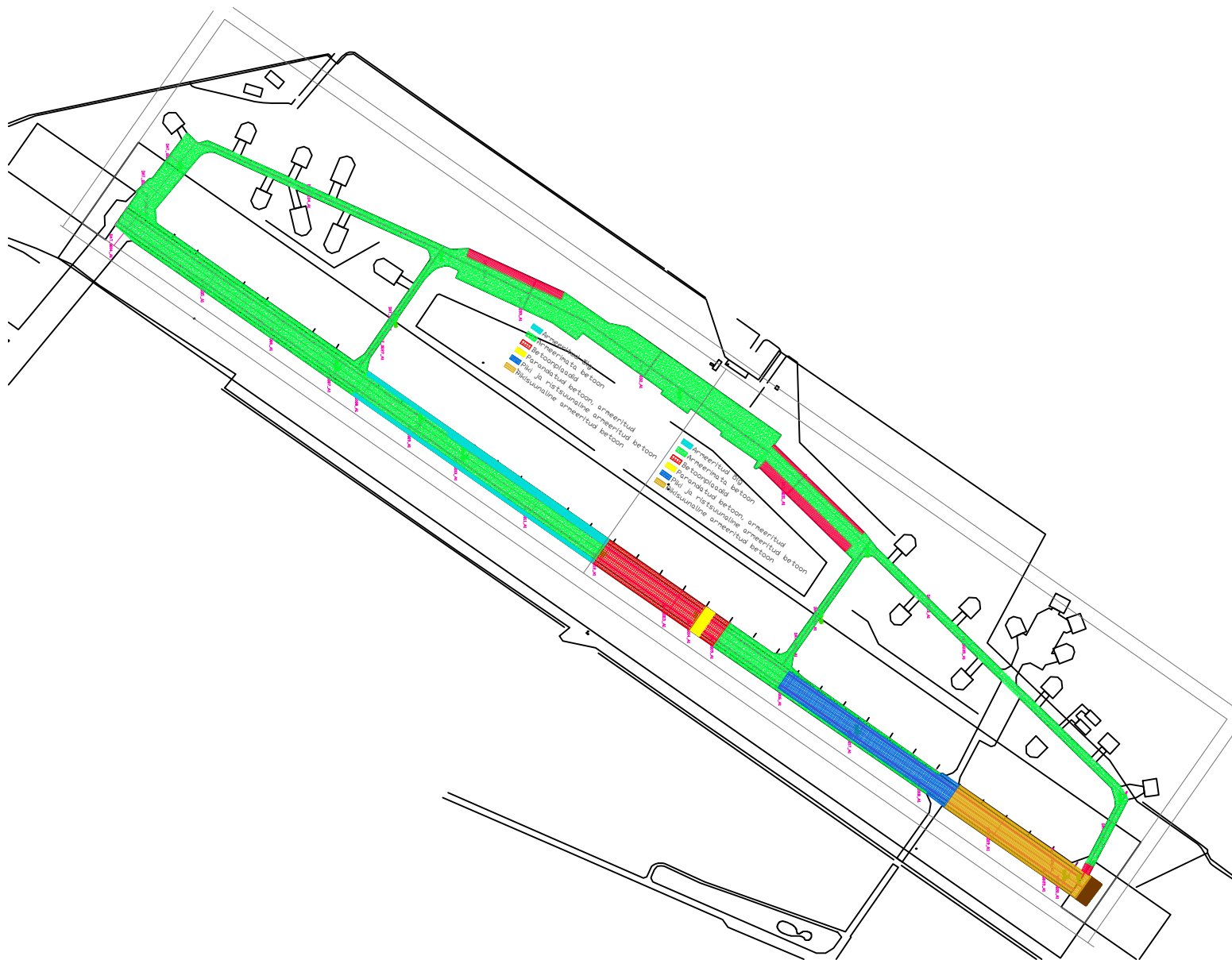
## 6. Lisad:

1. Olemasolev olukord Pärnu Lennuväljal;
2. Variandi 1 plaanilahendus koos tüüpristlõigetega;
3. Variandi 2 plaanilahendus koos tüüpristlõigetega;
4. Variandi 3 plaanilahendus;
5. Tulede, markeeringu ja tähistuse plaanilahendus;
6. Erfurti lennuvälja uuringud (saksakeelne);
7. Faultimeetri brošüür (saksakeelne).



LISA 1

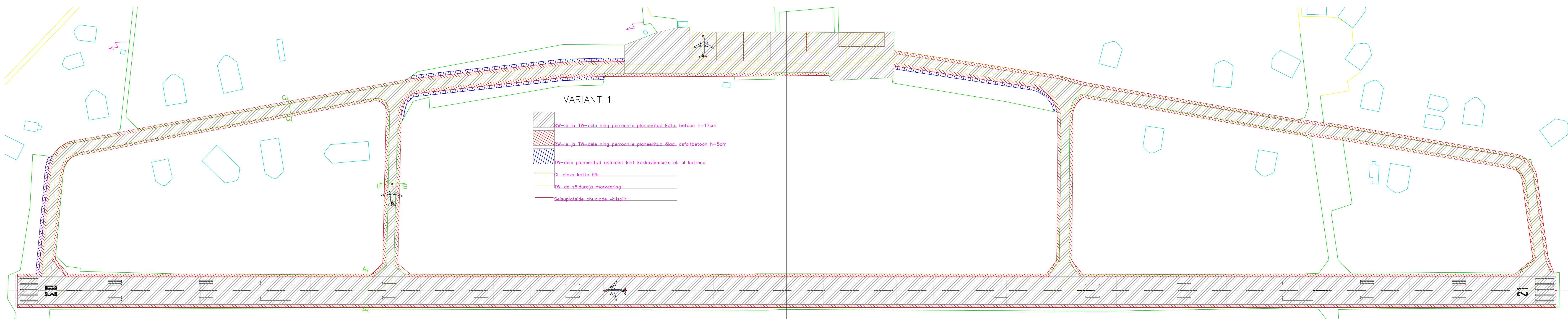
Olemasolev olukord Pärnu  
Lennuväljal



## LISA 2

Variandi 1 plaanilahendus  
koos tüüpristlõigetega

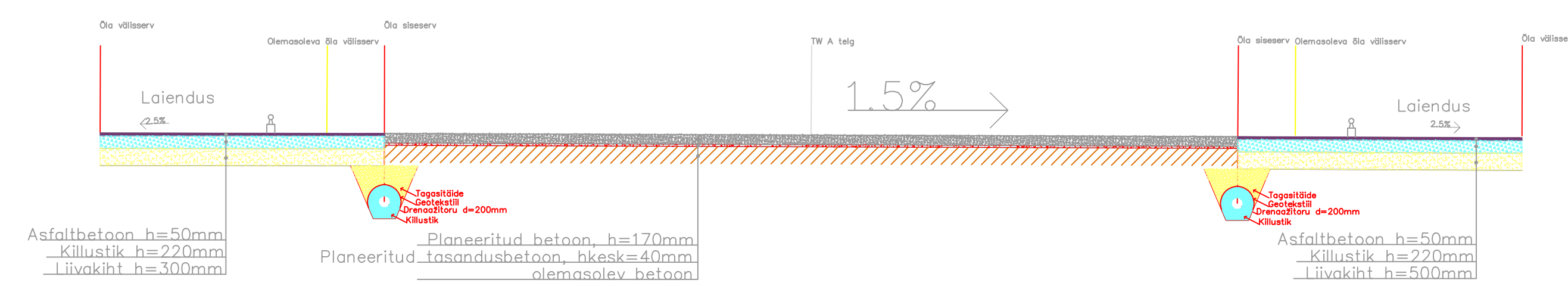
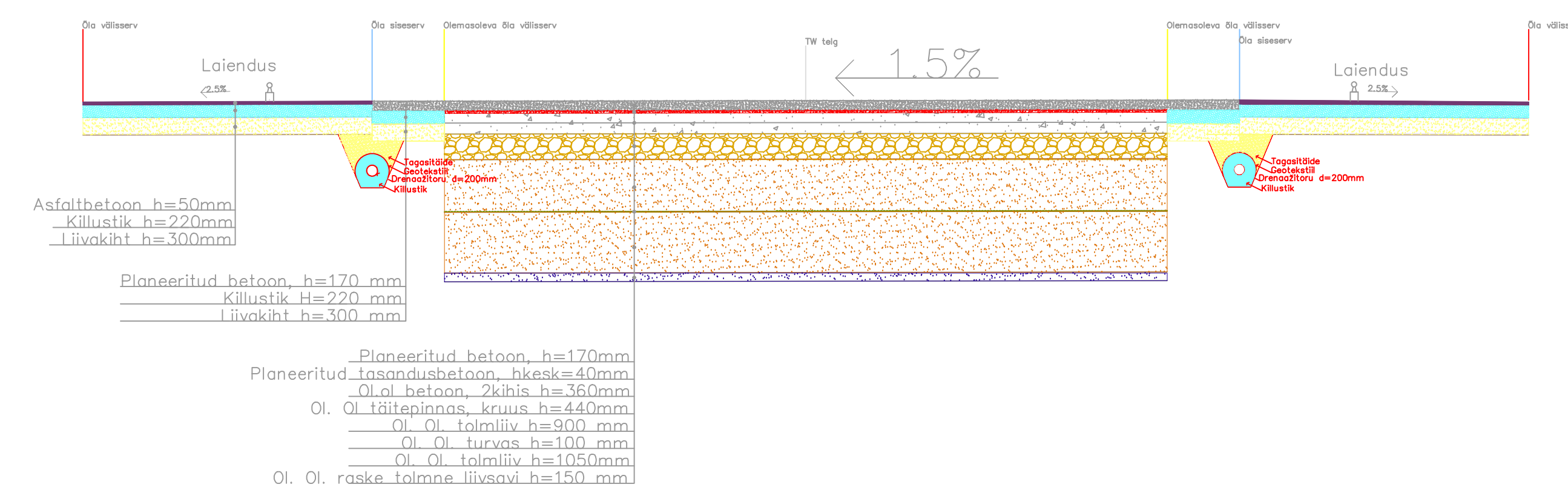
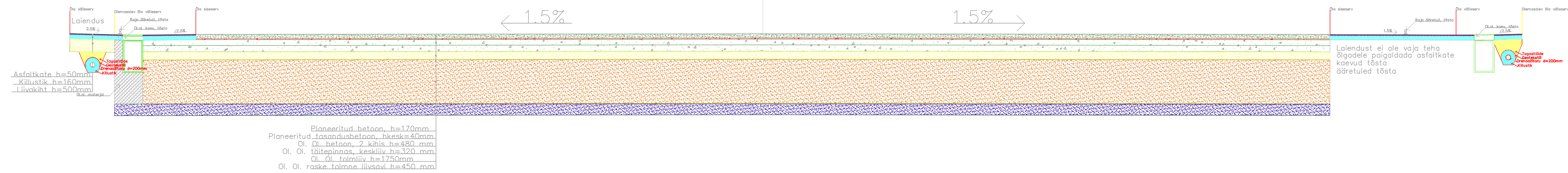






## LÖIGE A-A variant 1

Pearaja telg

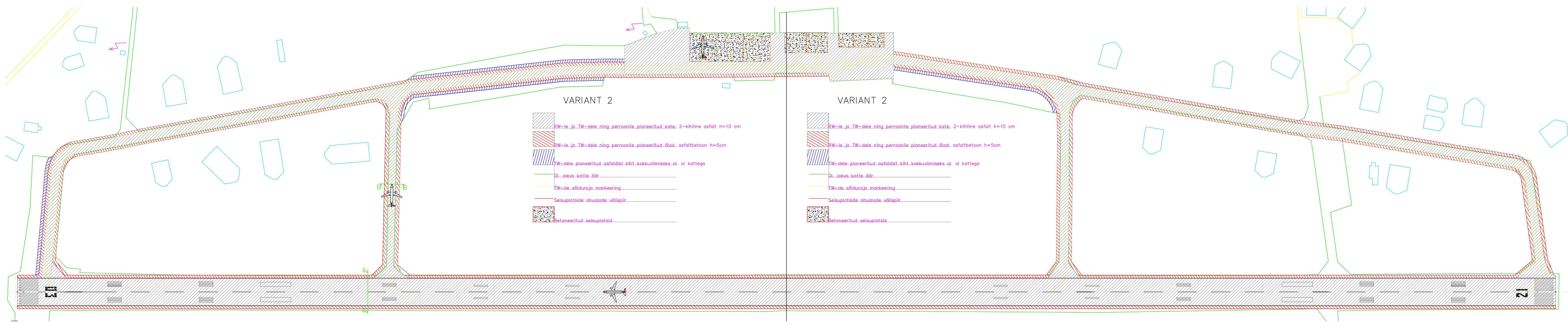




LISA 3

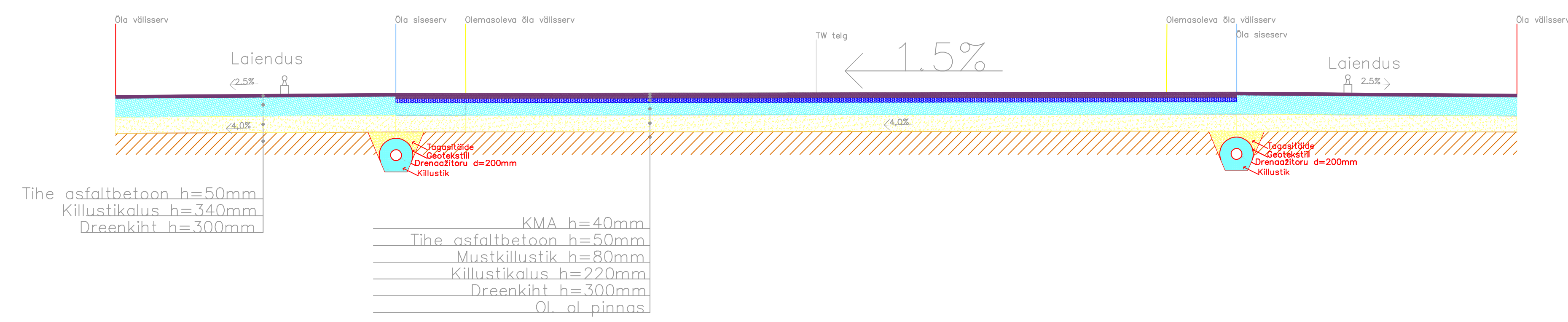
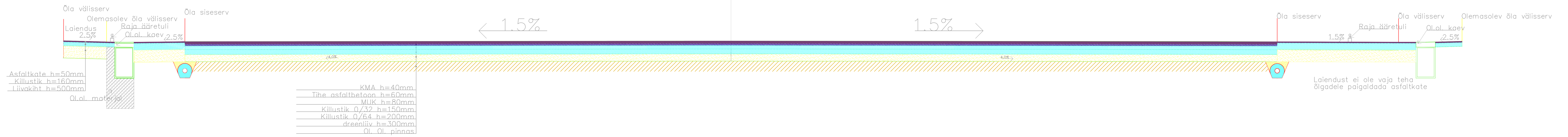
Variandi 2 plaanilahendus  
koos tüüpristlõigetega







Pearaja telg

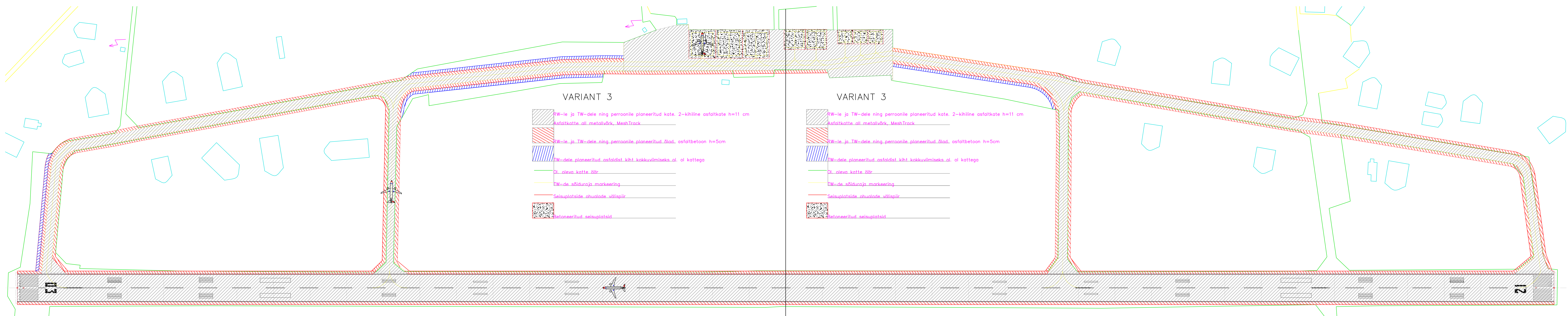




LISA 4

Variandi 3 plaanilahendus



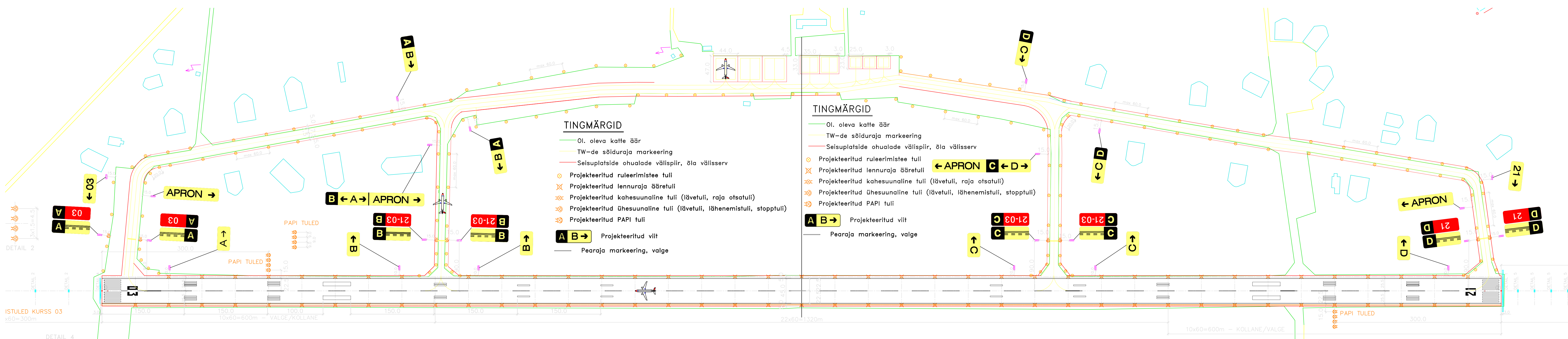




## LISA 5

Tulede, markeeringu ja  
tähistuse plaanilahendus







LISA 6

Erfurti lennuvälja uuringud  
(saksakeelne)

Versuchsanstalt für Straßenwesen  
der Technischen Hochschule  
Darmstadt

64287 Darmstadt, Petersenstraße 30  
Telefon 06151/162686  
Telefax 06151/164093

## **UB 764**

# **Untersuchung des Einflusses von BITUFOR auf die Tragfähigkeit von Verkehrsflächen- befestigungen**

## **Berechnung der Tragfähigkeit einer Flugbetriebsfläche mit einer Oberbauverstärkung unter Verwendung eines Befestigungsmodelles**

**- Flughafen Erfurt: Start- und Landebahn -**

**Bericht**

**von**

**Dr.-Ing. Bernd Grätz**

**Auftraggeber:**

**Firma BEKAERT  
Wire and Wire Products  
Bekaertstraat 2**

**B-8550 Zwevegem / Belgium**

**Mai 1997**



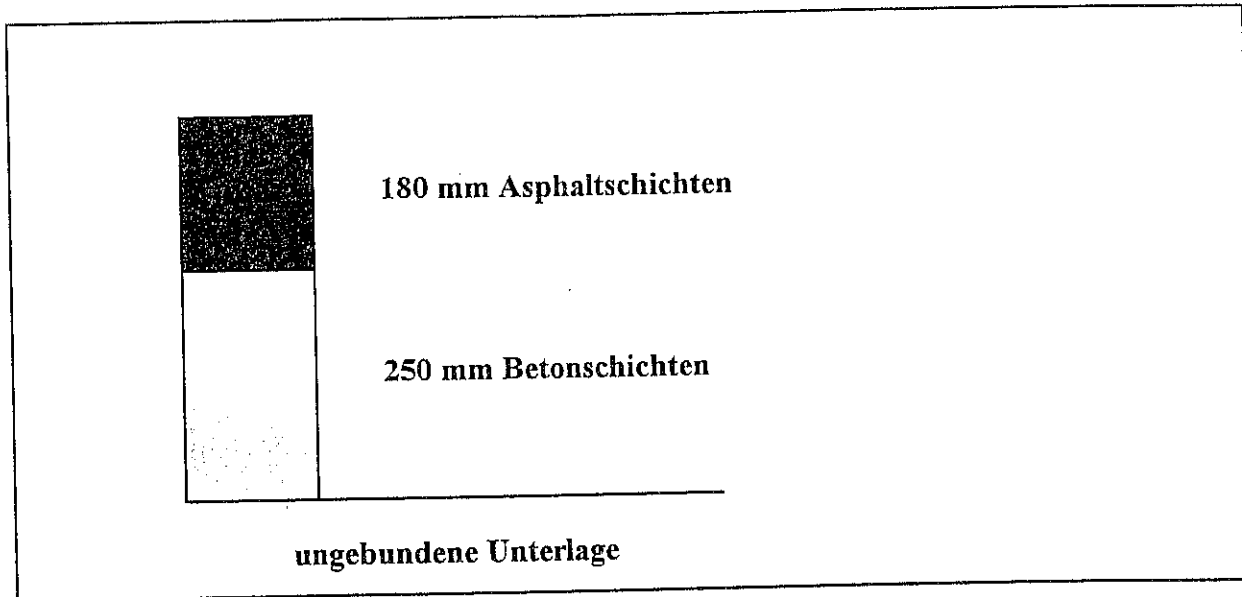
# Inhaltsverzeichnis

## Seite

|                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Aufgabenstellung</b>                                                                                                                | <b>1</b>  |
| <b>2. Stand der Technik und Wissenschaft</b>                                                                                              | <b>2</b>  |
| 2.1 Aufbau, Zusammensetzung und Materialkennwerte                                                                                         | 2         |
| 2.2 Anwendungsgebiete                                                                                                                     | 9         |
| 2.3 Einbautechnik                                                                                                                         | 10        |
| 2.4 Langzeitverhalten                                                                                                                     | 11        |
| <b>3. Bemessungstheoretische Untersuchung der Tragfähigkeit und der Beanspruchung der Flugbetriebsfläche mit einer Oberbauverstärkung</b> | <b>12</b> |
| 3.1 Theoretische Grundlagen                                                                                                               | 13        |
| 3.2 Berechnung der Tragfähigkeit                                                                                                          | 17        |
| 3.3 Berechnung der Beanspruchung                                                                                                          | 18        |
| <b>4. Folgerungen für die Praxis</b>                                                                                                      | <b>23</b> |

## 1. Aufgabenstellung

Die Start- und Landebahn des Flughafens Erfurt soll durch eine Erneuerung im Hocheinbau verstärkt werden. Der vorhandene Aufbau ist in Bild 1 dargestellt.

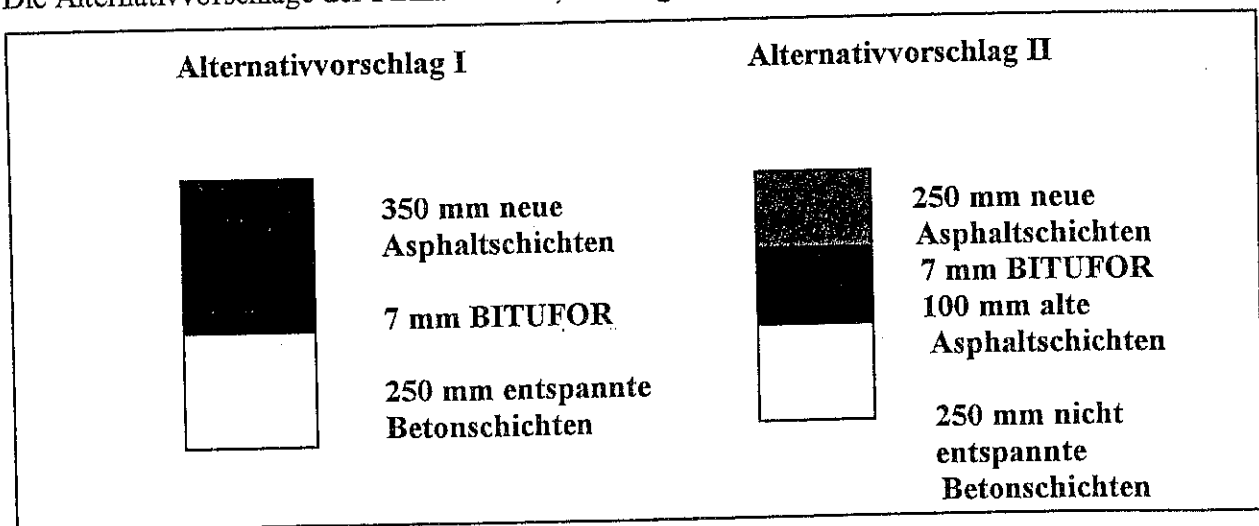


**Bild 1:** vorhandener Aufbau der Start- und Landbahn /1/

Die Erneuerungsmaßnahme sieht vor /1/:

- die Asphaltsschichten abzufräsen
- die Betonschichten zu entspannen
- eine Oberbauverstärkung mit einem Asphaltpaket von 450 mm

Die Alternativvorschläge der Firma Bekaert, Zwevegem sind in Bild 2 dargestellt.



**Bild 2:** Alternativvorschläge der Firma Bekaert für die Erneuerung mit BITUFOR

Die in den Bildern 1 und 2 dargestellten Aufbauvarianten sollen bemessungstheoretisch untersucht werden bezüglich:

- Tragfähigkeit
- Beanspruchung

## 2. Stand der Technik und Wissenschaft

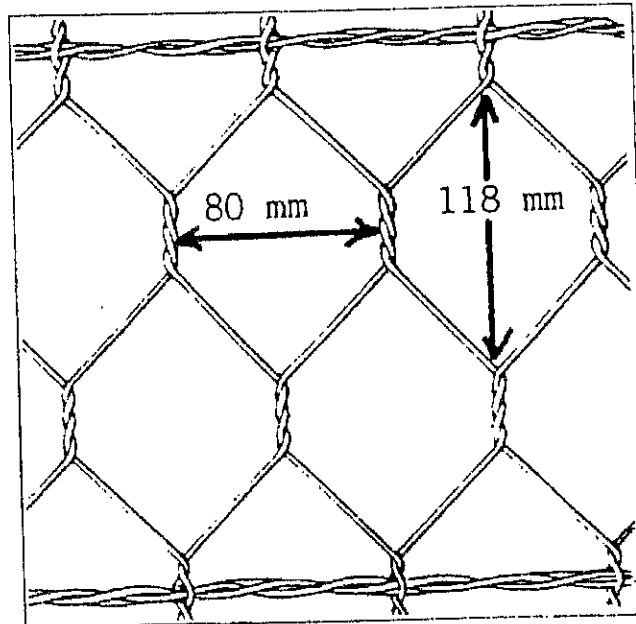
Die in den Alternativvorschlägen I und II aufgeführte 7 mm dicke Schicht mit der Bezeichnung BITUFOR ist ein kombiniertes System, das

- aus einem Stahldrahtgeflecht mit hochelastischen Querlitzen
- und
- aus einer oder zwei Slurry-Seal-Schichten

besteht /2/.

### 2.1 Aufbau, Zusammensetzung und Materialkennwerte

Das **Stahldratgeflecht** mit der Bezeichnung „Mesh-Track“ ist ein stabiles Maschengeflecht aus dick verzinktem Stahldraht. In Abständen von 23,5 cm ist das Drahtgeflecht mit hochelastischen Querlitzen, die aus drei Drähten bestehen, verstärkt. Die sechseckigen Maschen sind dreifach miteinander verdreht. Die Maschenweite beträgt 80 x 118 mm. Die Stabilität wird hauptsächlich durch die Querlitzen erreicht. Durch die Maschenform gewinnt das Drahtgeflecht an Flexibilität, sowohl in Längs- als auch in Querrichtung. Die technischen Daten enthält Bild 3.

**Spezifikation:**

235 mm

**Durchmesser:**

Draht: 2,45 mm

Litze: 3 x 3 mm

**Zinkauflage:**Draht: min. 240 g/m<sup>2</sup>Litze: min. 150 g/m<sup>2</sup>**Bruchkraft:**

Draht: min. 1800 N

Litze: min. 38000 N

**Zugfestigkeit des Geflechts:**

in Längsrichtung: 40 kN/m

in Querrichtung: 160 kN/m

**EA pro mm Breite:**

in Längsrichtung: 23600 N/mm

in Querrichtung: 30100 N/mm

**Elastizitätsmodul:** 200 kN/mm<sup>2</sup>**Maschenweite:** 118 x 80 mm**Abstand zwischen den Litzen:** 235 mm**Durchmesser:**

Draht: 2,20 mm

Litze: 2 x 3 mm

**Zinkauflage:**Draht: min. 240 g/m<sup>2</sup>Litze: min. 150 g/m<sup>2</sup>**Bruchkraft:**

Draht: min. 1450 N

Litze: min. 25300 N

**Zugfestigkeit des Geflechts:**

in Längsrichtung: 32 kN/m

in Querrichtung: 106 kN/m

**EA pro mm Breite:**

in Längsrichtung: 19000 N/mm

in Querrichtung: 22000 N/mm

**Elastizitätsmodul:** 200 kN/mm<sup>2</sup>**Maschenweite:** 118 x 80 mm**Abstand zwischen den Litzen:** 235 mm

**Bitufor-Mesh Track MT 1**  
(schwerer Typ)

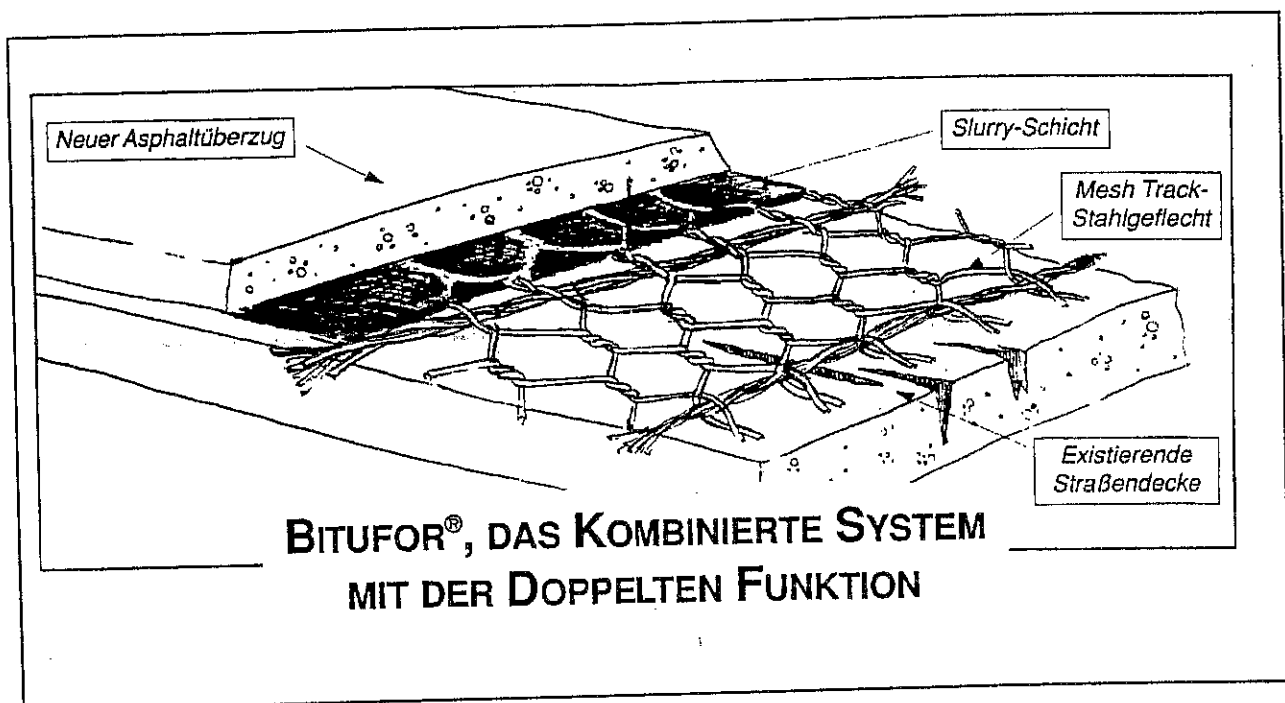
**Bitufor-Mesh Track MT 2**  
(leichter Typ)

**Bild 3:** Technische Daten des Stahlgeflechtes BITUFOR-Mesh Track /3, 4/

Die zweite Komponente des BITUFOR-Systems ist die **Slurry-Seal-Schicht**. Diese Membran soll eine optimale Verbindung zwischen der zu überbauenden Oberfläche der Verkehrsflächenbefestigung, dem Stahldrahtgeflecht und der neuen Asphalttschicht schaffen. Die Bitumenkomponente dieser Schicht besteht aus einer modifizierten Bitumenemulsion /2/. Die übliche Zusammensetzung der Schicht besteht nach /3/ aus:

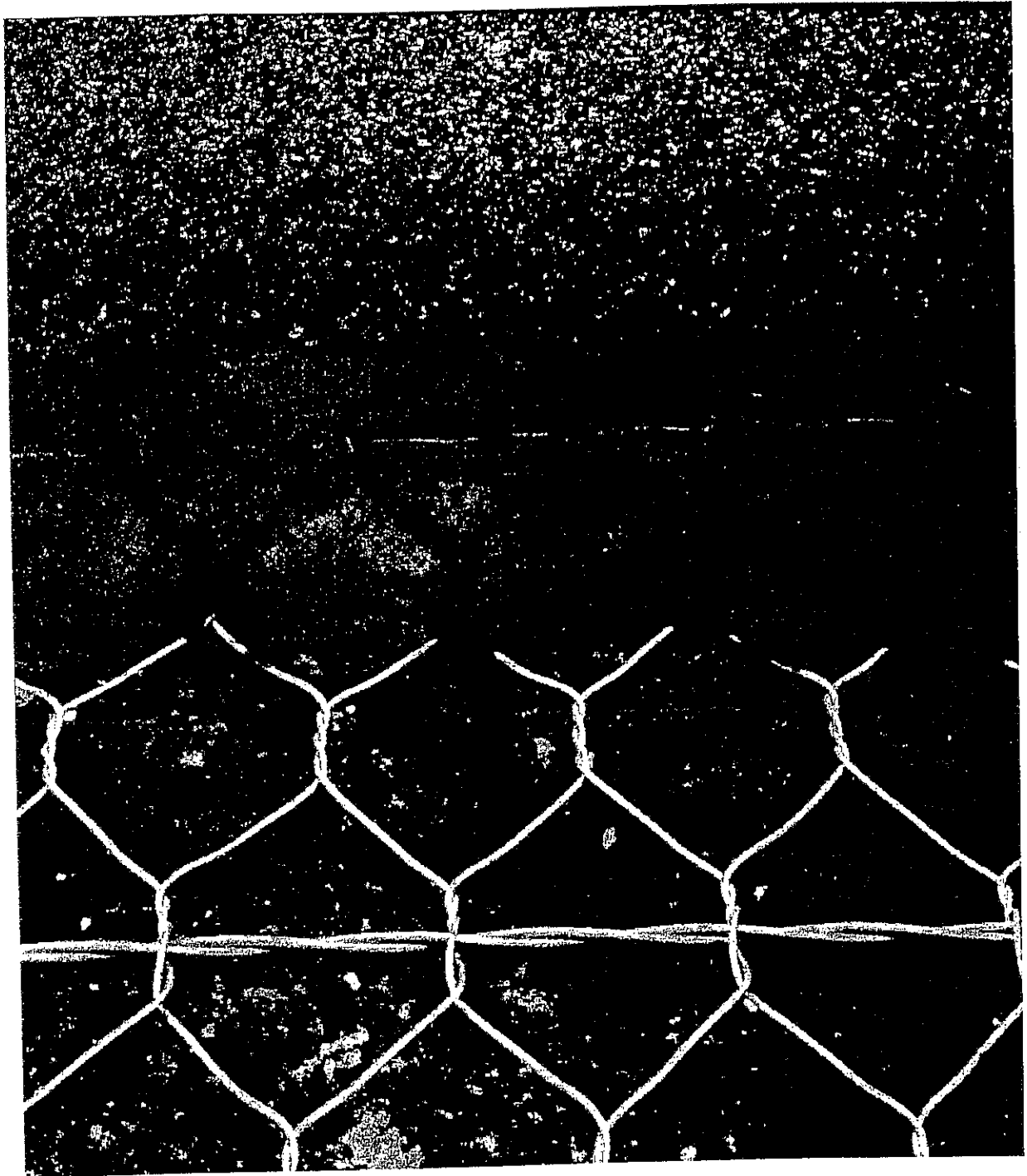
- Grobkorn            0 - 6 mm    50 %
  - Feinkorn          0 - 2 mm    30 %
  - Füller                8 %
  - Bitumenemulsion            12 %
- (Bitumengehalt 66 %)

Das BITUFOR-System ist in Bild 4 qualitativ dargestellt.



**Bild 4: BITUFOR-System /2/**

Das Bild 5 zeigt das eingebaute BITUFOR-System mit aufgelegter Asphaltschicht.



**Bild 5:** Eingebautes BITUFOR-System mit aufgelegter neuen Asphalttschicht /5/

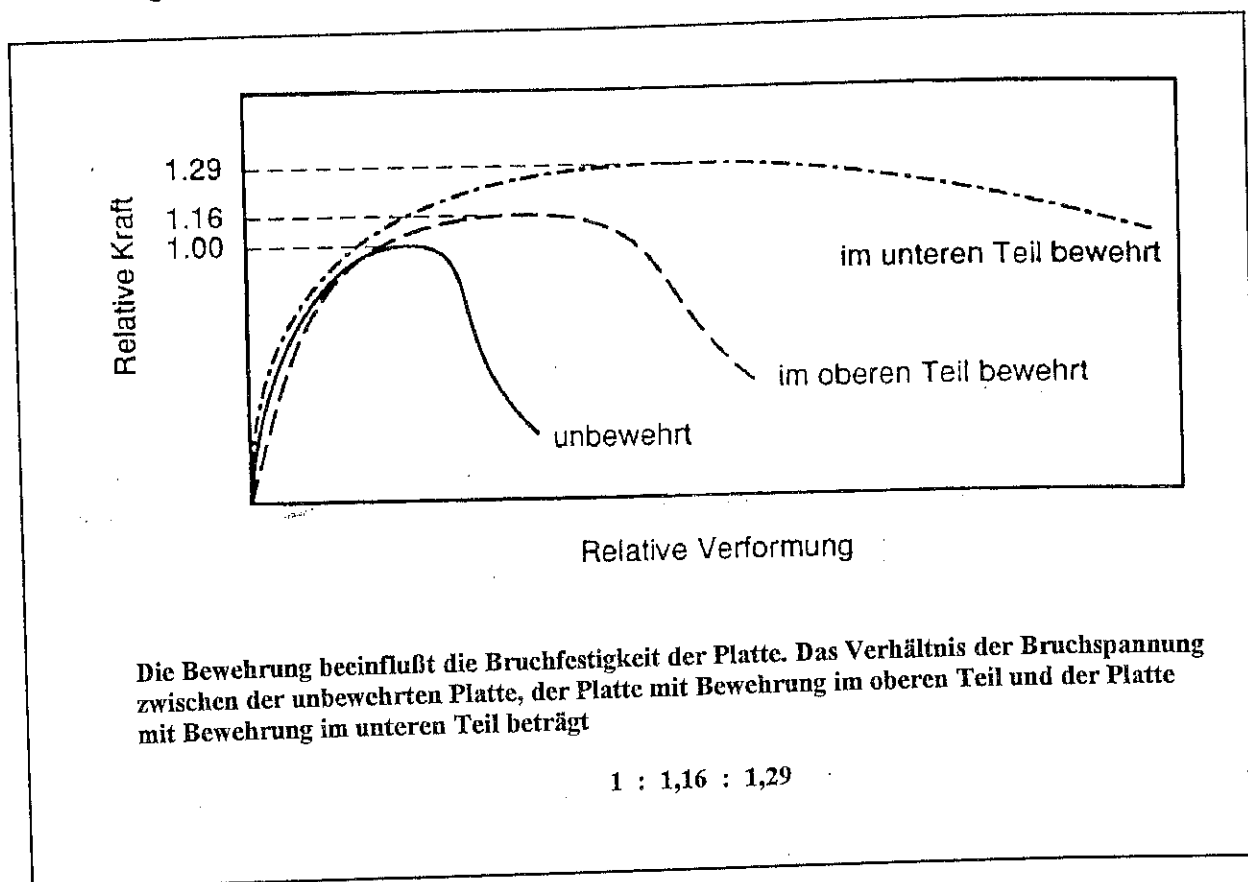
Gemäß den Angaben des Auftraggebers soll das BITUFOR-System, das auf dem Flughafen Erfurt eingebaut werden soll, folgenden Aufbau aufweisen:

- 1,5 mm Slurry-Seal-Schicht
- 4,0 mm Mesh Track
- 1,5 mm Slurry-Seal-Schicht



Infolge der Stahleinlage Mesh Track soll mit dem **BITUFOR-System** ein bewehrter Asphalt geschaffen werden. Die Stahleinlage soll in der Asphaltschicht die „neutrale Faser“ in deren unteren Bereich verschieben, wodurch in der Asphaltschicht eine Spannungsumlagerung stattfindet. Im Falle des Auftretens eines Risses soll die Bewehrung die Zugspannungen und der Asphalt die Druckspannungen übernehmen /3/.

Zur Bestimmung der **Festigkeitseigenschaften** von bewehrtem Asphalt wurden durch die Netherlands Consultants BV Dreipunkt-Biegeversuche durchgeführt /3/. Die Ergebnisse sind in Bild 6 dargestellt.

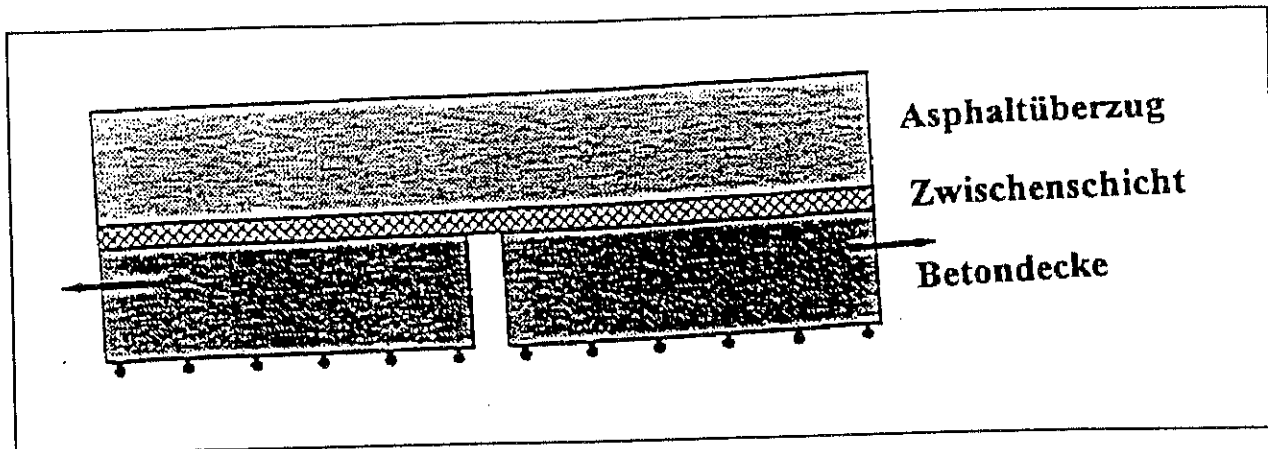


**Bild 6:** Ergebnisse von Dreipunkt-Biegeversuchen /3/

Aus diesen Versuchsergebnissen wird unter Verwendung bruchmechanischer Berechnungen gefolgert, daß die gesamte Nutzungsdauer, d.h. die Ermüdungsphase und die Phase der Rißfortpflanzung, von einer unbewehrten, im oberen Teil bewehrten und im unteren Teil bewehrten Platte sich, wie folgt, verhält /3/:

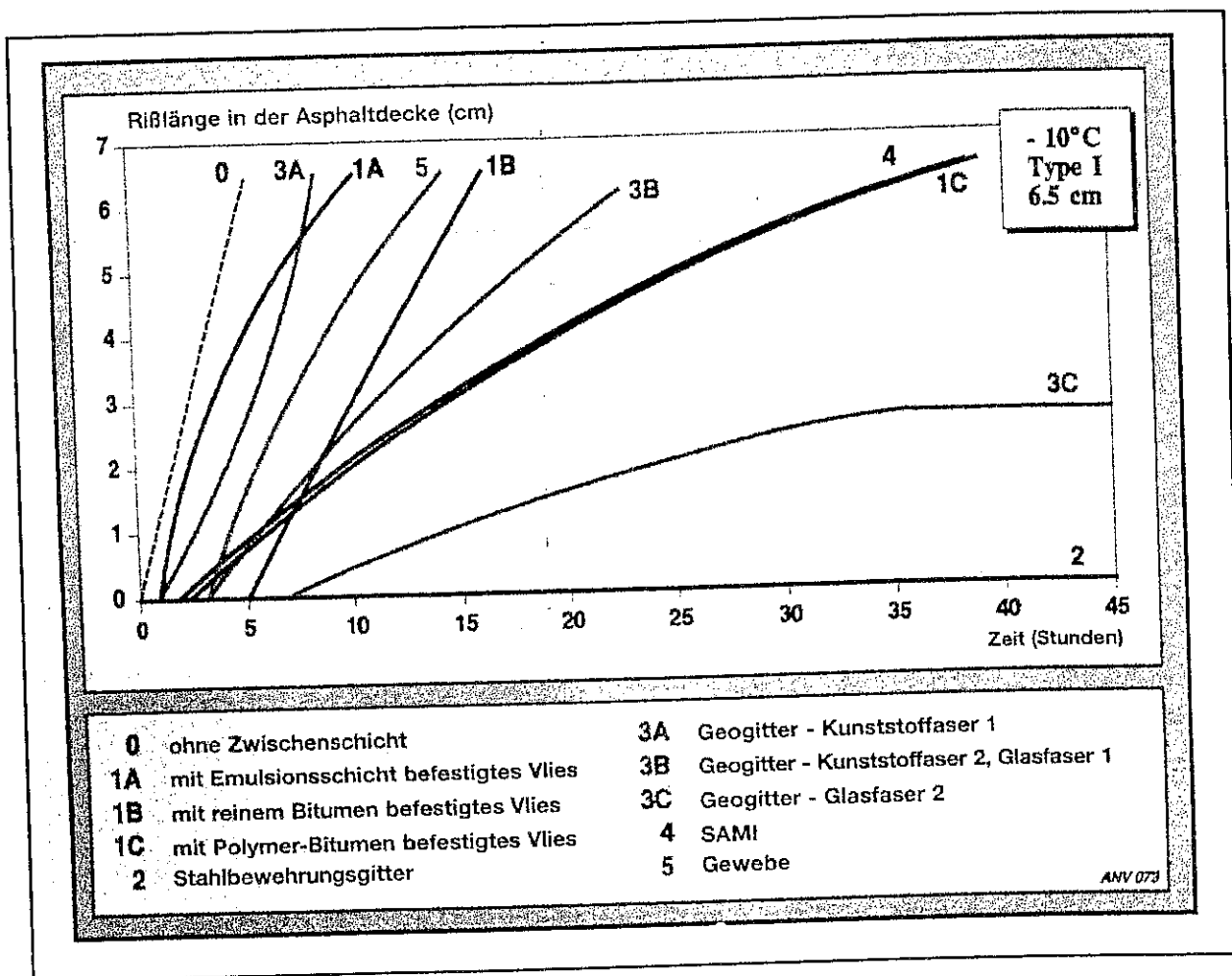
$$1 : 3,2 : 11,1$$

Das Centre de Recherches Routieres (CRR) in Brüssel hat eine Prüfeinrichtung zur Beurteilung der **Wirksamkeit von rißhemmenden Zwischenschichten** infolge thermischer Beanspruchung entwickelt /6, 7/. Die Prüfeinrichtung ist in Bild 7 schematisch dargestellt.



**Bild 7:** Prüfeinrichtung zur Beurteilung der Wirksamkeit von rißhemmenden Zwischenschichten /6, 7/

Untersuchungsergebnisse sind in Bild 8 dargestellt.



**Bild 8:** Ergebnisse thermischer Rißtests an verschiedenen rißhemmenden Zwischenschichten /6, 7/

Aus diesem Bild ist ersichtlich /2/:

- der Asphaltprobekörper ohne Zwischenschicht war nach 3 Stunden durchgerissen
- alle Zwischenschichten, mit Ausnahme des Stahldratgeflechtes, konnten das „Durchschlagen des in Risses in den Asphaltüberzug“ nicht verhindern

Eine zusammenfassende werkstofftechnische Beurteilung verschiedener Zwischenschichten enthält Tabelle 1.

| Merkmale                            | Vliese       |           | Geogitter    |           |            | Stahlbewehrungsgitter |
|-------------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|------------|-----------------------|
|                                     | Polypropylen | Polyester | Polypropylen | Polyester | Glasfaser  | Stahl                 |
| Hitzebeständigkeit                  | - (1)        | +         | - (1)        | +         | +          | +                     |
| Beständigkeit gegen große Dehnungen | ++ (2)       | ++ (2)    | -/+          | -/+       | -          | + / ++ (2) (3)        |
| Zugfestigkeit                       | -            | -         | +            | +         | + / ++ (4) | ++ (4)                |
| Verstärkung                         | -            | -         | - / + (5)    | - / + (5) | + / ++ (6) | + / ++ (6)            |

(1) -: nicht geeignet unter Asphaltmischgut, dessen Temperatur beim Einbau 160 °C übersteigt

(2) ++: beständig gegen starke Verformungen in Rißnähe, gleiche Funktion wie elastische Beläge

(3) Aufgrund des Gitterkonzeptes und nicht aufgrund der Stahleigenschaften

(4) Produktbedingt: Maschenweite, Abmessungen der Faserbündel und unter Berücksichtigung des etwaigen Einflusses der Imprägnierungsprodukte

(5) „-/+“: keine Verstärkung bei Wintertemperaturen; Verstärkung bei Sommertemperaturen; bei zwischenjahreszeitlichen Temperaturen abhängig von der Verkehrsgeschwindigkeit

(6) + und ++: reduzieren die Belagsverformungen in Rißnähe, bewirken eine Verstärkung

**Tabelle 1:** zusammenfassende werkstofftechnische Beurteilung verschiedener Zwischenschichten /6/

## 2.2 Anwendungsgebiete

Das System BITUFOR wird angewendet zur Sanierung von Asphalt- und Betonstraßen /2/:

- Überbauung von Betonstraßen mit Asphaltsschichten
- vorbeugende Maßnahme zur Verhinderung der Spurrinnenbildung in Asphaltstraßen
- Asphaltstraßen auf Moorböden (schwach tragfähiger Untergrund)
- Asphaltstraßen in Steigungsstrecken
- vorbeugende Maßnahme zur Verhinderung der Rißbildung in Asphaltstraßen infolge von Frosts Schäden und Straßenverbreiterungen
- Oberbauverstärkung von unterdimensionierten Fahrbahnbefestigungen

Eine vergleichende Analyse der Wirkungsweise verschiedener Zwischenschicht-Systeme im Hinblick auf die genannten Anwendungsgebiete wurde im Jahre 1992 in den Niederlanden durchgeführt /8/. Das Ergebnis ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

| Anwendungsgebiet       | Stahlgeflecht | Kunststoffgitter | Asphaltüberzug | Gewebe | Vlies | SAMI-Schicht | Fasern |
|------------------------|---------------|------------------|----------------|--------|-------|--------------|--------|
| <b>Reflexionsrisse</b> |               |                  |                |        |       |              |        |
| Biegespannung          | ++            | ++               | +              | +      | ++    | ++           | ++     |
| Schubspannung          | ++            | +                | -              | -      | -     | -            | +      |
| <b>Verbreiterung</b>   | ++            | ++               | -              | +      | -     | -            | -      |
| <b>Längsrisse</b>      |               |                  |                |        |       |              |        |
| Kanteneinschluß        | ++            | ++               | -              | +      | -     | -            | -      |
| Ermüdung               | ++            | ++               | +              | +      | +     | +            | ++     |
| <b>Queris</b>          | ++            | ++               | +              | +      | +     | +            | +      |
| <b>Spurrinnen</b>      |               |                  |                |        |       |              |        |
| primäre                | ++            | +                | ++             | -      | -     | -            | -      |
| sekundäre              | +             | -                | +              | -      | -     | -            | -      |
| <b>Längsebenheit</b>   | +             | -                | +              | -      | -     | -            | -      |
| <b>Tragfähigkeit</b>   | ++            | +                | ++             | -      | -     | -            | +      |

Beurteilung: ++ gute Lösung + mögliche Lösung - keine Lösung

**Tabelle 2:** vergleichende Analyse der Wirkungsweise verschiedener Zwischenschicht-Systeme /8/

Das BITUFOR-System mit Stahlgeflecht wird im Vergleich zu den anderen Systemen, wie folgt, beurteilt /2/:

- aufgrund seiner Steifigkeit und Zugfestigkeit bietet das BITUFOR-System die bessere Lösung zur Verhinderung von Reflexionsrissen infolge Schubbeanspruchung (bei Fahrbahnverbreiterungen und Vertikalbewegungen von Betonplatten im Fugenbereich)
- das BITUFOR-System bietet die bessere Lösung zur Verhinderung der Rißbildung infolge Biegebeanspruchung, Kanteneinschluß und Ermüdung
- das System verleiht dem bewehrten Asphalt eine hohe Steifigkeit, wodurch eine primäre Spurrinnenbildung sowie Längsunebenheiten verhindert werden

Im Jahre 1994 wurde vom Belgian Road Research Centre (BRRC) eine Bewertung von 10 Baumaßnahmen vorgenommen, bei denen das BITUFOR-System angewendet wurde /9/. Ein Überblick über die verschiedenen Projekte unter Angabe des Jahres und des Grundes für die Durchführung der Instandsetzungsmaßnahme sowie die Beschreibung der Konstruktion und der Ergebnisse der Bewertung ist in /2/ zusammengestellt.

Das System wurde bisher in folgenden Ländern angewendet /2/:

- Belgien, Niederlande, Luxemburg
- Großbritannien, Irland
- Dänemark, Norwegen
- Frankreich, Spanien, Portugal, Italien
- Tschechien, Polen, Ungarn, Bosnien
- Türkei
- Japan

### 2.3 Einbautechnik

Der Einbau des BITUFOR-Systems erfolgt in 7 Arbeitsschritten /5/:

- Reinigung der Fahrbahnoberfläche
- Einbau einer Ausgleichsschicht zur Behebung von Unebenheiten
- Abrollen des Stahlgeflechtes „über Kopf“ auf die Ausgleichsschicht
- Festnageln des Stahlgeflechtes am Anfang der Bahn (erste Litze)
- Flachwalzen des Stahlgeflechtes mit einer Gummiradwalze
- Festnageln des Stahlgeflechtes am Ende der Bahn (letzte Litze)
- Kontinuierliche Befestigung des Stahlgeflechtes über die Länge der Bahn mit der Slurry-Schicht

Nach dem Einbau des BITUFOR-Systems wird die erste Asphaltsschicht eingebaut, deren Mindestdicke 5 cm betragen muß.

Aufgrund der im Abschnitt 2.2 zitierten Bewertung verschiedener Projekte, bei denen das BITUFOR-System angewendet wurde, wurden durch das BRRC /9/ zur Sanierung von Betonfahrbahnen folgende Verarbeitungshinweise gegeben /2/:

- Zertrümmern instabiler, „pumpender“ Betonplatten und anschließende Verdichtung
- Aufbringen einer Ausgleichsschicht (falls erforderlich) zur Verhinderung von Hohlräumen zwischen dem Stahlgeflecht und dem Unterbau
- Verwendung einer Gummiradwalze bei der Verlegung des Stahlgeflechtes
- Einbau einer Asphaltsschicht mit einer Schichtdicke von mindestens 5 cm

## **2.4 Langzeitverhalten**

Untersuchungen über das Langzeitverhalten von Projekten, bei denen das BITUFOR-System eingesetzt wurde, wurden, wie aus Abschnitt 2.2 hervorgeht, von dem Belgian Road Research Centre (BRRC) durchgeführt.



### 3. Bemessungstheoretische Untersuchung der Tragfähigkeit und der Beanspruchung der Flugbetriebsfläche mit einer Oberbauverstärkung

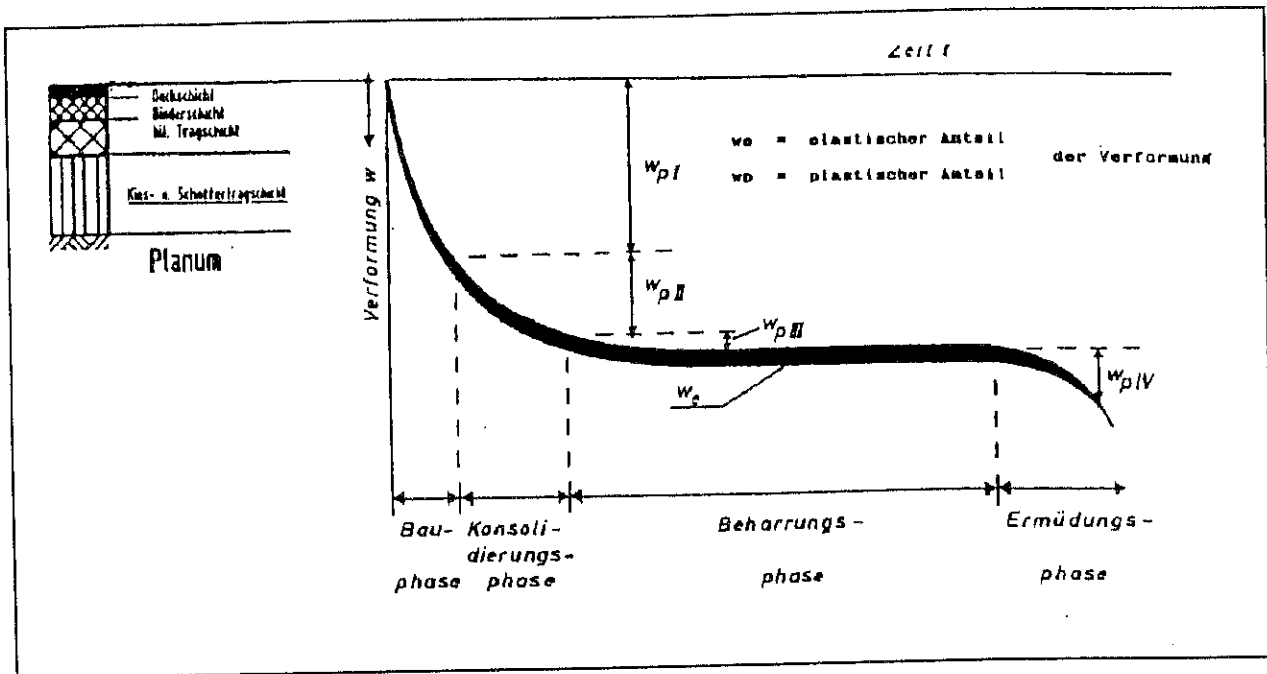
Die Nutzungsdauer einer verkehrsgerecht bemessenen und nach den Technischen Regelwerken hergestellten Verkehrsflächenbefestigung läßt sich entsprechend ihrem elastischen und plastischen Verformungsverhalten in verschiedene „Betriebsphasen“ untergliedern, die in /10/ ausführlich beschrieben sind. Die wesentlichsten Gesichtspunkte dieser Betriebsphasen sind:

- I. Bauphase:
  - I.1 Einbau und Verdichtung des Materials (Nullzustand für das Material)
  - I.2 Einbau und Verdichtung der nächsten Befestigungsschicht(en)
  - I.3 Liegezeit bis zur Verkehrsübergabe (Nullzustand für die Gesamtbesfestigung)

Ab der Betriebsphase I.3 wird die Fahrbahnbefestigung durch den Verkehr belastet. Das sich einstellende Verformungsverhalten der Fahrbahnbefestigung wird untergliedert in:

- II. Konsolidierungsphase:  
in dieser Phase findet der größte Teil der Nachverdichtung, die Kornumlagerung und -verfeinerung sowie die Nachverspannung in den Schichten statt
- III. Beharrungsphase:  
diese Phase ist gekennzeichnet durch überwiegend **elastisches Verformungsverhalten** und weitgehend **gleichbleibende Steifigkeitsverhältnisse** im Jahresmittel; die Beharrungsphase nimmt den längsten Zeitraum der Nutzungsdauer einer Fahrbahnbefestigung ein
- IV. Ermüdungsphase:  
diese letzte Phase kündigt das **Ende der Nutzungsdauer** einer Fahrbahnbefestigung, einer ihrer Schichten oder des Untergrundes an. Die Materialermüdung äußert sich in einer **progressiven Spurrinnen- und/oder Rißbildung**

Das Verformungsverhalten der Oberfläche einer Verkehrsflächenbefestigung in den verschiedenen Betriebsphasen in Abhängigkeit von der Zeit ist qualitativ in Bild 9 dargestellt.



**Bild 9:** Verformungsverhalten der Oberfläche einer Verkehrsflächenbefestigung /10/

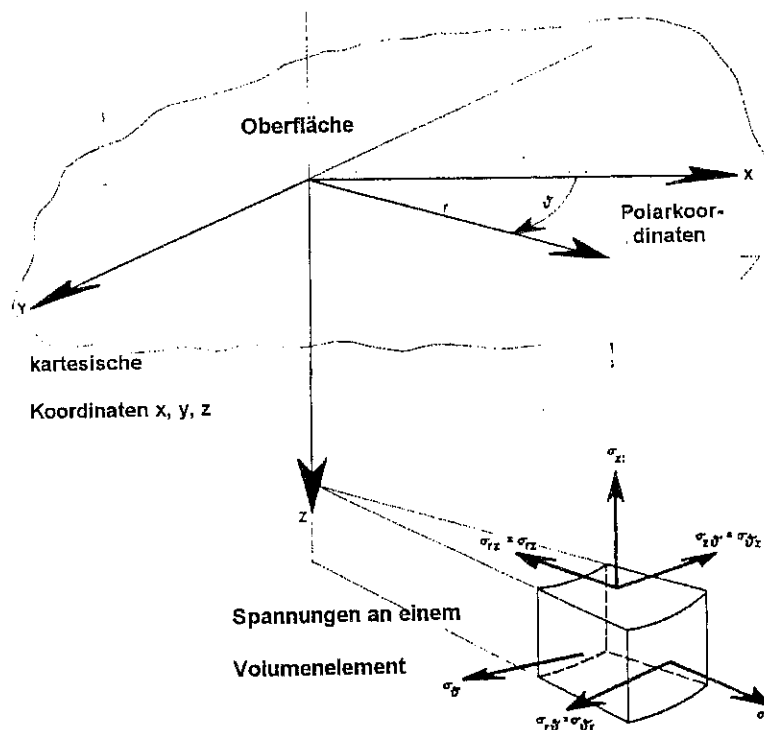
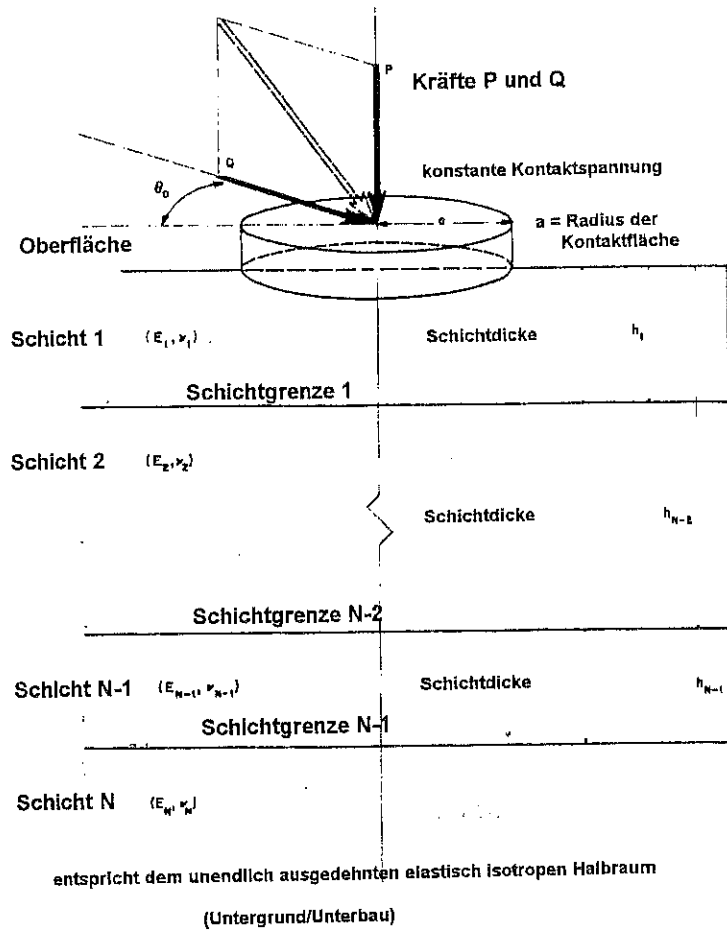
Die aus der Belastung resultierenden Verformungen der Verkehrsflächenbefestigung bzw. deren Schichten weisen somit elastische, plastische und viskose Anteile auf. Die Spannungen und Verformungen aus dem Verkehr beeinflussen als mechanische Kenngrößen vorwiegend die **Tragfähigkeit**, das **Tragverhalten** und damit die **Nutzungsdauer** einer Verkehrsfläche. Das Spannungs-Verformungs-Verhalten der Fahrbahnbefestigung und deren Schichten wird durch die mechanischen Kennwerte der Schichten, wie Elastizitätsmodul  $E$  und Querdehnungsziffer  $\nu$ , sowie deren Dicken  $h$  beeinflusst.

### 3.1 Theoretische Grundlagen

Zur Berechnung der Spannungen und Verformungen in der Verkehrsflächenbefestigung infolge statischer und dynamischer Belastung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, wie in /10/ ausgeführt wurde. Diese Verfahren benötigen als Eingabewerte neben der Belastung

- die Elastizitäts-Moduli  $E$  und Querdehnungsziffern  $\nu$  der Schichten der Fahrbahnbefestigung
- die Dicken  $h$  der Schichten
- den Schichtenverbund in den Schichtgrenzen zwischen den Schichten

Der vollständige Spannungs-Verformungs-Zustand eines beliebig vielschichtigen Fahrbahnaufbaus unter achsialsymmetrisch verteilten Radlasten kann bei Vorliegen dieser Kennwerte mit der **Mehrschichtentheorie** berechnet werden. Das Mehrschichten-Befestigungsmodell ist in Bild 10 dargestellt.



**Bild 10: Mehrlagen-Befestigungsmodell /10/**

Zur Berechnung von **elastischen Mehrschichtensystemen** steht das technisch hochentwickelte **BISAR-Programm** der Deutsche Shell AG zur Verfügung, das in /10/ beschrieben ist. Bei diesem Programm wird von einem Mehrschichtensystem ausgegangen, das auf einem elastischen, homogenen Halbraum liegt und folgende Voraussetzungen erfüllt:

- die Schichten sowie der Untergrund sind in der horizontalen Richtung unendlich ausgedehnt
- das Material der einzelnen Schichten sowie des Untergrundes ist homogen, isotrop und linear elastisch; die beschreibenden Größen sind die Elastizitätsmoduli, die Schichtdicken sowie die Querdehnungszahlen
- die Lasten werden kreisförmig und schlaff, also mit konstanter Flächenpressung aufgebracht
- der Verbund zwischen den einzelnen Schichten kann variabel eingegeben werden von vollem Verbund ( $SV = 100 \%$ ) bis zu völliger Reibungsfreiheit ( $SV = 0\%$ )

Die **bemessungstheoretische Untersuchung** der im Abschnitt 1 genannten drei Oberbauvarianten für die Start- und Landebahn

- Variante A: für die Ausführung gemäß /1/ vorgeschlagener Aufbau
- Variante B: Alternativvorschlag I gemäß Bild 2
- Variante C: Alternativvorschlag II gemäß Bild 2

erfolgte bezüglich der Ermittlung der

- **Tragfähigkeit**
- **Beanspruchung**

unter Verwendung der in Tabelle 3 aufgeführten Schichtkennwerte.

| System            | Schicht                  | E-Modul<br>N/mm <sup>2</sup><br>1) | Querdehn-<br>nungsziffer<br>2) | Schichtdicke<br>mm | Schichten-<br>verbund<br>% |
|-------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------|
| <b>Variante A</b> | neues<br>Asphaltpaket    | 4000                               | 0,5                            | 450                | 100                        |
|                   | Beton<br>entspannt       | 2500                               | 0,3                            | 250                | 0                          |
|                   | Schottertrag-<br>schicht | 500                                | 0,4                            | 300                | 50                         |
|                   | Untergrund               | 150                                | 0,4                            | ---                | ---                        |
|                   | neues<br>Asphaltpaket    | 4000                               | 0,5                            | 350                | 100                        |
| <b>Variante B</b> | Mesh Track               | 28000                              | 0,3                            | 4                  | 100                        |
|                   | Beton<br>entspannt       | 2500                               | 0,3                            | 250                | 0                          |
|                   | Schottertrag-<br>schicht | 500                                | 0,4                            | 300                | 50                         |
|                   | Untergrund               | 150                                | 0,4                            | ---                | ---                        |
|                   | neues<br>Asphaltpaket    | 4000                               | 0,5                            | 250                | 100                        |
| <b>Variante C</b> | Mesh Track               | 28000                              | 0,3                            | 4                  | 100                        |
|                   | altes<br>Asphaltpaket    | 4000                               | 0,5                            | 100                | 100                        |
|                   | Beton<br>nicht entspannt | 7500                               | 0,3                            | 250                | 0                          |
|                   | Schottertrag-<br>schicht | 500                                | 0,4                            | 300                | 50                         |
|                   | Untergrund               | 150                                | 0,4                            | ---                | ---                        |

1) gemäß Angaben des Auftraggebers

2) aus der Literatur /10/

**Tabelle 3: Schichtkennwerte der Systeme**

Die Belastung der Systeme erfolgte durch eine Einzelradlast:

- vertikale Kraft  $P = 150.000 \text{ N}$
- Radius der Kontaktfläche  $a = 150 \text{ mm}$

Berechnet wurden mit dem BISAR-Programm die in der Lastachse auftretenden Spannungen, Verformungen, Dehnungen und Gleitungen für die in Tabelle 4 aufgeführten Positionen.

| Variante A | Schicht               | x in mm | y in mm | z in mm |
|------------|-----------------------|---------|---------|---------|
|            | neues Asphaltpaket    | 0       | 0       | 0       |
|            | neues Asphaltpaket    | 0       | 0       | 450     |
|            | Beton entspannt       | 0       | 0       | 450     |
|            | Beton entspannt       | 0       | 0       | 700     |
| Variante B | Schicht               | x in mm | y in mm | z in mm |
|            | neues Asphaltpaket    | 0       | 0       | 0       |
|            | neues Asphaltpaket    | 0       | 0       | 350     |
|            | Beton entspannt       | 0       | 0       | 354     |
|            | Beton entspannt       | 0       | 0       | 604     |
| Variante C | Schicht               | x in mm | y in mm | z in mm |
|            | neues Asphaltpaket    | 0       | 0       | 0       |
|            | neues Asphaltpaket    | 0       | 0       | 250     |
|            | altes Asphaltpaket    | 0       | 0       | 254     |
|            | altes Asphaltpaket    | 0       | 0       | 354     |
|            | Beton nicht entspannt | 0       | 0       | 354     |
|            | Beton nicht entspannt | 0       | 0       | 604     |

**Tabelle 4:** Positionen, für die die Spannungen, Verformungen, Dehnungen und Gleitungen berechnet wurden

### 3.2 Berechnung der Tragfähigkeit

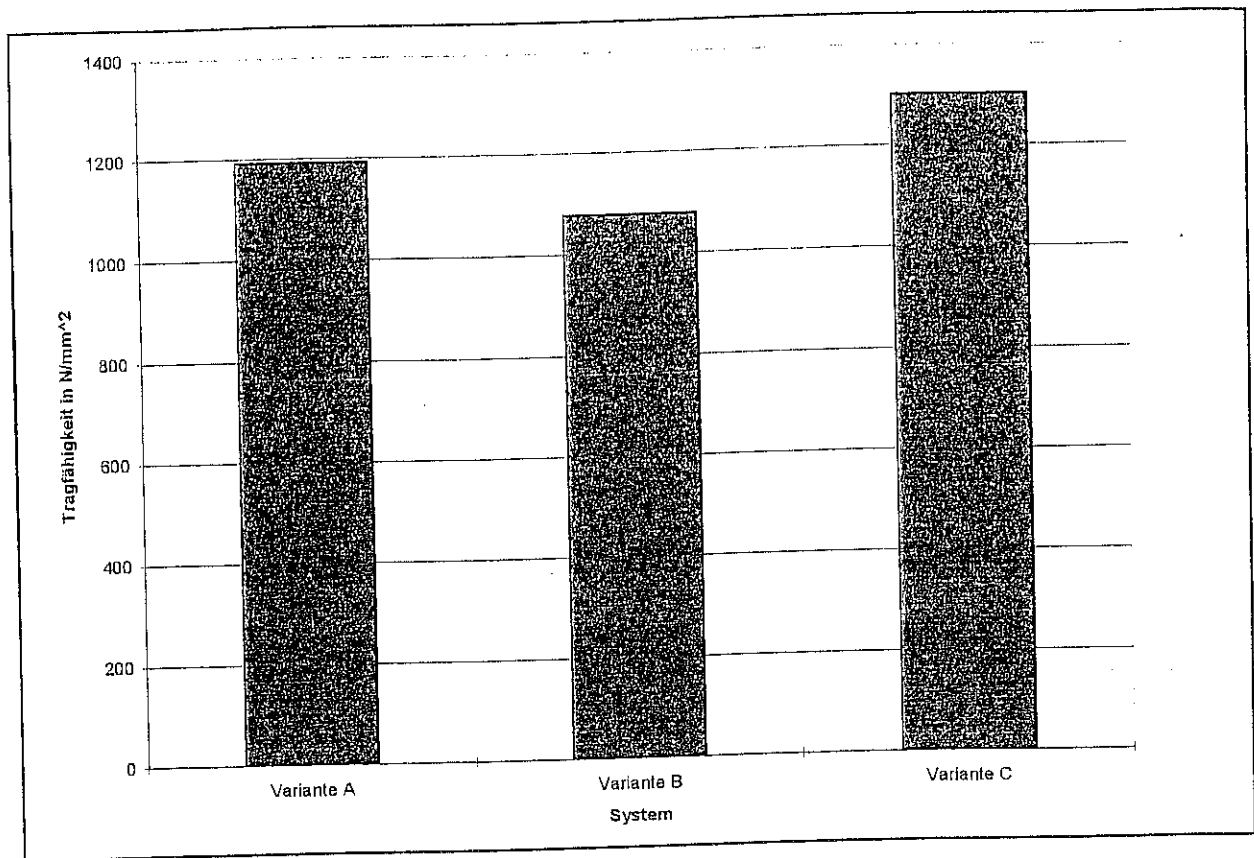
Die Tragfähigkeit  $E_0$  wird aus der im Lastflächenmittelpunkt mit den Koordinaten  $x = y = z = 0$  berechneten vertikalen Verformung  $w$  unter Verwendung folgender Formel ermittelt /10/:

$$E_0 = 472,5 / w \quad \text{in N/mm}^2$$

Die berechneten Tragfähigkeiten sind in Tabelle 5 aufgeführt und in Bild 11 grafisch dargestellt.

| System     | Tragfähigkeit in N/mm <sup>2</sup> |
|------------|------------------------------------|
| Variante A | 1193                               |
| Variante B | 1079                               |
| Variante C | 1302                               |

**Tabelle 5:** Tragfähigkeiten der Varianten A bis C



**Bild 11:** Tragfähigkeit der Varianten A bis C

Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß der Aufbau der Variante C gemäß dem in Bild 2 dargestellten Alternativvorschlag II gegenüber dem Aufbau der Varianten A und B eine höhere Tragfähigkeit aufweist.

### 3.3 Berechnung der Beanspruchung

Die Beurteilung der Beanspruchung erfolgte nach /10/ mit der Gestaltsänderungsenergiehypothese, deren Bestimmungsgleichung in Tabelle 6 enthalten ist.



### Gestaltänderungsenergiehypothese

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \left\{ (1/2) [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \right\}^{1/2} \\ &= [\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - (\sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x) \\ &\quad + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2}.\end{aligned}$$

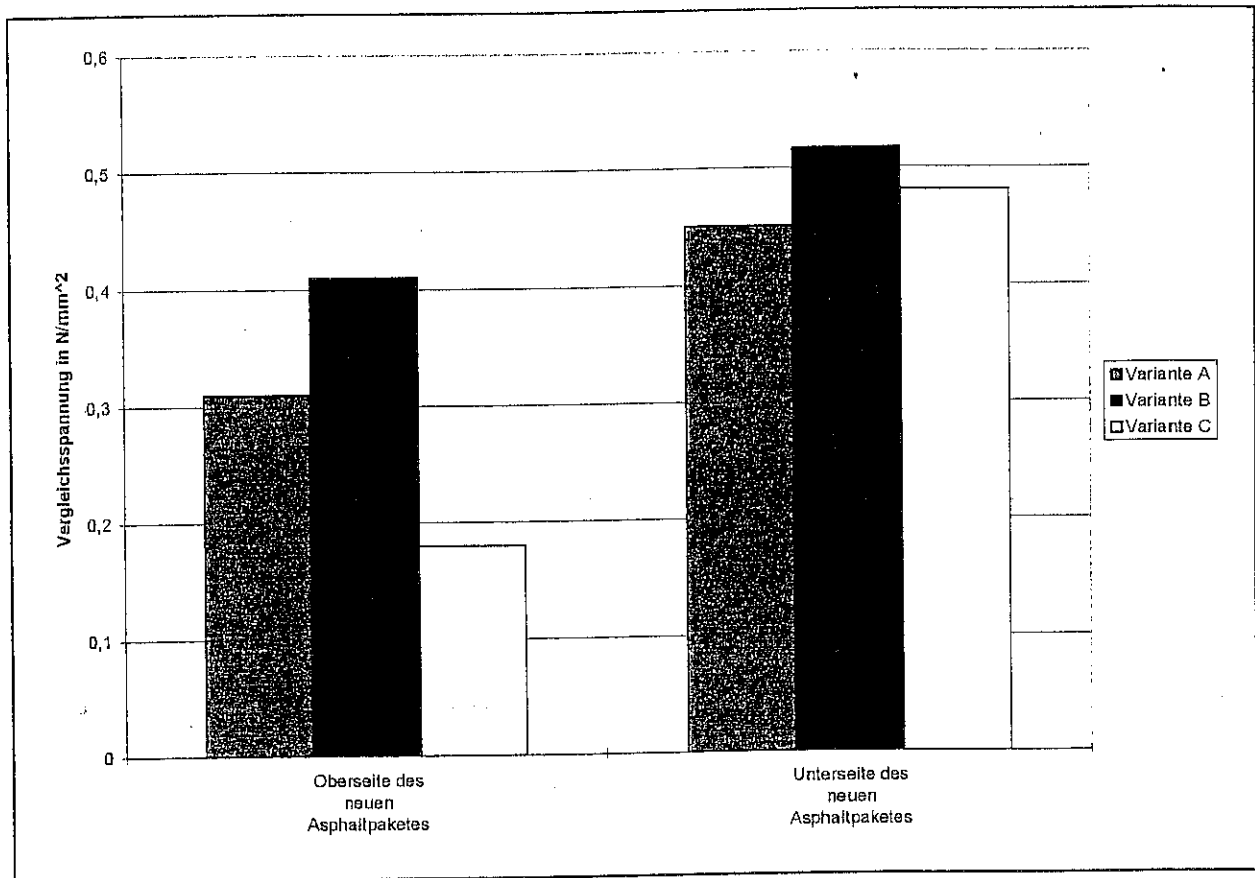
**Tabelle 6:** Gleichung zur Berechnung der Vergleichsspannung  $\sigma_v$  aus der Gestaltänderungsenergiehypothese

Die berechneten Vergleichsspannungen sind in Tabelle 7 aufgeführt.

| System            | Schicht                                 | Vergleichsspannung<br>in N/mm <sup>2</sup> |
|-------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Variante A</b> | Oberseite des neuen Asphaltpaketes      | 0,310                                      |
|                   | Unterseite des neuen Asphaltpaketes     | 0,451                                      |
|                   | Oberseite des entspannten Betons        | 0,309                                      |
|                   | Unterseite des entspannten Betons       | 0,313                                      |
| <b>Variante B</b> | Oberseite des neuen Asphaltpaketes      | 0,410                                      |
|                   | Unterseite des neuen Asphaltpaketes     | 0,517                                      |
|                   | Oberseite des entspannten Betons        | 0,416                                      |
|                   | Unterseite des entspannten Betons       | 0,416                                      |
| <b>Variante C</b> | Oberseite des neuen Asphaltpaketes      | 0,180                                      |
|                   | Unterseite des neuen Asphaltpaketes     | 0,481                                      |
|                   | Oberseite des alten Asphaltpaketes      | 0,511                                      |
|                   | Unterseite des alten Asphaltpaketes     | 0,190                                      |
|                   | Oberseite des nicht entspannten Betons  | 0,520                                      |
|                   | Unterseite des nicht entspannten Betons | 0,682                                      |

**Tabelle 7:** berechnete Vergleichsspannungen der Varianten A bis C

Die Vergleichsspannungen, die an der Ober- und Unterseite des neuen Asphaltpaketes auftreten, sind in Bild 12 dargestellt.

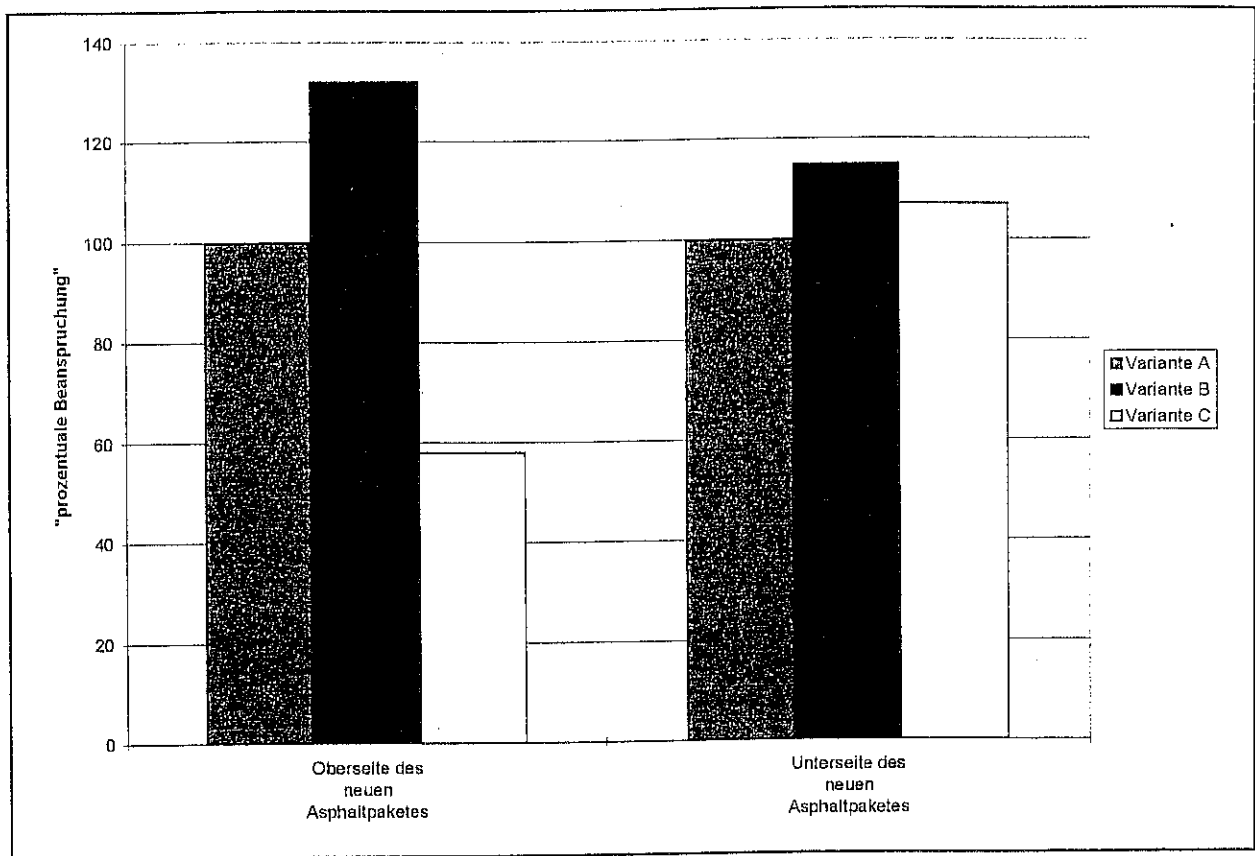


**Bild 12:** Vergleichsspannungen, die an der Ober- und Unterseite des neuen Asphaltpaketes der Varianten A bis C auftreten

Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß

- die an der Oberseite des Asphaltpaketes der Variante C auftretenden Vergleichsspannungen gegenüber den an der Oberseite der Varianten A und B auftretenden Vergleichsspannungen geringer sind und damit auch eine geringere Beanspruchung auftritt
- die an der Unterseite des Asphaltpaketes der Variante C auftretenden Vergleichsspannungen gegenüber der an der Unterseite der Variante A auftretenden Vergleichsspannungen größer sind

Zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Beanspruchung der drei Systeme wurden die für die Systeme B und C berechneten Vergleichsspannungen auf die für das System A berechnete Vergleichsspannung bezogen und als „prozentuale Beanspruchung“ in Bild 13 dargestellt.



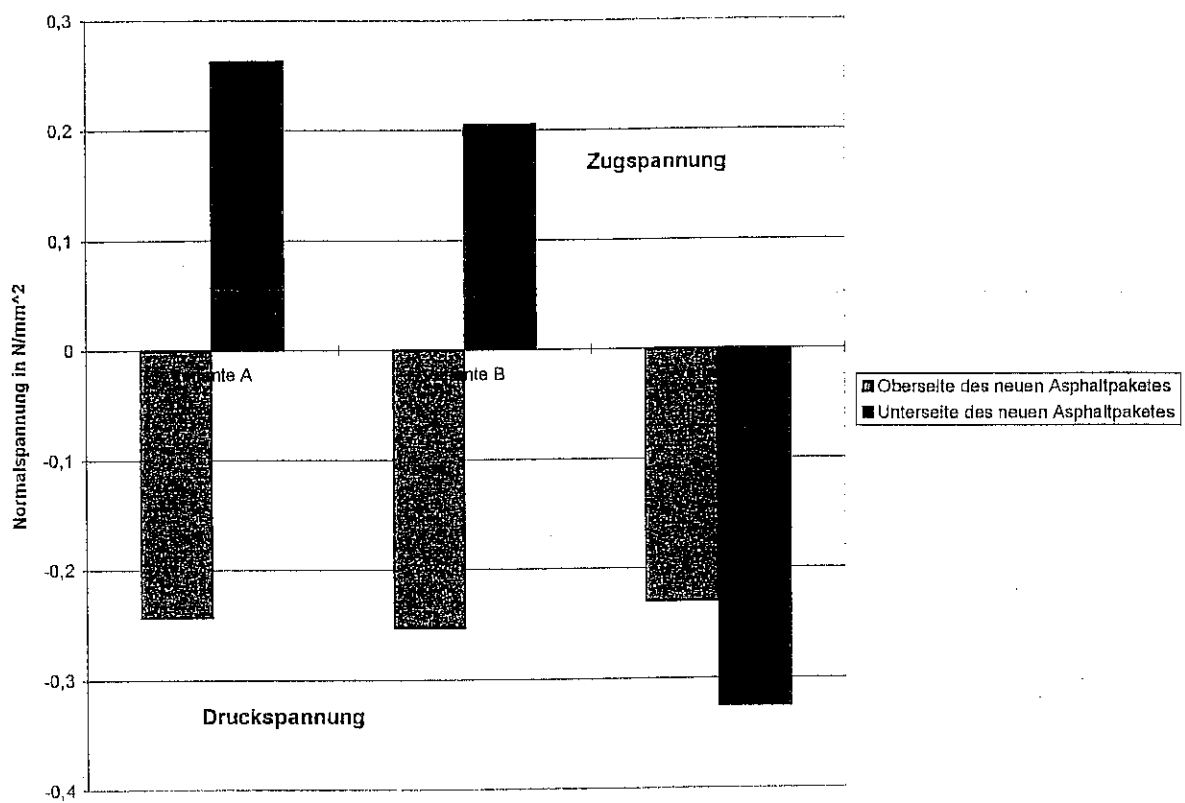
**Bild 13: „Prozentuale Beanspruchung“**

Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß die Beanspruchung an der Oberseite des Asphaltpaketes der Variante C ca. 60 % der entsprechenden Beanspruchung der Variante A beträgt.

Gemäß den Ausführungen im Abschnitt 2.2 soll das BITUFOR-System der Rißbildung in den Asphaltischen vorbeugen. Risse entstehen durch Zugspannungen. Im Bild 14 sind die an der Ober- und Unterseite des Asphaltpaketes auftretenden Normalspannungen dargestellt.

| System     | Schicht                                | Normalspannung<br>in $\text{N/mm}^2$ |
|------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Variante A | Oberseite des neuen<br>Asphaltpaketes  | -0,243                               |
|            | Unterseite des neuen<br>Asphaltpaketes | +0,263                               |
| Variante B | Oberseite des neuen<br>Asphaltpaketes  | -0,253                               |
|            | Unterseite des neuen<br>Asphaltpaketes | +0,205                               |
| Variante C | Oberseite des neuen<br>Asphaltpaketes  | -0,230                               |
|            | Unterseite des neuen<br>Asphaltpaketes | -0,325                               |

- Druckspannung    + Zugspannung



**Bild 14:** Normalspannungen an der Ober- und Unterseite des Asphaltpaketes

Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß bei der Variante C gegenüber den Varianten A und B keine Zugspannungen auftreten, d.h. ein größerer Widerstand gegen Rißbildung in der Variante C gegenüber den beiden anderen Varianten vorliegt.

### Schrifttum

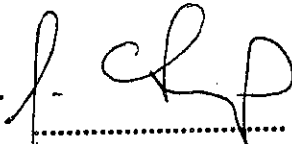
- /1/ Mitteilung des Institutes Dr.-Ing. Gauer, Regenstauf, April 1997
- /2/ Veys: Bitufor - Das kombinierte System für die Straßenerhaltung (Belags- und Betonfahrbahnen, N. V. Bekaert S.A., Zwevegem, Belgien
- /3/ Mesh Track (bewehrter Asphalt), N. V. Bekaert S.A., Zwevegem, 1992
- /4/ Datenblätter Bitufor MT1 und Bitufor MT2, N. V. Bekaert S. A., Zwevegem
- /5/ Bitufor - Das kombinierte System für die Straßenerhaltung, N. V. Bekaert S. A., Zwevegem, 1996
- /6/ Francken, Vanelstraete: Rißhemmende Zwischenschichten, Bulletin CRR 3/1995, Centre de Recherches Routiers (CRR), Brüssel
- /7/ Francken, Vanelstraete: Laboratory Testing and Numerical Modelling of Overlay systems on Cement Concrete Slabs, Rilem-Conference on Reflecting Cracking in Pavements, 1996, Maastricht
- /8/ CROW (1993) Asphaltbewehrung: „Zin of Onzin“? Publikation 69
- /9/ Bewertung von Bitufor Projekten, Belgian Road Research Centre, Report EP 3553, 1995
- /10/ Durth, Grätz, Suß: Überprüfung praktischer Methoden zur Messung der Tragfähigkeit und Einschätzung der Restnutzungsdauer, insbesondere für Straßen auf dem Gebiet der neuen Bundesländer, Forschungsbericht FE 04.162, Technische Hochschule Darmstadt, 1995, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bonn

#### 4. Folgerungen für die Praxis

Die durchgeführten bemessungstheoretischen Untersuchungen über den Einfluß einer BITUFOR-Zwischenschicht auf die Tragfähigkeit und die Beanspruchung von Verkehrsflächenbefestigungen haben gezeigt, daß durch die Zwischenschicht der Widerstand gegen Rißbildung erhöht wird. Diese bemessungstheoretischen Ergebnisse sollten jedoch durch Tragfähigkeitsmessungen und Festigkeitsuntersuchungen im Labor, z.B. Spaltzugschwellversuche, ergänzt werden.

Darmstadt, den 20. Mai 1997

i.V.

  
.....  
Dr.-Ing. G. Suß  
Akadem. Direktor

i.A.

  
.....  
Dr.-Ing. B. Grätz  
Wiss. Mitarbeiter

LISA 7

Faultimeetri brošüür  
(saksakeelne)

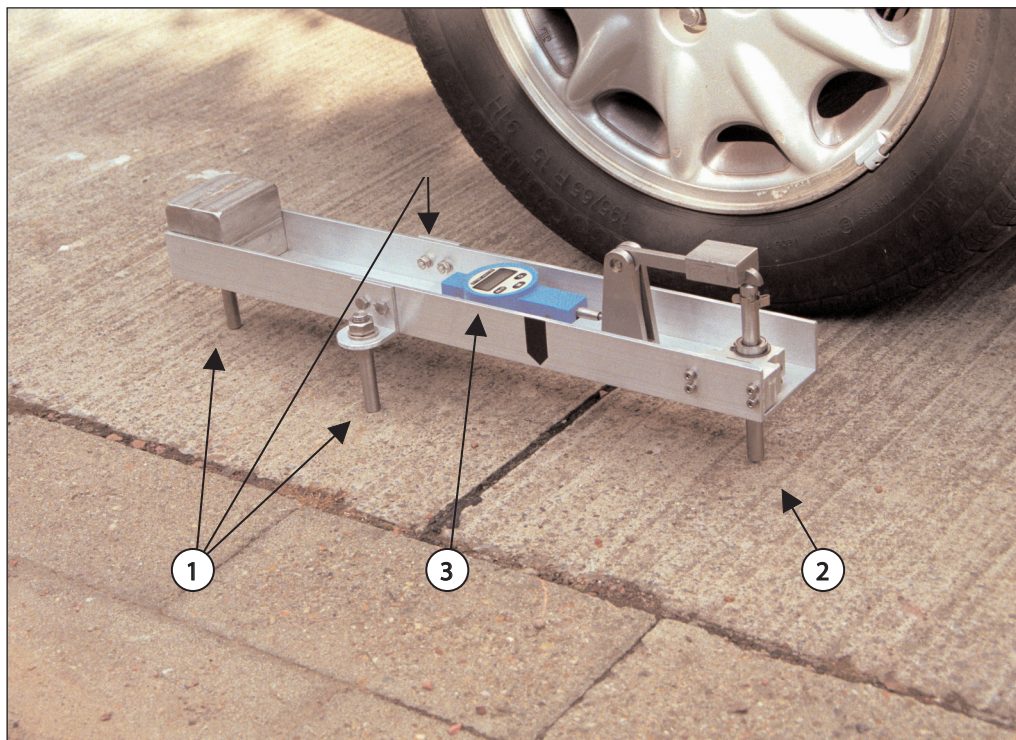


## Meting van het wippen van betonplaten met de faultimeter

De betonplaten van zowel oudere betonwegen (met lange platen tot 12 m) als recentere betonwegen (met kortere platen van 5 tot 6 m) kunnen bij het overrijden van zware voertuigen verticale bewegingen vertonen ter hoogte van de voegen. Deze bewegingen, ook wippen van betonplaten genoemd, kunnen op korte of langere termijn leiden tot schade aan de platen zelf (breken, afbrokkelende randen) en aan de gehele wegconstructie (door het pompende effect).

Om de grootte van deze bewegingen te bepalen, beschikt het OCW over een eenvoudig apparaat, faultimeter genoemd (het Engelse «slab faulting» betekent wippen van betonplaten). Met dit apparaat kunnen de relatieve verticale bewegingen van tegenover elkaar liggende einden van twee betonplaten worden gemeten wanneer een vrachtauto over de desbetreffende voeg rijdt.

De faultimeter bestaat uit een statief op drie steunpunten (1) en een beweegbare stift (2), die het vierde steunpunt vormt. De beweegbare stift is door een overbruggingssysteem verbonden met een meetklok (3), die de grootte van de beweging aangeeft in duizendsten van een mm.

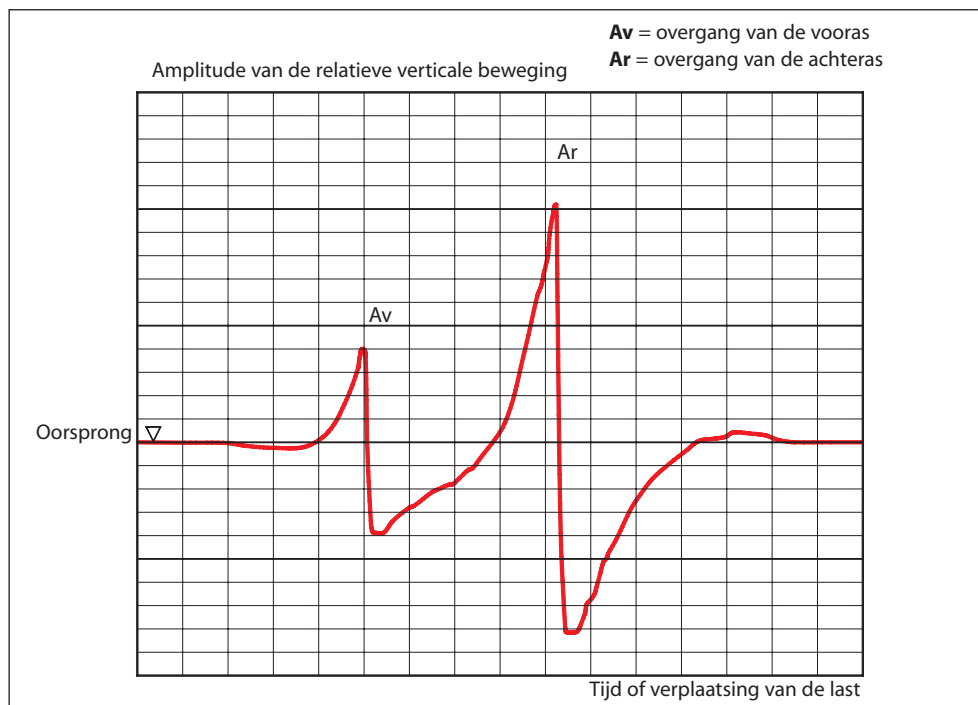


1. Drie vaste steunpunten
2. Beweegbare stift
3. Compareur

In meetopstelling staat de faultimeter met de drie steunpunten op de betonplaat aan de ene kant van de voeg en met de beweegbare stift op de betonplaat aan de andere kant. Een vrachtwagen met een tot 11 ton geladen achteras (met de vooras wordt geen rekening gehouden) rijdt stapvoets over de voeg. Eerst wordt de betonplaat vóór de voeg ingedrukt; met de meetklok wordt de verticale beweging gevolgd tot de maximale indrukking wordt bereikt. Bij overschrijden van de voeg wordt de aanliggende betonplaat belast en ingedrukt, terwijl de eerst belaste plaat terugveert. Ook deze verticale beweging wordt met de meetklok gevolgd tot de maximale indrukking wordt bereikt.

Het totaal van beide maximale verticale bewegingen geeft, na inbrenging van de «apparaatconstante», de waarde van de relatieve plaatbeweging.

Duidt de meetklok na het ontlasten van de betonplaten weer haar oorspronkelijke stand aan, dan hebben de platen hun beginpositie terug aangenomen. Geeft ze een restwaarde aan, dan zijn de platen ten opzichte van elkaar geklemd.



Overzicht van de bewegingen onder de vooras en achteras van de vrachtwagen

## Toepassingen

De jongste jaren werd het OCW regelmatig gevraagd plaatbewegingen te meten om de restwaarde van een betonweg te bepalen of om vast te stellen welke maatregelen (breken van platen, oppersen met injectiespecie, toepassen van een scheurremmende systeem, enz.) moesten worden genomen vooraleer een bitumineuze overlaag werd aangebracht. Ook bij klachten van aanwonenden over trillingen in huizen werd het Centrum verzocht metingen te verrichten, als hulpmiddel bij het onderzoek naar een eventueel verband tussen deze trillingen en het wippen van betonplaten wanneer zware voertuigen met een bepaalde snelheid voorbijrijden.

## Literatuur

### Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

*Meten van het opwippen van betonplaten ter hoogte van een voeg door middel van de faultimeter van het OCW*  
Meetmethode OCW

### L.Hubrecht

*Détermination du battement des dalles aux joints d'un revêtement en béton de ciment*  
5e Symposium international des routes en béton, Aix-la-Chapelle, 2-4 juin 1986

### F.Fuchs, A.Jasienski

*The Namur test road: behaviour of various types of contraction joints after 17 years of traffic*  
8th International Symposium on Concrete Roads, Lisbon, 13-16 September 1998

Contact:

**Sergio Perez:** 02 766 03 90, [s.perez@brrc.be](mailto:s.perez@brrc.be)

Woluwedal 42  
1200 Brussel