

Tierakenteen suunnittelu

Kuormitusluokan 10,0 (entinen 1) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet

KKL-luokka	10,0 AB	10,0 AB	10,0 AB
Vaiheen rakentamisajankohta			
Tavoitekantavuus (0...6 v.) ja päällysteen kokonaispaksuus	420 MPa 170 mm	380 ²⁾ MPa 150 mm	490 MPa 130 mm
Tavoitekantavuus (0...2 v.) ja päällysteen kokonaispaksuus	360 MPa 140 mm	325 MPa 120 mm	
Tavoitekantavuus (0 v.) ja päällysteen kokonaispaksuus	285 MPa 100 mm	270 MPa 90 mm	420 MPa 100 mm
Tavoite kantavan päältä (MPa)	160 MPa	160 MPa	265 MPa
Kantavan laatu	M tai MHST	BST	SST

Tierakenteen suunnittelu

Suunnitteluvaiheen ohjaus

ISBN 951-803-402-8
TIEH 2100029-04

Verkkajulkaisun pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISBN 951-803-403-6
TIEH 2100029-v-04

Edita Prima Oy
Helsinki 2004

Julkaisua myy/saatavana:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011

Tiehallinto
Tekniset palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 2211

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA
TieL 117 §

KOHDISTUVUUS
Tiehallinto

ASIASANAT
Päällysrakenne, mitoitus

KORVAA/MUUTTA
Teiden suunnittelu IV Tien Rakenne osat 1, 3, 5 ja 6

VOIMASSA
1.2.2005 alkaen toistaiseksi

Tierakenteen suunnittelu (TIEH 2100029-04)

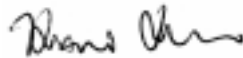
Tätä julkaisua käytetään laatuvaatimuksena tierakenteen mitoituksen osalta, kun takuu-aika on niin lyhyt (alle 20 vuotta), että tierakenteen kestävyyttä ei voi todentaa takuuajan seurannan avulla. Ohje sisältää mitoituksen deformaatiota, sidottujen kerrosten väsymistä sekä routanousun aiheuttamia epätasaisuuksia ja halkeamia vastaan, mutta ei pehmeikön painumista tai päällysteen kulumista tai kylmähalkeilua vastaan. Soratiet ja kevyen liikenteen väylät sisältyvät ohjeeseen, mutta rakenteen parantamisesta annetaan erillinen ohje.

Suurimmat muutokset aikaisempaan nyt kumottavaan ohjeeseen Teiden suunnittelu IV Tien rakenne 1 Maaluokitukset, 3 Alusrakenne, 5 Päällysrakenne ja Rakenteen poikkileikkaus verrattuna ovat

- Hiekkojen ja moreenien osalta käytetään kelpoisuusluokitusta, joka korvaa vanhan olosuhdeherkkyys- ja routivuusluokituksen ja ottaa aikaisempaa paremmin huomioon routivuuden aste-erot ja moduulit
- Uudet alusrakenneluokat (A...uI) korvaavat vanhat kantavuusluokat A...G
- Routamitoitus perustuu laskennalliseen routanousuun
- Ajoneuvojen kuormitusekvivalentteja on korotettu huomattavasti
- Kuormitus lasketaan joka ajokaistalle erikseen
- Kuormitusluokat korvaavat vanhat päällysrakenneluokat; luokkien numero kasvaa kuormituksen kasvaessa; aikaisempaa suurempi kuormitus voidaan ottaa huomioon
- Stabiloinnit otetaan aikaisempaa paremmin huomioon

Päällysrakennekerrosten moduulit esitetään julkaisussa Tietoa tiensuunnitteluun 71 (uusin versio verkossa www.tiehallinto.fi/thohje). Samassa paikassa on myös lisää valmiiksi mitoitettuja päällysrakenne-esimerkkejä tämän julkaisun verkkoversion liitteenä.

Materiaalien laatuvaatimukset esitetään julkaisusarjassa Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset.



Kehittämispäällikkö
Tie- ja geotekniikka

Kari Lehtonen

TIEDOKSI

Tiensusunnittelukonsultit
Oppilaitokset
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Suomen Kuntaliitto
Suomen Maarakentajien Keskusliitto SML
SML:n yritysjäsenet ja piiriyhdistysten toimistot
Asfalttiliitto
Finnsementti Oy
Nynas Oy
Rautaruukki Oyj, sivutuotteet
Kirjasto, S, HA, TP, TPtie

ESIPUHE

Tämä ohje on laadittu Tiehallinnon toimeksiannosta.

Ohje käsittelee tierakenteen kuormituskestävyys- ja routamitoitusta sekä niihin liittyviä muita asioita ja vaatimuksia.

Ohjeen kirjoitus- ja kuvitustyö on tehty Tieliikelaitoksessa Tiehallinnon antamien ohjeiden ja rajoitusten mukaan. Tiehallinnosta työhön ovat osallistuneet Kari Lehtonen, Tuomo Kallionpää ja Pentti Salo sekä Tieliikelaitoksesta Heikki Onninen, Jorma Immonen ja Matti Manelius.

Helsingissä joulukuussa 2004

Tiehallinto
Tekniset palvelut

Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	TIERAKENTEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	10
2.1	Tierakenteen palvelutaso	10
2.2	Tierakenteen kestävyys	12
2.3	Palvelutason ja kestävyuden huomioon ottaminen hankinnoissa	12
2.3.1	Urakka sisältää suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon 20 vuoden ajalta	12
2.3.2	Urakka sisältää suunnittelun ja rakentamisen, takuu-aika on viisi vuotta	14
2.3.3	Urakka sisältää osan suunnittelua ja rakentamisen, takuu-aika on yksi vuosi	15
2.4	Rakenteen suunnittelun muita yleisiä lähtökohtia	16
2.5	Routa- ja kuormituskestävyyssmitoitusta täydentäviä vaatimuksia	16
2.5.1	Rakenteen poikkileikkausta koskevia vaatimuksia	16
2.5.2	Kerrosten toimintaa koskevia vaatimuksia	20
2.6	Rakennetyyppikohtaisia vaatimuksia	21
2.6.1	Hydraulisen stabiloinnin sisältävä rakenne	21
2.6.2	Betonikivirakenne	22
2.6.3	Louherakenne ja irtilouhinta	22
2.6.4	Lievästi routiva jakava kerros	23
2.6.5	Lievästi routiva pengeri tai pohjamaan yläosa	23
3	PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUS	24
3.1	Mitoituksen osatekijät	24
3.2	Kuormituskestävyyssmitoitus	25
3.2.1	Kuormituskertaluku	25
3.2.2	Kuormitusluokat, tavoitekantavuudet ja vaiheittainrakentaminen	27
3.2.3	Valo-ohjatut ja väistämisvelvolliset liittymät	32
3.2.4	Kuormituskestävyyssmitoitus Odemarkin kaavalla	32
3.2.5	Kuormituskestävyyssmitoitus monikerros-laskennalla	33
3.3	Alusrakenteen arviointi ja luokittelu	34
3.3.1	Määritelmiä	34
3.3.2	Maamateriaalien kelpoisuusluokittelu	37
3.3.3	Tien alusrakenneluokat ja niiden mitoitusparametrit	37
3.3.4	Pohjamaan tutkimukset suunnittelun ja rakentamisen aikana	38

3.4	Routamitoitus ja routanousun rajoittaminen	39
3.4.1	Pohjamaan käsittely	39
3.4.2	Sallittu laskennallinen routanousu	40
3.4.3	Routanousun laskeminen ja mitoitusroutansyvyys	42
3.4.4	Routaturpoaman paikallinen määräitys	44
3.5	Siirtymäkiilat	46
3.5.1	Yleistä	46
3.5.2	Routanousueroja tasaavan kiilan siirtymäkiilasyvyys	46
3.5.3	Routanousueroja tasaavan kiilan routaeristyskyky	46
3.5.4	Siirtymäkiilan pohjan kaltevuus ja kiilan pituus	47
3.5.5	Siirtymäkiilojen kuivatus	47
3.5.6	Pituussuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve	48
3.5.7	Poikkisuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve	54
3.6	Sorapintaisen tien rakenne	56
3.7	Kevyenliikenteentien rakenne	58
3.8	Erityisalueiden rakenteet	60
3.8.1	Pientareiden rakenne	60
3.8.2	Linja-autopysäkkien rakenne	60
3.8.3	Pysäköinti- ja levähdysalueiden rakenne	60
3.9	Esimerkkirakenteita	61
3.9.1	Rakenteiden nimeäminen ja lyhenne-esimerkkejä	61
3.9.2	Kantavuus- ja routamitoitettuja esimerkkirakenteita	62

1 JOHDANTO

Tämän ohjeen kohdat 2.1 - 2.4 on tarkoitettu pääasiassa suunnittelutöiden tilaajille. Kohtaa 3 käytetään laatuvaatimuksena, kun rakennusurakkaan kuuluu rakenteiden mitoitus.

2 TIERAKENTEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Tierakenteen palvelutaso

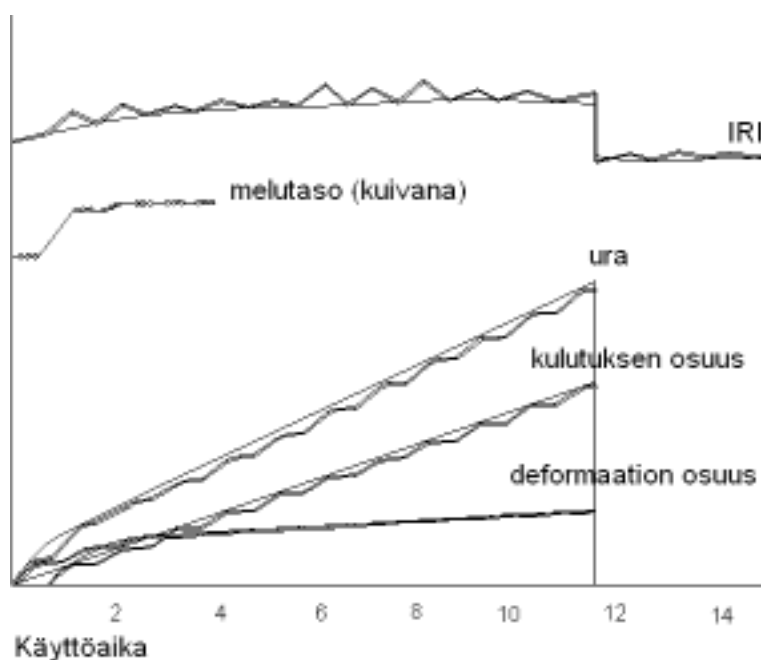
Palvelutaso kuvaa tierakenteen kuntoa vain siltä osin kun se vaikuttaa tien liikennöitävyyteen. Tierakenteen palvelutaso sisältää seuraavat tienkäyttäjien kokemat tierakenteen ominaisuudet:

- tien pituussuuntainen tasaisuus. Sen tavallisimmat tunnusluvut ovat: Kesällä mitattu IRI (mm. tekovirheiden, pysyvien muodonmuutosten ja reikien aiheuttamat epätasaisuudet)
- kevättalvella havaitut routaheitot tai painumaerojen aiheuttamat kaltevuuden muutoksena tai pystykiihtyvyytenä mitattuna.
- tien poikkisuuntainen tasaisuus. Se sisältää urasyvyyden, reunapainumat, porrastuneet pituushalkeamat sekä sivukaltevuuden vääristymät.
- päällysteen pinnan ominaisuudet: kitka, meluominaisuudet ja valotekniset ominaisuudet (paluuheijastavuus ja peilimäisyys).
- pinnan suuri taipuma pyörän alla.

Sorateilla palvelutasoon kuuluvat myös pölyäminen, irtosoran määrä, kuraisuus, pinnan upottavuus märkänä aikana. Pölyisyys ja kuraisuus vaikuttaa ajomukavuuteen, näkyvyyden huononemisen kautta myös turvallisuuteen. Irtosora huonontaa kitkaa kesällä, mutta parantaa sitä alkutalvella. Kelirikon pehmentämä pinta hidastaa liikennettä, lisää polttoainekustannuksia ja voi pahimmillaan estää liikkumisen.

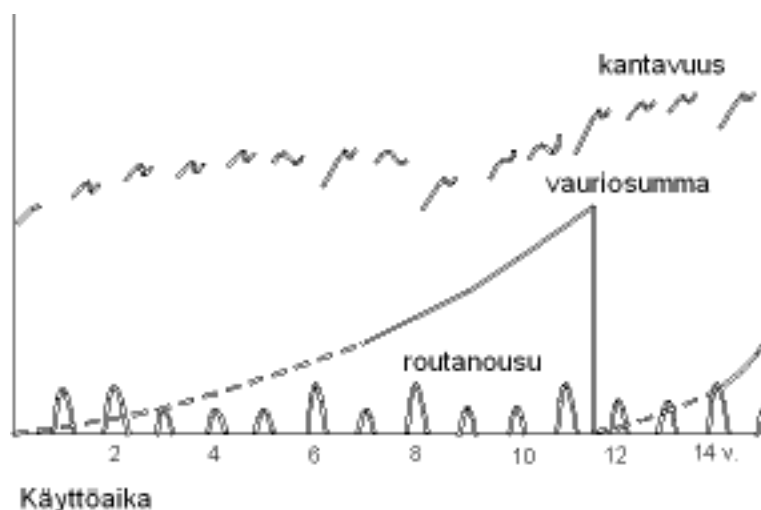
Palvelutaso vaikuttaa tienkäyttäjien osalta liikenneturvallisuuteen, ajomukavuuteen, ajonopeuteen, lähistöllä asuvien kannalta melutasoon sekä tienpitäjän kannalta kunnossapitokustannuksiin. Pituussuuntainen ja poikkisuuntainen epätasaisuus huonontaa henkilöautoliikenteen ajomukavuutta ja alentaa ajonopeuksia, mutta nopeuksien alenemisen vuoksi vaikutus turvallisuuteen voi jäädä pieneksi. Sateella uriin kertyvä vesi kuitenkin lisää selvästi vesiliirron vaaraa. Pituussuuntainen epätasaisuus huonontaa erityisesti raskaan liikenteen ajomukavuutta, alentaa ajonopeuksia, voi aiheuttaa tavaroiden rikkoutumista. Karkeat päällysteet ja yksittäiset kaltevuuden muutokset aiheuttavat melua ja tärinää, jotka haittaavat ympäristön asukkaita ja väylän käyttäjiä. Hyvä kitka parantaa turvallisuutta, mutta karkea päällyste voi lisätä renkaiden kulumista. Erittäin suuri taipuma pyörän alla lisää päällystetylläkin tiellä hiukan polttoaineen kulutusta.

Tierakenteen palvelutaso muuttuu vähitellen jatkuvasti. Palvelutasoa voidaan ylläpitää valitsemalla hyvin kestäviä materiaaleja (kulutusta kestäviä, meluominaisuutensa pitkään säilyttäviä päällysteitä ja pysyviä muodonmuutoksia ja halkeamia vastustavia kerrosmateriaaleja) tai käyttämällä sopivia ja riittäviä ylläpitotoimia.



Kuva 1. Palvelutason muuttuminen ajan funktiona.

Tierakenteen palvelutasoon eivät vaikuta vauriosumma, kantavuus (jos ei ole erityisen huono) ja routanousu. Sellaiset halkeamat, joihin ei liity epätaisuutta ja joihin ajoneuvon pyörä ei putoa, eivät vaikuta palvelutasoon muuten kuin ulkonäköasiana. Vauriosumman perusteella on kuitenkin mahdollista ennakoida tulevaa reikiintymistä ja optimoida ylläpitotoimia. Kantavuuden (taipuman) vaikutus polttoaineen kulutukseen päällystetyillä teillä on niin pieni, että sitä ei pidetä palvelutasotekijänä. Routanousu vaikuttaa suoraan palvelutasoon vain poikkeustapauksissa esimerkiksi siltojen alla (alikulukorkeus pienenee). Välillisesti kantavuus ja routanousu vaikuttavat päällysteen halkeiluun, pituussuuntaiseen tasaisuuteen ja deformaatioon, joista kaksi viimeistä ovat palvelutasotekijöitä.



Kuva 2. Vauriosumman, kantavuuden ja routanousun muuttuminen ajan funktiona.

2.2 Tierakenteen kestävyys

Tierakenteen kestävyys tarkoittaa edellä esitettyjen ominaisuuksien muuttumisnopeutta ajan, liikennesäätöjen tai sääolosuhteiden funktiona.

Urautumisnopeus voidaan esittää kuvan 1 urasyvyyskuvaajan kulmakertoimen avulla, jolloin kulumisnopeus koskee vain kyseistä liikennemäärää, raskaiden tai nastarenkailla varustettujen ajoneuvojen osuutta ja tieleveyttä. Rakennetta suunniteltaessa urautuminen jaetaan kulumiseen ja deformaatioon. Kulumista tapahtuu talven nastarengaskautena ja deformaation oletetaan syntyvän muuna aikana.

2.3 Palvelutason ja kestävyuden huomioon ottaminen hankinnoissa

Seuraavassa käsitellään kolme hankintatilannetta:

- urakka sisältää rakenteen suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon 20 vuoden ajalta.
- urakka sisältää rakenteen suunnittelun ja rakentamisen, takuu-aika on viisi vuotta.
- urakka sisältää rakenteen suunnittelun ja rakentamisen, takuu-aika on yksi vuosi.

Laatuvaatimuksia koskevat esimerkit ovat yleisellä tasolla, ja numeroarvot, mittarit ja muut yksityiskohdat valitaan tuotevaatimukseen hankintatapaa koskevien ohjeiden mukaisesti.

2.3.1 Urakka sisältää suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon 20 vuoden ajalta

Moottoritien palvelusvaatimukset voivat olla esimerkiksi seuraavat (suluissa olevat raja-arvot valitaan tien merkityksen mukaan):

Pituussuuntainen epätasaisuus

- uuden päällysteen IRI on enintään (Asfalttinormeissa asetettu arvo) ja tie on tasoitettava, kun IRI:n keskiarvo ylittää (3 km) tiejaksolla (2 mm/100 m) tai yksittäisellä 100 m:llä (3 mm/100 m)
- tiellä ei saa olla säännöllisesti alle 100 m välein toistuvia poikkihalkeamia, joihin liittyy vuosittain yli kuukauden ajan ajomukavuutta selvästi haittaava epätasaisuus
- tiellä ei saa olla haitallisia routanousu- tai painumaeron aiheuttamia kaltevuudenmuutoksia (paitsi yhtenä talvena 20:stä)
- urasyvyys ei saa vaihdella tien pituussuunnassa esimerkiksi lyhyiden urapaikkauksien vuoksi niin tihein välein, että se koetaan epämukavana tai sateella yllätyksiä aiheuttavana (x kpl/km)
- tien pinnan korkeustaso ei saa painua niin paljon, että näkyvyys, kuivatus tai muu vastaava tavoite kärsii

Poikittainen tasaisuus ja sivukaltevuus

- uuden päällysteen urasyvyys on enintään (Asfalttinormeissa asetettu arvo) ja ura on tasattava, kun urasyvyys ylittää (noin 3 km) tiejaksolla (13 mm) tai yksittäisellä 100 m:llä (17 mm); 2 mm suurempi urasyvyys voidaan sallia, kun päällyste on niin vettä läpäisevä, että uriin ei kerry vettä.
- tien sivukaltevuudet suunnitellaan Tiehallinnon suunnitteluohjeen mukaan ja uutena poikkeama tavoitearvosta saa olla enintään + 1 %-yksikkö; ja sivukaltevuus korjataan, kun poikkeama ylittää + 2 %-yksikköä.

Vauriot

- reikien, päällysteen pinnan purkautumisen ja vastaavien ajomukavuutta haittaavien vaurioiden syntyminen estetään ennakolta
- ajomukavuutta haittaavat, melua aiheuttavat tai muuten haitalliset porastuneet tai haitallisen leveät halkeamat, liikuntasaumalaitteet ja reunapainumat tasataan

Pinnan laatu

- päällysteen kitkakertoimen tulee olla urassa ja urien ulkopuolella riittävä
- vaunumelumittarilla mitattu CPX melutaso saa olla normaalisti enintään (94 dB) uran pohjalla, ja hiljaisella päällysteellä (87 dB)
- valaistulla osuudella päällyste on valaistusteknisen mitoituksen mukainen eikä muuallakaan liian peilimäinen

Palvelutason laatuvaatimukset voivat olla myös joustavia, eli palvelumaksun suuruus voi riippua saavutetusta palvelutasosta. Urakoitsija ylläpitää palvelutason harkintansa mukaan käyttämällä kestäviä materiaaleja ja rakenteita tai uusimalla päällysteitä riittävän usein. Normaalia useammin toistuva tai normaalia enemmän liikennettä haittaava päällysteen uusiminen voi kuitenkin vaikuttaa palvelumaksuun. Ylläpitoajan lopussa arvioidaan rakenteiden jäännösarvo. Urakoitsijaa hyvitetään tavoitearvon ylittävästä jäännösarvosta tai/ ja sakotetaan tavoitearvon alittavasta jäännösarvosta.

Jäännösarvoon vaikuttavat

- a) Viimeisen päällystekerroksen **jäljellä oleva käyttöikä** yleensä urakriteerin mukaan. Käyttöikä lasketaan päällysteen tekovuoden ja urautumisnopeuden perusteella. Urautumisnopeus lasketaan seuraamalla viimeisen urakkaan kuuluvan päällysteen urautumista vähintään 3 vuotta tai käyttämällä raaka-aineiden ym. perusteella laskennallista kulumisnopeutta. Jos päällysteen uusiminen riippuu enemmän meluominaisuuksista tai varsinkin vähäliikenteisillä teillä päällysteen halkeilusta, ennustetaan vastaavilla keinoilla jäljellä oleva käyttöikä meluisuus- tai vauriokriteerin mukaan. Vauriokriteeri edellyttää kuitenkin yleensä vähintään kymmenen vuoden seuranta viimeisen urakkaan kuuluvan toimenpiteen jälkeen. Vaihtoehtoisesti käyttöikä voidaan arvioida referenssien perusteella. Kummassakin tapauksessa on otettava huomioon, miten helppo päällyste on uusia: voidaanko käyttää uusiokäsittelyä tai jysintää vai onko tehtävä paksu laatta.
- b) Seurantaan perustuva **ennuste pituussuuntaisen tasaisuuden säilymisestä**. Jäännösarvo on huono, jos:
 - tasaisuutta on jouduttu parantamaan jatkuvasti uudelleenpäällystysten yhteydessä
 - painuma- tai routaheitot tai epätasaiset toistuvat poikkihalkeamat on tasattu vain tilapäisesti estämättä ilmiön uusiutumista.

- c) Rakennetietoihin perustuva **ennuste rakenneosien toiminnan säilymisestä**. Jäännösarvo on huono, jos:
- päällysteissä esiintyy tavanomaista suurempaa halkeilua
 - stabiloinnit ovat alkaneet rapautua sitomattomaksi mahdollisesti routivaksi materiaaliksi
 - lämpöeristeet ovat painuneet kasaan
 - rakenteessa on muu jatkuvasti deformatuva kerros
 - pohjarakenteiden tai rumpujen käyttöikä on alle ohjeissa annetun tavoitearvon
 - maatutkamittaus osoittaa, että rakennekerrokset ovat alkaneet sekoittua keskenään tms.
- d) Rakennekerrosten **uudelleenkäyttöön vaikuttavat tekijät**. Jäännösarvo on normaalia alhaisempi, jos:
- rakenteen pinnassa on käytetty materiaaleja, jotka estävät pienetkin tasausviivan tai päällysteen korjaukset jyrsimällä
 - jäykkä rakennekerros aiheuttaisi vaikeasti korjattavan halkeaman levenettäessä
 - rakenteessa käytetyt haitalliseksi luokiteltavat materiaalit vaativat kalliita suojatoimia jatkokäytön aikana tai purettaessa.

Jäännösarvon aleneman suuruus voidaan laskea vastuuajan jälkeisen 20 vuoden aikaisten kunnossapitokustannusten kohoamisen luovutusuhkeen lasketun nykyarvon, seuraavan kunnostuksen aikaistumisen tai normaalilaa-tuun pääsemiseksi tarvittavan kertakorjauksen hinnan perusteella.

2.3.2 Urakka sisältää suunnittelun ja rakentamisen, takuu-aika on viisi vuotta

Tarkoituksena on, että takuuajana ei tehdä ylläpitotoimenpiteitä. Poikkeuksena on päällysteiden vaiheittainrakentaminen, jonka jälkeen takuu-aikaa tulisi olla 3 vähintään vuotta.

Takuu-aika on niin lyhyt, että palvelutasoa koskevat vaatimukset sisältyvät osittain kestävyyttä koskeviin vaatimuksiin. Poikkeuksena ovat uutta päällystettä koskevat tasaisuusvaatimukset.

Kestävyyttä koskevia vaatimuksia on kahdenlaisia: Tien pinnan seurantaan perustuvia ja rakennetietoihin perustuvia.

1. Kuntoseuranta: Tien tasaisuus mitataan uutena ja takuuajan lopussa. Kumpaankin annetaan sallittu IRI-arvo ja sivukaltevuus. Päällysteen kulumiskestävyys ja deformaatiokestävyys arvioidaan vilkasliikenteisellä tiellä seuraamalla viimeisen urakkaan kuuluvan päällysteen urasyvyyden kasvua takuuajan loppuun kuitenkin vähintään 3 vuotta. Vuotuinen kulumisen voidaan arvioida vähentämällä takuuajan lopun urasyvyydestä arvioitu deformaatioura (uusilla teillä esim. 4 mm 3...5 vuodessa, tai vaiheittain rakentamiseen kuuluvan tai muun uudelleenpäällystyksen jälkeen 2 mm 3 vuodessa) ja jakamalla erotus päällystekerroksen seuranta-ajan talvien lukumäärällä. Oletusarvon ylittävä deformaation osa näkyy tuloksessa kulumisen osana. Tällöin voidaan käyttää väsymiskestävyysmitoituksessa myös kohdan 3.2.5 monikerroslaskentaa. Rakennekerrosten tiivistavoitteiden osalta voidaan jättää vapaammat kädet urakoitsijalle, koska urakoitsija vastaa deformaatiosta kaikilta osin.

2. Laskennallinen laboratoriokokeisiin tai referensseihin perustuva: Kulumiskestävyys arvioidaan laboratoriossa tehdyn SRK-kokeen tai kiviaineksen kuulamylyarvon ja massatyyppin perusteella. Tämä on suositeltavaa silloin, kun liikennemääristä, sen ajolinjoista tai nopeudesta ei voida antaa luotettavia lähtötietoja tai kulumisen on vähäistä. Tämän menettelyn yhteydessä käytetään deformaation torjuntaan kohdan 3.2.2 tavoitekantavuuksia ja yleisesti hyväksytyjä tiiviyden varmistustapoja, koska deformaatiota ei seurata.

Päällysteiden väsymiskestävyyttä ei voi todeta 5 vuoden vaurio seurannalla eikä taipumamittauksista. Sen vuoksi vaaditaan, että rakenteet mitoitetaan kohdan 3.2.2 tavoitekantavuuteen, ja osoitetaan, että toteutuneet rakenteet vastaavat mitoitusta, ja mitoitus vastaa todellista pohjamaata. Päällysteen tekovirheiden varalta on kuitenkin syytä asettaa vauriosummaraja, joka ei saa ylittyä millään 100 m osuudella.

Routanousuerojen osalta tärkeillä päätteillä käytetään kahta päällekkäistä vaatimusta: Tielle ei saa syntyä takuuajana haitallisia routaheittoja, ja kaikkiin epäjatkuvuuskohtiin on tehtävä kohdan 3.4 routamitoituksen mukainen siirtymäkiila tai paksu rakenne. Jälkimmäinen vaatimus on tarpeen vilkasliikenteisimmillä teillä siksi, että kaikki routaheitot eivät tule esiin 5 vuoden aikana. Toisaalta routaheittojen kannalta äärimmäisen vaikeita talvia ei oteta täysimääräisesti huomioon.

Suureen routanousuun liittyvä pituushalkeilu ja sulamisvaiheen muodonmuutokset estetään kohdan 3.4 routamitoituksella. Ne eivät ehdi tulla näkyviin 5 vuodessa. Lisäksi on osoitettava, että toteutuneet rakenteet vastaavat mitoitusta, ja mitoitus vastaa todellista pohjamaata.

Materiaalien ja rakenteen yläosan säänkestävyydelle ja kantavan kerroksen hienoainespitoisuudelle on annettava riittävät laatuvaatimukset, koska puutteiden aiheuttamat vauriot eivät ehdi tulla esiin takuuajana.

Poikkihalkeamien määrälle ja tasaisuudelle voidaan antaa seurantaan perustuva laatuvaatimus, vaikka 5 vuotta ei aina riitäkään ongelman havaitsemiseen. Vaihtoehtoisesti rajoitetaan jäykimpien sideaineiden käyttöä.

Materiaalit, jotka estävät edullisten päällysteen uusimismenetelmien käytön tai sisältävät merkittäviä ympäristöriskejä, voidaan kieltää.

2.3.3 Urakka sisältää osan suunnittelua ja rakentamisen, takuuajana on yksi vuosi

Toimitaan kuten edellisessä tapauksessa, mutta seurantaan perustuvien laatuvaatimusten merkitys on pieni. Päällysteen tasaisuus ja urat mitataan uutena. Takuuajana ei sallita routaheittoja eikä vaurioita. Vaurioiden puuttuminen ei kuitenkaan takaa, etteikö niitä tulisi seuraavina vuosina. Siksi on käytettävä kaikkia laskennallisia vaatimuksia.

2.4 Rakenteen suunnittelun muita yleisiä lähtökohtia

Vilkasliikenteisillä teillä käytetään paksuja, melko vesitiiviitä ja jäykkiä päällysteitä. Paksut jäykät päällysteet eivät deformoidu herkästi ja ne suojaavat myös alempia kerroksia deformatumiselta. Niiden vesitiiviys suojaa alempia kerroksia myös vedeltä, minkä vuoksi vesi ei alenna sitomattoman kantavan kerroksen moduulia eikä suolavesi hydraulisesti sidottujen kerrosten moduulia. Mitoituksessa pyritään siihen, että päällysteet säilyvät ehjinä mahdollisimman pitkään, jotta niiden muoto, jäykkyys (moduulit) ja vesitiiviys säilyisi. Poikkihalkeamia ei kuitenkaan voida kokonaan estää, minkä vuoksi alemmat kerrokset eivät saa olla routivia tai muuttua routiviksi. Ylläpitovaiheessa tie pyritään päällystämään uudelleen ennen kuin halkeamia alkaa syntyä. Kun rakenteen deformatuminen saadaan näin estettyä, pituussuuntainen tasaisuus pysyy yleensä hyvänä, jos routa- ja painumaerot on estetty. Sidotut ja sitomattomat rakennekerrokset toimivat rakenteen osana jopa 100 vuotta. Tien pinnan ominaisuudet säilytetään uudelleenpäällysten avulla.

Hyvin vähäliikenteisillä päällystetyillä teillä käytetään ohuita, helposti muokattavia ja vettäläpäiseviä päällysteitä. Päällysteen annetaan halkeilla melko paljon ennen seuraavaa kunnostusta. Halkeilu ei huononna ratkaisevasti tierakenteen kestävyyttä deformatumista vastaan, koska päällyste on ohut ja sen moduuli on ehjänäkin melko pieni. Päällyste ei ole uutenakaan vesitiivis. Halkeilu alentaa kuitenkin ylimpien kerrosten moduuleja sen verran, että kuormitusten aikaansaama vaurioituminen alkaa kiihtyä. Päällyste uusitaan, kun ajomukavuutta haittaavia reikiä alkaa tulla liian nopeasti. Uusimisessa vanha päällystemassa sekoitetaan kantavaan kerrokseen tai hyödynnetään uudessa päällysteessä. Samalla pituus- ja poikkisuuntainen tasaisuus palautetaan. Rakenteen mitoituksella, vettä sietävän kantavan kerroksen valinnalla ja sitkeän päällysteen valinnalla pyritään siihen, että päällysteen vaurioitumisnopeus on riittävän hidas.

2.5 Routa- ja kuormituskestävyysmitoitusta täydentäviä vaatimuksia

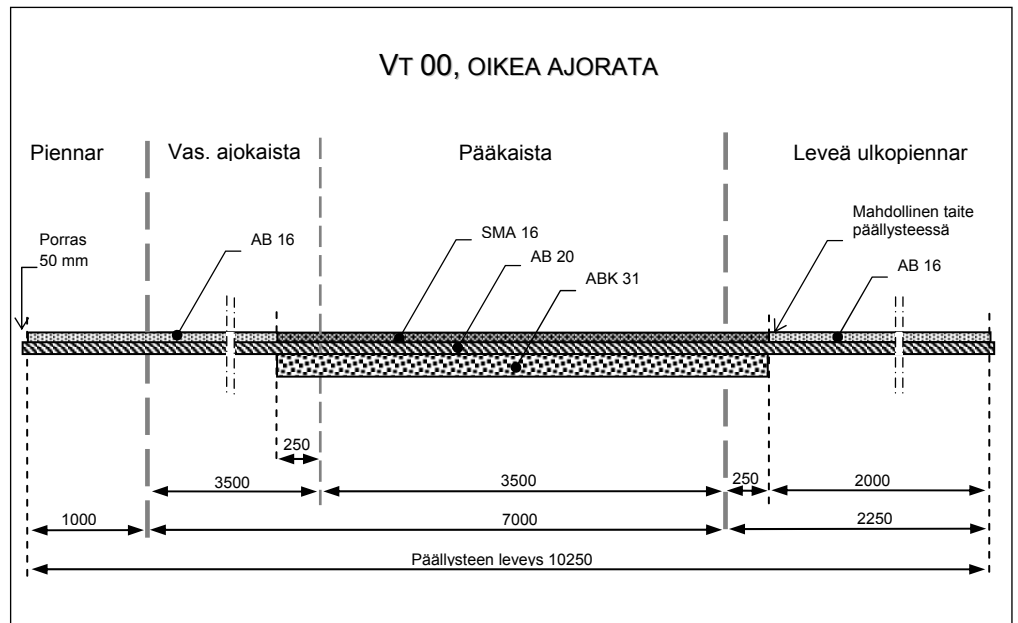
2.5.1 Rakenteen poikkileikkausta koskevia vaatimuksia

Kohdan 3 mukaan mitoitettu päällysrakenteen kokonaispaksuus ulotetaan koko tien leveydelle. Poikkeuksia ovat:

- Leveä ulkopiennar kallistetaan eri suuntaan kuin muu tie. Tällöin pientareelle riittää ohuempi rakenne.
- Selvitysten ja riittävän takuuajan perusteella voidaan hyväksyä rakenne, jossa keskellä tietä on paksumpi rakenne kuin reunoissa (V-poikkileikkaus). Lisäksi on otettava huomioon, että menettely haittaa mahdollista tulevaa leventämistä.

Ylin kohdan 3 mitoitukseen kuuluva päällystekerros tehdään tiesuunnitelmassa määrättyyn leveyteen. Alempi päällyste tehdään 100 mm ylempää leveämmäksi niin, että kumpaankin reunaan syntyy vähintään 50 mm leveä porras (kuva 3).

Jos ajokaistan vieressä on leveä piennar (vähintään 2,25 m), pysäkki tai toinen ajokaista, jonka rakenne mitoitetaan kohdan 3 perusteella ajokaistaa heikommaksi, ulotetaan vahvempi rakenne (esim. paksummat päällysteet) vähintään 250 mm viereisen kaistan puolelle.

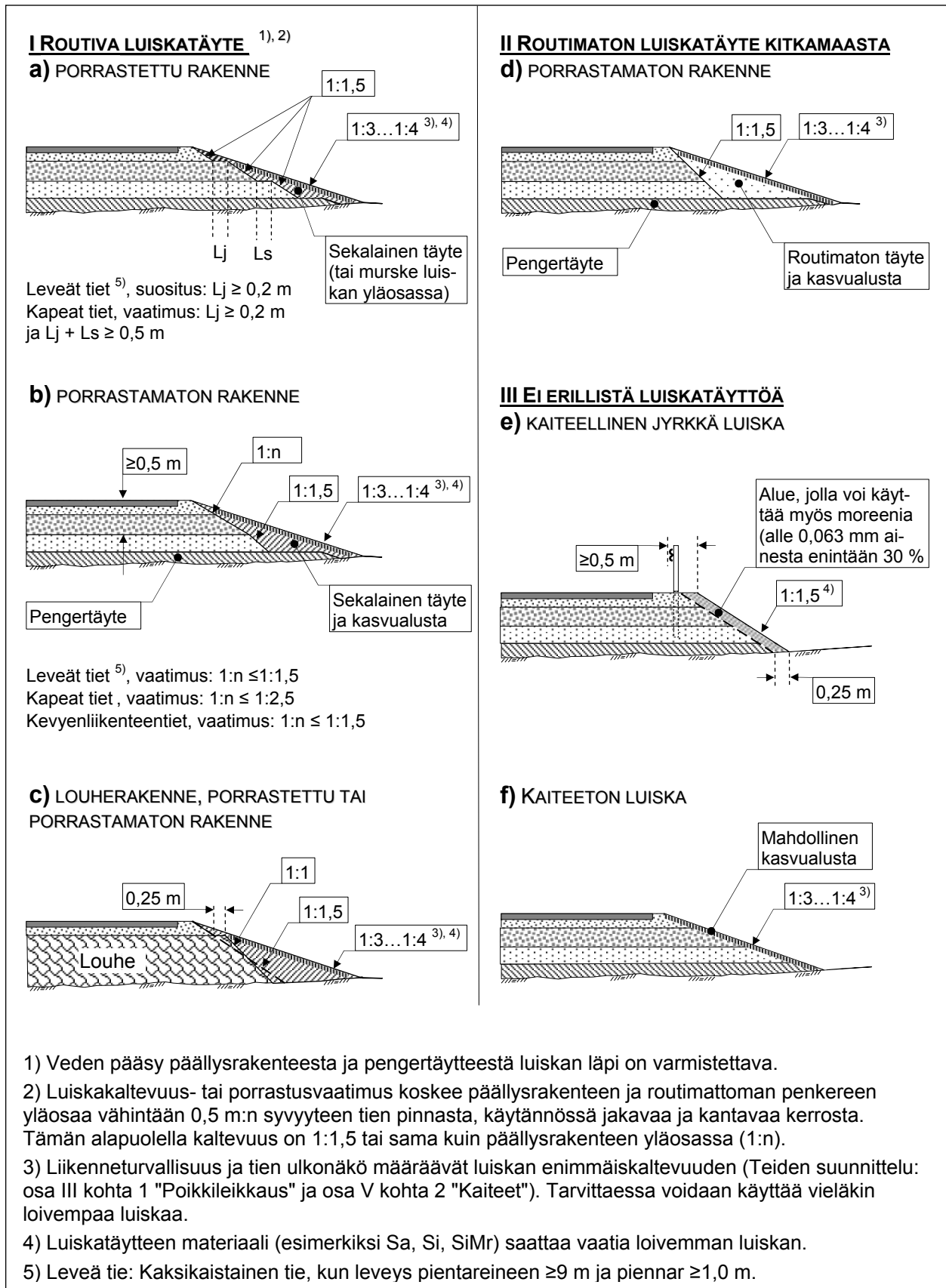


Kuva 3. Esimerkki eri päällystekerrosten (tai stabilointien) leveyksistä ja muutoskohdista tiepoikkileikkauksessa, jos sovelletaan kaistakohtaista mitoitusta.

Kevyen liikenteen tie voidaan mitoittaa erillisenä, kun sen ja autotien välissä on koko matkalla vähintään 2 m levyinen päällystämätön välikaista.

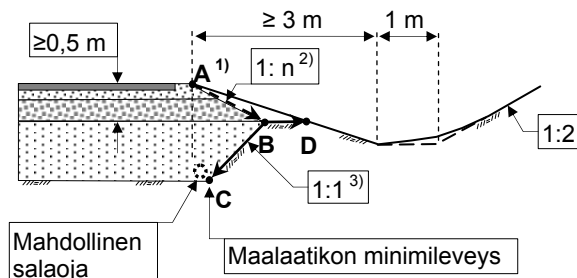
Rakenteen kestävyys ja stabiiliteetti kannalta käytetään uusilla teillä kuvien 4 ja 5 mukaisia rakennekerrosten luiskan kaltevuuksia. Maaleikkauksen ulkoluiskan kaltevuus on normaalisti 1:2. Eroosiovaara tai luiskan vakavuus voi vaatia loivemman luiskan. Kinostavilla peltoaukeilla luiskan loiventaminen vähentää kinostumista.

Kun ohituskaistatiellä varaudutaan leventämiseen ja keskikaiteen rakentamiseen tekemällä sisäluiskan yläosa kaltevuuteen 1:8, rakennekerrokset suunnitellaan lopputilanteen mukaan lukuunottamatta päällystettä ja kantavan kerroksen yläosaa (kuvan 5 huomautus 1).



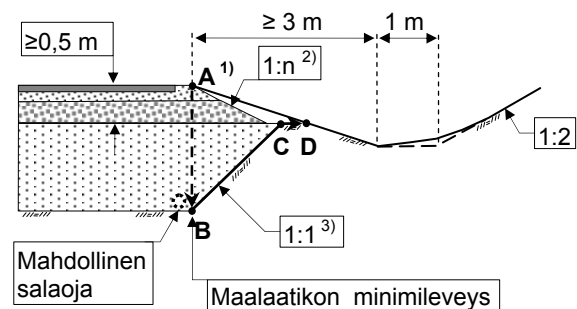
Kuva 4. Tierakenteen luiskakaltevuuksia.

a) MAALAAHIKKO, PORRASTAMATON PÄÄLLYSRAKENNE



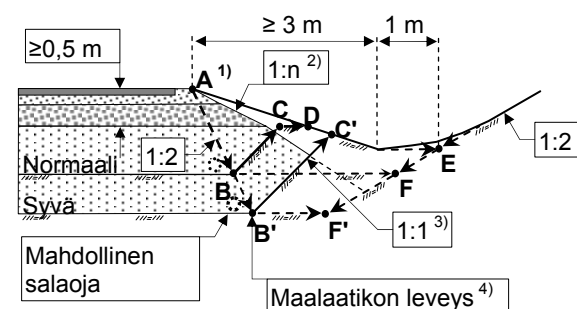
Kapein sallittu maalaatikon leveys määräytyy pisteiden A, B ja C mukaan. Lähtöpisteestä A edetään nuolien mukaan pisteeseen C. Piste B sijaitsee vähintään 0,5 m syvyydessä tien pinnasta päällysrakenteen luiskassa (1:n) tai jos luiskalla on porrastettu ko. syvyydellä olevan rakennekerroksen luiskassa ²⁾.

b) SYVÄ MAALAAHIKKO (POHJOIS-SUOMI TAI ESIMERKIKSI LOUHETÄYTTÖ) PORRASTAMATON PÄÄLLYSRAKENNE



Kapein sallittu syvän maalaatikon leveys määräytyy pisteiden A, B ja C mukaan. Piste B sijaitsee pystysuoraan tieluiskan taitepisteeseen A alapuolella. Kuvien a ja b tapauksista valitaan suuremman leveyden antava vaihtoehto.

c) MAALAAHIKKO, JOS VARAUDUTAAN TIEN LEVENNYKSEEN

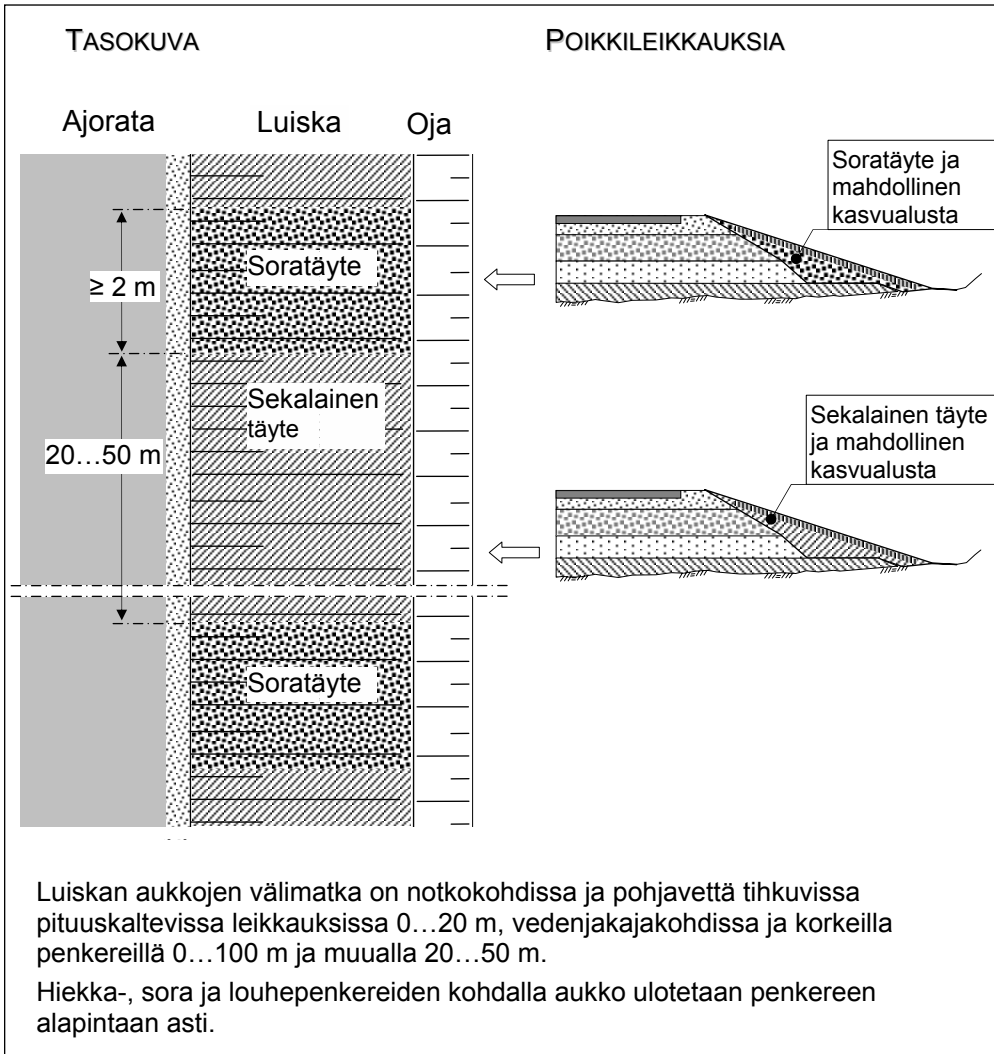


Jos varaudutaan tien myöhempään leventämiseen maalaatikko tehdään normaalia leveämpänä. Leveys määräytyy pisteiden A, B ja C (tai A, B' ja C') mukaan kuvan nuolia seuraten ⁴⁾.

- 1) Piste A on luiskan ja tienpinnan taitepiste tai 0,5 m siitä ulompana, jos luiskan yläosassa käytetään loivaa luiskaa (esim. 1 m leveä 1:8 luiskataite).
- 2) Sisäluiskan ja päällysrakenneluiskien kaltevuudet ja mahdollinen porrastus on esitetty kuvassa 4
- 3) Maalaatikkokaivannon luiskat kaivetaan kaltevuuteen 1:1 tai loivemmiksi.
- 4) Urakoitsija voi työteknisistä syistä valita myös maalaatikon, jonka leveys määräytyy kuvan c) pisteiden E ja F (F') mukaan. Maalaatikko ei kuitenkaan saa olla kuvissa a), b) ja c) esitettyä kapeampi.

Kuva 5. Maalaatikon luiskakaltevuksia ja leveyksiä.

Jos karkean pengertäytteen ja/tai päällysrakenteen luiskatäytteenä käytetään yli 30 % hienoainesta sisältävää (luokan H4 tai S4, tai Si, SiMr tai Sa) materiaalia, luiskatäyte on katkaistava kuvan 6 mukaisesti ja aukkoon tehdään vettä läpäisevä täyte sorasta tai murskeesta. Vaihtoehtoisesti rakenne kuivatetaan salaojilla, josta on purkuaukko riittävän tiheästi. Salaoja on ainoa vaihtoehto, kun rakennekerrokset ulottuvat avo-ojan pohjan alapuolelle.



Kuva 6. Vettä läpäisevät aukot huonosti läpäisevässä luiskatäytteessä.

2.5.2 Kerrosten toimintaa koskevia vaatimuksia

Sidottujen kerrosten on liimaannuttava toisiinsa. Niiden ja sitomattoman alustan välillä on oltava kitkaa, sillä yleisesti käytettävät mitoitusteoriat edellyttävät tätä.

Vedenläpäisevyyden pitäisi normaalisti parantua tien pinnasta alaspäin mentäessä, eikä rakenteeseen saa jättää ylempiä kerroksia selvästi vesitiiviimpää kerrosta alle 0,7 m etäisyydelle tien pinnasta. Jos vesitiiviin päällyste- tai stabilointikerroksen päälle tehdään vähemmän vesitiivis päällyste, vesi ker-

tyy vesitiiviin kerroksen pintaan ja voi jäätyessään irrottaa ylemmän päällysteen. Esimerkiksi vanhan päällysteen päälle tehty ohut (n. 0,3 m) murskekerros voi kerätä vettä ja menettää kantavuutensa, jolloin uusi päällyste hajoaa nopeasti. Vedenläpäisevyysheitoa ei noudateta pohjamaan suhteen, vaan pohjamaa saa olla huomattavastikin vesitiiviimpi kuin alin sidottu kerros, kun sen etäisyys tien pinnasta on riittävä.

Rakennekerrokset eivät saa olla routivia. Routivuus määritetään työselityksessä TYLT Yleiset perusteet esitetyllä tavalla. Liian hienoainespitoinen kantava kerros deformatuu helposti märkänä, erityisesti jos se kerää vettä jo jäätyessään. Kohdan 3 mitoitusperiaatteet eivät ota deformaatiota huomioon. Tarkemmat hienoainespitoisuusrajat on esitetty TYLT:ssä.

Stabiloitu rakennekerros ei saa muuttua selvästi routivaksi rapautuessaan. Jos tiedetään, että halkeamista valuva suolavesi tai toistuvat sulamis-jäätymissyklit purkavat rakeiden väliset sidokset, on varmistettava, että lopputuloksena ei synny selvästi routivaa materiaalia rakenteen ylimpiin kerroksiin.

Rakennekerrokset eivät saa sekoittua haitallisesti pohjamaan kanssa tai keskenään. Pohjamaan ja jakavan kerroksen rakeisuuksista riippuen jakavan kerroksen alle tarvitaan suodatinkerros tai suodatinkangas. Jos jakavan kerroksen kiviaineksessa on alle 2 mm seulan läpäisevää ainesta

- yli 50 % suodatin tarvitaan uG luokan alusrakenteella
- 25...50 % suodatin tarvitaan uG, uH ja uI luokan alusrakenteella
- 15...25 % suodatin tarvitaan uF, uG, uH ja uI luokan alusrakenteella
- alle 15 % suodatin tarvitaan uE, uF, uG, uH ja uI luokan alusrakenteella

Rakentamisvaiheessa suodattimen tarpeellisuus saattaa ilmetä muulloinkin, jos alusrakenteen kelpoisuusluokka on S4, H4 tai hienempi. Esimerkiksi, jos alusrakenne on märkä ja häiriintynyt. Tarvittaessa rakennekerrosten väliin asennetaan suodatinkangas. Täydentävät vaatimukset on esitetty TYLT:ssä.

2.6 Rakennetyyppikohtaisia vaatimuksia

2.6.1 Hydraulisen stabiloinnin sisältävä rakenne

Tällaisia stabilointeja ovat sementtistabilointi, ja muut yli 1,3 % sementtiä tai kalkkia sisältävät materiaalit, jotka eivät kestä suolavettä tai jotka ovat niin vesitiiviitä, että päällysteen ja stabiloinnin väliin voi kertyä jäälinsejä.

Suolattavilla teillä tällaisen stabiloinnin päälle tehdään taulukoiden 3 - 9 mukaiset päällystekerrokset, joista vähintään yksi on vähintään 40 mm paksuinen päällyste, jonka tyhjätilan keskiarvo on enintään 3 %, ja lajittuneissakin kohdissa enintään 4 % (maatutkalla ja Asfalttinormien mukaisilla menetelmillä mitattuna). Päällysteen kokonaispaksuus on kohdan 3.2 mukainen.

Sementtistabiloinnin alustan laskennallisen kantavuuden pitää olla vähintään 70 MPa. Stabiloinnin vähimmäispaksuus on asemasekoituksessa 120 mm ja tiesekoituksessa 150 mm, kuitenkin vähintään kaksi kertaa suurin raekoko.

2.6.2 Betonikivirakenne

Kuormitusluokan ylittäessä 2,0 betonikiven vähimmäispaksuus on 100 mm. Tällöin betonikivi ja 30...40 mm asennushiekkakerros korvaa 130 mm kohdan 3 mukaisista päällystekerroksista. Jos vaadittu päällysteiden kokonaispaksuus on suurempi, asennushiekan alle tehdään vähintään 40 mm kerros ABK:ta.

Kuormitusluokassa 2,0 ja sitä alemmissa luokissa 80 mm betonikivi ja 30...40 mm asennushiekkakerros korvaa kohdan 3 mukaiset enintään 100 mm päällystekerrokset.

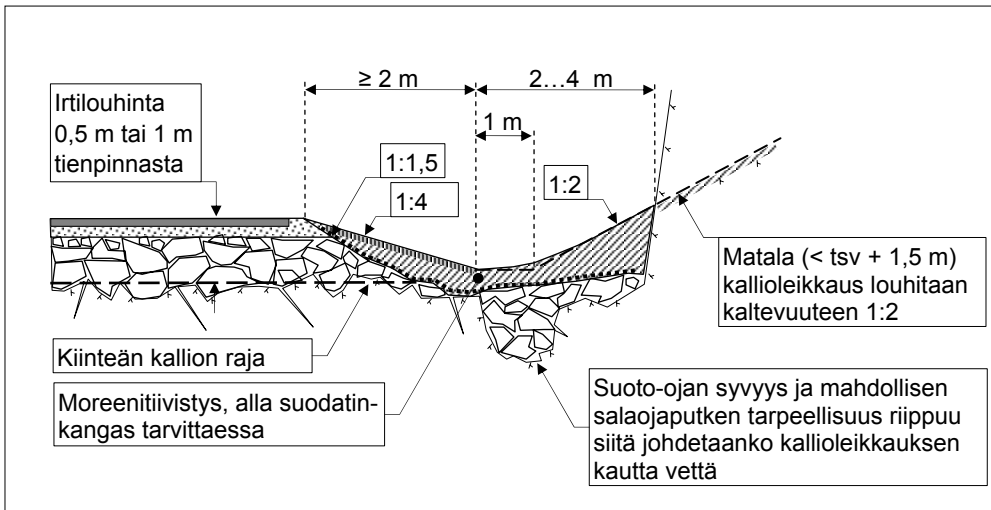
2.6.3 Louherakenne ja irtilouhinta

Laskennallinen irtilouhintasyvyys on kohdan 3.4 vaatimusluokissa V1...3 ja R1...3 vähintään 1 m ja muissa luokissa vähintään 0,5 m tien pinnasta (kts. kuva 7 ja kohta 3.5.7 poikittaisista siirtymäkiiloista).

Louhekerroksen paksuus on vähintään kaksi kertaa louheen suurin lohkarokko.

Louherakenteen päällä olevan sitomattoman kerroksen paksuus on vähintään 0,25 kertaa louheen suurin lohkarokko.

Sivuojan pohjan ollessa louheen alapintaa ylempänä, on estettävä luiskatäyteen tai lietteen valuminen louheeseen suodatinkankaalla.



Kuva 7. Kallion irtilouhinta.

2.6.4 Lievästi routiva jakava kerros

Jakavan kerroksen ohjealueeseen kuuluvaa, mutta hienoainespitoisempaa, välivarastoitua tai murskattua moreenia voidaan käyttää jakavassa kerroksessa, kun kuormitusluokka on enintään 2,0. Välivarastoinnin tarkoituksena on tasalaatuistaa moreeni. Jakavassa kerroksessa moreenin tai moreenimurskeen hienoainespitoisuus (alle 0,063 mm) on enintään 15 %, mutta muuten ohjealue on sama kuin jakavalla kerroksella. Veden kapillaarinen nousu pohjamaasta estetään eristyshiekkakerroksella, jonka paksuus on vähintään 200 mm. Veden nousu sivuojista moreenimurskeeseen estetään hyvällä vietolla ja riittävällä ojasyvyydellä.

2.6.5 Lievästi routiva pengerr tai pohjamaan yläosa

Kun moreenia käytetään pengertäytteenä, moreenin alla ei tarvita eristyskerrosta, jos moreenikerroksen alareuna sijoittuu siirtymäkiilasyvyyden alapuolelle. Tällöin moreenin ei tarvitse olla välivarastoitua.

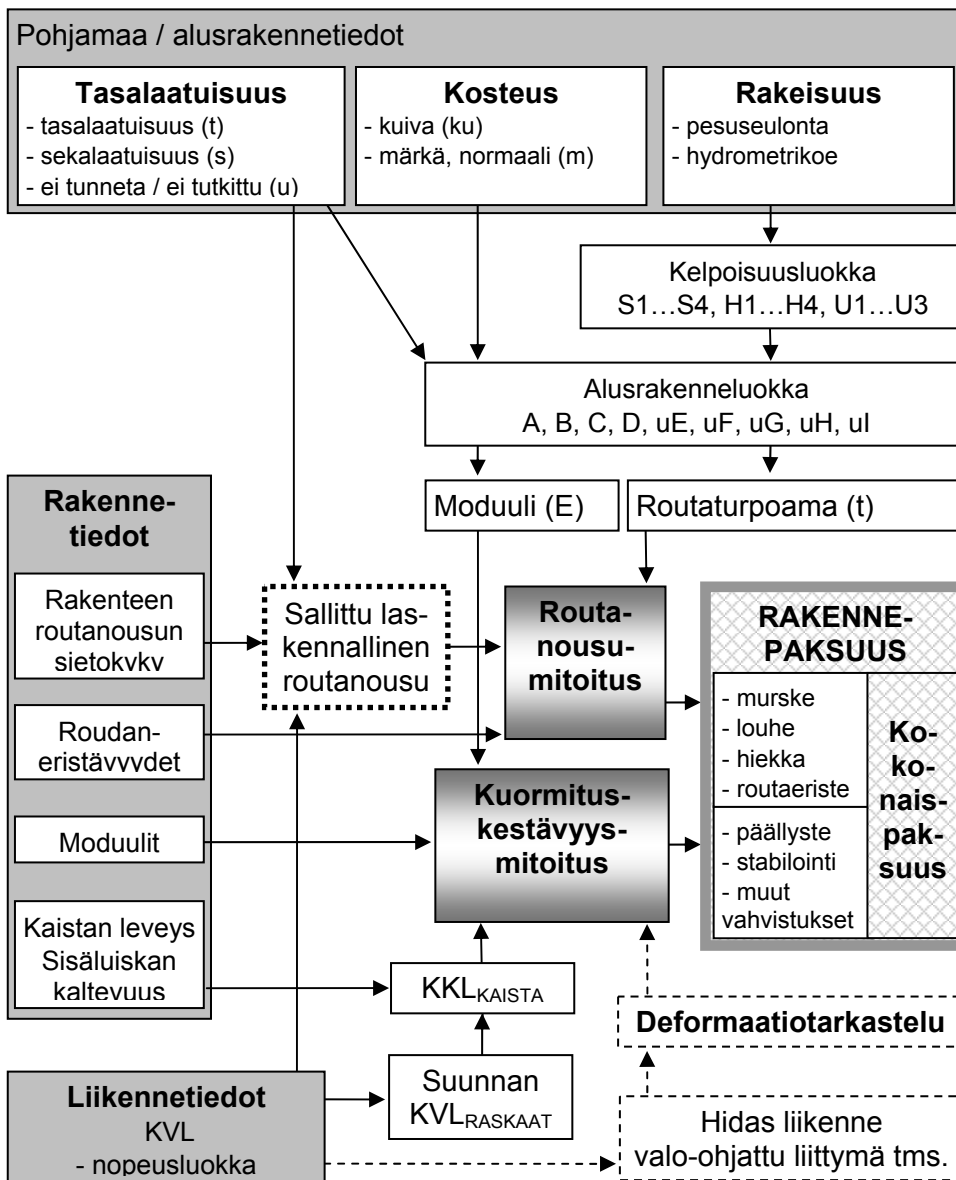
Jos pohjamaan yläosa korvataan moreenilla, voidaan käyttää samaa kaavaa. Veden kertyminen moreeniin on estettävä eristyskerroksella ja salaojituksella, mutta silti ei voida käyttää kohdan 3.3 kuivan tilanteen parametrioita.

Routivia pengerr- tai rakennemateriaaleja käsittävän rakenteen routanousu lasketaan kohdan 3.4 mukaisesti.

3 PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUS

3.1 Mitoituksen osatekijät

Tien päällysrakenne suunnitellaan ja mitoitetaan kestävästi liikennekuormituksesta, roudasta ja sääolosuhteista aiheutuvat rasitukset. Päällysrakennemitoitukseen liittyy läheisesti myös kuivatuksen suunnittelu, sillä osa päällysrakennemateriaalien mitoitusparametreistä on kosteustilasta riippuvia.



Kuva 8. Alusrakenteesta, tierakenteesta ja liikenteestä tarvittavat lähtötiedot sekä niiden käyttö tien päällysrakenteen kuormituskestävyys- ja routamitoituksessa. Hitaasti ajettaville kaistoille tehdään tarvittaessa lisäksi deformaatiotarkastelu.

Päällysrakenteen suunnittelu käsittää seuraavat osatehtävät: 1) kuormituskestävyyssmitoitus, 2) routamitoitus laskennalliseen routanousuun perustuen, 3) pohjamaan ja sitomattomien kerrosten deformatumisen hallinta, 4) sidottujen kerrosten deformatumisen hallinta, 5) päällysteen nastarengaskulutuksen hallinta ja 6) päällysteen pakkaskutistumisen hallinta. Tässä ohjeessa käsitellään kahta ensin mainittua kohtaa sekä niihin liittyviä menettelytapoja, vaatimuksia ja lähtöarvoja (kuva 8).

3.2 Kuormituskestävyyssmitoitus

3.2.1 Kuormituskertaluku

Liikenteen aiheuttamaa rasitusta kuvataan kuormituskertaluvulla (KKL) eli standardiakselin ylityskertojen lukumäärällä. Tässä ohjeessa kuormituskertaluku (KKL_{KAISTA}) lasketaan kaistakohtaisesti. Kuormituskertaluku lasketaan 20 vuoden ajalta, vaikka päällyste kestää todellisuudessa lyhyemmän ja muu rakenne pidemmän ajan (pääteillä 50...100 vuotta).

Kaistakohtaisen kuormituskertaluvun laskemisessa käytetään seuraavia lähtötietoja, jotka ovat voimassa 10 vuoden kuluttua tien avaamisesta:

- tarkasteltavan tien keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL, ajon./vrk).
- ajoneuvoyhdistelmien määrä vuorokaudessa (KA_{YHD})
- muiden raskaiden ajoneuvojen määrä vuorokaudessa (KA_{MUU})
- täysien ajoneuvoyhdistelmien määrä vuorokaudessa (KA_{YHD.TÄYSI})
- tyhjien ajoneuvoyhdistelmien määrästä vuorokaudessa (KA_{YHD.TYHJÄ})
- tien leveyskerroin (L), joka saadaan taulukosta 1.

Ajoneuvoekvivalentit (vastaavuudet) on laskettu vuodelle 2009 ennustettujen ajoneuvopainojen mukaan.

Kaistan leveyskertoimissa on otettu uutena tekijänä huomioon myös tien sisäluiskan kaltevuus.

Taulukko 1. Kaistan leveyskertoimen (L) riippuvuus kaistan leveydestä ja tien sisäluiskan kaltevuudesta.

Kaistan ja viereisen pientareen yhteisleveys ^{1), 2)}	Tien sisäluiskan kaltevuus ³⁾	Leveyskerroin L
2,5 ... 3,49 m	1 : 2 ... 1 : 2,5	2,8
2,5 ... 3,49 m	1 : 3 ... 1 : 4	2,0
3,5 ... 5 m	1 : 3 ... 1 : 4	1,4
yli 5 m		1

1) Rampeilla otetaan huomioon leveämpi piennar.

2) Jos kaistan kummallakin puolella on ajokaista, sovelletaan taulukon alinta riviä.

3) Kaiteellinen poikkileikkaus, jossa on kaidelevennys ja luiskakaltevuus 1 : 1,5 vastaa luiskakaltevuutta 1:3 (L ≤ 1,4).

Kaksikaistaiset tiet

Kaistakohtainen kuormituskertaluku (KKL_{KAISTA}) voidaan laskea kolmella eri tavalla käytettävissä olevista lähtötiedoista riippuen:

Tapa A: Kun KVL on suurempi kuin 600 ajon/d ja käytettävissä on luotettava liikennelaskentatulokse ja -ennuste, saadaan KKL_{KAISTA} kyseisen suunnan ajoneuvomääristä kaavalla:

$$KKL_{KAISTA} = L \cdot (2,9 \cdot KA_{YHD} + 0,8 \cdot KA_{MUU}) \cdot 7300 \quad (1)$$

Tapa B: Jos tarkkaa ja luotettavaa liikennelaskentatietoa ei ole käytettävissä tai jos tien KVL on pienempi 600 ajon./d, käytetään tieluokkakohtaisia kaavoja. Tällöin KKL_{KAISTA} saadaan kaavoista:

$$KKL_{KAISTA} = 0,20 \cdot L \cdot KVL_{SUUNTA} \cdot 7300 \quad \text{valta- ja kantatiet} \quad (2)$$

$$KKL_{KAISTA} = 0,12 \cdot L \cdot KVL_{SUUNTA} \cdot 7300 \quad \text{seututiet} \quad (3)$$

$$KKL_{KAISTA} = 0,09 \cdot L \cdot KVL_{SUUNTA} \cdot 7300 \quad \text{yhdystiet} \quad (4)$$

$$KKL_{KAISTA} = 0,14 \cdot L \cdot KVL_{SUUNTA} \cdot 7300 \quad \text{seutu- ja yhdystiet, kun raskaista ajoneuvoista on 20...25 % täysin kuormattuja} \quad (5)$$

Tapa C: Kun vähäliikenteisellä tiellä on selvä raaka-ainelähde tai -kohde eli kun kuljetukset tehdään vain toiseen suuntaan täydellä kuormalla ja vain toinen kaista kuormittuu, lasketaan KKL_{KAISTA} kyseisen suunnan ajoneuvomääristä kaavalla:

$$KKL_{KAISTA} = L \cdot (4,6 \cdot KA_{YHD.TÄYSI} + 1,9 \cdot KA_{YHD.TYHJÄ} + 0,8 \cdot KA_{MUU}) \cdot 7300 \quad (6)$$

Yleensä ajolinjoista syntyy tielle neljä pyöräuraa. Jos kapealle tielle syntyy vain kolme uraa, niin keskiuran otaksutaan käyttäytyvän (urautuvan ja painuvan) samalla tavalla kuin reunaurat. Leveyskerroin on siis sama riippumatta siitä onko pyöräuria kolme tai neljä.

Kaksikaistaisen tien alle 2,5 m leveät pientareet mitoitetaan kuten viereinen ajokaista.

Useampi kuin kaksikaistaiset tiet

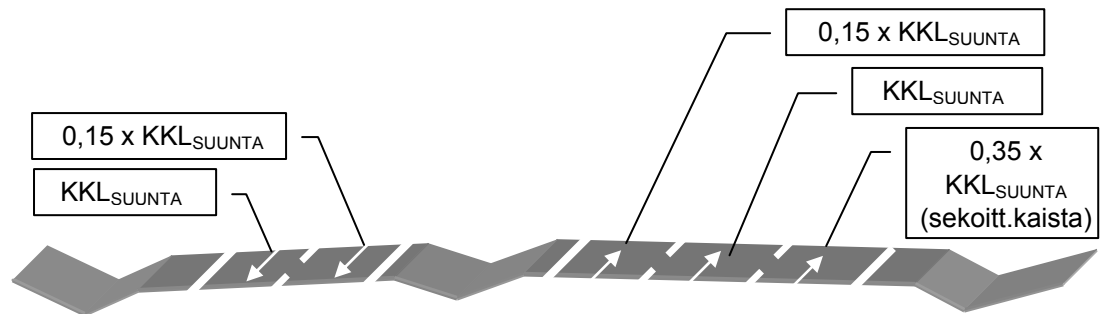
Kun samaan suuntaan on käytettävissä enemmän kuin yksi kaista, sovelletaan kaistakohtaisen kuormituskertaluvun laskemisessa taulukkoa 2 ja kuvaa 9. Pääkaistan mitoitus ulottuu vähintään 0,25 m viereiselle pientareelle tai ajokaistalle.

Useampikaistaisen tien pientareet mitoitetaan kuten viereinen ajokaista, poikkeuksena on vähintään 2,25 m leveät pientareet. Niiden kuormituskestävyysmitoitus tehdään 0,15 -kertaista pääkaistan kuormituskertalukua käyttäen.

Alennettu, 0,35 -kertainen kuormituskertaluku vastaa yhtä luokkaa alemmaa kuormitusluokkaa kuin pääkaistalla ja 0,15 -kertainen kahta luokkaa alemmaa kuormitusluokkaa.

Taulukko 2. Kaistakohtaiset kuormituskertaluvut suhteessa ko. suunnan kuormituskertalukuun (KKL_{SUUNTA}). Leveyskerrointa L sovelletaan kuhunkin kaistaan erikseen.

Reunimmainen kääntyvä kaista tai yli 2 m piennar	Sekoittumiskaista	Pääkaista eli reunimmainen jatkuva kaista	Toinen jatkuva kaista	Kolmas jatkuva kaista	Vähintään 2,25 m leveä piennar
0,15 x KKL_{SUUNTA}	0,35 x KKL_{SUUNTA}	1,00 x KKL_{SUUNTA}	0,15 x KKL_{SUUNTA}	0,15 x KKL_{SUUNTA}	0,15 x KKL_{SUUNTA}



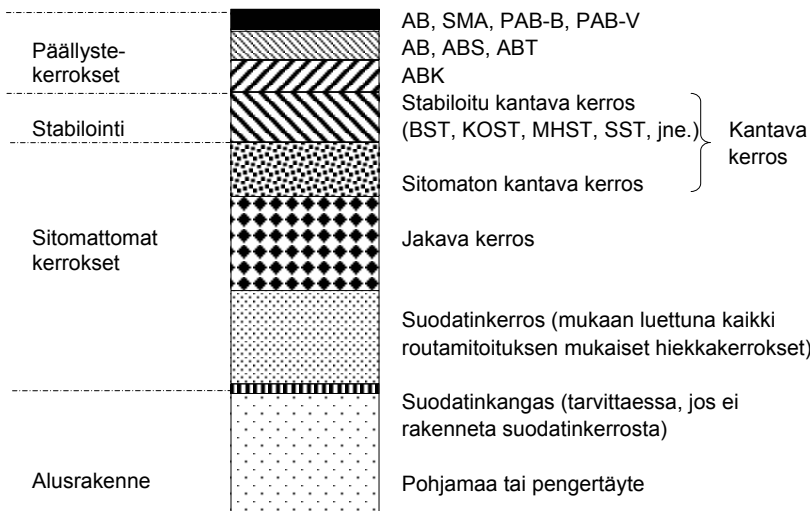
Kuva 9. Esimerkki: Kaistakohtaiset kuormituskertaluvut jatkuville kaistoille useampikaistaisilla teillä.

3.2.2 Kuormitusluokat, tavoitekantavuudet ja vaiheittainrakentaminen

Tien päällysrakenteeseen kuuluu useita eri kerroksia, joilla on oma tehtävänsä. Rakenne suunnitellaan ja mitoitetaan tapauskohtaisesti materiaalien ja alusrakenteen ladun mukaan. Ylimmät kerrokset voidaan usein rakentaa myös vaiheittain.

Taulukoissa 3 - 9 AB-rakenteiden päällysteiden kokonaispaksuus käsittää SMA- AB-, ABS-, ABT- ja ABK-kerrokset sekä näiden asemasekoitteiset muunnemat, joissa on bitumia vähintään 3,8 % (kts. myös kuva 10).

Taulukoiden 3 - 5 PAB-rakenteissa päällysteiden kokonaispaksuus käsittää PAB-V ja PAB-B-kerrokset, joissa on bitumia vähintään 3,1 %.



Kuva 10. Tien päällysrakennekerrosten nimitykset. Kaikkia kuvan kerroksia ei yleensä ole samassa rakenteessa.

Kuormitusluokat ja niitä vastaavat tavoitekantavuudet kantavuusmitoitusta varten valitaan päällystetyypin ja kuormituskertaluvun avulla. Tavoitekantavuus riippuu myös kantavan kerroksen laadusta (mm. stabilointitavasta).

Jäljempänä esitettävissä taulukoissa 3...9 varsinaisia vaatimuksia ovat:

- tavoitekantavuus päällysteen päältä
- päällysteen paksuus ja
- vaiheittainrakentamisaika

Kun päällystekerrosten yhteispaksuus on vähintään 120 mm **päällysteet voidaan rakentaa vaiheittain** jopa kolmessa vaiheessa. Vaihtoehtoja on 4:

- Kaikki päällystekerrokset rakennetaan heti.
- Lähes kaikki päällystekerrokset heti, viimeinen 40 mm 1 tai 2 vuoden kuluttua.
- Lähes kaikki päällystekerrokset heti, viimeinen 40 mm 4 vuoden kuluttua.
- Osa päällystekerroksista heti, seuraava 40 mm 1 tai 2 vuoden kuluttua, ja viimeinen 40 mm urautumisen vaatiessa, ylittämättä kuitenkaan taulukoiden 5...9 vaiheittainrakentamisaikoja.

Vaihtoehtoa A käytetään, kun tiellä on reunatuet tai paljon siltoja. Muissa tapauksissa vaiheittain rakentaminen on kokonaistaloudellisesti edullisempää, koska näin voidaan korjata alkuvuosien jälkiviivittymisen aiheuttamia epäta-saisuuksia ja deformaatiouraa sekä kulumisuria. Tällöin saadaan pienemmillä kokonaiskustannuksilla parempi tasaisuus.

Vaiheittainrakentaminen ei lisää väsymisvaurioita, kun taulukoiden 3...9 tavoitekantavuus saavutetaan viimeistään taulukkoon merkittyyn vaiheittainrakentamisaikaan menneessä. Vaiheittainrakentaminen lisää tiemerkitäyttöä. Vaiheittainrakentaminen on tehtävä samalla tavalla vierekkäisillä ajoaistoilla, paitsi että ylempään kuormitusluokkaan kuuluvan kaistan ensimmäisen vaiheen päällyste on paksumpi.

Kun urakan takuu-aika on 5 vuotta,

- vaihtoehdoissa A, B ja D voidaan käyttää seurantaan perustuvaa laatuvaatimusta kesän tasaisuudelle ja uralle viimeisen urakkaan kuuluvan päällysteen osalta, mutta vaihtoehdossa C viimeiselle joudutaan käyttämään laskennallista kulumiskestävyysvaatimusta. Päällysteen käyttöiän ennustaminen edellyttää yleensä vähintään 3 vuoden seurannan.
- vaihtoehdon D viimeinen kerros ei kuulu urakkaan.

Urakoissa, joissa on enintään 5 vuoden takuu-aika ja rakenteen mitoitus kuuluu urakkaan, toimitaan seuraavasti: Tiehallinto

- valitsee kuormitusluokan ja päällysteen perustyyppin
- nimeää osuudet, joissa hidas liikenne otetaan huomioon kohdan 3.2.3 mukaisesti
- valitsee vaiheittainrakentamistavan A...D. Mikäli urakoitsija saa valita ajoituksen, arvonmuutoksissa tulisi ottaa huomioon viimeisen urakkaan kuuluvan päällysteen takuuajan jälkeinen käyttöikä (ei pelkkä urasyvyys tai IRI).
- valitsee, mitkä päällystekerrokset kuuluvat urakkaan ja täsmentää urakassa käytettävän päällysteen kokonaispaksuuden ja tavoitekantavuuden sekä niihin liittyvän vaiheittainrakentamisajan.

Taulukko 3. Kuormitusluokan 0,1 (ent.6) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 0,1 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on alle 0,1 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää alle 150 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kapealla jyrkkäluiskaisella (L-kerroin= 2,8) tai raaka-ainekuljetusten kuormittamalla tiellä alle 100 ajon/d.

KKL-luokka	0,1 SOP	0,1 PAB-V	0,1 PAB-B	0,1 AB
Tavoite päällysteen päältä	115 MPa	130 MPa	165 MPa	170 MPa
Päällysteen paksuus		40 mm	40 mm	40 mm
Tavoite kantavan päältä	115 MPa	115 MPa	145 MPa	145 MPa
Kantavan laatu	M	M	M, MHST, BST	M, MHST, BST

Taulukko 4. Kuormitusluokan 0,4 (ent.5) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 0,4 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on 0,1...0,4 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää 150...600 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kapealla jyrkkäluiskaisella tai raaka-aineiden kuormittamalla tiellä 100...400 ajon/d.

KKL-luokka	0,4 PAB-V	0,4 PAB-B	0,4 AB
Tavoite päällysteen päältä	145 MPa	165 MPa	170 MPa
Päällysteen paksuus	40 mm	40 mm	40 mm
Tavoite kantavan päältä	130 MPa	145 MPa	145 MPa
Kantavan laatu	M, MHST, BST	M, MHST, BST	M, MHST, BST

Taulukko 5. Kuormitusluokan 0,8 (ent. 4) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 0,8 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on 0,4...0,8 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää 600...1300 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kapealla jyrkkäluiskaisella tai raaka-aineiden kuormittamalla tiellä 400...800 ajon/d.

KKL-luokka (Vaiheittainrakent. aika)	0,8 PAB-V	0,8 PAB-B	0,8 AB	0,8 AB
Tavoitekantavuus (0...6v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus			230 MPa 80 mm	
Tavoitekantavuus (0v.) ja päällysteen kokonais- paksuus	145 MPa 40 mm	165 MPa 40 mm	185 MPa 50 mm	390 MPa 80 mm
Tavoite kantavan päältä	130 MPa	145 MPa	145 MPa	280 MPa
Kantavan laatu	M, MHST, BST	M, MHST, BST	M, MHST, BST	SST

Taulukko 6. Kuormitusluokan 2,0 (ent. 3) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 2,0 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on 0,8...2,0 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää 1300...3000 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kapealla jyrkkäluiskaisella tai raaka-aineiden kuormittamalla tiellä 800...2000 ajon/d.

KKL-luokka (Vaiheittainrakentamisaika)	2,0 AB	2,0 AB	2,0 AB
Tavoitekantavuus (0...6v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	265 MPa 90 mm		
Tavoitekantavuus (0 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	200 MPa 50 mm	420 MPa 80 mm	265 MPa 90 mm
Tavoite kantavan päältä	160 MPa	310 MPa	160 MPa
Kantavan laatu	M, MHST, BST	SST	M, MHST, BST

Taulukko 7. Kuormitusluokan 6,0 (ent. 2) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 6,0 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on 2,0...6,0 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää 3000...8000 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kapealla jyrkkäluiskaisella tai raaka-aineiden kuormittamalla tiellä 2000...6000 ajon/d.

KKL-luokka (Vaiheittainrakentamisaika)	6,0 AB	6,0 AB	6,0 AB
Tavoitekantavuus (0...8 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	360 MPa 140 mm	340 ²⁾ MPa 130 mm	
Tavoitekantavuus (0...2 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	285 MPa 100 mm	265 MPa 90 mm	465 MPa 110 mm
Tavoitekantavuus (0 v.) ja päällysteen kokonaispaksuus	215 MPa 60 mm	215 MPa 50 mm	395 MPa 80 mm
Tavoite kantavan päältä	160 MPa	160 MPa	285 MPa
Kantavan laatu	M, MHST	BST	SST

1) Tiehallinto päättää tiekohtaisesti vaiheittainrakentamisaajan (vuosia tien avaamisesta)

2) Edellyttää vaatimusta suurimmalle sallitulle takuuajan (yleensä 3 vuotta) deformaatiouralle. Muuten tavoitekantavuus on sama kuin rakenteella, jonka kantava kerros on sitomatonta mursketta (M).

Taulukko 8. Kuormitusluokan 10,0 (ent. 1) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 10,0 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on 6,0...10,0 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää 8000...14000 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kaksiajorataisella tiellä 12000...20000 ajon/d.

KKL-luokka (Vaiheittainrakentamisaika)	10,0 AB	10,0 AB	10,0 AB
Tavoitekantavuus (0...6 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	420 MPa 170 mm	380 ²⁾ MPa 150 mm	490 MPa 130 mm
Tavoitekantavuus (0...2 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	360 MPa 140 mm	325 MPa 120 mm	
Tavoitekantavuus (0 v.) ja päällysteen kokonaispaksuus	285 MPa 100 mm	270 MPa 90 mm	420 MPa 100 mm
Tavoite kantavan päältä (MPa)	160 MPa	160 MPa	265 MPa
Kantavan laatu	M tai MHST	BST	SST

Taulukko 9. Kuormitusluokan 25,0 tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 25,0 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan KKL_{20vuotta} on 10,0...25,0 milj. akselia, mikä vastaa 1- ajorataisella tiellä yli 14000 ajon/d liikennemäärää molemmat suunnat yhteensä, kaksiajorataisella tiellä yli 20000 ajon/d.

KKL-luokka (Vaiheittainrakentamisaika)	25,0 AB	25,0 AB	25,0 AB
Tavoitekantavuus (0...6 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	475 MPa 200 mm	420 MPa ²⁾ 170 mm	520 MPa 130 mm
Tavoitekantavuus (0...2 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	420 MPa 170 mm	360 MPa 140 mm	
Tavoitekantavuus (0 v.) ja päällysteen kokonaispaksuus	340 MPa 130 mm	285 MPa 100 mm	420 MPa 100 mm
Tavoite kantavan päältä	160 MPa	160 MPa	265 MPa
Kantavan laatu	M, MHST	BST	SST

1) Tiehallinto päättää tiekohtaisesti vaiheittainrakentamisajan (vuosia tien avaamisesta)

2) Edellyttää vaatimusta suurimmalle sallitulle takuuajan (yleensä 3 vuotta) deformaatiouralle. Muuten tavoitekantavuus on sama kuin rakenteella, jonka kantava kerros on sitomatonta mursketta (M).

3.2.3 Valo-ohjatut ja väistämisvelvolliset liittymät

Vähintään kuormitusluokan 6,0 tiellä valo-ohjatuissa ja väistämisvelvollisissa liittymissä 100 m ennen ja 60 m pysähtymisviivan jälkeen, bussikaistoilla ja muissa paikoissa, joissa raskas liikenne pysähtyy tai ajaa hiljaa, deformatuu normaalisti mitoitettu rakenne (kantava kerros, pohjamaa ja päällyste) nopeasti. Näillä osuuksilla taulukoiden 7...9 vaatimat päällystekerrokset kuuluvat Asfalttinormien toiminnallisen suhteituksen deformaatioluokkaan I, ja lisäksi valitaan joku seuraavista deformatiivista vähentävistä tavoista:

- taulukoissa 7...9 annetun päällysteen vähimmäispaksuuden lisäksi tehdään vähintään 80 mm ABK (B35/50 tai B50/70), jolloin sitomattoman kantavan kerroksen paksuutta voidaan pienentää 80 mm
- käytetään vähintään 150 mm MHST kerrosta ja 60 MPa korkeampaa tavoitekantavuutta
- käytetään SST-rakennetta ja sen normaalia tavoitekantavuutta.

Monikerroslaskennassa (APAS) hiljainen ajonopeus otetaan huomioon muulla tavalla.

Edellä kuvattua ehtoa ei tarvita, jos urautumista seurataan päällysteessä vähintään 3 vuotta ja takuuajan arvonmuutokset riittävät korvaamaan mahdollisen urautumisen korjauksen. Tällöin urakoitsija voi itse arvioida keinojen tarpeellisuuden.

3.2.4 Kuormituskestävyyksimitoitus Odemarkin kaavalla

Kuormitusmitoituksen lähtötiedoksi tarvitaan vaadittu päällystetyyppi, tavoitekantavuus, päällystekerrosten vähimmäispaksuus ja pohjamaan tai penkereen kantavuus. Rakennekerrosten moduulit on esitetty julkaisun Tietoa tiensuunnitteluun 71 kulloinkin voimassa olevassa versiossa.

Uusilla teillä alustana on alusrakenne (luonnon pohjamaa tai rakennettu penger). Mitoituksessa käytettävä alusrakenteen kantavuus määritetään kohdan 3.3 mukaisesti.

Kuormitusmitoitus tehdään normaalisti käyttäen Odemarkin mitoituskaavaa (kaava 7) ja sen lisäehtoja 1 ja 2.

Odemarkin mitoituskaavaa käytettäessä sitomattomia kerroksia laskettaessa sopiva kerrospaksuus on normaalisti 200...300 mm ja lisäehtoa 1 käytettäessä 150...200 mm. Tätä paksummat kerrokset jaetaan laskennassa useampaan osaan. Vanhan suunnitteluohjeen (1985) mitoituskäyrästä ehdot on otettu valmiiksi huomioon.

$$E_p = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2 \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}} } \quad (7)$$

jossa:

E_A	on	mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus (MPa)
E_p		mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus (MPa)
E		mitoitettavan kerroksen materiaalin E -moduuli (MPa)
h		mitoitettavan kerroksen paksuus (m)

Lisäehto 1: Sitomattoman kerroksen käyttökelpoinen E-moduuli on enintään $6 \cdot E_A$ ja osittain sidottujen enintään $n \cdot E_A$, missä kerroin n saadaan julkaisusta Tietoa tiensuunnitteluun 71.

Lisäehto 2: Yhteenliimaantuneet, ehjät bitumilla sidotut kerrokset, joiden $E \geq 1500$ MPa, lasketaan yhtenä kerroksena, jonka moduuliksi otetaan osakerrosten moduulien paksuuksilla painotettu keskiarvo. Ehto voi täytyä vain, kun AB-kerrosten bitumipitoisuus on vähintään 3,8 % ja massa on asemasekoitteista. Pelkästään PAB-päällysteitä sisältävissä rakenteissa bitumipitoisuuden pitää olla vähintään 3,1 % ja E-moduulin vähintään 1400 MPa. Samassa rakenteessa olevat PAB- ja AB-kerrokset eivät ole tässä mielessä yhteenliimaantuneita vaan ne lasketaan erillisinä kerroksina.

3.2.5 Kuormituskestävyysmitoitus monikerroslaskennalla

Tiehallinto voi määrätä tiekohtaisesti, että mitoituksessa on käytettävä väsymisteoriaan perustuvaa monikerroslaskentaa, esimerkiksi APAS 3 ohjelmaa. Monikerroslaskentaa koskevat vaatimukset ja mitoitusparametrit on esitetty julkaisun Tietoa tiensuunnitteluun 71 kulloinkin voimassa olevassa versiossa.

Monikerroslaskenta mahdollistaa päällystekerroksen optimaalisemman käytön, kun päällysteiden kokonaispaksuus on suuri, vähintään 120 mm.

Monikerroslaskentaa ei saa käyttää, kun päällysteiden kokonaispaksuus on alle 80 mm.

Monikerroslaskentaa ei saa käyttää, jos urakan takuuajana ei ole käytössä vähintään 5 vuoden urautumisvakuutus ja urasyvyyden enimmäisarvoa (koska monikerroslaskenta "suosii" pehmeitä asfalttobetoneja).

3.3 Alusrakenteen arviointi ja luokittelu

3.3.1 Määritelmiä

Tien alusrakennetta arvioitaessa ja luokiteltaessa käytetään seuraavia maaperäolosuhteita ja maamateriaalien ominaisuuksia kuvaavia määritelmiä.

Kuiva: Penkereet, joiden pengerkorkeus on suurempi kuin mitoitusroudansyvyys S (1,5...2,2 m) eli tien tasausviiva on mitoitusroudansyvyyden verran alkuperäistä maan pintaa ylempänä. Leikkaukset, joissa pohjaveden, orsiveden ja pintaveden pinta (HW) on pysyvästi syvemmällä kuin $S + 0,5$ m (2,0...2,7 m) tien tasausviivasta.

Märkä: Paikat, joita ei edellisten kohtien mukaan voida osoittaa kuiviksi eikä kohde ole poikkeuksellisen märkä eli pohjaveden pinta (HW) on alle $S + 0,5$ m syvyydessä tsv:stä mutta kuitenkin yli 1,2 m syvyydessä.

Veden virtaus sivulta: Paikat, joissa routarajalle kulkeutuu (paineellista) vettä tien sivulta siten, että veden lämpö määrä vaikuttaa roudan syvyyteen ja aiheuttaa epätasaista routimista (esim. jokin kohta ei roudi lainkaan ja viressä voi tapahtua "maanalaisista paantamista"). Tällaiset poikkeuksellisen märät kohdat on aina kuivatettava niin, että olosuhteet vastaavat vähintään tilannetta "märkä".

Sekalaatuinen: Pohjamaa on sekalaatuista (epätasalaatuista), kun mitoitusroudansyvyyden (S) tai louherakenteella syvyyden $S+0,5$ m yläpuolella on:

- a) läpimitaltaan yli 0,5 m lohkaraita routivassa pohjamaassa.
- b) täytettäviä sarkaojia, salaojaputkia, viemäreitä tms.
- c) kallionpinta, jonka sijainti (syvyys) vaihtelee rakenteen alapinnan ja edellä mainitun rajasyvyyden välillä
- d) selvästi muusta pohjamaasta poikkeavia maakerroksia, jotka voivat olla:
 - paremmin vettäjohtavia eli ympäristöään karkeampia kerroksia (tien sivulta tai alta vettä purkavia kerroksia, lähteitä tms.)
 - vettä padottavia eli ympäristöään hienorakeisempia kerroksia
 - routivia (savisia, silttisiä) kerroksia routimattomassa maassa
 - routimattomia (hiekkaisia) kerroksia routivassa maassa

Poikkeuksena kohtaan d) on kerroksellinen savi/siltti, jos ei tierakenne leikkaa kerrostumaa (kerroksellisuus on suhteellisen säännöllistä). Suuri routivuus on otettu huomioon jo kelpoisuusluokan U1 routaturpoamassa (t).

Alittavan tien, erityisesti kevyenliikenteentien olosuhteet on yleensä tulkittava epätasalaatuiseksi kun tie leikkautuu (sukeltaa) kerrokselliseen maahan, koska pohjavesi voi purkautua tierakenteeseen eri paikoista pohjaveden tason vaihtelusta riippuen.

Tasalaatuinen: Muu kuin sekalaatuinen (epätasalaatuinen) eikä veden virtausta sivulta esiinny.

Jäykkä, kiinteä savi: Leikkauslujuus $s_u \geq 40$ kPa vähintään 1 m paksuudella alusrakenteen pinnassa.

Pehmeä savi: Leikkauslujuus $s_u < 40$ kPa

Taulukko 10. Tien pohjamaan ja/tai alusrakenteen kelpoisuusluokat ja mitoitusominaisuudet (t ja E) kelpoisuusluokittain "kuivissa" ja "märissä" olosuhteissa.

Kelpoisuusluokka	Läpäisy-% pesuseulonassa		Routaturpoama t (%)		E -moduuli (MPa)		Informatiivisia tietoja		
	0,063 mm seula	2 mm seula	Kuiva	Märkä	Kuiva	Märkä	Geo- maalaji- luokka	Routivuus	Mahdollinen käyttö- kohde
S1	alle 7	alle 70	0	0	100	100	Sr, srHk (SrMr, srHkMr)	routimaton	jakava kerros
S2 ¹⁾	7 – 15	alle 70	0	3	70	50	SrMr, srHkMr	lievästi routiva	pengerrakenteen käyttö- kohde
S3	16 - 30	alle 70	3	6	50	35	SrMr, srHkMr	routiva	pengerrakenteen käyttö- kohde
S4	31 - 50	alle 70	6	12	35	20	siSrMr sirsHkMr	routiva	pengerrakenteen käyttö- kohde
H1	alle 7	yli 70	0	0	70	70	Hk, (HkMr)	routimaton	suodatinkerroksen käyttö- kohde
H2 ²⁾	7 - 15	yli 70	3	3	50	50	Hk, HkMr	lievästi routiva	suodatinkerroksen käyttö- kohde
H3	16 - 30	yli 70	6	12	35	20	Hk, HkMr	routiva	pengerrakenteen käyttö- kohde
H4	31 - 50	yli 70	6	12	35	20	siHk, siHkMr	routiva	pengerrakenteen käyttö- kohde
U1	yli 50		12	16	20	20	Si, SiMr, kerrall. Sa/Si ³⁾	erittäin routiva	maaston muotoilu, läjitys
U2	yli 50			6 ⁴⁾		35	jäykkä Sa ⁵⁾	routiva	
U3	yli 50			6 ⁴⁾		10	pehmeä Sa ⁵⁾	routiva	
U4				6		10	Lj	routiva	

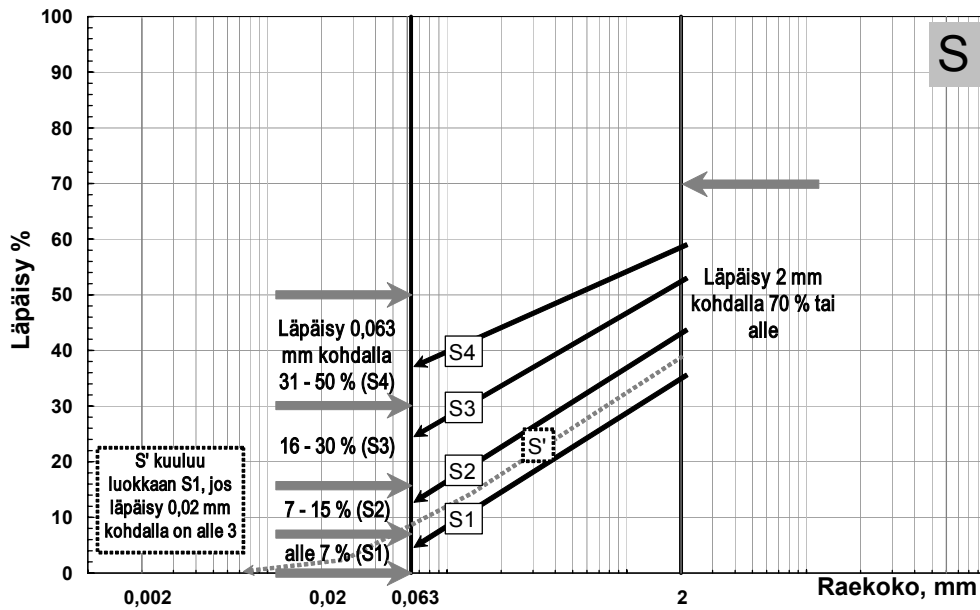
1) Kuuluu luokkaan S1, jos läpäisyprosentti 0,02 mm kohdalla on alle 3.

2) Kelpoisuusluokan H2 hiekka, joka täyttää suodatinkerroksen laatuvaatimukset ja näytteet tutkitaan ohjeen TYLT Kerros- ja pengerrakenteet mukaisesti: E = 70 MPa, t = 0 % (vaikka muuten E olisi pienempi ja t olisi suurempi).

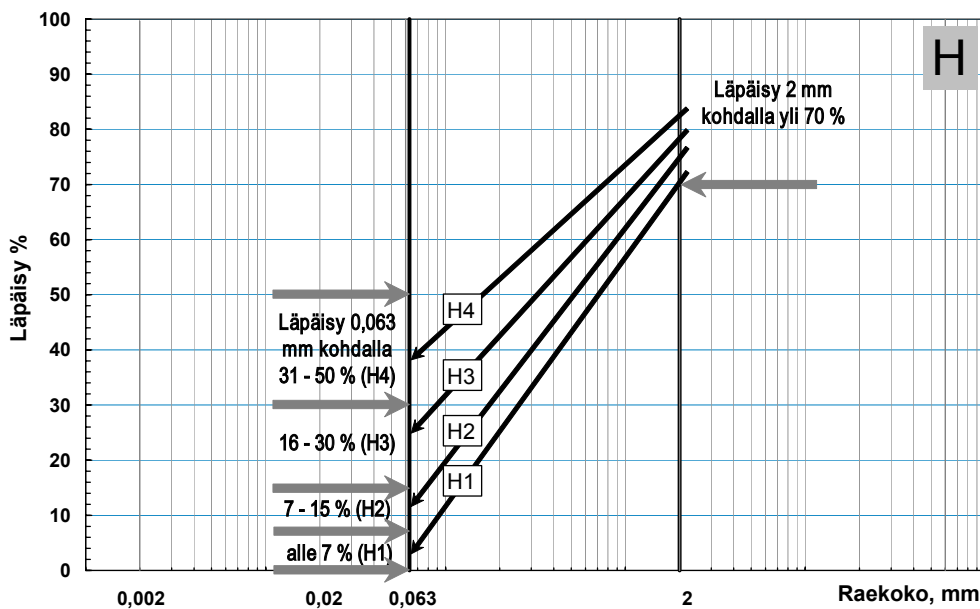
3) Kerrallinen savi/siltti (Sa/Si) on maata, jossa savien joukossa on ainakin paikoin silttikerroksia tai sitäkin karkeampia (vettä johtavia) kerroksia.

4) Savien paikallinen routaturpoama voidaan määrittää myös takaisinlaskennalla lähistön olemassa olevan tien routanousuhavainnoista.

5) Savi (Sa) on jäykkä, kun siipikairalla määritetty leikkauslujuus on vähintään 40 kPa ja pehmeä, kun leikkauslujuus on alle 40 kPa.



Kuva 11. S-maalajien kelpoisuusluokkien määrittäminen (enintään 70 % alle 2 mm rakeita). Läpäisyprosentti 0,063 mm seulan kohdalla määrää kelpoisuusluokan (S1.. S4), joita nuolet havainnollistavat.



Kuva 12. H-maalajien kelpoisuusluokkien määrittäminen (yli 70 % alle 2 mm rakeita). Läpäisyprosentti 0,063 mm seulan kohdalla määrää kelpoisuusluokan (H1 ... H4), joita nuolet havainnollistavat.

3.3.2 Maamateriaalien kelpoisuusluokittelu

Alusrakenteen materiaalin kelpoisuusluokka määräytyy rakeisuuskäyrän perusteella (kuvat 11 ja 12, taulukko 10). Rakeisuus määritetään pesuseulonalla ja tarvittaessa hydrometrikokeella (areometrillä) julkaisun "Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset" osan Yleiset perusteet mukaisesti. Luokittelua tehtäessä huomioon otetaan alusrakenteen ylin 1 metrin kerros, kun humus, multa yms. on poistettu.

Kelpoisuusluokka kuvaa maamateriaalin soveltuvuutta tierakenteeseen tai penkereeseen (kts. taulukon sarake "Mahdollinen käyttökohde") ja kyseisen pohjamaatyypin soveltuvuutta tien alusrakenteeksi.

3.3.3 Tien alusrakenneluokat ja niiden mitoitusparametrit

Maamateriaalit on ryhmitelty kelpoisuusluokan ja olosuhteiden mukaan alusrakenneluokkiin. Samaan luokkaan kuuluville materiaaleille voidaan soveltaa samoja mitoitusparametrejä. Taulukosta 11 saadaan alusrakenneluokan perusteella routaturpoama (t) ja Odemarkin kantavuuskaavassa ja/tai monikerroslaskennassa käytettävä alusrakenteen moduuli (E).

Alusrakenneluokan kirjainlyhenteen edessä oleva pieni u-kirjain tarkoittaa, että alusrakenteen tasalaatuisuutta ei tunneta tai sitä ei ole tutkittu. Kun tasalaatuisuus tunnetaan, korvataan u-kirjain kirjaimella t (tasalaatuinen) tai kirjaimella s (sekalaatuinen).

Merkintää E, F, G, H tai I ei saa käyttää ilman u, s tai t merkintää, koska merkintä voi sekoittua vanhaan kantavuusluokitukseen.

Taulukko 11. Alusrakenneluokat

Luokka	A	B	C	D	uE	uF	uG	uH	uI
Moduuli MPa	280	200	100	70	50	35	10	20	20
t-arvo, %	0	0	0	0	3	6	6	12	16
Maalaji tai kelpoisuusluokka ja märkyys	Louhe	Murske	kuS1 mS1	kuS2 kuH1 mH1	mS2 kuS3 kuH2 mH2	mS3 kuH3-4 kuS4 jäySa staSi staSiMr staSa	pehSa Lj	mS4 mH3-4 kuSi kuSiMr kerrall. kuSa/Si	mSi, mSiMr, kerrall. mSa/Si

Taulukon merkinnät: **ku** = kuiva, **m** = märkä ja normaali, **sta** = stabiloitu
jäy = jäykkä ($s_u \geq 40$ kPa), **peh** = pehmeä ($s_u < 40$ kPa), **kerrall.** = kerrallinen

3.3.4 Pohjamaan tutkimukset suunnittelun ja rakentamisen aikana

Pohjamaan materiaali ja märkyys tulee tutkia tiesuunnitelmavaiheessa kattavasti. Rakennussuunnitelmavaiheessa tarkennetaan maalajien muutoskohdat, syvien leikkauksien pohjamaat, käytettävät pengermateriaalit sekä siirtymäkiilatarpeet.

Päällysrakennemitoitusta varten tarvitaan tieto tai arvio leikkausmassojen laadusta ja niiden sijoittelusta penkereisiin. Massansiirtojen optimointi on tarkoituksenmukaista tehdä yhdessä päällysrakennemitoituksen ja rakenneratkaisujen valinnan kanssa.

Pohjamaan tasalaatuisuus pystytään tutkimaan luotettavasti vain tasaisilta savi- siltti- ja hiekka-alueilta. Tällöinkin leikkaustyön yhteydessä on tarkkailtava pohjamaan laatua ja vaihtelua.

Mäkien ja niiden lievealueiden osalta pohjamaan tutkiminen (mitoitusparametrien takaisinlaskenta) on epävarmaa etenkin syvissä leikkauksissa. Siksi on syytä merkitä epävarmat kohdat luokkaan uE...uI, joka edellyttää epätasalaatuisten olosuhteiden mitoitusta.

Jos suunnitelmaan on jätetty merkintä u (esim. uE syvän leikkauksen kohdalle tai osuudelle, jossa siirrytään tasalaatuiselta sekalaatuiselle pohjamaalle), rakenne toteutetaan luokan s(sekalaatuinen) vaatimusten mukaan tai vaihtoehtoisesti alusrakenteen tasalaatuisuus ja alusrakenneluokka tutkitaan kunnolla rakentamisen yhteydessä. Tämän jälkeen alusrakenneluokan eteen tulee merkintä s tai t. Näistä jälkimmäinen mahdollistaa ohuemman rakenteen käytön.

Rakennusvaiheessa on muutettava suunnitelmaa muissakin tapauksissa, jos alusrakenneluokka tai tasalaatuisuus poikkeaa ilmeisesti suunnitelmasta tai jos pengertäyte vaihtuu toiseksi.

3.4 Routamitoitus ja routanousun rajoittaminen

3.4.1 Pohjamaan käsittely

Pohjamaan kuivattamisella ja käsittelyllä voidaan vaikuttaa tierakenteen mitoituksen lähtöarvoihin esimerkiksi seuraavavilla tavoilla.

Sivukaltevissa kohdissa pohjaveden virtaus sivulta routivaan alusrakenteeseen katkaistaan syväsalaojalla ylärinteen puolella. Salaoja sijoitetaan vähintään mitoitusroudansyvyyteen S asti tien pinnasta mitattuna. Lisäksi järjestetään luotettava purkutie vedelle. Näillä toimenpiteillä alusrakenne saateetaan kosteustilaan "märkä". Tarkempia ohjeita on kuivatusta koskeissa ohjeissa.

Sekalaatuisella (epätasalaatuisella) pohjamaalla noudatetaan taulukon 12 sekalaatuiselle pohjamaalle tarkoitettuja sallittuja laskennallisia routanousuja tai käytetään seuraavia keinoja pohjamaan tasalaatuistamiseksi:

- Lohkareet poistetaan syvyyteen $S + 0,5$ m asti. Routimattoman maan (hiekkä, sora) lohkarat eivät ole haitallisia, jos ne ovat yli 1 m syvyydellä tasausviivasta, jolloin olosuhteita voidaan yleensä pitää tasalaatuisina lohkarista huolimatta.
- Poikkeavat maakerrokset voidaan tasalaatuistaa, poistamalla heikkolaatuisimmat maakerrokset ja sekoittamalla jäljelle jäävät maat tasalaatuiseksi ja tasapaksuksi kerrokseksi, joka lopuksi tiivistetään.
- Avo-ojien kohdat puhdistetaan lietteestä yms. siten, että tasalaatuinen pohjamaa paljastuu. Syntynyt loivaluiskainen kaivanto täytetään pohjamaata vastaavalla maalla ja tiivistetään.
- Korvataan kallion päällä oleva routiva maa routimattomalla syvyyteen $S + 0,5$ m asti.

Tasalaatuistamisen jälkeen noudatetaan tasalaatuiselle pohjamaalle tarkoitettua mitoitusta.

3.4.2 Sallittu laskennallinen routanousu

Tien pinnan routanousulle esitetään laskennallinen vaatimus. Todellisen routanousuun (mittaukseen) perustuvaa laatuvaatimusta ei voida esittää, koska mahdollinen alimitoitus ei aina tulisi näkyviin takuuajan mittauksissa.

Sekalaatuisissa (epätasalaatuisissa) oloissa routanoususta tulee epätasais-ta. Lohkareisella paikalla epätasaisuuksista tulee pysyviä. Tästä syystä se-kalaatuisella pohjamaalla sallitaan pienempi routanousu kuin tasalaatuisel-la.

Tasalaatuisella pohjalla routanousu on tasaista. Suuri routanousu aiheuttaa kuitenkin pituushalkeamia varsinkin kapeilla teillä. Lisäksi suuri routanousu tai sen epätasainen sulaminen aiheuttaa toistuessaan aina lisää pysyvää epätasaisuutta ja halkeamia.

Tien sallittu laskennallinen routanousu (RN_{sall}) riippuu tien luokasta (liiken-määrästä, ajonopeudesta), rakenteen kestävydestä (materiaaleista, vah-vistuksista) ja pohjaolosuhteiden tasalaatuisuudesta taulukon 12 mukaisesti. Louhetta, solumuoviroutaeristeitä tai maabetonia sisältävät rakenteet kestä-vät huonosti routaliikkeitä. Tästä syystä näiden rakenteiden sallittua routa-nousua on pienennetty.

Erityisen selvityksen perustella rakennuttaja voi hyväksyä myös muun routa-nousurajan sellaisille poikkileikkauksille ja rakennetyypeille, joiden routanou-su ja roudan sulaminen on tasaisempaa kuin tavanomaisilla rakenteilla.

Taulukossa 12 laskennalliselle routanousulle annetut raja-arvot tarkoittavat kokonaan valmiin rakenteen routanousua. Jos routanousuvaatimuksen halu-taan täyttyvän jo vaiheittainrakentamisen alussa, on rakenteen alapintaa vie-tävä puuttuvan päällystepaksuuden verran syvemmälle.

Taulukon 12 raja-arvot tarkoittavat kaavalla 8 tai 9 laskettua routanousua. Jos routanousun laskemiseen käytetään (Tiehallinnon luvalla) jotakin toista teoriaa tai kaavaa tai toisia parametreja, on sallitun routanousun raja korjat-tava vastaavasti.

Taulukko 12. Suurin sallittu laskennallinen routanousu RN_{sall} , jota verrataan kaavalla 8 tai 9 saatuun laskennalliseen routanousuun RN_{lask} .

Vaatusluokat V1...K2 ja niitä ku- vaavia tietoja mm. mitoitusnopeus	Suurin sallittu laskennallinen routanousu (RN_{sall})					Siirty- mäki- lan kalte- vuus 1 : k ⁴⁾
	Tasalaatuinen pohjamaa ¹⁾			Sekalaatuinen pohjamaa ¹⁾		
	Ei teräsverkkoa		Teräsv- erkko ³⁾	Ei teräs- verk- koa	Teräs- verkko ³⁾	
	Norm. tapaus	Louhe- rak. ym. ²⁾				
V1, Moottoriväylät (Mo, mol)	30	30	30	0	0	1:40
V2, Päätiät (Vt, Kt) 80 - 100 km/h	70	70	100	10	10	1:30
V3, Seudulliset tiät 80...100 km/h ja KVL > 1000 ajon/vrk	100	70	130	10	10	1:20
V4, Seudulliset tiät 60 km/h tai KVL < 1000 ja paikallisiväylät KVL > 1000 ajon/vrk	130	70	160	30	100	1:15
V5, Paikallisiväylät, KVL 400...1000 ajon/vrk	160	100	ei rajaa	70	130	1:15
R1, Reunatuellinen tai viemäröity, 80 km/h, KVL yli 1000 ajon/vrk	30	30	30	0	0	1:30
R2, Reunatuellinen tai viemäröity, 50...70 km/h, KVL yli 1000 ajon/vrk	70	70	100	0	0	1:30
R3, Reunatuellinen tai viemäröity, alle 50 km/h, KVL alle 1000 ajon/vrk	Paikallisen (kuntakohtaisen) käytännön mukaan					
K1, Kevyenliikenteentie, erillinen, päällystetty	70	70	160	30	130	1:10
K2, Kevyenliikenteentie, korotettu	Kuten ajoradalla					

1) Tasalaatusuus ja sekalaatusuus (epätasalaatusuus) arvioidaan kohdan 3.3 mukaan.
2) Koskee louhetta, solumuovia tai sementtistabilointia (SST) sisältäviä rakenteita.
3) Teräsverkolla tarkoitetaan julkaisun Teiden suunnittelu IV 7 Rakenteen parantaminen (1991) kuvan 72:3 mukaista teräsverkkoa tai pituushalkeamien torjuntaan yhtä tehokkaaksi (pieni venymä) osoitettua verkkoa tai muuta ratkaisua.
4) Hiekkatäytteisen siirtymäkiilan pohjan kaltevuus suhteessa tien tasausviivaan. Muista materiaaleista tehtävän kiilan pituus on sama kuin hiekkakiilan pituus, mukaan luettuna lämpöeristeistä tehtävät kiilat.

3.4.3 Routanousun laskeminen ja mitoitusroudansyvyys

Kokonaan routimattoman tierakenteen laskennallinen routanousu (RN_{lask}) saadaan kaavalla 8. Jos rakenteessa käytetään lievästi routivia materiaaleja, routanousu lasketaan kaavalla 9 (esimerkiksi moreenimurske jakavassa tai lievästi routiva suodatinhiekkä). Kaavassa 9 routiva kerros (alaindeksi r_{va}) esiintyy kahdessa kohdassa, rakennekerroksena ja kerroksen routanousu-termissä kaavan lopussa.

$$RN_{lask} = (S - a_1 \cdot R_1 - a_2 \cdot R_2 \text{ jne.}) \cdot t / 100 \quad (8)$$

$$RN_{lask} = (S - a_1 \cdot R_1 - a_2 \cdot R_2 - a_{rva} \cdot R_{rva} \text{ jne.}) \cdot t / 100 + R_{rva} \cdot t_{rva} / 100 \quad (9)$$

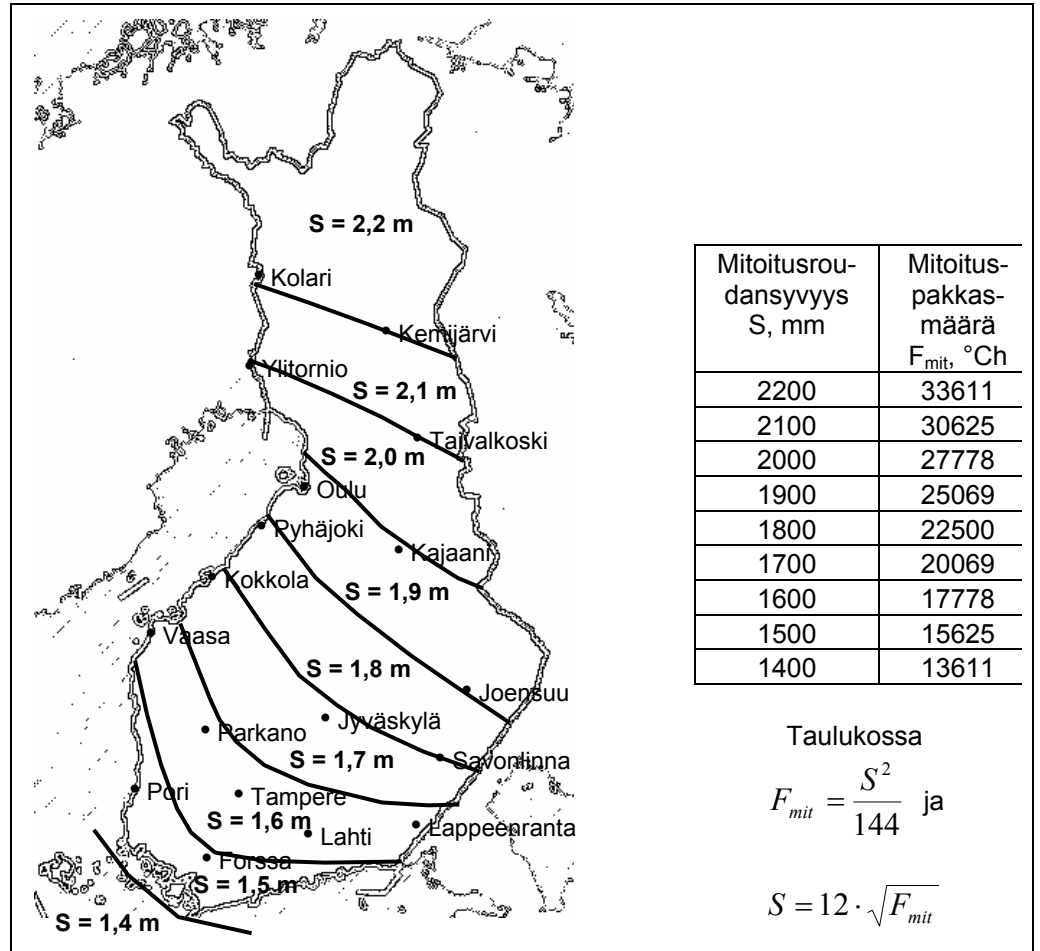
joissa

RN_{lask}	on	laskennallinen routanousu (mm)
S		mitoitusroudansyvyys (mm) kuvasta 13
R_i		routimattoman kerroksen paksuus (mm), i on kerroksen nro
a_i		materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta taulukosta 13
t		alusrakenteen routaturpoama (%) taulukosta 10.
R_{rva}		routivan kerroksen paksuus (mm)
a_{rva}		routivan kerrosmateriaalin vastaavuus eristävyden kannalta (taulukkoa 13 soveltaen, yleensä voidaan otaksua $a_{rva} = 1$)
t_{rva}		routivan kerrosmateriaalin routaturpoama (%) taulukosta 10

Kuvan 13 mitoitusroudansyvyyden (S) ja sitä vastaavan pakkasmäärän (F_{mit}) määrittämisessä on otettu huomioon, että pohjoisessa tiet ovat osan talvea lumipeitteisiä ja että vuotuinen keskilämpötila on pohjoisessa alhaisempi kuin etelässä.

Keskimääräistä kylmempänä, kerran 10 vuodessa toistuvana talvena (pakkasmäärä F_{10}) routa tunkeutuu karkeasti noin 0,5...0,9 m kuvan 13 mitoitusroudansyvyyttä ja kuvan mitoituspakkamäärällä laskettua roudan syvyyttä syvemmälle. Tien todellinen routanousu voi olla suurempi kuin laskennallinen routanousu. Jäätymiseltä suojattavien vesijohtojen yms. asennussyvyys on kuvan arvoja suurempi.

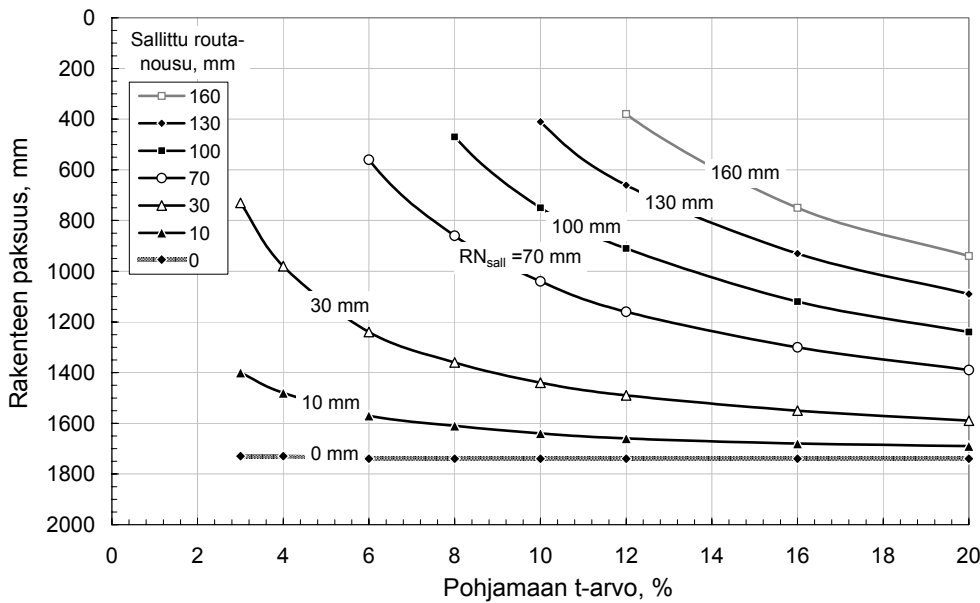
Kuivan maan routaturpoama-arvoja voidaan käyttää kohdan 3.3 ehdoin.



Kuva 13. Mitoitusroudansyvyys (S) ja mitoituspakkasmäärä (F_{mit}), jota käytetään t:n takaisinlaskennassa ja vaihtoehtoisissa mitoitusmenetelmissä.

Taulukko 13. Materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta (a_i).

Kerrosmateriaali	Materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta, a_i
Hiekka	1,0
Bitumilla sidotut	1,0
Sora, murske	0,9
Louhe	0,8
Kuonamurske, kappalekuona	1,6
Kuonahiekka, masuunihiekka	1,7
Kevytora (KS) 0,7 m syvyydessä, kuivatiheys enintään 400 kg/m^3 , KS:n alla 0,15 m kuivatuskerros	4
Suulakepuristettu polystyreeni (XPS) 0,7 m syvyydessä, XPS:n alla 0,15 m kuivatuskerros	20
Paisutettu polystyreeni (EPS) 0,7 m syvyydessä, EPS:n alla 0,15 m kuivatuskerros	15



Kuva 14. Esimerkki sallitun laskennallisen routanousun ja pohjamaan t-arvon vaikutuksesta routamitoitetun päällysrakenteen kokonaispaksuuteen.

3.4.4 Routaturpoaman paikallinen määrittäminen

Syntyvaltaan ja rakeisuudeltaan yhtenäisellä savikolla voidaan saven routaturpoama (t) määrittää takaisinlaskennalla routanousuhavaintoihin ja tien rakennetietoihin perustuen.

Mitoituksessa käytetään takaisinlasketun t -arvon ja taulukkoarvon (taulukko 10) keskiarvoa. Jos käytettävissä on kahden eri talven takaisinlaskettu t -arvo, mitoitusarvo on näiden ja taulukkoarvon painotettu keskiarvo (taulukkoarvon paino on 1/3).

Takaisinlaskentaa varten tarvitaan kyseiselle savikolle rakennettu tie tai kevyen liikenteen väylä, jonka rakenne tunnetaan. Lisäksi vaaditaan, että routanousun mittausajankohtaan mennessä routa on tunkeutunut vähintään mitoitusroudansyvyyteen S (eli pakkasmäärä on vähintään kuvan 13 mukainen F_{mit}) ja vähintään 0,5 m tutkittavaan pohjamaahan.

Routanousu mitataan tien keskeltä vähintään viidessä pisteessä 20 m välein. Mitattava tieosuus valitaan kohdasta, jossa sekä tierakenne että pohjamaa ovat mahdollisimman tasalaatuisia. Routanousuarvona käytetään suurinta mitattua routanousua.

Tien keskilinjalla rakennekerrospaksuudet selvitetään routanousumittauksia vastaavalla välillä esimerkiksi maatutkalla ja luotettavilla vertailututkimuksilla (koekuoppa, putkinäytteenotin, autokaira).

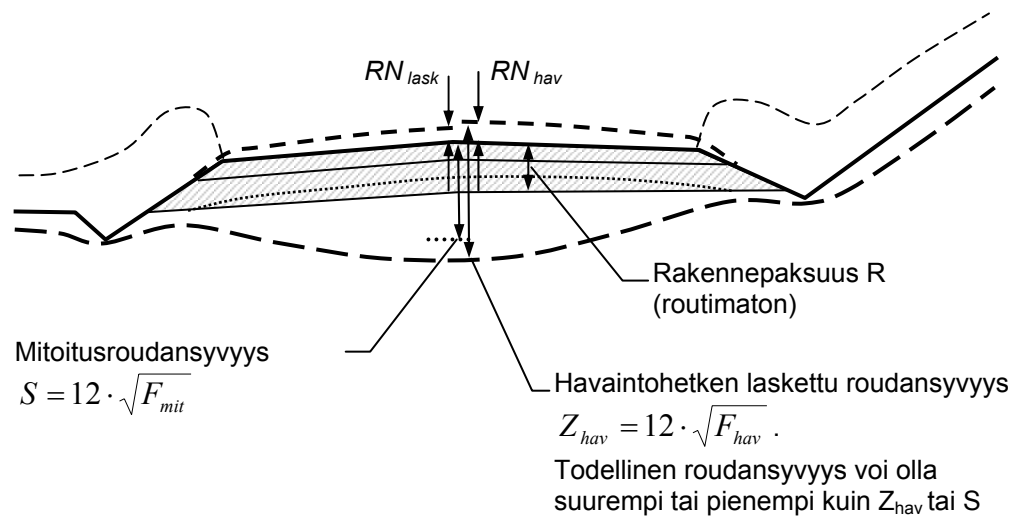
Routavaaitusten kiintopisteen on oltava varmasti routimattomassa paikassa (kallio, iso silta tms.). Routiva (talvella nouseva) kiintopiste, johtaa todellista pienempään routanousuarvoon ja siis liian pieneen t-arvoon.

Takaisinlaskettu t -arvo (%) saadaan kaavasta 10 sijoittamalla siihen havaittu (mitattu) routanousu (RN_{hav}), havaintoajankohdan pakkasmäärä (F_{hav}), kerrosten paksuudet (R_i) ja eristävyyskerroimet (a_i).

$$t = (100 \cdot RN_{hav}) / (12 \cdot \sqrt{F_{hav}} - a_1 \cdot R_1 - a_2 \cdot R_2 \dots jne) \quad (10)$$

Jos tunnetaan vain routimattoman tierakenteen kokonaispaksuus, ei kerrosrakennetta, saadaan routaturpoama t (%) kaavasta 11. Kaavassa R on routimattoman päällysrakenteen paksuus ja a on koko päällysrakenteen keskimääräinen eristävyysvastaavuuskerroin.

$$t = (100 \cdot RN_{hav}) / (12 \cdot \sqrt{F_{hav}} - a \cdot R) \quad (11)$$



Kuva 15. Routaturpoaman takaisinlaskennassa käytetään havaintohetken laskennallista roudansyvyyttä (Z_{hav}) ja havaittua (mitattua) routanousua (RN_{hav}), joka vastaa todellista roudansyvyyttä.

3.5 Siirtymäkiilat

3.5.1 Yleistä

Siirtymäkiiloja käytetään paikoissa, joissa alusrakenne vaihtuu niin, että muutos voi aiheuttaa epätasaisuutta tien pintaan. Siirtymäkiiloilla tasoitetaan tavallisimmin routanousueroja mutta myös pohjamaan painumaeroja ja penkereen (rakenteen) tiivistymiseroja. Tielle asetetuista laatuvaatimuksista (tien luokasta) riippuu, kuinka loiviksi edellä mainitut erot on tasoitettava. Sorateillä eroja voidaan tasata kunnossapidon yhteydessä, eikä siirtymäkiiloja yleensä tarvita.

Siirtymäkiila on useimmiten tien pituussuunnassa. Tien poikkisuuntaisia siirtymärakenteita tarvitaan lähinnä sivukaltevassa maastossa ja kallioleikkauksiin liittyen.

3.5.2 Routanousueroja tasaavan kiilan siirtymäkiilasyvyys

Materiaalikorjattu siirtymäkiilasyvyys S_k saadaan routamitoituskaavalla 8 asettamalla sallittu laskennallinen routanousu (RN_{lask}) nolllaksi. Näin esimerkiksi louhe- tai soratäytteinen kiila on paksumpi kuin hiekkatäytteinen. Rakenteilla, joissa yläosa (paksuus noin 500 mm) on mursketta tai soraa ja alaosa on hiekkaa, S_k on noin 60 mm suurempi kuin kuvasta 13 saatava mitoitusroudansyvyys S . Louherakenteilla S_k on noin 300...500 mm suurempi kuin S . Vaihteluvälin alaraja pätee Etelä-Suomessa ja yläraja Pohjois-Suomessa.

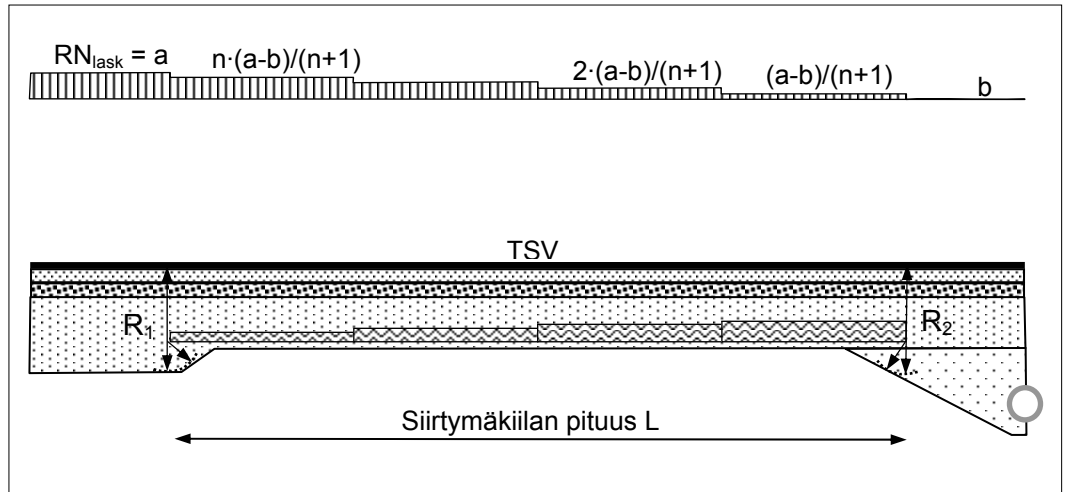
3.5.3 Routanousueroja tasaavan kiilan routaeristyskyky

Myös lämpöeristeestä tehtävän siirtymäkiilan paksuus saadaan kaavalla 8. Eristepaksuus kiilan eri päissä riippuu liittyvien rakenteiden routanoususta ja routanousuerosta. Kiilan paksumman pään sallittu laskennallinen routanousu (RN_{lask}) on eristeen porrastusten lukumäärästä (n) riippuva osuus kiilan liittämiin rakenteiden routanousuerosta ($a - b$) kuvassa 16.

Paksuuden porrastukset valitaan niin, ettei laskennallisten routanousujen ero muutoskohdissa muodostu haitalliseksi. Laskennallinen routanousuero eristeikiilan päässä tai porrastuksen kohdalla saa olla enintään 10...20 mm. Tämä johtaa siihen, että porrastusta ei yleensä voida toteuttaa pelkästään paksuuden muutoksilla. Esimerkiksi 10 mm porrastus XPS-eristeen paksuudessa aiheuttaa yli 20 mm laskennallisen routanousueron, kun routaturpoama on yli 10 %. Tarvittaessa eristeen porrastus tehdään jättämällä eristelevyjen väliin eristämättömiä kohtia (enintään noin 0,3 m leveitä) siten, että kyseisen alueen keskimääräinen eristepaksuus vastaa haluttua porrastusta.

Eristekiilan minimipaksuus ja porrastus määräytyvät osittain myös materiaalipaksuuksien mukaan. Polystyreenilevyjen suositeltava vähimmäispaksuus maarakenteissa on 20 mm. Rajoittava tekijä on levyjen työnaikainen kestävyys ja käsittelykyky. Eristeen alla suositellaan käytettäväksi vähintään 200 mm paksua eristyshiekkakerrosta, joka kuivatetaan.

Routaristetyin alueen leveys valitaan siten, että vähintään kuvan 5 b mukaan määritelty maalaatikkoalue tulee suojatuksi. Käytännössä routaeriste ulotetaan noin 0,3 m luiskan puolelle. Tämän ulkopuolella lumivallin otaksutaan toimivan eristeenä.



Kuva 16. Siirtymäkiila routaeristelevyistä. Kiila yhdistää tierakenteet, joiden sallitut laskennalliset routanousut ovat a ja b (esim. rumpupaikka). Eri paksuisia tai eristävydeltään erilaisia osuuksia on n kpl.

3.5.4 Siirtymäkiilan pohjan kaltevuus ja kiilan pituus

Tien pituussuuntaisen (pääosin) hiekkatäytteisen kiilan pohjan kaltevuus (1:k) suhteessa tien tasausviivaan saadaan taulukosta 12. Kiilan pituus määräytyy tämän kaltevuuden ja tasoitettavan rakennepaksuuseron mukaan. Muusta materiaalista tehtävän kiilan pituus on sama kuin vastaavan hiekkakiilan pituus, mukaan luettuna lämpöeristeistä tehtävät kiilat.

3.5.5 Siirtymäkiilojen kuivatus

Siirtymäkiilaa ei yleensä kuivateta pohjaan asti vaan ojan syvyys määräytyy viereisten tieosuuksien mukaan. Huomattavien vesimäärien virtaaminen kiilaan ja kiilan kautta tierakenteeseen tai kallion irtilouhintaan on kuitenkin estettävä luiskaverhouksilla ja kuivatusjärjestelyillä. Kiilaan kertyvä vesi ei saa toimia routivan pohjamaan vesivarastona etenkin, jos pohjamaa on kerroksellista ja osa kerroksista on vettä johtavia (vettä kulkeutuu siirtymäkiilasta routarajalle muualle tien alle).

Kallioleikkauksien yläpään siirtymäkiilat kuivatetaan aina, tarvittaessa johtamalla vedet kallioleikkauksen läpi (kts. kuva 22).

Routaeristekiilan alle tuleva suodatinhiekkakerros kuivatetaan.

3.5.6 Pituussuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve

Routanousueroja tasaavat kiilat

Yleisimmin siirtymäkiiloja tarvitaan routanousuerojen tasaamiseen routivan ja (lähes) routimattoman alusrakenteen välille. Routimaton "alusrakenne" voi olla myös esimerkiksi siirtymäkiilasyvyyden alapuolelle ulottuva rumpu tai muu routimaton täyttö.

Päällystetyillä teillä tehdään siirtymäkiila kuvien 17...20 mukaisiin alusrakenteen muutoskohtiin. Sorapintaisilla teillä siirtymäkiilaa ei yleensä tarvita.

Siirtymäkiilakuvissa käytetyt merkinnät ovat:

R on routimattoman päällysrakenteen paksuus.

S_k on materiaalikorjattu siirtymäkiilasyvyys, jossa on otettu huomioon siirtymäkiilan täyttömateriaalin vaikutus.

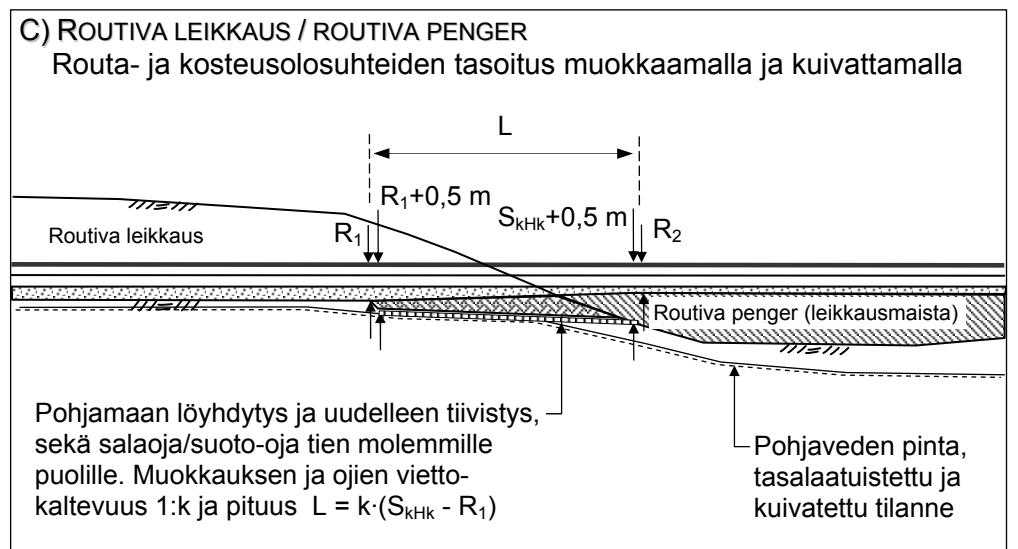
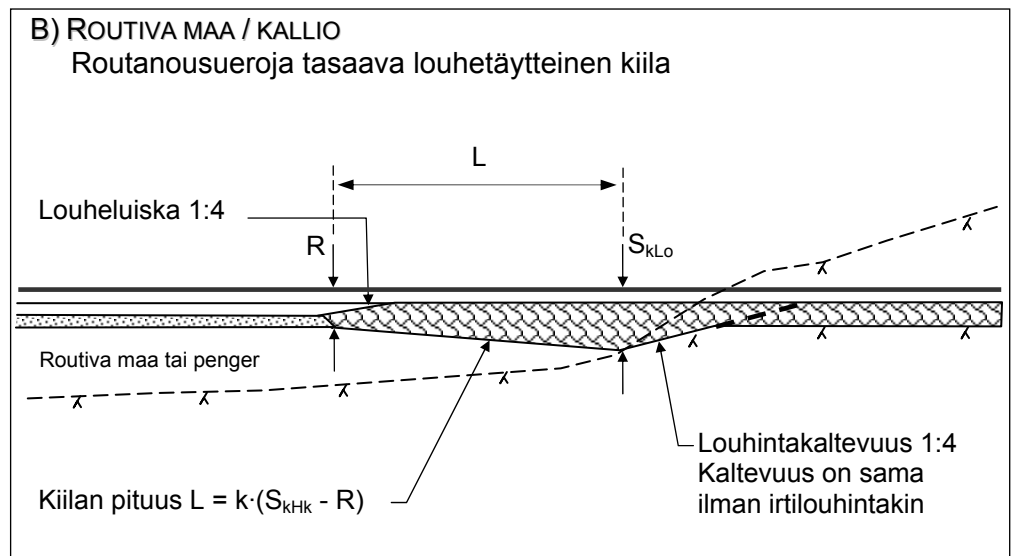
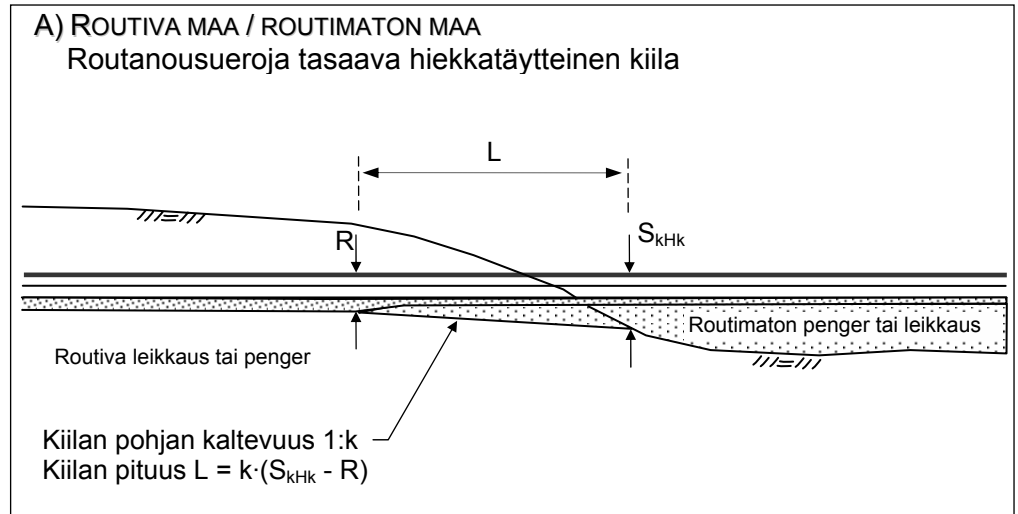
S_{kHk} on hiekkatäytteisen kiilan siirtymäkiilasyvyys. Kiilan täyttömateriaalin lyhenne (Hk) on liitetty alaindeksin loppuun.

S_{kLo} on louhetäytteisen (Lo) kiilan siirtymäkiilasyvyys.

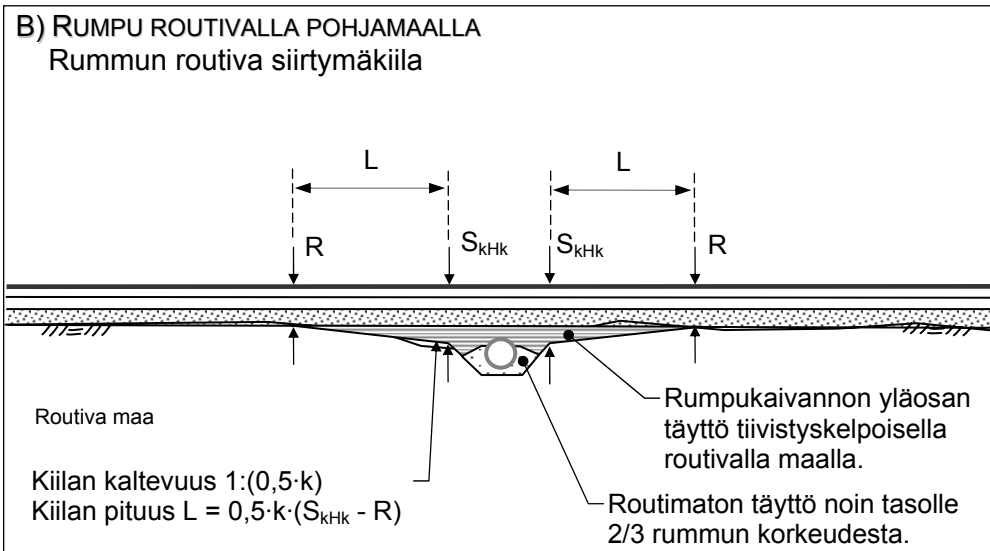
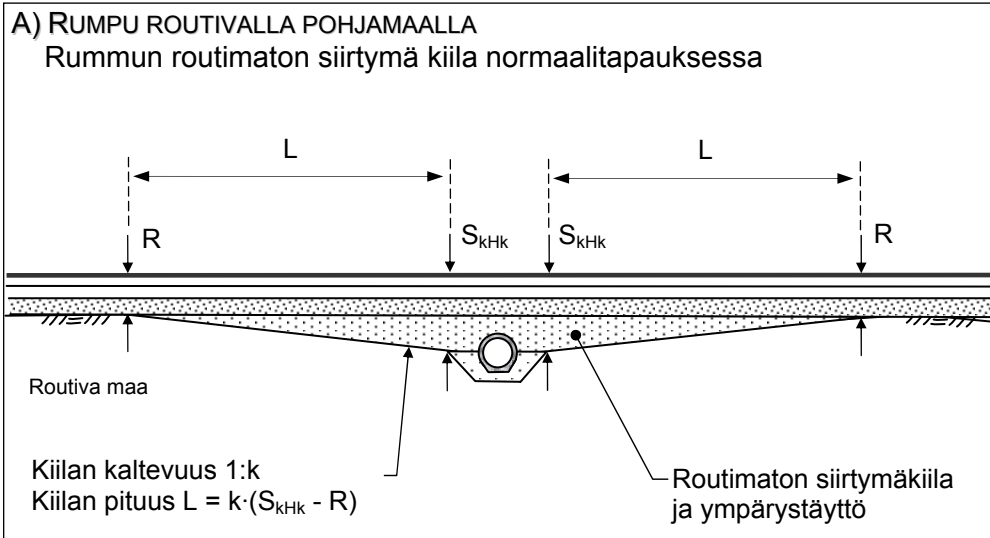
L on siirtymäkiilan pituus, joka määräytyy aina hiekkatäytteisen kiilan syvyyden (**S_{kHk}**) ja taulukosta 12 saatavan pohjan kaltevuuden (**k**) mukaan.

Sellaisissa alusrakenteen vaihtumiskohdissa, joissa siirtymäkiilaa ei tarvita, päällysrakenteen paksuus muutetaan loivasti vähintään 5 m matkalla.

Siirtymäkiilaa ei yleensä tarvita, jos alusrakenteen muutoskohta on kokonaan siirtymäkiilasyvyyden alapuolella. Jyrkkä kosteusolosuhteiden vaihtuminen voi kuitenkin joskus aiheuttaa kiilantarpeen ellei kosteuseroa tasoiteta kuivatuksella.



Kuva 17. Routanousueroja tasaavia pituussuuntaisia siirtymärakenteita. Kuvissa A ja B liittyy routiva ja routimaton alusrakenne (suuri routanousuero). Kuvassa C liittyy kaksi eri tavoin routivaa alusrakennetta (kosteusolot ja maamateriaali erilaiset).

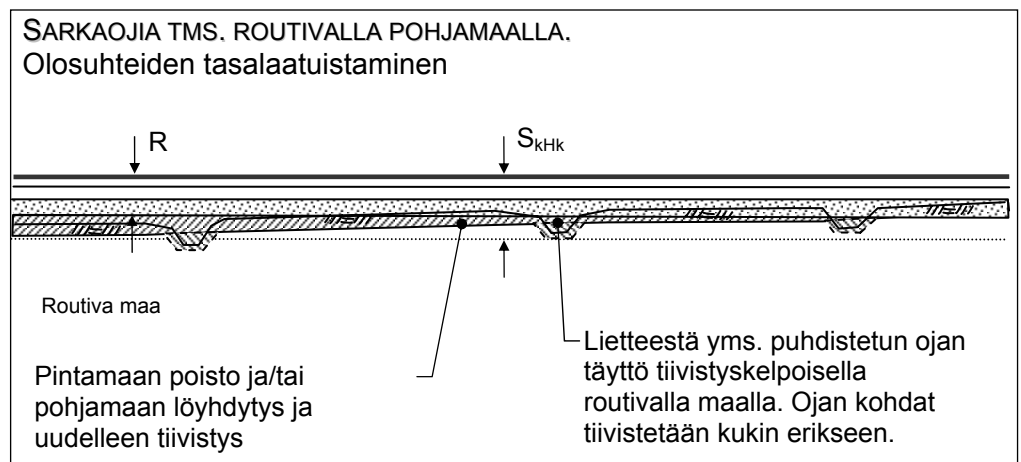


Kuva 18. Routanousueroja tasaavia rumpujen pituussuuntaisia siirtymärakenteita.
A) Routimattomalla siirtymäkiilalla tasoitetaan routanousuero, joka syntyy kun rumpu routii ympäristöönsä vähemmän. Rummun perustamissyvyys on siirtymäkiilasyvyyttä suurempi tai rummun läpi virtaa vettä talvellakin tai pohjamaa pysyy muuten sulana.
B) Routivalla siirtymäkiilalla pyritään saamaan tien pinnan routanousu rummun kohdalla muuta tietä vastaavaksi. Rummun ympärystäytön alaosa on routimaton, jotta routa ei nostaisi rumpua vähitellen ylöspäin. Täytön yläosa ja siirtymäkiila tehdään routivasta maasta, jonka jäätymistä rumpuun kiinni voidaan ehkäistä asentamalla muovikalvo rumpua vasten. Täytön yläosan ja kiilan materiaalin ja kuivatuksen pitäisi olla mahdollisimman hyvin pohjamaata vastaava.

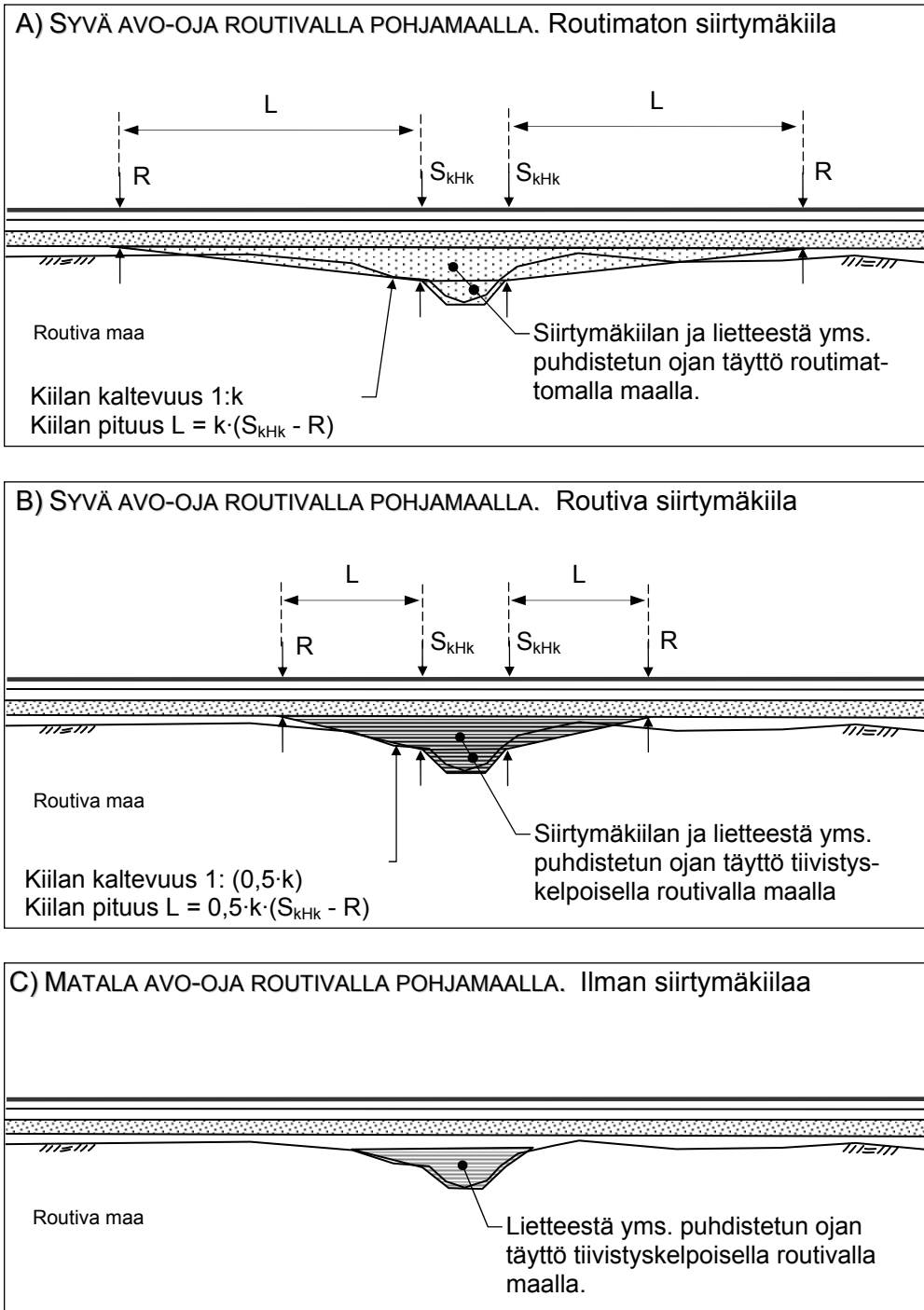
Vanhan ojan tai entisen rummun kohdan käsittely

Vanhan ojan täyttöä koskevissa tapauksissa poistetaan liete ojasta ja uoma padotaan vesitiiviillä materiaalilla (kuvat 20 A - C)). Jos tie saa painua kaksi kesää ennen päällystystä tai jos pohjamaa on erityisen helposti tiivistyvää voidaan käyttää kuvan 20 C mukaista kiilatonta ratkaisua. Jos painuma-aika on lyhyempi käytetään kuvien 20 A tai 20 B mukaista kiilattua ratkaisua. Kuvan A ratkaisu toimii ojan syvyydestä riippumatta ja se voidaan toteuttaa myös märkänä aikana.

Alusrakenteen painuma- tiivistymis- ja routanousueroja voidaan tasata käsittelemällä pohjamaa kauttaaltaan kuvan 19 periaatteita noudattaen.



Kuva 19. Esimerkki alusrakenteen tasalaatuistamisesta. Ratkaisu edellyttää riittävää painuma- ja tiivistymisaikaa ennen päällystystä. Tavoitteena on saada aikaan alusrakenne, joka tiivistyy ja routii kauttaaltaan lähes samalla tavalla. Tarvittaessa ojaluiskat loivennetaan kuvaa 20 B soveltaen.



Kuva 20. Painuma- ja tiivistyseroja tasaavia pituussuuntaisia siirtymärakenteita. A) Routimaton ojatäyttö tiivistyy myös vaikeissa olosuhteissa. Jälkitiivistyminen on vähäistä. Täytöstä aiheutuva routanousuero tasoitetaan normaalilla siirtymäkiilalla. B) Painumahaittaa pienennetään luiskaloivenuksella. Routivuudeltaan pohjamaata vastaava kiila on kuvan A kiilaa lyhyempi. Ojauoma heijastuu tien pinnan loivana painumana, koska jälkitiivistyminen kestää pidempään kuin vaihtoehdossa A. C) Matalan uomatäytön painumahaittaa vähennetään tiivistyksellä. Vaatii kohtaa B pidemmän jälkitiivistymisajan pienemmästä kuormituksesta ja painuman jyrkkäpiirteisestä muodosta johtuen. Saattaa vaatia painuman tasaamista myöhemmin. Jos rakentamisaika on lyhyt eikä täytön ja pohjamaan tiivistymistä voida odottaa, myös matala oja kiilataan tapausta B soveltaen. Kiilattu vaihtoehto soveltuu etenkin pehmeiköille, jossa täyttöä ei saada tiivistettyä kunnolla alustan joustamisesta johtuen.

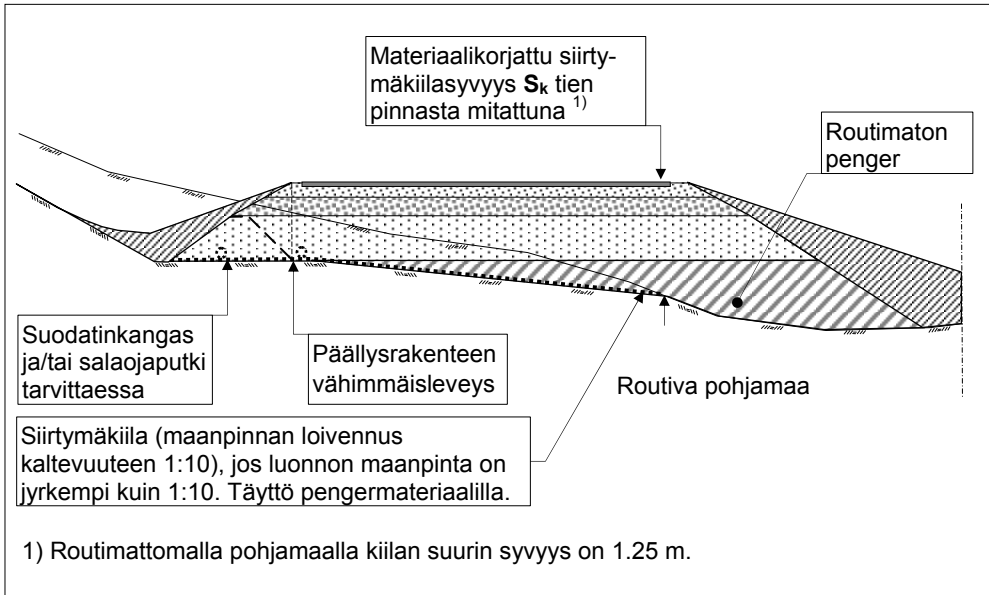
Tiivistymiseroja tasaavat kiilat

Tyypillisiä tiivistymiseroja tasaavia kiiloja ovat kuvien 20 A ja B tapaukset. Jos rakenteelle voidaan varata painuma- ja tiivistymisaikaa, oikaistaan rakentamisaikana syntyneet painumat ennen päällystystä, jolloin voidaan käyttää pienempää kiilaa tai joissakin tapauksissa kiilasta voidaan luopua kokonaan.

Louheen tai irtilouhinnan ja muun routimattoman alusrakenteen rajakohdassa louheen pinta luiskataan kaltevuuteen 1:4.

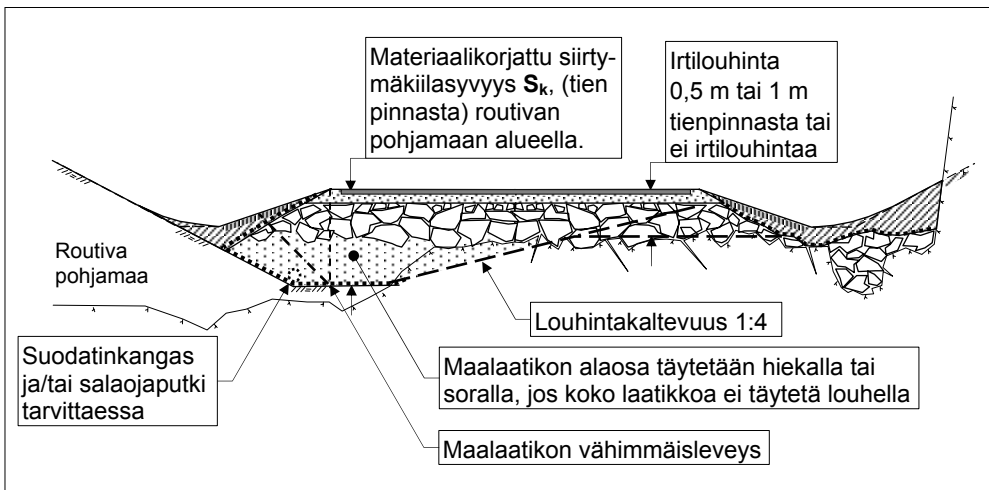
3.5.7 Poikkisuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve

Maaleikkauksessa tarvitaan poikittainen siirtymäkiila, kun alusrakenne vaihtuu tien poikkisuunnassa routivasta routimattomaksi (routanousuoja tasaava kiila) tai kun alkuperäisen maaston sivukaltevuus on suurempi kuin 1:10 (tiivistymiseroja tasaava kiila). Jälkimmäisessä tapauksessa kiila tasaa myös routanousuoja, jos pengertäyte ja pohjamaa ovat routivuudeltaan erilaisia.



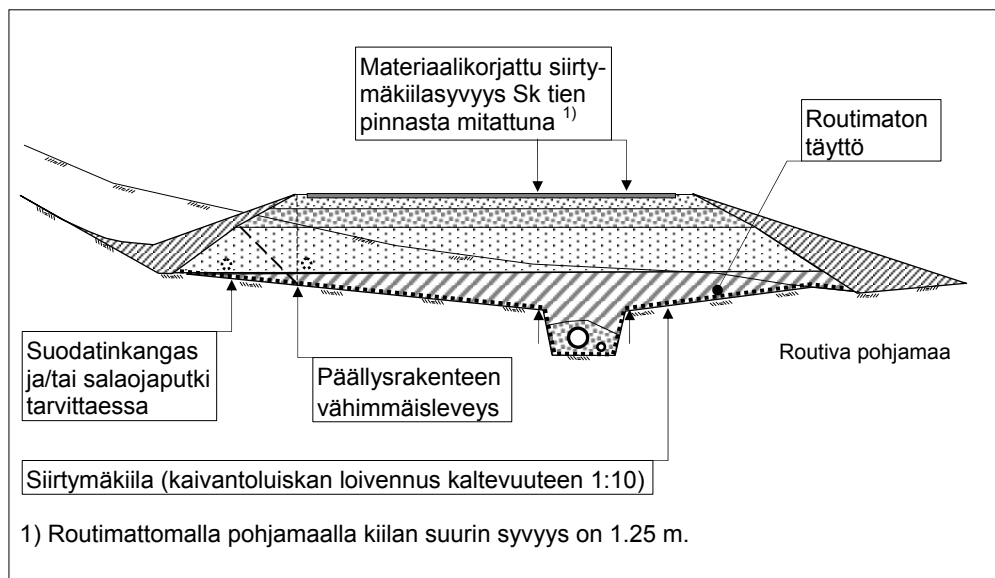
Kuva 21. Poikittainen siirtymäkiila maaleikkauksessa tai sivukaltevassa maastossa.

Toispuoleisessa kallioleikkauksessa käytetään routivan maan kohdalla siirtymäkiilasyvyyteen ulotettavaa siirtymäkiilaa, maalaatikkoa tai louhelaatikkoa. Ensisijainen täytemateriaali on louhe. Jos osa täytemateriaalista on soraa tai hiekkaa, niin tiivistymiserot tasoitetaan viisteellä, jonka kaltevuus on 1:4 tai loivempi. Eri materiaalien sekoittuminen estetään tarvittaessa suodatinkankaalla ja louheen pinnan kiilauksella.



Kuva 22. Poikittainen siirtymäkiila routivan pohjamaan ja kallion rajakohdassa.

Vaatimusluokassa R2 pituussuuntaisen viemärin kohdalla otetaan huomioon paikkakunnalla vallitseva käytäntö ja kokemukset kyseiseltä pohjamaalta. Poikkisuuntainen siirtymärakenne suunnitellaan sitten, ettei tiehen kokemusten mukaan tule pituushalkeamia ja poikkisuuntaista routanousueroa. Vaihtoehtoisesti noudatetaan kuvan 23 vaatimuksia.



Kuva 23. Poikittainen siirtymäkiila tien pituussuuntaisiin putkikaivantoihin liittyen.

3.6 Sorapintaisen tien rakenne

Tässä kohdassa käsitellään sekä yleiset että yksityiset soratiet.

Yleisten sorateiden ohjeellinen tavoitekantavuus kantavan kerroksen päältä on 80 MPa (80 Sr). Yksityisteille ei esitetä tavoitekantavuutta vaan käytetään taulukon 14 mukaisia rakenteita. Taulukko on kuitenkin laskettu tietyille tavoitekantavuuksille 50...80 MPa (mitoituskantavuus ilmenee tien nimilyhenteestä, esimerkiksi yllä 80 Sr).

Taulukossa 14 esitetään sorateiden ja myös sorapintaisten kevyenliikenteiden rakenteita. Muuten kevyenliikenteentiet käsitellään kohdassa 3.7.

Alusrakenneluokissa A - C ei kantavuusmitoituksen mukaan tarvita kuin sorakulutuskerros. Luokassa D tarvitaan lisäksi ohut murskekerros päällysrakenneluokassa 80 Sr. Suunnitelmassa muskekerrokselle annetaan kuitenkin minimipaksuus (esim. 50 mm), jolla aikaansaadaan hyvä muokattavuus, hoitettavuus sekä pohjamaan laatu- ja kosteuserojen tasoittuminen.

Soratien kulutuskerroksen vähimmäispaksuus on uudessa tiessä on 50 mm. Kuivumisen estämiseksi aurinkoisilla ja kuivilla paikoilla tehdään kulutuskerroksen alle kosteutta pidättävä kerros esimerkiksi moreenimurskeesta. Tämän kerroksen ja kulutuskerroksen yhteispaksuus on vähintään 100 mm. Sorakulutuskerroksen ja kosteutta pidättävän kerroksen laatuvaatimuksia on esitetty TYLT:ssä ja yksityisteiden suunnitteluohjeessa (TVH 722504/84).

Kun yksityisen soratien (60 Sr) liikennemäärä on kesällä alle 50 ajon./d ja nopeus enintään 50 km/h, yksityistiellä ei tarvita sorakulutuskerrosta, vaan kulutuskerroksena voidaan käyttää suhteistunutta mutta kivetöntä hiekkaa (kelpoisuusluokka H2), kun tien pituuskaltevuus on alle 5 %. Hiekan kivet (yli 30 mm) poistetaan tien pinnasta. Pituuskalteviin (yli 5 %) kohtiin tehdään 100 mm paksuinen soratien kantava kerros murskeesta (0/32) tai käytetään pintauksena 50...100 mm paksua hyvin tasoitettua asfalttirouhetta tai -mursketta.

Yksityisen soratien (60 Sr) kulutuskerrokseen (30...40 mm paksu) soveltuu myös kelpoisuusluokan H3 maa-aines.

Taulukko 14. Pysyvästi sorapintaisten teiden rakenteiden paksuusvaatimukset.

Tien luonteen kuvaus (ohjeellinen kantavuus kantavan kerroksen päältä)	Rakennemateriaali	Tierakenteen kerrospaksuudet, mm ¹⁾			
		Pohjamaan kuvaus (mitoituskantavuus)			
		A - D routimaton Hk tai karkeampi, (70 MPa)	uE lievästi routiva SrMr, Hk ja HkMr, (50 MPa)	uF, uH, ul SiMr, Si, siHkMr, siHk ja jäykkä Sa, (20 MPa)	uG pehmeä Sa ja Lj (10 MPa)
Soratie 80 Sr, yleinen tie, paljon raskaita ajon., tärkeä asema tieverkossa (80 MPa)	Kulutuserkerros	50	50	50	50
	Murske ^{2), 3), 4)}	80	160	200	250
	Hiekka ^{5), 6)}	-	-	320	380
	Paksuus yht.	130	210	570	680
Soratie 70 Sr, yleinen tai yksityinen tie, paljon raskaita ajon., ei asemaa tieverkossa (70 MPa)	Kulutuserkerros	50	50	50	50
	Murske ^{2), 3), 4)}	(50)	120	150	200
	Hiekka ^{5), 6)}	-	-	340	380
	Paksuus yht.	50 (100)	170	540	630
Soratie 60 Sr, yksityinen tie, vähän raskaita ajon., ei asemaa tieverkossa (60 MPa)	Kulutuserkerros	40	40	40	40
	Murske ^{2), 3), 4)}	(50)	80	150	200
	Hiekka ^{5), 6)}	-	-	200	320
	Paksuus yht.	40 (90)	120	390	560
Kevyenliikenteentie 70 KL (70 MPa)	Kulutuserkerros	50	50	50	50
	Murske ^{2), 3), 4)}	(50)	120	150	200
	Hiekka ^{5), 6)}	-	-	340	380
	Paksuus yht.	50 (100)	170	540	630
Kevyenliikenteentie 50 KL (50 MPa)	Kulutuserkerros	40	40	40	40
	Murske ^{2), 3), 4)}	(50)	-	100	150
	Hiekka ^{5), 6)}	-	-	220	310
	Paksuus yht.	40 (90)	120	360	500
Kevyenliikenteentie 70 KL louheesta (lohkarekoko, maks. 400...600 mm, määrää rak. paksuuden)	Kulutuserkerros		50	50	50
	Murske ^{4), 7)}		100	100	100
	Louhe ja kiilaus ⁸⁾		600	600	600
	Paksuus yht.		750	750	750

- 1) Kerrospaksuuksia voidaan tarvittaessa pyöristää ylöspäin tai/ja yhdenmukaistaa pohjamaasta riippumattomiksi paksuimman rakenteen antavan pohjamaan mukaan.
- 2) Kaikilla pohjamailla suositellaan vähintään 50 mm murskekerrosta.
- 3) Kalliomurske tai hyvä soramurske. Murske voidaan korvata soralla tai hiekkaisella soralla. Tällöin kerrosta paksunnetaan 50 mm taulukon arvoista.
- 4) Herkästi kuivuvilla paikoilla kerroksen ylin 50...150 mm tehdään kosteutta pidättävästä murskeesta (0/16...0/32), jonka 0,063 mm läpäisyprosentti on 7...15 %.
- 5) Hiekkakerros voidaan korvata soralla tai murskeella, tarvittaessa kerroksen alle asennetaan suodatinkangas. Tällöin kerrosta voi ohentaa 50 mm taulukon arvoista.
- 6) Hiekka voidaan korvata hienolla hiekkalla paksuntamalla kerrosta 150 mm.
- 7) Kalliomurske tai hyvä soramurske. Murske voidaan korvata soralla tai hiekkaisella soralla muuttamatta kerrospaksuutta.
- 8) Louhekerroksen ja kiilauksen yhteispaksuus on 1,5 x lohokarekoko, kuitenkin vähintään 600 mm.

3.7 Kevyenliikenteentien rakenne

Kevyenliikenteentie on kapea, jolloin reunan ja keskitien routanousuero aiheuttaa herkästi keskihalkeamia. Siksi kevyenliikenteen tien sallittu routanousu on pienempi kuin leveämmillä teillä, jos ei käytetä teräsverkkovahvistusta. Pyörätien palvelutaso laskee suuresti, jos tielle syntyy keskihalkeamia, koska myös keskitiellä liikutaan ja pyörä tai rullaluistin saattaa upota kapeaankin halkeamaan.

Kevyenliikenteentie voidaan mitoittaa erillisenä, kun sen ja autotien välissä on koko matkalla vähintään 2 m leveä päällystämätön välikaista.

Päällystettyjen kevyenliikenteen teiden tavoitekantavuudet esitetään taulukossa 15. Sorapintaiset kevyenliikenteet käsitellään kohdassa 3.6 yhdessä muiden sorateiden kanssa.

Taulukko 15. Erillisen ja korotetun jalankulku- ja pyörätien tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet.

KKL-luokka	Erillinen JP-tie Sr tai M	Erillinen JP-tie PAB -V	Erillinen JP-tie AB, PAB-B tai PAB -V	Korotettu JP-tie AB, PAB-B
Tavoite päällysteen päältä (ohjeellinen)	50...70 MPa	100 MPa	100 MPa	150 MPa
Päällysteen paksuus		40 mm	40 mm	40 mm
Tavoite kantavan päältä (vaatimus)	60 MPa	85 MPa	85 MPa	130 MPa
Kantavan laatu	M	M	M	M

Kevyenliikenteenteillä on kolme vaihtoehtoista routamitoitustapaa (A - C). Tavat A ja B soveltuvat vain savi- ja siltialueille. Moreenialueet ovat liian vaihtelevia vertailurakenne- tai takaisinlaskentamenettelyn soveltamiseen.

- Tasalaatuisilla alueilla voidaan tehdä rakenne, jonka toimivuus on osoitettu vähintään 7 vuotta vanhoilla teillä, saman seudun samanlaisilla pohjamailla (sallitaan enintään 5 mm keskihalkeamia enintään 20 prosentilla tutkitusta tiepituudesta)
- Määritetään pohjamaan routaturpoama takaisinlaskennalla kohdan 3.4.4 ja tehdään routamitoitus kohdan 3.4 mukaan.
- määritetään pohjamaan routaturpoama riittävän kattaviin maaperätutkimuksiin perustuen ja tehdään routamitoitus kohdan 3.4 mukaan

Rakenteen vahvistaminen teräsverkolla

Routasuojauksen vaatimien paksujen rakennekerrosten rakentaminen kevyenliikenteentielle ei yleensä ole taloudellista (erillisen kevyenliikenteentien sallittu routanousu on vain 30 tai 70 mm pohjamaan tasalaatuisuudesta riippuen). Rakenteen vahvistaminen routanousuja kestäväksi on yleensä taloudellisempi ratkaisu, jos se muuten on mahdollista. Jo noin 0,5 m hiekka- ja kaivukustannuksilla saadaan asennettua teräsverkko.

Teräsverkko asennetaan työteknisistä syistä johtuen vähintään 150 mm paksun murskekerroksen alle. Teräsverkko ei vaikuta kantavuusmitoitukseen.

Teräsverkkojen käyttö ei aina ole mahdollista. Tien alle mahdollisesti myöhemmin tulevat putket ja johdot on otettava huomioon rakennevalintaa tehtäessä.

Vaiheittain rakentaminen

Kevyenliikenteen tie voidaan rakentaa päällystetyksi myös kahdessa vaiheessa. Kantavuusmitoitus tehdään päällystetyn tien vaatimusten mukaan. Ensin rakennetaan kivituhkapintainen mutta päällystetyn tien rakenteilla varustettu tie ilman kantavaa kerrosta ja päällystettä. Siirtymäkiilat rakennetaan kohdan 3.5 mukaisesti mutta tasalaatuisella pohjamaalla ei sovelleta routamitoitusta.

Keskihalkeamien syntymistä ja kehittymistä seurataan kevättalvisin mielellään vähintään 5 vuotta. Tienpinnan lumi ja jää pyritään poistamaan. Halkeileville osuuksille asennetaan teräsverkot kun kivituhka ja hienoainespitoinen jakavan yläosa on ensin poistettu.

Yhteiskäyttöisellä kevyenliikenteentiellä, jolle on ohjattu myös ajoneuvoliikennettä (alle 50 ajon/d, enintään 50 km/h), voidaan kivituhkan sijasta käyttää myös tavallisille sorateille tarkoitettuja päällysteitä. Palautteen perusteella voidaan myöhemmin tehdä kivituhkapinta, jos kevyt liikenne on runsasta.

Pysyvästi sorapintaiseksi suunnitellulle tielle ei sovelleta kohdan 3.4 routamitoitusta.

3.8 Erityisalueiden rakenteet

3.8.1 Pientareiden rakenne

Pääsääntöisesti pientareiden rakenne on sama kuin viereisellä ajokaistalla. Vähintään 2,25 m leveiden pientareiden rakenne mitoitetaan kohdassa 3.2 esitetyllä tavalla pääkaistaa alhaisemmalle kuormituskertaluvulle. Vahvempi rakenne ulotetaan vähintään 250 mm pientareen puolelle.

Jos leveä ulkopiennar kallistetaan eri suuntaan kuin muu tie, pientareelle riittää kokonaispaksuudeltaan ohuempi rakenne eli alusrakenteen pinta voi olla eri kaltevuudessa kuin tien pinta.

3.8.2 Linja-autopysäkkien rakenne

Linja-autopysäkille tulee sama kokonaisrakennepaksuus kuin ajoradalle. Kun pysäkillä käy enintään 20 linja-autoa päivässä, riittää leveän pientareen päällystepaksuus; kun käy 20...100 linja-autoa, käytetään ajoradan päällystepaksuutta ja kun käy yli 100 linja-autoa päivässä, käytetään kohdan 3.2.3 mukaista mitoitusta.

3.8.3 Pysäköinti- ja levähdysalueiden rakenne

Pysäköinti- ja levähdysalueet mitoitetaan normaalisti kuormitusluokan 0,4 AB mukaan, paitsi linja- ja kuorma-autojen käyttämät ajoreitit ja pysähdyspaikat kuormitusluokan 0,8 AB mukaan.

3.9 Esimerkkirakenteita

3.9.1 Rakenteiden nimeäminen ja lyhenne-esimerkkejä

Alusrakenneluokat

A, B, C, D, uE, uF, uG, uH, uI

tai jos pohjamaan tasalaatuisuus on tutkittu

A, B, C, D, tE, sE, tF, sF, tG, sG, tH, sH, tI, sI

Olosuhdeluokka esitetään pienillä kirjaimilla alusrakenneluokan edessä:

- tasalaatuinen (t) tai
- sekalaatuinen (s) tai
- ei ole tutkittu (u)

Kuormitusluokka, vaatimusluokka ja mitoitusroudansyvyys

Alla olevia merkintöjä käytetään otsikkona esimerkiksi tyyppipoikkileikkauksessa ja suunnitelmapituusleikkauksien nimiösivulla.

- 10,0 AB; V1 - 1800
- 0,4 PAB; R1 - 1500
- JP-tie AB; K1 - 2000

Rakenteen merkitseminen pituusleikkauksen päällysrakennereiville

- tE - 970 - M1
- sE...sI - 1770 - M2
- uI - 1450 - BST1
- tG - 1530 - BST2
- uE...uI - 1770 - SST1
- tI - 1790 - Lo1
- sI - 2100 - Lo1
- uI - 2100 - Lo1

Merkinnät M1, Lo, BST1, BST2, SST viittaavat kyseiseen rakennetaulukoon. Viittausta ei tarvita, jos ko. suunnitelmassa käytetään vain yhtä rakennetaulukkoa.

Valmiiksi laskettuja rakennetaulukoita on yhdestä kolmeen erilaista mutta saman tyyppistä rakennetta: Esimerkiksi M1, M2 ja M3 tai BEST1 ja BEST2. Urakoitsijan omat rakenteet numeroidaan näiden jatkeeksi esimerkiksi M4 ja BEST3.

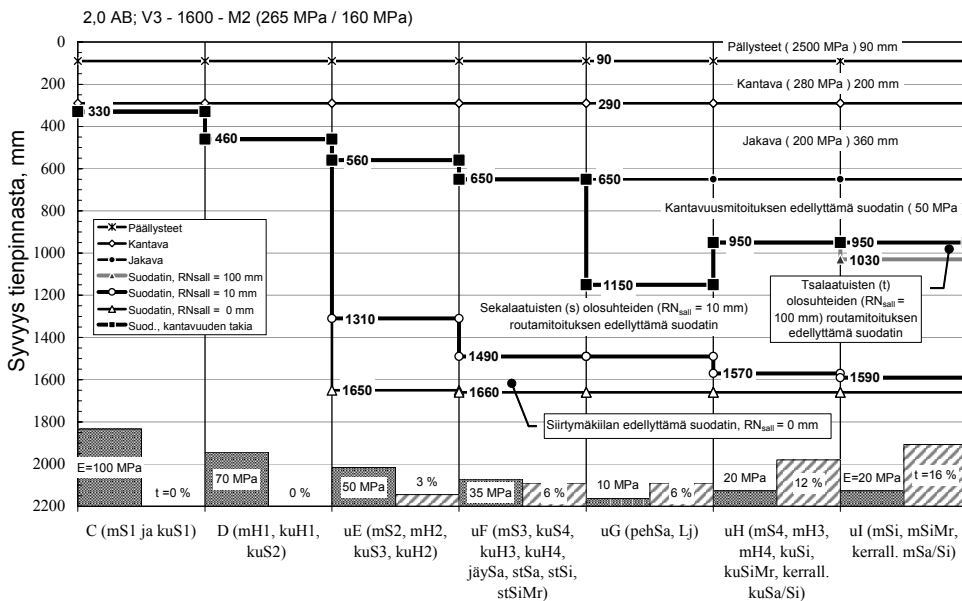
3.9.2 Kantavuus- ja routamitoitettuja esimerkkirakenteita

Päällysrakennekuvan lukuohjeita

Tämän ohjeen lopussa on kuvia joistakin valmiiksi lasketuista päällysrakenteista. Kuvan 24 tyyppisten esimerkkikuvien murtoviivat esittävät rakennekerrosten rajoja eri alusrakenneluokissa. Kuvan ylin vaakaviiva esittää tien pintaa.

Alusrakenneluokat ja niihin kuuluvat maat ilmenevät kuvan vaaka-akselilta. Alusrakenneluokkien järjestys kuvassa on sellainen, että routaturpoama kasvaa oikealle siirryttäessä. Rakenteen kokonaispaksuus kasvaa myös oikealle siirryttäessä silloin kun routamitoitus määrää rakennepaksuuden. Alusrakenneluokkia A ja B ei esitetä kuvissa.

Muista esimerkkikuvista poiketen kuvan 24 alareunaan on lisätty ko. alusrakenneluokan moduulia (E, MPa) ja routaturpoamaa (t, %) kuvaavat pylväät ja vastaavat lukuarvot (vrt. taulukko 11).



Kuva 24. Rakennekuvan lukuohjeita: Kuormitusluokka 2,0, vaatimusluokka V3, mitoitusroutansyvyys 1600 mm, rakennetyyppi M2, (tavoitekantavuus tien pinnassa / kantavan pinnassa). Lukuarvot viivoilla ovat ko. kerroksen alapinnan syvyyksiä (mm) tien pinnasta. Materiaalimoduulit ja kerrospaksuudet jakavaan kerrokseen asti ilmenevät teksteistä.

Valmiiksi laskettujen esimerkkirakenteiden tarkoitus on antaa käsitys siitä, mikä vaikutus kuormitusluokalla, vaatimusluokalla, mitoitusroutansyvyydellä ja materiaalivalinnoilla on päällysrakennepaksuuksiin.

Samantyyppisten (esim. M2) rakenteiden kuormitusluokat poikkeavat toisistaan yleensä vain päällystepaksuuden osalta. Esimerkkikuvien kerrospaksuudet ovat kantavuus- ja routamitoituksen mukaisia. Niitä ei ole pyritty mitenkään yhdenmukaistamaan. Se voidaan tehdä rakennussuunnitelmaa laadittaessa.

Kuvien päällystepaksuudet ovat taulukoiden 3...9 mukaiset.

Kantavan (sitomaton + mahdollinen stabilointi) kerroksen kokonaispaksuus on yleensä vakio kuormitusluokan sisällä. Kantavimmilla pohjamailla se kuitenkin voi ohentua kantavuusmitoituksen mukaisesti.

Kuvissa lukuarvona esitetty jakavan kerroksen paksuus koskee yleensä vain heikoimpia alusrakenteita. Kantavammilla alusrakenteilla paksuus saadaan kerrosrajojen syvyyksistä laskemalla.

Suodattimen (osin kantavan ja jakavankin) paksuus riippuu alusrakenneluokasta ja sen tasalaatuisuudesta. Routamitoitus määrää usein suodatinkerroksen paksuuden, jolloin paksuus riippuu sallitusta routanoususta.

Kuvissa on yleensä suodatinpaksuudet kolmelle laskennalliselle routanousulle, jotka vastaavat siirtymäkiilasyvyyttä sekä tasalaatuista ja sekalaatuista alusrakennettä (taulukko 12). Kuvassa 24 sallitut laskennalliset routanousut ovat vaatimusluokan V3 mukaiset (0 mm, 10 mm ja 100 mm).

Jos kantavuusmitoitus määrää rakennepaksuuden, se näkyy ensin luokassa uG, jonka kantavuus (moduuli) on pienin. Kantavuusmitoituksen edellyttämä rakennepaksuus kuvaa paksu viiva, jonka symbolina on musta neliö. Kuvassa 24 luokan uG kantavuusmitoitettu paksuus on 1150 mm, joka on riittävä myös tasalaatuisten olosuhteiden routamitoituksen puolesta. Sekalaatuisissa oloissa tarvitaan 1490 mm paksu routamitoitettu rakenne. Siirtymäkiilasyvyys ja maalaatikkojen rakennepaksuus on 1660 mm.

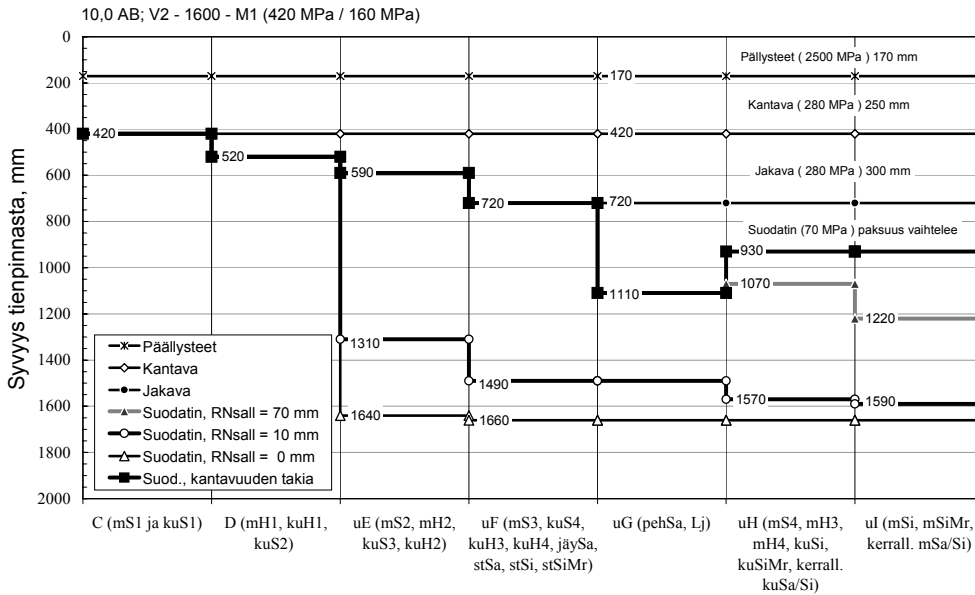
Kuvassa ei näy routamitoitettua rakennepaksuutta, jos se on kantavuusmitoitettua ohuempi. Kuvassa 24 näkyy tasalaatuisiin olosuhteisiin ($RN_{sall} = 100$ mm) routamitoitettu paksuus 1030 mm vain alusrakenneluokassa uI.

Esimerkkirakenteet ovat pääosin ns. murskerakenteita (M), joissa kantava ja jakava kerros tehdään murskeesta (tai sorasta). Rakenteissa M1 on käytetty suuren moduulin omaavia materiaaleja. Rakenteissa M2 on käytetty "normaaleja" moduularvoja. Rakenteissa M3 moduulit ovat samat kuin rakenteissa M2, mutta niissä on käytetty mahdollisimman paksua suodatinhiekkakerrosta.

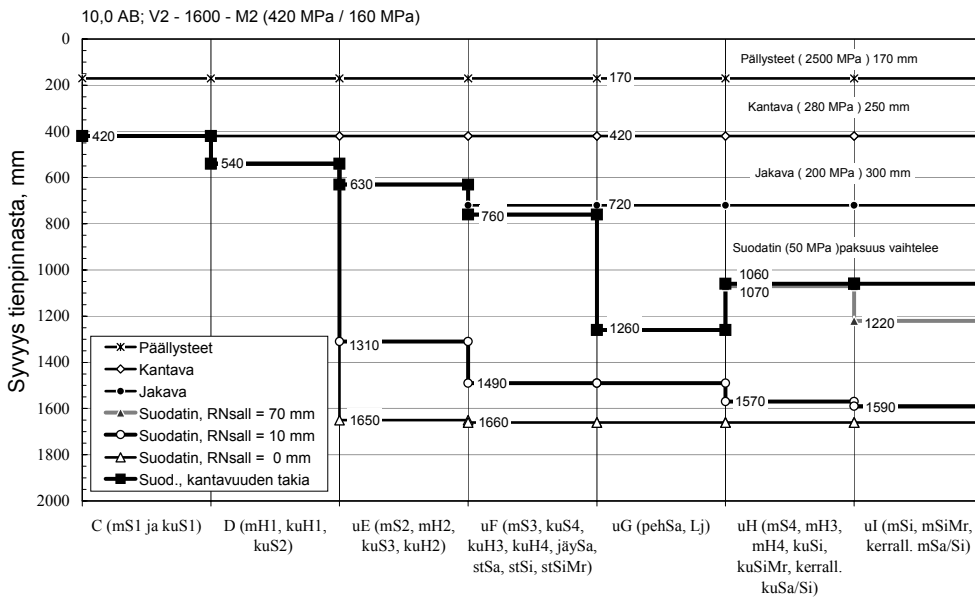
Vertailun vuoksi esitetään myös joitakin louherakenteita (Lo) ja rakenteita, joissa kantava kerros on stabiloitu (BST, SST).

Esimerkkirakenteiden kuormitusluokiksi on valittu luokat 10,0 ja 0,8. Kuvassa 24 on esimerkki kuormitusluokan 2,0 rakenteesta.

A



B

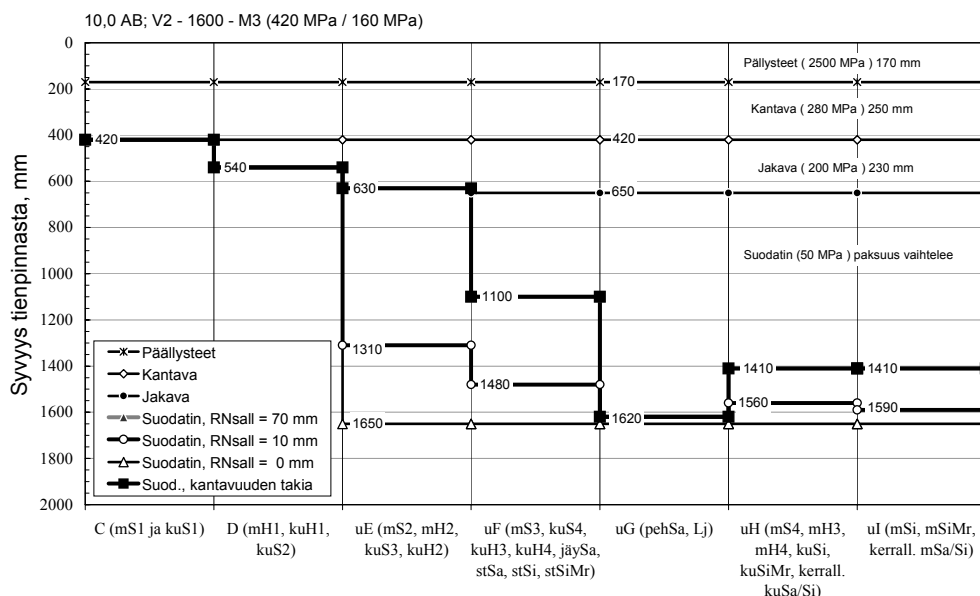


Pohjamaan alusrakenneluokat C - uI (suluissa luokkiin kuluvat maat)

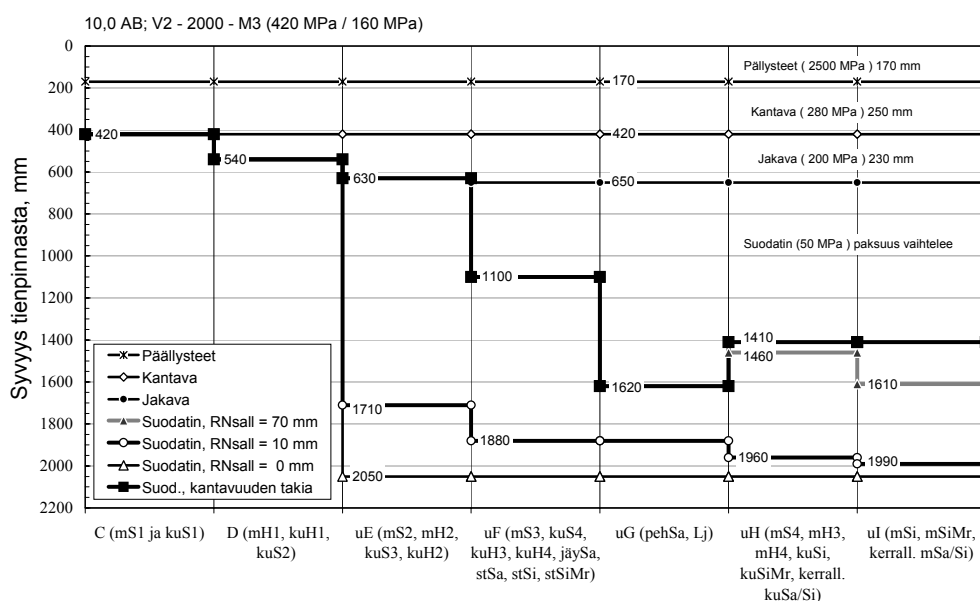
Kuvan A rakenteen M1 kantavuusmitoitettu kokonaispaksuus alusrakenneluokassa uH on 930 mm, josta jakavan osuus on 300 mm ja suodattimen osuus 210 mm. Vaatimusluokan V2 sallittu laskennallinen routanousu RN_{sall} on 70 mm, joka luokassa uH edellyttää tasalaatuisissa oloissa vähintään 1070 mm kokonaisrakennepaksuutta. Sekalaatuisissa oloissa RN_{sall} on 10 mm. Se edellyttää vähintään 1570 mm rakenteen, joka voidaan toteuttaa hiekan paksuutta lisäämällä. Rakennussuunnitelmassa sekalaatuisten olosuhteiden rakenteet voidaan haluttaessa vakioda 1590 milliksi alusrakenneluokissa sF....sI. Siirtymäkiilasyvyys on (1650...)1660 mm.

Kuvan B rakenteessa M2 jakavan kerroksen mitoitusmoduulia on alennettu 200 MPa:iin ja suodatin kerroksen moduulia 50 MPa:iin. Alusrakenneluokassa uH kantavuusmitoitus vaatii 1060 mm rakenteen (130 mm paksumpi kuin rakenteella M1). Se on 10 mm ohuempi kuin 70 mm routanousulle mitoitettu rakenne (näky kuvassa vain alusrakenneluokissa uH ja uI).

C



D

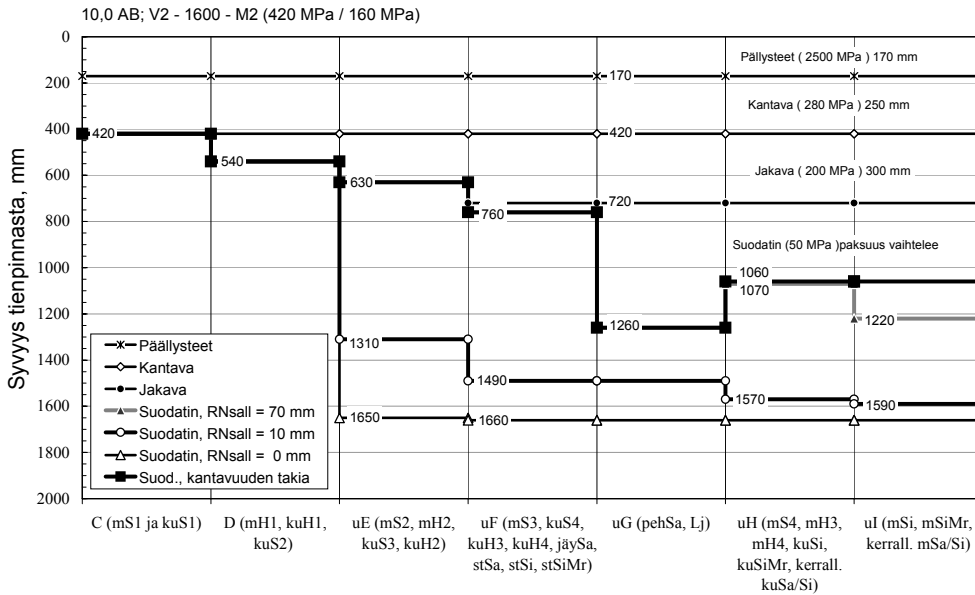


Pohjamaan alusrakenneluokat C - uI (suluissa luokkiin kuluvat maat)

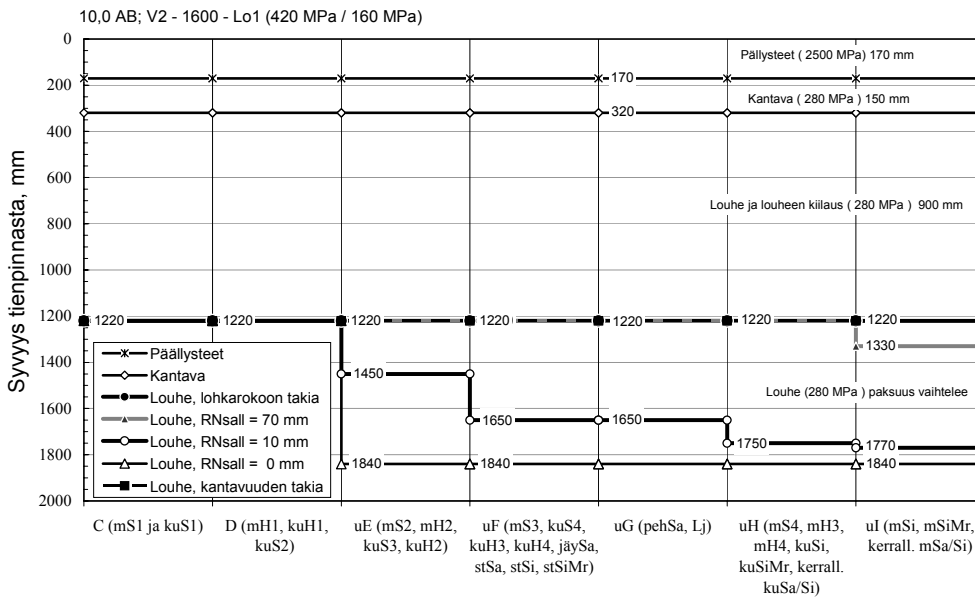
Kuvan C rakenteen M3 jakavaa on ohennettu ja suodatinhiekkaa paksunnettu verrattuna kuvaan B (M2). Tällöin tasalaatuisten olosuhteiden routamitoitus ei tule määräväksi missään alusrakenneluokassa. Luokassa uG sekalaatuisten olojen ($RN_{sall} = 10$ mm) routamitoitus antaisi 140 mm (= 1620 - 1480 mm) ohuemman rakenteen kuin kantavuusmitoitus. Luokissa uH...uI sekalaatuisten olojen routamitoitettu rakenne 150...180 mm paksumpi kuin kantavuusmitoitettu rakenne, kun mitoitusroutansyvyys on $S = 1600$ mm (vastaa Etelä-Suomen olosuhteita).

Kuvassa D on kuvaa C vastaava rakenne M3, kun mitoitusroutansyvyys $S = 2000$ mm (vastaa olosuhteita Oulusta pohjoiseen ja itään). Kaikki routamitoitettut rakenteet paksunevat 400 mm eli saman verran kuin mitoitusroutansyvyys. Routivimmilla alusrakenteilla uH ja uI tasalaatuisten olojen ($RN_{sall} = 70$ mm) routamitoitus antaa rakennepaksuudeksi 50...200 mm enemmän kuin kantavuusmitoitus (1410 mm).

A



B



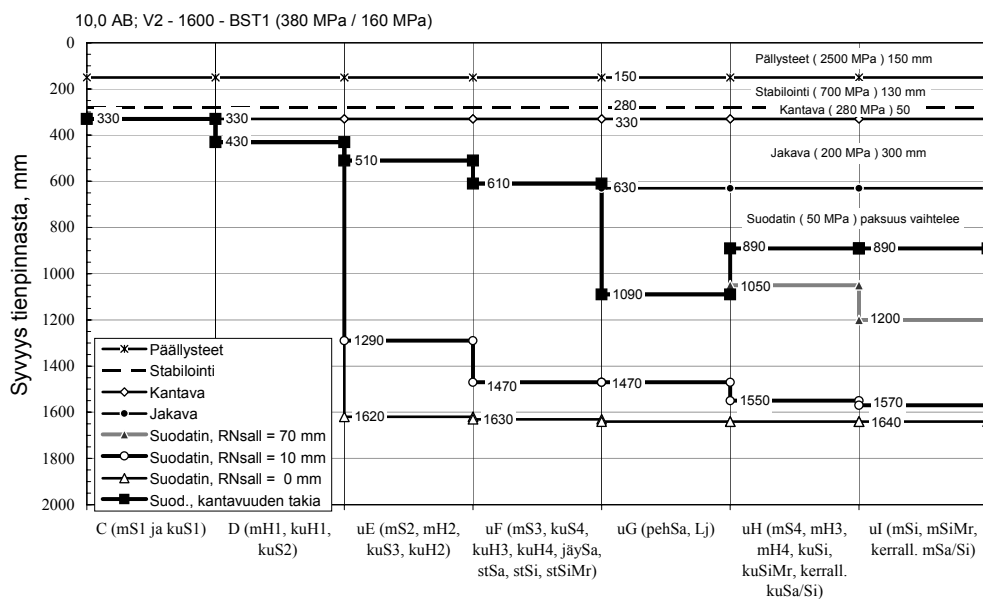
Pohjamaan alusrakenneluokat C - uI (suluissa luokkiin kuluvat maat)

Kuvan A rakenne M2 on tämän aukeaman vertailurakenne. Se on sama kuin edellisen aukeaman kuva B, jossa murskerakenteen moduuleina on siis käytetty ns. normaaliarvoja.

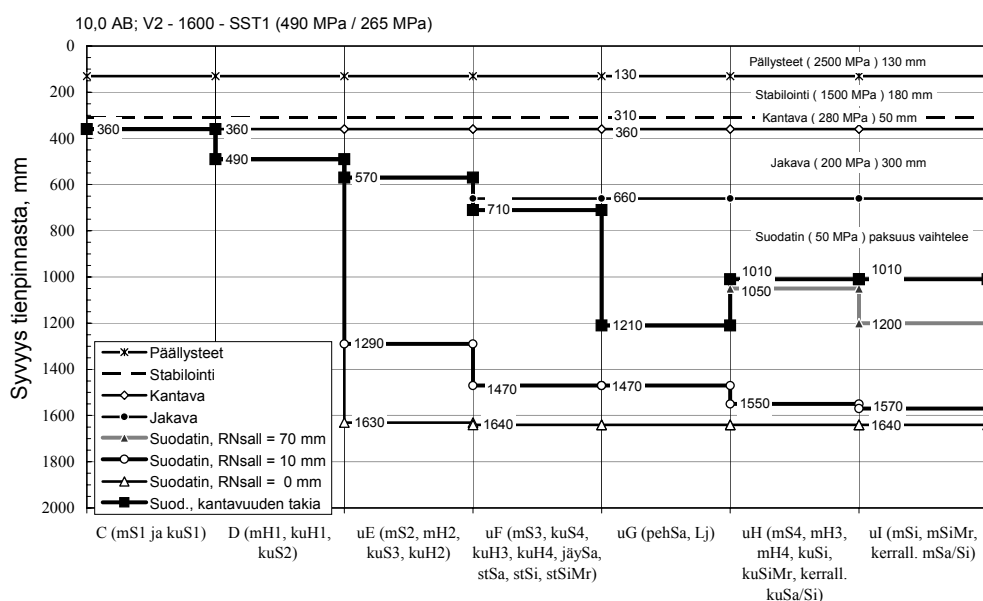
Kuvan B louherakenteessa Lo1 louhekerroksen vähimmäispaksuus on 900 mm eli 1,5 kertaa louheen lohkarokoko 600 mm. Syntyvä 1220 mm rakenne riittää myös routamitoituksen puolesta kun sallittu routanousu on 70 mm ja mitoitusroutansyvyys on 1600 mm, lukuunottamatta alusrakenneluokkaa uI, jossa routamitoitettu kokonaispaksuus on 1330 mm. Vastaava paksuus rakenteessa M2 on 1220 mm.

Louherakenteen Lo1 siirtymäkiilasyvyys (1840 mm) on tässä tapauksessa 190 mm suurempi kuin murskerakenteen M2 (1650 mm).

C



D

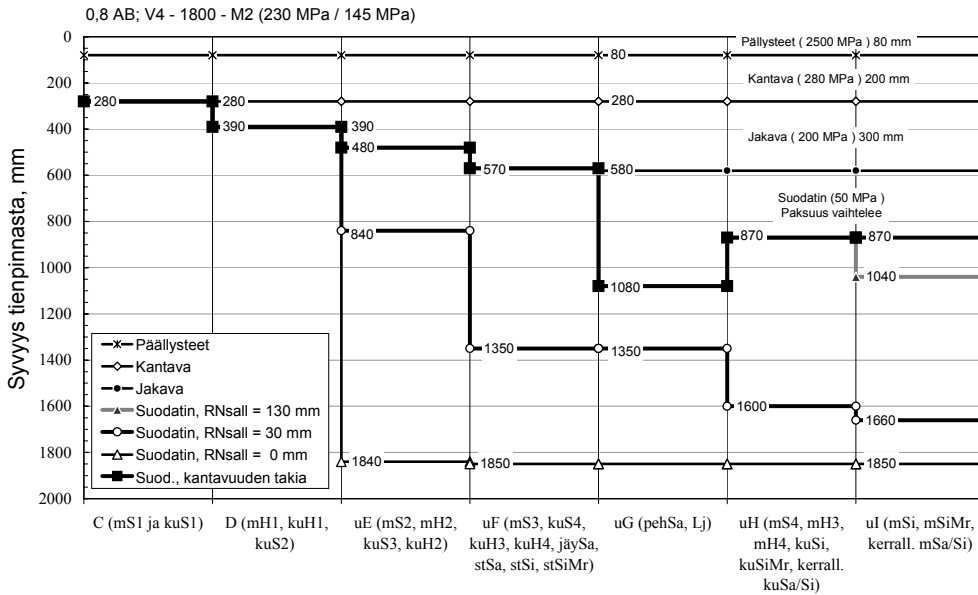


Pohjamaan alusrakenneluokat C - uI (suluissa luokkiin kuluvat maat)

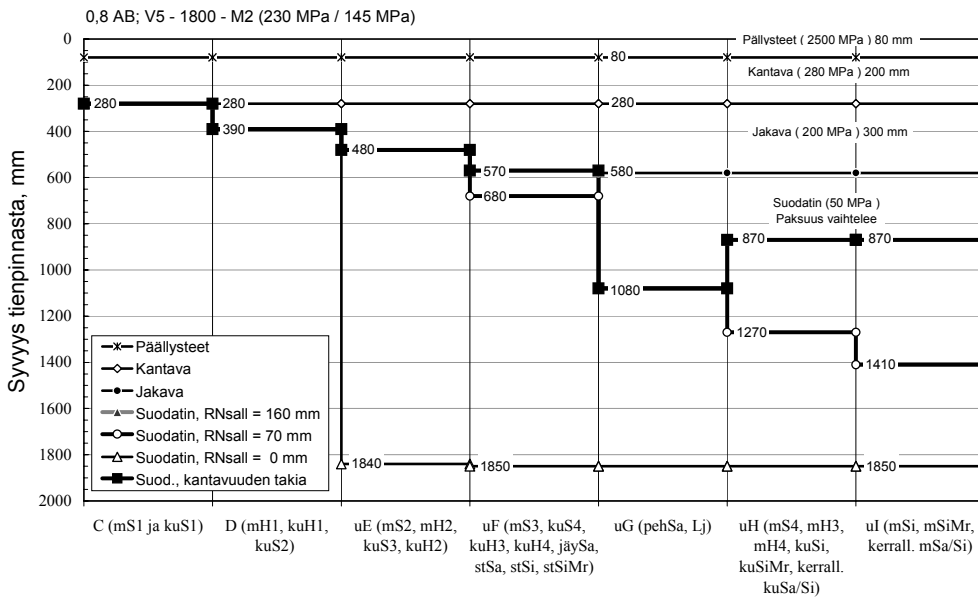
Kuvan C bitumistabiloitu kantavuusmitoitettu rakenne BEST1 (890 mm) on alusrakenneluokassa uH 170 mm ohuempi kuin vastaava rakenne M2 (1060 mm). Sekalaatuisella pohjamaalla routamitoitettujen rakennepaksuuksien ero luokissa uH ja uI on vain 20 mm (1550 mm ja 1570 mm), joten ne voidaan yhdistää. Kuormitusluokassa 10,0 bitumistabiloinnin tavoitekantavuus on 380 MPa, eli 40 MPa pienempi kuin rakenteella M2, silloin kun urasyvyydelle on seurantaan perustuva laatuvaatimus.

Kuvan D sementtistabiloidun rakenteen SST1 tavoitekantavuus on 70 MPa suurempi kuin kun kuvan A rakenteella M2 ja 110 MPa suurempi kuin kuvan C rakenteella M2. Alusrakenneluokissa uG...uI kantavuusmitoitettujen rakennepaksuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin rakenteella M2 ja 120 mm suuremmat kuin rakenteella BEST1.

A



B

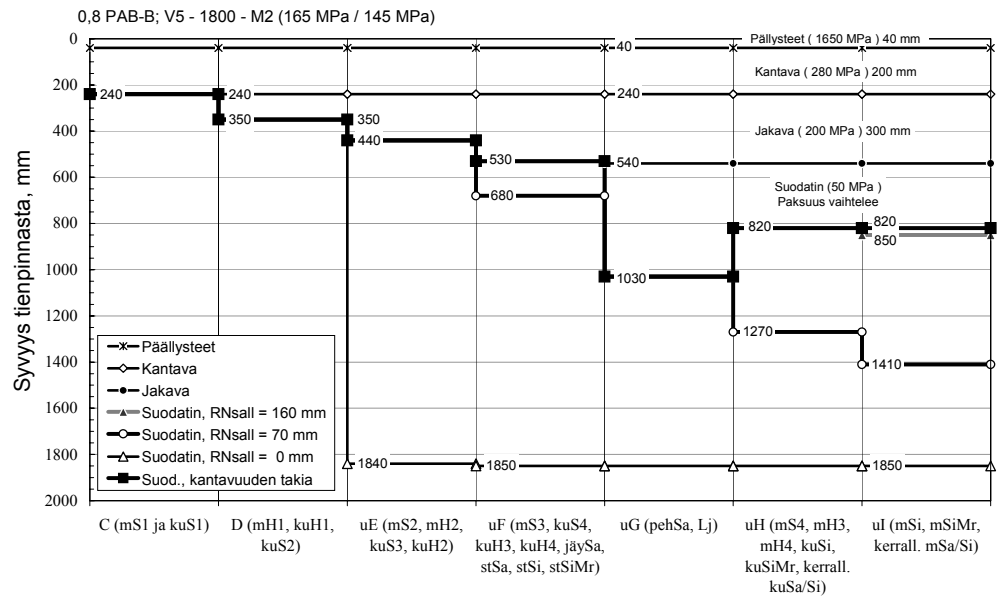


Pohjamaan alusrakenneluokat C - uI (suluissa luokkiin kuluvat maat)

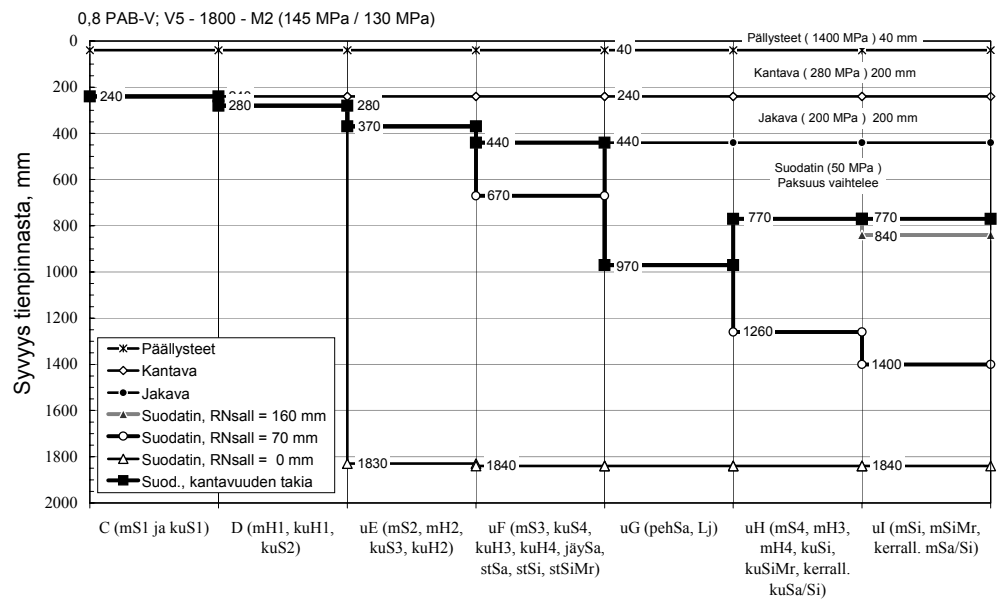
Tämän aukeaman kuvat esittävät kuormitusluokan 0,8 rakenteita M2, joissa kaikissa on käytetty "normaaleja" moduuleja. Päälysteinä on AB (80 mm), PAB-B (40 mm) ja PAB-V (40 mm) ja tavoitekantavuudet vastaavasti 230 MPa, 165 MPa ja 145 MPa. Mitoitusroudansyvyys on kaikissa kuvissa 1800 mm (vastaa Keski-Suomen oloja).

Kuvan A rakenteet vastaavat vaatimusluokkaa V4 ja kuvat B, C ja D luokkaa V5. Kuvassa A routamitoitus määrää rakenteen sekalaatuissa pohjaolosuhteissa kaikilla routivilla pohjamailla. Kuvassa B routamitoitus määrää rakennepaksuuden vain sekalaatuissa olosuhteissa alusrakenneluokissa uF, uH ja uI. Kuvan B alusrakenneluokan uI routamitoitettu rakenne on sekalaatuissa oloissa 250 mm ohuempi ja tasalaatuissa oloissa 190 mm ohuempi kuin kuvassa A, koska vaatimusluokassa V5 sallitaan vastaavasti 40 mm ja 30 mm suuremmat routanousut kuin luokassa V4. Kuvassa B alusrakenneluokan uI routamitoitettu paksuus olisi 850 mm (vrt. kuva C), mutta sitä ei näy koska se on pienempi kuin kantavuusmitoitettu paksuus 870 mm.

C



D



Pohjamaan alusrakenneluokat C - uI (suluissa luokkiin kuluvat maat)

Kuvissa C ja D on PAB-päälysteisiä vaatimusluokan V5 rakenteita M2. Kuvan C kantavuusvaatimus (165 MPa) ja päälysteen moduuli (1650 MPa) ovat suuremmat kuin kuvassa D (145 MPa ja 1400 MPa). Kantavuuden lisäys syntyy paksummasta suodatinkerroksesta ja suuremmasta päälysteen moduulista, jolloin kantavuusmitoitettun rakenteen paksuus kasvaa 50...90 mm kuvaan C verrattuna.

Kuvissa C ja D tasalaatuisten olosuhteiden routamitoitus ($RN_{sall} = 160$ mm) on määrävä vain alusrakenneluokassa uI, jolloin routamitoitettu paksuus 850 mm ja 840 mm. Vastaava kantavuusmitoitettu paksuus on PAB-B rakenteella 820 mm ja PAB-V rakenteella 770 mm

