



Miska Tammelin

# Tien kantavan kerroksen suunnittelu- ratkaisun valinta

Tielaitoksen  
sisäisiä  
julkaisuja

35/1998

Helsinki 1998

TIEHALLINTO  
Tie- ja  
liikennetekniikka

Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja  
35/1998

Miska Tammelin

## **Tien kantavan kerroksen suunnitteluratkaisun valinta**

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO

Helsinki 1998

TIEL 4000192

Oy Edita Ab  
Helsinki 1998

Julkaisua myy:  
Tielaitos, kirjasto  
Telefax 0204 44 2652



**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Tie- ja liikennetekniikka  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 44 150

Aiheluokka 32, 42

Asiasanat kantava kerros, rakenteen parantaminen

## TIIVISTELMÄ

Lähtökohtana tutkimukselle oli tilaajien tarve selvittää suunnittelijoiden, rakennuttajien ja urakoitsijoiden mielipiteitä nykyisin käytettävistä tien kantavan kerroksen rakentamis- ja rakenteenparantamismenetelmistä. Oletuksena oli, että rakenteenparantamishankkeiden osuus Suomen tierakennushankkeista kasvaa lähivuosien aikana, minkä takia menetelmävalintoja tilaajien mielestä tuli selvittää.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tien kantavan kerroksen suunnitteluratkaisujen valintakriteerit. Tutkimus toteutettiin teemahaastatteluna syksyllä 1997.

Kirjallisuuden perusteella suunnitteluratkaisun valintaprosessi voidaan selittää negaatiovalintamallin tai havaitun riskin mallin tai minimihintamallin perusteella. Lisäksi kirjallisuuden perusteella valinnan tekoa tulisi edeltää kattava menetelmien vertailu. Vaihtoehtovertailut tulisi laajentaa investointikustannuksista elinkaarikustannusten tasolle.

Tutkimuksen mukaan **ratkaisuvaihtoehdot valitaan pääosin tottumusten ja kuvitteellisten kustannusvertailuiden perusteella**. Teoriassa päätöksenteko noudattelee negaatiovalintamallia tai havaitun riskin mallia. Päätöksissä turvataan tuttuun ja luotettavaksi todettuun menetelmään. Valinnat kuitenkin pyrittiin selittämään kustannusvertailun perusteella. Todellisuudessa kustannusvertailut pohjautuivat ainoastaan investointikustannusvertailuun. Investointikustannuksiin ei välttämättä kerätty vaihtoehdoilta samansisältöisiä kustannuksia.

Materiaaleista pyrittiin sekä uudis- että rakenteenparantamishankkeissa aina ensimmäisenä valitsemaan murske. Sitomattomien materiaalien suosio selittyi ainoastaan investointikustannuksilla. Parempaa kantavuutta vaativissa kohteissa selvästi suosituimmat materiaalit olivat uudishankkeissa maabetoni ja kantavan kerroksen asfalttibetoni. Rakenteenparantamishankkeissa sidotuissa materiaaleissa selvä suosikki oli bitumilla stabiloidut materiaalit.

**TAMMELIN, Miska: Kantavan kerroksen suunnitteluratkaisun valinta.** [The selection of the base course design solution]

**Key words** base course, renovation of structures

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to find out the designer's, developer's and constructor's opinions about the selection of the base course design solution.

According to the literature the selection process can be explained by the method of the negation selection, the method of the lowest price and the method of the tried and found risks. The literature emphasizes that there should be wide comparison of the design solutions before the actual selection is done.

As the result of the study the base course design solution is selected out of habit and based on imagined comparison of costs. In theory the selection follows the method of the negation selection or the method of the tried and found risks. The selection is usually based on familiarity. The given reason for the selection is however the comparison of costs. In case the comparison is done the studied capital costs contain different items and the result is not reliable.

## ALKUSANAT

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tien kantavan kerroksen suunnitteluratkaisujen valintakriteerit. Tutkimus oli Neste Oy:n ja Tielaitoksen yhteisprojekti. Tutkimus toteutettiin diplomityönä, jonka teki *Miska Tammelin* Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa. Hän on myös kirjoittanut tämän julkaisun.

Tutkimuksen teemahaastattelut tehtiin vuonna 1997. Haastateltaviksi valittiin tilaajien, suunnittelijoiden ja rakentajien edustajia eri puolilta Suomea.

Tutkimuksen seurantaryhmään kuuluivat

<i>Jouko Kankainen</i>	TKK, Rakentamistalous
<i>Markku Pienimäki</i>	Neste Oy, Bitumitutkimus
<i>Mats Reihe</i>	Tielaitos, Tie- ja liikennetekniikka.

Helsingissä elokuussa 1998

*Tielaitos*

*Tie- ja liikennetekniikka*



---

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	9
1.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmä	9
1.2 Suunnitteluratkaisuvaihtoehdot	10
2 VAIHTOEHTOJEN VALINTA KIRJALLISUUDEN PERUSTEELLA	12
2.1 Valintaongelman luonne	12
2.2 Valintateoriat ja niiden soveltuvuus suunnitteluratkaisun valintaan	12
2.2.1 Päätöksenteko	12
2.2.2 Ostopäätösteoriat	13
2.2.3 Optimointimallit	16
2.3 Kustannusorientoituneet valinnat	18
2.3.1 Investointikustannukset	18
2.3.2 Elinkaarikustannukset	19
2.3.3 Epävarmuustekijöiden käsittely	21
3 VAIHTOEHTOJEN VALINTA TODELLISUUDESSA	22
3.1 Uudisrakennushankkeet	22
3.2 Rakenteenparantamishankkeet	27
3.3 Yleistä haastatteluissa ilmennyt	29
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
5 VIITTEET	32

---





# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tien kantavan kerroksen suunnitteluratkaisujen valintakriteerit. Kirjallisuuden perusteella suunnitteluratkaisun valinta voidaan selittää negaatiovalintamallin tai havaitun riskin mallin tai minimihintamallin perusteella. Se, mihin teoreettiseen päätöksentekomalliin suunnitteluratkaisun valinta todellisuudessa perustuu, pyrittiin selvittämään haastattelututkimuksena.

Haastattelututkimus voidaan tehdä käyttäen kolmea eri vaihtoehtoa: lomakehaastattelu, avoin haastattelu ja teemahaastattelu /1/. Hirsjärven ja Hurmeen mukaan käytetyin haastattelumuoto on lomakehaastattelu. Lomakkeessa kysymysten ja väitteiden muoto ja esittämisjärjestys on täysin määrätty. Struktuoidun haastattelun suurimpana vaikeutena onkin juuri haastattelulomakkeiden ja kysymysten muotoilu. Kysymyksillä tulisi olla sama merkitys kaikille haastateltaville. Tämä kriteeri karsi lomakehaastattelun tutkimusmenetelmän vaihtoehtojen joukosta. Avoin haastattelu on haastattelumuodoista kaikkein lähimpänä keskustelua. Struktuoitamaton haastattelu soveltuu parhaiten käytettäväksi silloin, kun on tarkoitus käsitellä menneisyyden tapahtumia ja mielipiteitä. Lisäksi avoin haastattelu soveltuu erinomaisesti tilanteisiin, joissa halutaan selvittää heikosti tiedostettuja seikkoja. Puolistruktuoidussa teemahaastattelussa yhdistyy lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun hyvät piirteet. Haastattelu toimii keskustelumudossa kuitenkin ennalta suunniteltua runkoa noudattaen.

Haastattelututkimus päätettiin toteuttaa teemahaastatteluna, koska tällöin saadaan parhaiten selville tutkimuksen kohteiksi valittujen henkilöiden todelliset mielipiteet sekä kokemukset. Lisäksi päämäärähakuisena haastattelumuotona teemahaastattelu tuottaa mielipiteitä ja näkemyksiä kaikille haastateltaville yhteisistä teema-alueista, jolloin saaduista vastauksista voidaan muodostaa avointa haastattelua paremmin aihealueittaisia yhteenvetoja ja johtopäätöksiä. Haastatteluteemojen muodostamisen lähtökohtana käytettiin yleisiä päätös- ja ostoteoriamalleja sekä edullisuusvertailujen tarkastelutapoja.

Haastateltaviksi päätettiin valita tilaajia, suunnittelutoimistoja sekä urakoitsijoita tasapuolisesti edustava kattava otos tierakennusalan ammattilaisia.

## 1.2 Suunnitteluratkaisuvaihtoehdot

Päätieverkkomme on pääosin rakennettu 60- ja 70-luvuilla. Tiet on yleensä rakennettu sitomattomista materiaaleista ja päällystetty asfaltilla. Mitoitus-ajanjaksona käytetty 20-30 vuotta on jo kulunut loppuun, joten tiestö on elinkaarensa päässä tai jopa sen ohi ja monin paikoin peruskorjauksen tarpeessa. Tiestön ikääntyminen näkyy selvimmin ajomukavuutta alentavina pituus- ja poikittaishalkeamina.

Nykypäivän teiden rakentajilla on huomattavasti enemmän suunnitteluratkaisuvaihtoehtoja kuin aiemman päätieverkon rakentajilla on ollut. Edelleen pyritään sekä uudis- että rakenteenparantamishankkeissa pääosin käyttämään sitomattomia materiaaleja teiden kantavassa kerroksessa, mutta luonnonvarojen ehtyessä, teknologian kehittyessä ja liikennekuormien kasvaessa ovat vaihtoehtoratkaisut yleistymässä.

Yksittäisen suunnitteluratkaisuvaihtoehdon valinnassa Tielaitoksen pyrkimys on siirtää tapahtuva valintapäätös mahdollisimman lähelle toteutusta, jotta valintakriteerit saataisiin konkretisoitua toteutuksen vaatimuksiin. Tästä yhtenä johdannaisena ovat yleistyvät KVVU-mallit.

Rakennekerroksen stabiloinnilla tarkoitetaan uusien teiden kantavan ja jakavan kerroksen rakentamisessa ja vanhojen teiden perusparannuksessa käytettävää menetelmää. Menetelmällä on tarkoitus parantaa tien tai muun liikennealueen kuormituskestävyyttä sitomalla rakennekerroksia käyttäen sideaineena pääasiassa bitumia tai sementtiä. Kiviaineksena voi olla joko uutta tai vanhaa tienrungossa jo olevaa materiaalia, tai näiden sekoitusta.  
/2,3/

### **Tärkeimpiä stabilointimenetelmiä ovat:**

**Bitumistabilointi**, jossa sideaineena käytetään joko kuumaa vaahdotettua bitumia tai bitumiemulsiota. Ensimmäistä tapausta kutsutaan vaahtobitumistabiloinniksi (VBST) ja jälkimmäistä bitumiemulsiostabiloinniksi (BEST). Stabiloitavan kylmän kiviaineksen vesipitoisuudella on suuri vaikutus stabiloidun massan ominaisuuksiin. Vesipitoisuus vaikuttaa niin massan tiivyyteen, työstettävyyteen, koossapysymiseen, lajittumiseen kuin lujuudenkehitykseenkin. /2,3/

**Sementtistabilointi**, jossa esim. kantavan kerroksen kiviainesta lujitetaan sementin avulla. Sekoitettaessa sementtiä, vettä ja kiviainesta keskenään syntyy lujuudeltaan erilaisia sementtiliiman sitomia rakenteita. Stabiloinnin tuloksena ulkoisille tekijöille arka sitomaton rakenne saadaan tilavuudeltaan

lähes muuttumattomaksi ja kestävyydeltään pitkäikäiseksi. Sementtistabilointi voidaan tehdä joko asema- tai tiesekoituksena. Sementillä sidottua puolijäykkää massaa kutsutaan maabetoniksi tai laihaksi maabetoniksi, riippuen sementin määrästä.

**Masuunihiekkastabilointi**, jossa tien vanha, kantavuutensa menettänyt ja rakeisuudeltaan hienontunut kantava kerros parannetaan toimivaksi sekoittamalla siihen tarvittava määrä masuunihiekkaa ja mahdollisesti vähäinen määrä sitoutumisprosessin käynnistäjänä ja ylläpitäjänä, eli aktivaattorina, toimivaa sideainetta (sementtiä, kalkkia, kipsiä). Stabilointi voidaan tehdä paikallasekoituksena käyttäen paikalle tuotuja tai vanhan tierungon materiaaleja tai sitten asemasekoituksena. Masuunihiekkastabiloinnissa voidaan uuden tien rakennekerroksissa käyttää hienompilaatuisia paikallisia materiaaleja sidottuna ja jäykistettynä kerroksena. /4/

**Remixerstabilointi**, jossa bitumilla stabiloitu kerros valmistetaan sekoittamalla lämmitetty vanha päällyste hienontuneen kantavan kerroksen yläosan ja mahdollisen lisäkiviaineksen kanssa. Menetelmän avulla saadaan huonokuntoisesta vanhasta kerroksesta yhdellä käsittelykerralla valmis tasainen stabiloitu kerros, joka kelpaa sellaisenaan päällysteen alustaksi. /5/

**Bitumi-sementti-komposiittirakenteessa** sideaineena on käytetty sekä bitumia että sementtiä /6/. Menetelmä on vielä kehitysasteella, mutta tarkoituksena on kehittää siitä puolijäykkä tien päällysrakenne, joka kestää alustan muodonmuutoksia paremmin kuin maabetonirakenne ja on vähemmän deformaatioherkkä kuin asfalttirakenne.

Perinteisten ja stabilointimenetelmien rinnalla kohteista kilpailee **ABK** eli kantavan kerroksen asfalttibetoni, joka on karkearakeinen kuumasekoitettu jyräasfalttipäällyste. ABK:ta käytetään kantavien kerrosten rakentamiseen. Myös **teräsverkkojen** käyttö kantavassa kerroksessa on vakiintunut, joskin vähän käytetty rakenteenparantamismenetelmä. Menetelmää käytetään tien pituussuuntaisten routanousujen ja halkeamien syntymisen estämiseksi tai vähentämiseksi. 70-80 luvuilla teräsverkot asennettiin murskeen sisälle. Nykyisin verkot asennetaan vanhan asfalttikerroksen päälle.

## 2 VAIHTOEHTOJEN VALINTA KIRJALLISUUDEN PERUSTEELLA

### 2.1 Valintaongelman luonne

Päätös on valinta kahdesta tai useammasta vaihtoehdosta. Päätöksenteoksi voidaan käsittää prosessi, joka alkaa valintaongelman määrittelystä ja päättyy vaihtoehdon valintaan. Päätöksenteossa pyritään valitsemaan mahdollisista vaihtoehdoista päätöksentekijän tavoitteita ja arvostuksia parhaiten toteuttava vaihtoehto. Jotta valinta olisi hyödyn maksimoiva, on tunnettava täydellisesti vaihtoehtojen ominaisuudet ja päätöksentekijän tavoitteet [7]. Tämä on kuitenkin harvoin toteutuva ideaalitalanne.

Tierakennushankkeisiin liittyvät päätökset ovat laajuusvaikutuksiltaan erilaisia. Tehdessään hankkeen toteuttamispäätöstä päätöksentekijä tarkastelee tiehanketta kokonaisuutena. Suunnittelijan tekemät valinnat liittyvät tasaus- ja linjavaihtoehtoihin sekä rakennusosavaihtoehtoihin ja materiaalivalintoihin. Työkohdesuunnittelija puolestaan käsittelee hankkeen yksittäistä rakennusosaa etsiessään tälle taloudellisinta toteutusvaihtoehtoa. [7]

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ainoastaan yksittäisen rakennusosan valintaan liittyviä ongelmia. Uudisrakennushankkeessa valintaongelma on puhtaasti yksittäisen suunnitteluratkaisun valinta. Rakenteenparantamishankkeissa valintaprosessi on korjauspäätöksen jälkeen luonteeltaan uudisrakennushankkeen kaltainen. Kummassakin tapauksessa valinta on aina teknis-taloudellista ongelmaa laajempi ongelma.

Kirjallisuus tarkastelee usein rakennusosan valintaa optimointiongelmana. Optimoinnissa käytettävät kriteerit vaihtelevat sen mukaan kuka optimoinnin tekee. Urakoitsijaa kiinnostaa eniten investointikustannukset. Tilaajan puolestaan tulisi pyrkiä elinkaarikustannusten optimointiin. Myös valmistettavan tien asettamat toiminnalliset laatuvaatimukset vaikuttavat päätöksentekoon laatusovaihtoehtojen kautta.

### 2.2 Valintateoriat ja niiden soveltuvuus suunnitteluratkaisun valintaan

#### 2.2.1 Päätöksenteko

Usein organisaatiossa päätöksentekoon osallistuu moni henkilö. Tällöin päätöksessä yhdistyvät useamman henkilön näkemykset, mieltymykset ja roolit. Päätöksestä muodostuu kompleksinen prosessi. Koska päätökseen liittyy monia teknisiä yksityiskohtia, vaatii päätöksenteko enemmän aikaa ja

pitkiäkin harkintajaksoja. Päätöksenteon tueksi vaadittavan informaation keräämiseen kuluu myös aikaa ja resursseja. Kaikkiaan päätöksentekoprosessin monimuotoisuuden takia jokainen organisaatio on jollain tapaa oma-laatuinen. Näistä syistä suunnitteluratkaisun valinta onkin usein asiantuntijaratkaisu.

Päätöksenteko on varsin dynaaminen prosessi. Arviointikriteerit muuttuvat ja täydentyvät prosessin edistyessä. Arviointikriteerien muodostaminen ja informaation etsinnän alaprosessit ovat dynaamisesti interaktiivisia prosesseja. Ne voivat tapahtua samanaikaisesti ja vaikuttaa toisiinsa. Arviointikriteerit muodostetaan kulloisenkin projektin kohdalla sen vaatimien ominaisuuksien mukaan päätöksenteko-organisaatiolle sopivaksi hioutuneella tavalla.

Päätöksentekoprosessin perustana on arviointikriteerien luominen. Tämä käsittää arviointikriteerien määrittämisen sekä tuottajien että tuotteiden arvioimiseksi. Arviointikriteerien määrittäminen on tärkeä vaihe, koska niiden pohjalta tullaan viimekädessä tekemään lopulliset päätökset. Arviointikriteerit muodostuvat ominaisuuksista, joiden arvojen perusteella tuottajia ja tuotteita voidaan kulloiseenkin hankkeeseen sopivalla tavalla keskenään vertailla. Ominaisuuksille annetaan tietyt painoarvot niiden tärkeyden mukaan. Jotkut ominaisuudet eli attribuutit voivat olla ns. kynnysattributteja. Nämä ominaisuudet tuotteen on joka tapauksessa täytettävä.

### 2.2.2 Ostopäätösteoriat

Suunnitelmavaihtoehtojen valintaa voidaan tarkastella käyttämällä mallina organisaation ostopäätösteorioita, joita on kirjallisuuden perusteella useita. Yksinkertaisimmat mallit pyrkivät selittämään ostokäyttäytymistä yhden muuttujan avulla, kun taas monimutkaisemmat mallit muodostavat kokonaisvaltaisen kuvan ostokäyttäytymisen kulusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Mallit jaetaan neljään ryhmään /9/:

1. tehtäväorientoituneet mallit
2. ei-tehtäväorientoituneet mallit
3. päätösprosessit
4. yhdistetyt mallit.

**Tehtäväorientoituneet mallit**, jotka pyrkivät selittämään teollisen oston taloudellista puolta käyttämällä yksiselitteisiä muuttujia. Mallin muuttujat ovat mitattavia suureita. Tehtäväorientoituneita malleja ovat esim:

- *Minimihinnan malli*, jossa oletetaan ostavan yrityksen aina pyrkivän minimoimaan tuotteesta tai palvelusta maksamansa hinnan ja täten maksimoimaan voittonsa.
- *Alhaisimman kokonaiskustannuksen malli*, joka on jatkoa edelliselle mallille ottaen huomioon myös laadun, toimituksen, luotettavuuden ja muiden hinnoittelemattomien muuttujien aiheuttamat kustannukset.
- *Rationaalisen ostajan malli*. Mallin mukaan ostaja arvioi rationaalisesti vaihtoehdot ja niiden oletetut tuotot. Ostopäätös tehdään maksimoimalla odotettu voitto.
- *Toimittajalojaalisuuden malli*. Mallissa jatkuvuuden turvaamisesta muodostuu ostokäyttäytymisen päämuuttuja, jolloin tapakäyttäytyminen painottuu ja taipumus suosia aikaisempia toimittajia vahvistuu.
- *Toimittajauskottavuuden malli*. Malli toteaa, että mitä parempi maine yrityksellä on sitä paremmat mahdollisuudet yrityksellä on saada uusi tuote hyväksytyksi. Malli on läheisesti sidoksissa edelliseen malliin.
- *Ostotyypimallit*. Malli käsittää kolme ostotilannetta ja -päätöstä: uusi osto, muunneltu osto ja suora jälleenosto.
- *Materiaalihallinnollinen malli*. Mallin perusoletuksena on tuotannon materiaalihankintojen ja -virtojen vastuun säilyttäminen hankintapäälliköllä. Hänelle kuuluvat laatuun ja määrään liittyvät päätökset, ensisijaisena kustannusten minimointi.
- *Rajatun valinnan malli*. Malli olettaa, että toimittajat valitaan useimmiten etukäteen rajoitetusta toimittajien joukosta, jolloin ainoastaan pieni osa potentiaalisista toimittajista huomioidaan.

**Ei-tehtäväorientoituneet mallit** keskittyvät ostoon osallistuvan yksilön käyttäytymistä kuvaaviin muuttujiin. Mallin muuttujat ovat mittaamattomia suureita. Ei-tehtäväorientoituneita malleja ovat:

- *Havaitun riskin mallit*. Pyrkimys välttää havaittu riski voidaan ymmärtää mieltymykseksi vaihtoehtoon, jonka tulos varmuudella tiedetään. Pyritään välttämään vaihtoehtoa, joka on arvoltaan sama tai edullisempi, mutta jonka tulos on ainoastaan todennäköinen.
- *Negaatiovalintamalli* perustuu oletukseen, että ostajat pelkäävät väärän valinnan mahdollisuutta ja mieluummin minimoivat tappiot kuin maksimoivat tuoton riskien kustannuksella. Lisäksi mallin mukaan ihminen kykenee käsittelemään enintään kahta samaan päätökseen vaikuttavaa tietoa ja näistäkin pinnalle pääsee vain toinen. Ratkaiseva karsiva valinta perustuu usein vain yhteen negatiiviseen ominaisuuteen. Negaatiovalintamallissa taloudellisuus-käsite muuntuu aina päätökseen sopivaksi.
- *Diffusioprosessi* on saman kaltainen kuin havaitun riskin malli. Diffusioprosessi tarkastelee kuitenkin yritystä päätöksentekoyksikkönä, kun taas havaitun riskin malli keskittyy yksilöön.

- *Itsetehostuksen malli* ymmärtää toimittajien tarjoamat ”palvelut” ostajan haluksi käyttää asemaansa oman toimeentulonsa kohottamiseksi. Kansanomaisesti mallia voisi kutsua ”lahjusmalliksi”.
- *Egon kohottamisen malli* painottaa kehumisen merkitystä ostajan hyväntuontunteen lisääjänä. Malli korostaa yrityksiä laajentaa minimihinnan ja alhaisimman kustannuksen malleja tunnetekijöillä.
- *Dyadisen kanssakäymisen malli* korostaa myyjän ja ostajan välisten henkilösuhteiden vaikutusta ja keskittyy erityisesti osapuolten rooliodotuksiin. Malli olettaa ostajien suosivan henkilökohtaisilta ominaisuuksiltaan itsensä kaltaisia myyjiä. Myös kaupantekotilanteen tärkeyttä painotetaan.
- *Lateraalisen kanssakäymisen malli* selittää tapaa, jolla ostokeskuksen jäsenet vuorovaikuttavat. Malli on käyttäytymistieteellinen versio alhaisimman kokonaiskustannuksen mallista, joka pyrkii arvioimaan eri yksiköiden ja osastojen muodostamien kustannusten yhteisvaikutusta, kun taas lateraalisten kanssakäymisten malli pyrkii arvioimaan samojen yksikköiden ja osastojen yhteisvaikutusta sosiaalisen kanssakäymisen osalta.

**Päätösprosessit** keskittyvät yksityiskohtiin tunnistuen oston vaiheet sekä asettaen ne loogiseen järjestykseen.

- *Klassinen päätöksentekoteoria* olettaa, että päätöksenteko on rationaalinen prosessi.
- *Käyttäytymisteoreettinen päätösprosessi* tunnistaa reaalimaailman asettamat rajoitukset päättäjien päätöksenteolle ja korostaa päättäjien työskentelevän rajoitusten alaisena. Käytettävissä oleva informaatio ja tilanteen määrittäminen on todennäköisesti epätäydellinen ja lopullinen päätös muodostuu muilla perusteilla kuin yksinkertainen optimointi tai tuloksen maksimointi.
- *Compact-malli* pyrkii kuvaamaan ostovaiheiden aiheuttamien tekojen ja pätevyystasojen välisiä suhteita. Malli muodostuu kolmesta dimensiosta: ostovaiheiden muodostamista ostopäätösprosesseista, ostokeskuksen jäsenien hierarkisesta asemasta ja henkilöiden pätevyyden ja motivoinnin vaikutuksesta edellisiin. Malli yhdistää päätösprosessin vaiheet organisaatio- ja henkilötökijöihin. Käytännössä malli on liian abstrakti selittämään organisaation ostokäyttäytymistä.
- *Ostoprosessi ja ostopäätösprosessi* ovat teorioina ensimmäiset merkittävät yritykset ymmärtää teollista ostopäätösprosessia. Malleissa todetaan päätöksenteon koostuvan kolmesta eri vaiheesta:
  1. rutiiniprosesseista, jotka toistuvat päätöksentekoprosessin eri vaiheissa,
  2. kommunikaatioprosesseista, jotka edustavat organisaation sisäistä tiedon kulkua ja



3. ongelman selvittämisprosesseista, joiden pyrkimyksenä on löytää ratkaisu osto-ongelmaan.

- *Toimittajan valintaprosessi*. Malli toimii yksinkertaisesti karsien toimittajia kunnes yksi on jäljellä. Karsintakriteereinä voivat vaihdella hinta, toimittajien määrä, lojalisuus, laatu taikka asiakkaiden omien asiakkaiden luoma paine valinnasta.

**Yhdistetyt mallit** keräävät ostokäyttäytymistä kuvaavat muuttajat kokonaisuudeksi, joilla pyritään kuvaamaan miksi ja miten yritykset suorittavat ostopäätöksensä. Yhdistettyjen mallien muuttujina toimivat mitattavat ja mittamattomat suureet sekä havaittavat ja ei-havaittavat vaiheet.

Monimuuttujamallit kuvaavat ostopäätökseen vaikuttavien tekijöiden lukumäärää. Ne toimivat useimmiten lähtökohtana moniulotteisille malleille, jotka selittävät vaikutusten keskinäisiä suhteita. Perinteisen multiatribuuttimallin mukaan ostokäyttäytyminen on ympäristö-, organisaatio-, ryhmä- ja henkilökohtaisten vaikutusten funktio.

Yhdistetyistä malleista suosituin on ehkä yksinkertaisuutensa takia ostoverkkomalli. Se ei sisällä monimutkaisia käyttäytymistä kuvaavia muuttujia, mutta antaa systemaattisen 2-ulotteisen kuvan organisaation ostoilmioista. Eri ostotyyppien ostovaiheiden tiheyttä ja tälle ostotyypille ominaista ostoprosessia kuvaa ostoverkon merkinnät "Kyllä", "Ehkä" ja "Ei".

### 2.2.3 Optimointimallit

Suunnitteluratkaisuvaihtoehdon valintaprosessissa optimoinnin tehtävänä on tunnistaa mitä on tehtävä, kehittää täsmälliset arvosteluperusteet suorituksen mittaamiseksi, arvostella saavutus näiden perusteiden mukaisesti sekä tunnistaa ratkaisuun liittyvät vaaratekijät /7/. Ongelman optimoinnin perusteella valitaan ongelmaan sopivin ratkaisu.

Edullisuusvertailulla tai -selvityksellä tarkoitetaan päätösvaihtoehtojen systemaattista edullisuustarkastelua, jossa vaihtoehtojen eriaikaiset, erilaiset ja mahdollisesti eri osapuolille aiheutuvat seurausvaikutukset pyritään selvittämään sekä saattamaan keskenään vertailukelpoisiksi päätösvaihtoehtojen keskinäisen paremmuuden ja edullisuuden arviointia varten. Edullisuusvertailu on laajempi käsite kuin kustannusvertailu, jossa keskitytään ainoastaan investoinneista aiheutuvien kustannusten vertailemiseen. Edullisuusvertailu voi kohdistua muunkin tyyppiin selvityksiin. Myös investointeja koskevissa selvityksissä edullisuusvertailun käsitteeseen sisältyvät rahamääräisten vaikutusten lisäksi muun laatuiset ja eri osapuoliin kohdistuvat vaikutukset ja niiden arvostelu /7/. Eri tekijöiden erilaisten mittaustarkkuuksien vuoksi on

edullisuusvertailuja suoritettaessa usein vaarana, että tarkasti mitattavat tekijät tulevat päätöksenteossa määrääviksi tekijöiksi. Samanaikaisesti useita tärkeitä tekijöitä jää vaille huomiota, koska niiden tarkka määrällinen ilmaiseminen tuottaa vaikeuksia /7/.

Edullisuusvertailumenetelmät jaetaan menetelmän peruslinjausten mukaan kahteen ryhmään /10/:

- *Yhdistelevissä vertailumenetelmissä* tavoitteena on optimoida päätösratkaisu yhteismitallistamalla vaihtoehtojen vaikutukset rahaksi tai pisteiksi. Tällöin vaikutusten looginen ja laskennallinen käsittely yhtenäisessä muodossa on mahdollista.
- *Erittelevissä vertailumenetelmissä* lähtökohtana ovat yhteiskunnan moniarvoisuudesta aiheutuvat arvostiridiidat päätöksentekotilanteissa, eri vaikutustyyppien yhteismitallistettavuuden vaikeus sekä ympäristöongelmien erityisluonne. Päätöstilanteiden osalta tämä tarkoittaa sitä, että yksiselitteisesti parasta vaihtoehtoa ei kyetä loogisesti ja laskennallisesti osoittamaan, vaan vaihtoehtojen paremmuusjärjestykseen vaikuttaa voimakkaasti valittu näkökulma. Erittelevän vertailun tavoitteena onkin kerätä, jäsenellä ja tiivistää aineistoa, jotta suunnitteluun ja päätöksentekoon osallistuvat kykenevät yhtenäiseltä tiedolliselta perustalta keskustelemaan vaihtoehtoista tasavertaisesti ja muodostamaan omat näkemyksensä hyväksyttävästä vaihtoehdosta tai vaihtoehtoista.

Rakennusosan panosten mittaamisessa ja yhteismitallistamisessa ei yleensä esiinny mittausteknisiä vaikeuksia, koska ne kyetään useimmiten ilmaisemaan rahassa. Tuotospuolelle syntyy ongelmia, kun tuotoksilla ei ole varsinaista hintaa. Vaikutusten mittaaminen edellyttää, että tavoitteita ja toimenpiteitä tarkastellaan eri näkökulmista. Vaikutusten mittaaminen edellyttää eritasoisten indikaattoreiden käyttöä. Vaikutukset voidaan ilmaista joko rahassa tai jossain muussa mittayksikössä. Indikaattorit voidaan jakaa kolmeen tasoryhmään /7/:

1. sosiaali-indikaattorit, joiden avulla pyritään mittaamaan yhteiskuntapoliittisesti merkittävien tavoitetilojen muutoksia
2. vaikutusindikaattorit, joiden käyttö liittyy ohjelmakokonaisuuksien tulosten arviointiin
3. suoriteindikaattorit, jotka puolestaan liittyvät toiminnan taloudellisuuden ja tuottavuuden arviointiin.

Mikäli vaihtoehdon hyödyt määritetään jotain muuta tekijää kuin rahaa käyttäen, voidaan hyötyä kuvata hyöty-kustannussuhteen tapaista tunnuslukua käyttäen. Mittaluku saadaan esim. jakamalla hyödyksi luokiteltavien suoritteiden lukumäärä kustannuksilla tai muulla tavalla ilmaistujen haittojen määrällä. Ei-rahamääräiset vaikutukset voidaan myös luokitella täysin yhteneväi-

sesti rahamääräisten vaikutusten kanssa, joskin edullisuuden selvittäminen on usein tapana muotoilla hieman edullisuuslaskelmista poiketen. /7/

Ei-rahassamitattavien vaikutusten mittaamiseen on kehitetty erilaisia menetelmiä kuten /7/:

- *Painottomat menetelmät*, joissa ei välttämättä edellytetä itse vertailun yhteydessä eri ajankohtina ilmenevien, eri laatuisten ja eri osapuolille aiheutuvien vaikutusten keskinäistä painottamista niiden suhteellisen tärkeyden tms. arvostusperusteiden mukaisesti.
- *Yksinkertaiset painotusmenetelmät*, joissa on luovuttu vertailukriteerien painottomuuden periaatteesta. Päätöskriteerien painosuhteista edellytetään kuitenkin varsin yleisluonteista tietoa. Arvostuksille asetettujen vaatimusten yleisluonteisuus vähentää vertailun työläyttä, mutta lisää sen uskottavuutta verrattuna menetelmiin, joissa edellytetään yksityiskohtaisten, todellisten arvostusten kannalta pätevyydeltään kyseenalaisten, painokertoimien ja -rakenteiden määrittämistä.
- *Pisteytys- ja painotusmenetelmät*, joissa päätösvaihtoehtojen eri vertailukriteereillä mitattua hyvyyttä ja kriteerien suhteellista tärkeyttä pyritään mittaamaan. Yleensä tällaisissa menetelmissä on olettamuksena, että niin hyvyyttä kuin tärkeyttäkin mitataan suhdelukuasteikolla. Vaihtoehdolle lasketaan niiden kokonaisedullisuutta ja sen mukaista paremmuusjärjestystä kuvaava vertailuluku painoarvoilla kerrottujen pistearvojen summana. Tällöin painoarvot osoittavat kunkin vertailukriteerin suhteellista tärkeyttä eri kriteerien suhteen. Vaihtoehto katsotaan sitä paremmaksi, mitä suurempi painotettu pistearvosumma on.

## 2.3 Kustannusorientoituneet valinnat

### 2.3.1 Investointikustannukset

Nykyään suunnitteluratkaisun valinnassa kaikkein eniten korostuu kustannuspainotteinen valintapäätös. Useimmissa tapauksissa valinta perustuu pääasiassa toteutuneiden yksikkökustannusten vertailuun.

Päätöksen taustalla on lähes aina budjettirahojen riittävyys, jolloin kiinnitetään huomiota vain tämän hetken kustannuksiin ja tärkeät, kokonaiskustannuksia kuvaavat elinkaarikustannukset jäävät tarkastelematta. Tällöin päätöksen kokonaistaloudellisesta edullisuudesta ei todellisuudessa kyetä sanomaan mitään varmaa.

Toteutuneisiin kustannuksiin perustuvassa edullisuusvertailussa ei valinnassa huomioida suunnitteluratkaisuiden eroista johtuvia kustannuseroja. Tiera-

kennushankkeissa menetelmävaihtoehtojen väliset kustannuserot muodostuvat

- suunnitteluratkaisuista
- rakennuttamis- ja tuotantoratkaisuista
- hintatekijöistä. /11/

Investointikustannuksia vertailtaessa on tärkeää, että vaihtoehtoilta on identtiset kustannussisällöt. Vaihtoehtojen paremmuusjärjestys saadaan helposti muuttumaan vaihtamalla tutkittavien kustannusten laajuutta. Joidenkin menetelmien valttina saattaa olla nopeus ja joidenkin materiaalikustannukset. Menetelmille yhteiset, vakiona pysyvät kustannukset voidaan vertailussa jättää huomioimatta. Kustannusvertailu on aina olosuhteiden ja menetelmien vaihteluista johtuen tapauskohtainen. Alustavia vertailuja voidaan tehdä viitetietojen perusteella, mutta tarkempaan edullisuusvertailuun tulee ottaa mukaan kaikki menetelmien välille eroja aiheuttavat kustannukset.

Kantavan kerroksen suunnitteluratkaisun valintatilanteessa on hallittava hankkeen määrätiedot ja standardikustannuslaskelmat. Hankkeen merkittävimmät muuttujat käsitellään panospohjaisen kustannuslaskennan avulla ja tuntemattomat panostiedot puolestaan standardikustannuslaskennan mukaisesti.

Suunnitelutilannetta ajatellen valintaongelmana on, että tilaajapuoli ja suunnittelijat eivät useinkaan kykene tarkasti tutkimaan vaihtoehtojen välisiä tarkkuuksia ilman valmiita tuotanto- ja tuoteratkaisuja sekä hintatiedostoja.

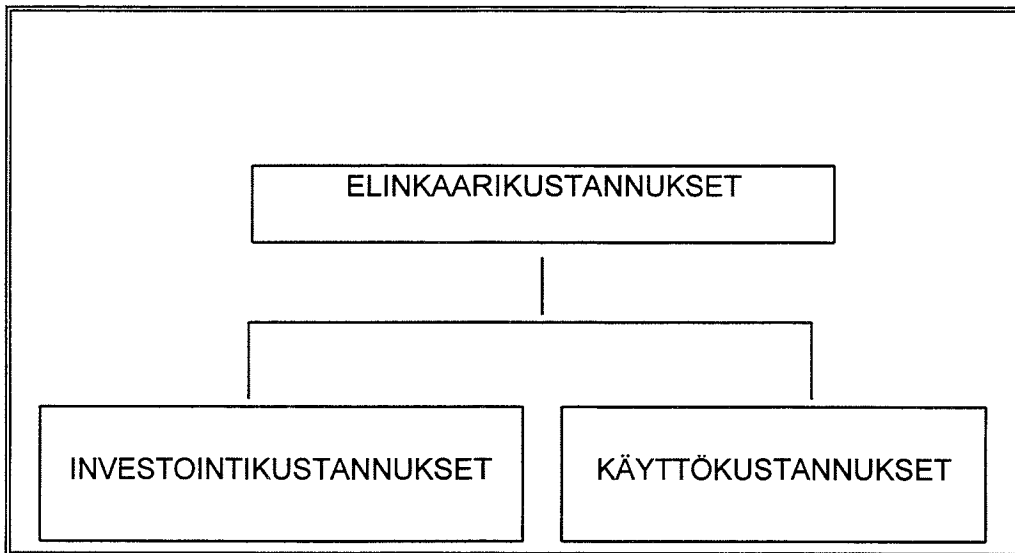
### **2.3.2 Elinkaarikustannukset**

Tierakennusprojektien taloudellista tarkastelua varten kustannukset jaetaan niiden ajallisen muodostumisen perusteella investointikustannuksiin ja käyttökustannuksiin. Investointikustannuksia ovat tutkimus- ja suunnittelukustannukset, rakentamiskustannukset sekä lunastus- ja korvauskustannukset. Elinkaarikustannukset puolestaan käsittävät tielle koko sen käyttöikänsä aikana tehtävistä toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset (kuva 1). Näiden välittömien hankekustannusten lisäksi voi hankkeen toteuttamisesta aiheutua välillisiä kustannuksia eri osapuolille. Välillisiä kustannuksia aiheutuu valtiolle mm. hankeenlupakäsittelyistä ja muista hallinnollisista toimista sekä muille asianomaisille esimerkiksi suunnittelu- ja lupaprosessiin osallistumisesta tai toiminnan mukautumisesta muuttuneisiin olosuhteisiin. /7/

Hankkeen elinkaarikustannukset muodostuvat esim:

- investointikustannuksista

- ratkaisun käyttöiästä
- korjauskustannuksista
- ratkaisun herkkyydestä vahingoille
- suunnitteluvirheiden mahdollisuudesta.



Kuva 1. Elinkaarikustannusten muodostuminen.

Hankkeiden aiheuttamat kustannukset ja niistä saatavat tuotot tai säästöt jakaantuvat koko hankkeen taloudelliselle pitoajalle, jolloin maksusuoritukset on saatettava vertailukelpoisiksi keskenään. Aikatekijä otetaan laskuissa huomioon korkolaskennan avulla. Tämä tekee mahdolliseksi investointiin liittyvien tuottojen ja kustannusten siirtämisen samaan vertailuajankohtaan. /7/

Tiehankkeiden suunnitelmaratkaisuiden keskinäistä edullisuutta vertailtaessa käytetään nykyarvo-, annuiteetti- tai sisäisenkorkokannan menetelmää. Kaksi ensin mainittua ovat absoluuttisen kannattavuuden laskentamenetelmiä, koska niissä hankkeen nettohyöty esitetään rahamääräisenä tunnuslukuina. Sisäinen korkokanta on puolestaan suhteellista kannattavuutta kuvaava tunnusluku. /7/

Laskentamenetelmien soveltuvuus riippuu edullisuusvertailutilanteen luonteesta, käytettävissä olevista laskennan apuvälineistä sekä laskelmilta vaadittavasta tarkkuudesta. Mitään menetelmää ei voi pitää toista parempana, vaan menetelmän valinta perustuu usein myös arvostukseen ja tarkoituksenmukaisuuteen. Edullisuuden selvittämisessä tavallisimmat menetelmät antavat yleensä yhtäpitävän tuloksen. Eri vaihtoehtojen keskinäinen edullisuusjärjestys sen sijaan voi hyvinkin vaihdella käytetystä menetelmästä riippuen. Menetelmiä onkin syytä käsitellä toistensa täydentäjinä. /7/

Kunnossapitokustannusten vaikutus näkyy vasta vaihtoehtojen elinkaarikustannusten vertailussa. Vaikka kunnossapitokustannuksilla on tierakentamisessa varsin suuri rooli, ei niiden tarkasteluun juuri aikaa uhrata.

Elinkaarilaskelmien heikkoutena on järjestelmällisesti kerätyn tilastotiedon puute. Tämän takia joudutaan laskelmissa yleensä hankkeen riskitekijät ja tulevaisuuden kustannukset arvioimaan.

### **2.3.3 Epävarmuustekijöiden käsittely**

Yleisesti epävarmuudella tarkoitetaan epätietoisuutta tulevista tapahtumista ja kuinka niissä tulisi toimia. Epävarmuus tulkitaan usein laajaksi yleiskäsitteeksi jolloin riski merkitsee menetyksiin johtavien muutosten uhkaa.

Epävarmuuden ja riskin olemassaolon vuoksi luottamus päätöstä varten kerättyä materiaalia kohtaan pienenee ja valintapäätös halutaan tehdä pääasiassa päätöksentekijän tunteeseen tai omaan näppituntumaan perustuen. Päätöksenteko tapahtuu täydellisen varmuuden vallitessa teoriassa vain silloin, kun kaikki mahdolliset päätösvaihtoehdot ja niiden hyvyystulokset ovat tunnettuja.

Epävarmuus suunnittelussa ja päätöksenteossa liittyy voimakkaasti ympäristöön eli ulkoisiin olosuhteisiin, joissa suunnittelu tapahtuu. Kohteisiin liittyvä epävarmuus aiheutuu ympäristössä tapahtuvista todellisista muutoksista. Suunnitteluprosessiin liittyvä epävarmuus puolestaan johtuu menetelmien epäluotettavuudesta ja subjektiivisista tekijöistä kuten erehdyksestä ja erimielisyydestä.

Koska epävarmuutta ei voida suunnittelussa koskaan täysin poistaa, on huonojen päätösten välttämiseksi kehitettävä suunnittelu- ja päätöksentekoprosessia siten, että epävarmuus tulisi paremmin tiedostettua ja huomioon otetuksi. Menettelytapoja ja menetelmiä tulisi jatkossa kehittää, jotta toiminnan tulokset ja seuraukset olisivat tulevaisuudessakin epävarmuuden vallitessa edullisia.

Päätöksenteon yhteydessä ei riitä pelkästään edullisuusvertailujen lopputulosten käsittely, vaan tarvitaan täydentävää tietoa laskentaperusteista ja niiden muuttamisen mahdollisista vaikutuksista lopputuloksiin. Herkkyysanalyysi, todennäköisyys- ja riskitarkastelut antavat eräitä mahdollisuuksia tutkia, missä määrin muutokset eri tekijöissä ja epävarmuustekijät vaikuttavat tarkasteltavien vaihtoehtojen suhteelliseen edullisuusjärjestykseen. Laskentaperusteita koskevat ongelmat liittyvät usein laskennassa tapahtuvaan ra-

jaukseen, laajuuteen, mittaukseen, arvottamiseen, kohdistamiseen ja jakso-  
tukseen.

Herkkyysanalyysien avulla pyritään osoittamaan missä määrin eri tekijöiden muutokset vaikuttavat tarkasteltavien vaihtoehtojen suhteelliseen edullisuu-  
teen. Herkkyysanalyysin avulla havainnollistetaan niitä tekijöitä, joiden va-  
raan vertailu ja sen tulokset varsinaisesti perustuvat. Tiettyjen muuttujien  
osalta riittävän laaja analyysi on tehtävä jo ongelmaa ja vaihtoehtoja muo-  
dostettaessa. Herkkyysanalyysi kohdistetaan lähinnä ennuste- ja arvostus-  
muuttujiin. Tällaisia muuttujia ovat esim. volyymiennusteet, laskentakauden  
pituus, toteutusajankohdat, vaikutusten hinnoitteluperusteet yms. Herk-  
kyysanalyysin tulokset osoittavat, minkä osatekijöiden vaikutus on edulli-  
suustuloksiin sinänsä ja suhteessa toisiinsa merkittävien. /7/

Epävarmuustekijöihin voidaan varautua erilaisten analyysien ohella myös  
ns. riskilisten avulla. Tällaisia riskilisiä käytettäessä kustannukset arvioidaan  
tarkoituksellisesti arvioitua suuremmiksi tai vastaavasti jotkut tuotot odotet-  
tua pienemmiksi. Riskilisten käyttäminen vaikuttaa kätevältä tavalta, mutta  
niihinkin sisältyy epäkohtia. Epävarmuustekijöistä ja niiden seurauksista ei  
saada minkäänlaista käsitystä, vaan ongelma pyritään kiertämään. Lisäksi  
seurauksena saattaa olla vaihtoehtojen keskinäisen vertailukelpoisuuden  
kärsiminen, sillä epävarmuustekijöiden ei tarvitse olla yhtä suuria kaikissa  
vaihtoehtoissa. /7/

Erilaiset epävarmuuden käsittelytavat eivät välttämättä ole toisiaan korvaa-  
via vaan niitä tulisi soveltaa toisiaan täydentävinä.

### **3 VAIHTOEHTOJEN VALINTA TODELLISUUDESSA**

Tierakennushankkeisiin liittyvien kantavan kerroksen menetelmävaihtoehto-  
jen valintoihin liittyvien mielipiteiden selvittämiseksi valittiin tutkimusmene-  
telmäksi puolistruktuoitu haastattelututkimus. Haastateltaviksi päätettiin vali-  
ta tilaajia, suunnittelutoimistoja sekä urakoitsijoita tasapuolisesti edustava  
kattava otos tierakennusalan ammattilaisia.

#### **3.1 Uudisrakennushankkeet**

Uudisrakentamisen osalta tutkimuksella pyrittiin selvittämään mitä suunnitte-  
luratkaisuja Suomessa pääasiassa käytetään tien kantavassa kerroksessa  
ja miten ne valitaan. Tutkimuksen tilaajia kiinnosti kuka valinnat tekee ja  
ollaanko tyytyväisiä mitoitusjärjestelmään sekä uusien vaihtoehtojen tutkimi-  
seen. Tielaitosta kiinnosti edellä mainittujen asioiden lisäksi haastateltavien

suhtautuminen tulevaisuuden kokonaisvastuu-urakointimuodon käyttämiseen tierakentamisessa.

Uudisrakennushankkeiden suunnitteluratkaisuista erottui haastattelujen perusteella selvä kolmen kärki, mikäli haastattelua tarkastellaan valtakunnallisella tasolla. Selvästi suosituin menetelmä oli murskeen käyttäminen. Kaksoiskostilan jakoivat maabetoni (MB) sekä kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK). Muut menetelmät kilpailivat tasaverroin lopuista projekteista. Yleisesti oltiin sitä mieltä menetelmävalinnoista, että vaihtoehtoja on liikaa ja mitoitaminen epätarkkaa. Haastatellut kaipasivat tarkempia tietoja menetelmävertailuista ja odottavat uusia ja tarkempia suunnitteluohjeita. Ihmiset, jotka tunsivat Ruotsin mitoitusjärjestelmää, kehuivat sen vaihtoehtojen selkeyttä.

Uudishankkeissa menetelmävalinnat tekee pääasiassa tilaaja (2/3), vaikkakin suunnittelijoiden mielestä vastuu tulisi siirtää suunnittelijoille. Tämä väite perusteltiin suunnittelijoiden suuremmalla tietomäärällä menetelmien ominaisuuksista sekä kiinnostuksella kehittää uusia menetelmiä ja pyrkiä kokonaistaloudellisesti halvimpaan ratkaisuun. Suunnittelijoiden mielestä tilaajapuoli keskittyy liiaksi investointikustannusten tutkimiseen unohtaen tulevaisuuden kustannukset eli elinkaarikustannukset. Haastattelujen mukaan elinkaarikustannukset ja niiden huomioon ottaminen tierakentamisessa on kolkon kummallakin puolella täysin lapsenkengissä. LCC-laskuja pidettiin pääasiassa suunnittelua hidastavana turhana tekijänä. Suunnittelijat olivat kuitenkin selvästi muita kiinnostuneempia kehittämään asiaa.

### **Murskeen käyttö**

Murskeesta puhuttaessa haastatteluissa ei yleensä spesifioitu mitä murskelajia tarkoitettiin. Tämän vuoksi tässäkin yhteydessä sekä kallio- että sora-murskeesta käytetään yhteisnimitystä murske.

Mursketta pyritään haastattelun mukaan käyttämään mahdollisimman paljon. Teiden kantavista kerroksista vähintään alaosa tehdään sitomattomista materiaaleista. Sitomattomista materiaaleista murskeen käyttö on suosituinta. Puhtaasti sitomatonta kantavaa kerrosta käytetään yksistään pääasiassa alempiluokkaisilla teillä. Kantavuusvaatimusten kasvaessa ylempiluokkaisilla teillä joudutaan sitomattomien kerrosten suhteellista osuutta pienentämään. Murskeen suosio selitettiin ainoastaan alhaisilla investointikustannuksilla. Niin kauan kuin kuljetusetäisyydet laadukkaalle materiaalille ovat kohtalaiset, kannattaa käyttää mursketta. Maksimi kuljetusetäisyys vaihteli haastatteluiden mukaan aika paljon. Toiset puhuivat 100 km:n maksimi kuljetusetäisyydestä ja toiset 200 km:n. Kannattavan kuljetusmatkan pituus riippuu haastateltujen mukaan paljon mm. materiaalin laadusta ja painoar-



vosta, joka kantavuusominaisuuksille laitetaan sekä kohdekohtaisista kuljetusmaksuista.

Mursketta käytettäessä voidaan kantavan kerroksen kantavuutta parantaa tulevaisuudessa helposti sitomalla murske jollain sideaineella. Tämä olikin yksi tärkeimmistä murskeen käytön puolesta puhuvista kriteereistä. Investointikustannukset pysyvät alhaalla ja tulevaisuudessa voidaan käyttää helpoja tuttuja rakenteenparantamismenetelmiä.

Tulevaisuudessa pula laadukkaasta materiaalista kasvaa erilaisten rajoitusten sekä materiaalin vähyyden vuoksi. Vähintään tielinjalta saatu materiaali pyritään käyttämään hyväksi rakennushankkeessa.

### **Maabetonin käyttö**

Maabetonin käyttöä tierakenteissa edistää teihin kohdistuvat yhä kasvavat kuormitukset ja niiden aiheuttamat korkeammat kantavuusvaatimukset. Haastatellut pitivät maabetonia kantavuusominaisuuksiltaan parhaimpana menetelmänä, jonka ominaisuuksia voidaan säädellä kohdekohtaisesti sementtipitoisuuden ja kerrospaksuuden avulla. Kantavuusominaisuuksiensa ansiosta maabetonia käytettäessä säästetään kerrospaksuudessa. Haastateltujen mielestä tästä seuraa etuina luiskien helpompi sekä halvempi rakentaminen. Vaikkakin maabetonia pidettiin parhaimpana vaihtoehtona kantavuusominaisuuksien vuoksi, toivat haastatellut esille siitä enemmän negatiivisia kuin positiivisia ominaisuuksia.

Maabetonin herkkyyttä teiden talvisuolaukselle sekä veden syövyttävälle vaikutuksille arvosteltiin kovasti. Väitettiin, että maabetonin suosijat eivät välttämättä tiedosta tai tunne tarvittavan hyvin suolan ja veden syövyttävää vaikutusta. Mikäli syövyttävät vaikutukset halutaan täysin eliminoida, tulee maabetonin päälle rakentaa tiivis suojakerros esim. asfaltista. Tällöin kantavan kerroksen kustannukset nousevat uuden kerroksen rakentamisen verran.

Moni haastateltu kritisoi mitoituksen keskittymistä pääasiassa kantavuuteen. Routamitoitukset ja painumat jäivät monien mielestä turhan vähälle huomiolle. Mikäli maabetonikerroksesta aiotaan tehdä täysin immuuni roudan vaikutuksille, tulee kerroksesta varsin paksu. Tällöin kerroksen hinta kasvaa suoraan kerrospaksuuden lisäyksen suhteessa.

Maabetonin uudiskäyttöä tai purkukustannuksia ei ollut menetelmää valittaessa varsinaisesti pohdittu. Kukaan ei ottanut kantaa siihen, kuinka maabetonikerros tarvittaessa korjataan taikka puretaan.

Haastattelujen mukaan maabetoni soveltuu teknisten ominaisuuksiensa puolesta parhaiten kohteisiin, joissa liikenteen aiheuttamat kuormat ovat suuret ja pohjarakenteet tehdään täysin routimattomiksi. Kustannusten puolesta maabetonin parasta soveltuvuuskohdetta ei yksiselitteisesti määritetty.

### **Kantavan kerroksen asfalttibetonin käyttö (ABK)**

Kantavan kerroksen asfalttibetoni kilpailee haastateltujen mielestä suunnitteluratkaisuna maabetonin kanssa. Jaottelu karkealla tasolla voidaan taas tehdä alempi- ja ylempiluokkaisten teiden kesken. Kun todetaan, että sitomattomien materiaalien kantavuusarvot eivät vastaa kuormitusten asettamia vaatimuksia, joudutaan siirtymään sidottuihin vaihtoehtoihin.

ABK:n tärkeimpänä etuna vertailussa maabetoniin on haastateltujen mielestä investointikustannukset. Suomessa bitumi on huomattavasti sementtiä halvempaa. Lisäksi ABK:n käyttämistä puoltaa vaiheittain rakentamisen mahdollisuus. Kantavan kerroksen pintaa voidaan käyttää ABK-tyypistä riippuen tietyn aikaa liikennöimiseen. Tällöin voidaan investointikustannuksia siirtää hieman pidemmälle tulevaisuuteen.

ABK:n käyttöä lisää tulevaisuudessa väistämättä tapahtuvan rakenteenparantamisen helppous. ABK:ta varten on olemassa kehitettynä menetelmiä, joilla kyetään kohtalaisin kustannuksin parantamaan heikentyneitä kantavaa kerrosta (Remixer-stabilointi). Haluttaessa vaihtaa koko ABK:sta rakennettu kantava kerros johonkin toiseen materiaaliin voidaan ABK-mursketta käyttää päällysteen raaka-aineena.

ABK soveltuu haastattelujen mukaan hyvin kantavaksi kerrokseksi teille, joissa alusrakenteet jätetään kustannussyistä mahdollisesti routiviksi. ABK sietää vahingoittumatta vähäisiä muodonmuutoksia.

Yhtenä ehdotuksena ABK:n käytöstä haastatteluissa esitettiin maabetonin ja ABK:n yhdistelmää. Tällöin maabetonilla olisi päävastuu kantavuudesta ja asfalttibetoni huolehtisi vesi/suolatiiviydestä.

### **Muiden menetelmien käyttö**

Bitumilla stabiloituja materiaaleja ei haastateltujen mukaan kovinkaan vakavasti harkita käytettäväksi uudisrakennushankkeissa. Materiaalit muistuttavat ominaisuuksiltaan kantavan kerroksen asfalttibetonia, mutta ovat hinnaltaan kalliimpia.

Teräsverkkojen käytöstä kantavassa kerroksessa ei kenelläkään haastatellulla ollut henkilökohtaisia kokemuksia. Todettiin vain yleisesti, että idea on hyvä. Menetelmä herätti kysymyksiä rakenteen korjauksessa vastaan tulevista ongelmista.

Komposiittistabiloinnista haastatellut olivat kaikki kovin kiinnostuneita. Todettiin, että menetelmässä todennäköisesti yhdistyisi käytettävien komponenttien hyvät ominaisuudet. Bitumi-sementti-komposiittirakenteessa parhaassa tapauksessa saataisiin käytettyä hyväksi bitumin joustavuus- ja sementin kantavuusominaisuudet. Yleisesti oltiin sitä mieltä, että menetelmä ei ole vielä valmis tosissaan käytettäväksi. Haastatellut toivoivat saavansa mahdollisimman pian tutkimustuloksia menetelmästä ja sen suomista mahdollisuuksista.

Masuunihiekan käyttö oli haastattelujen perusteella menetelmänä varsin paikallinen. Kuljetus- ja toimituskysymysten takia masuunihiekkaa käytettiin ainoastaan Oulun seudulla. Siellä menetelmä olikin saavuttanut tärkeimmän kantavan kerroksen menetelmän tittelin. Oulussa todettiin, että kaikki materiaali mikä terästeollisuudesta saatiin, käytettiin. Maksimi kuljetusetäisyys kustannusmielessä oli Oulun tiepiirin laskujen mukaan 100-120 km, joten menetelmä on varsin paikallinen. Masuunihiekan tekee haastateltujen mukaan yliveriseksi materiaalin kantavuusarvot, lämmöneristävyys sekä sitoutumisominaisuudet. Masuunihiekkaa käytettäessä päästään kantavuusarvoihin  $500 \text{ MN/m}^2$  jo ohuilla kerroksilla. Tämän ominaisuuden ansiosta päästään aina kantavuusvaatimusten osalta "turvalliselle puolelle", jolloin säästetään kustannuksia ennakkotutkimuksissa sekä mitoituksessa. Lämmöneristävyuden ansiosta alempien kerrosten routimisen aiheuttamat vaikeudet helpottuvat huomattavasti. Masuunihiekka sitoutuu hitaasti saavuttamisen maksimi puristusarvonsa (3,5 MPa) vasta vuoden kuluttua levityksestä. Tässäkin nähtiin ainoastaan hyviä puolia. Kun sitoutuminen tapahtuu noin hitaasti, ehtii rakennekerroksissa tapahtua liikenteen kuormituksesta aiheutuva tiivistyminen ennen materiaalin täyttä sitoutumista. Materiaali ehtii ikäänkuin mukautua rakentamisen aikaisen tiivistämisen vajaavuudesta johtuviin muodonmuutoksiin. Kaiken tämän lisäksi masuunihiekka sitoutuu vuosienkin päästä jossain määrin uudestaan. Näin ollen säästetään masuunihiekkaa käytettäessä ensimmäisissä rakenteiden väsymisestä aiheutuvis- sa korjauskustannuksissa. Oulun tiepiirin edustajien mielestä masuunihiekka oli tutkittu kantavassa kerroksessa jo tarpeeksi, joten mitään yllätyksiä ei materiaalin ominaisuuksien osalta ollut tulossa. Muut haastatellut suhtautuivat tutkimuksien riittävyteen kovin skeptisesti.

### **Kokonaisvastuu-urakointi (KVU)**

Tutkimuksen aiheena olleeseen suunnitteluratkaisun valintaprosessiin KVU-rakennuttaminen ei haastateltujen mielestä toisi mainittavampia muutoksia. KVU-rakentamisesta käytetään uusimmassa kirjallisuudessa nimitystä S-T-rakentaminen (Suunnittele ja Toteuta)

KVU:ssa nähtiin kuitenkin paljon hyviä piirteitä oikein toteutettuna. Todettiin, että vihdoin menetelmävaihtoehtojen elinkaarikustannukset astuisivat tärkeään asemaan rakenteita suunniteltaessa. Kun vastuu koko hankkeesta lepäisi yksillä harteilla, tulisivat elinkaarikustannukset saamaan väkisinkin niille kuuluvan aseman vaihtoehtoja valittaessa. Tällä olisi haastateltujen mielestä valtava edistävä vaikutus tierakentamisen kokonaistalouteen ja sitä kautta koko valtion talouteen. Materiaalien ja menetelmien kehitysvauhdin uskottiin kiihtyvän huomattavasti kun urakkakilpailujen pääpaino siirtyisi urakointipalkkioiden pienentämisestä menetelmien kehittämisen tehostamiseen.

Haastatellut totesivat myös, että KVU-ajatuksen voisi myös pilata kilpailuttamalla liian monia tahoja samoista urakoista epäselvillä lähtötiedoilla ilman minkäänlaista korvausta tai riittävän suurta mahdollisuutta urakan saannista. Tämän välttämiseksi haastatellut ehdottivat KVU-hankkeissa käytettäväksi kilpailijoiden tarkkaa esivalikointia ja nimellistä maksua kilpailuun osallistumisesta. Lisäksi toivottiin kilpailua varten kehitetyille menetelmille teollisuusosoikeudellista suojaa.

### **3.2 Rakenteenparantamishankkeet**

Rakenteenparantamishankkeissa noudatettiin uudisrakennushankkeiden linjoja menetelmävalintojen osalta. Koetettiin selvittää mahdollisimman pienillä korjaushetken kustannuksilla ajattelematta tarkemmin tulevaisuudessa tapahtuvia kustannuksia. Murskeen käyttäminen oli korjaushankkeissakin koko Suomessa selvä ensinharkittava vaihtoehto. Seuraavana haastatteluiden perusteella oli bitumistabiloinnit. Rakenteenparantamishankkeissakin menetelmävalinnoissa mieltymykset ja tottumukset vaihtelivat kovasti alueittain. Erona oli vain se, että vielä varmemmin luotettiin kerran hyväksi todettuun menetelmään. Haastattelujen perusteella voisi todeta, että rakenteenparantamishankkeissa käytettävät menetelmät eivät radikaalisti muutu ennen kuin murskeen käyttö syystä tai toisesta kokonaan loppuu tai sideainehinnoissa tapahtuu jotain mullistavaa.

Kun haastatteluissa puhuttiin korjaushankkeista, käsiteltiin keskusteluissa poikkeuksetta alempiluokkaisten teiden kantavuusominaisuuksien korjaamista.

## Murskeen käyttö

Korjaushankkeissa käytetään haastatteluiden perusteella mursketta silloin kun sitä on saatavilla kohtuullisten kuljetusmatkojen sisältä. Haittapuolina murskeen käytössä olivat tasausviivan nousu ja siitä aiheutuvan luiskien leventämisen kustannukset, unohtamatta mahdollisten lisämaa-alueiden lunastamisesta aiheutuvia kustannuksia. Mikäli taas kantavan kerroksen alkuperäinen materiaali aiottiin vaihtaa uuteen murskekerrokseen, oli ongelmana liikenteen häiritseminen.

Murskeen käytön tärkeimpänä valintakriteerinä haastatellut pitivät korjauskustannuksia. Lisäksi, tarpeen niin vaatiessa, olisi murskeesta rakennetun kantavan kerroksen kantavuutta helppo kasvattaa sitomalla se jollain sideaineella.

## Bitumistabiloinnin käyttö

Bitumistabiloinnin valinnassa tärkeä rooli oli mieltymyksillä ja totumuksilla. Tietyillä seuduilla bitumistabilointi, lähinnä vaahtobitumistabilointi (VBST), oli ainoa rakenteenparantamiseen käytettävä menetelmä. Kun kerran oltiin todettu se toimivaksi, halvaksi ja nopeaksi menetelmäksi, miksi edes mietittäisiin jotain muuta menetelmää? Lisäksi bitumilla stabiloidun kerroksen päällä voidaan liikennöidä lähestulkoon heti stabiloinnin päätyttyä.

Bitumistabiloinnin ominaisuuksista ja työmenetelmistä oltiin haastatteluissa alueittain kovasti eri mieltä. Joskus oli joku tietty bitumistabiloinnilla tehty korjaushanke epäonnistunut. Haastatelluista kukaan ei ollut aivan varma epäonnistumisen syistä. Puhuttiin menetelmän soveltumattomuudesta Suomen oloihin ja toisaalta työn suorittamisen epäonnistumisesta. Ne, jotka olivat kuulleet perustelut menetelmän vajavaisista ominaisuuksista, eivät edes harkinneet bitumistabiloinnin käyttämistä olematta varmoja väitteiden oikeellisuudesta. Ne, jotka puolestaan olivat omakohtaisesti todenneet menetelmän toimivan, turvautuivat korjaushankkeissa lähestulkoon ainoastaan vaahtobitumistabilointiin.

Ainoa positiivinen asia, mistä lähes kaikki haastateltavat olivat samaa mieltä, oli bitumistabiloinnin soveltuminen ”tilkkutäkkitoihin”. Toisin sanoen, mikäli korjattavalla tiealueella on korjauksen tarpeessa olevia kohtia vain siellä täällä, voidaan bitumistabiloinnilla korjata ainoastaan korjattavaksi päätetyt kohdat ja jättää kunnossa olevat alueet käsittelemättä. Näin säästetään moniin muihin menetelmiin verrattuna kustannuksia.

### Remixerstabiloinnin käyttö

Edellä mainittujen rakenteenparantamismenetelmien lisäksi käytetään kirjallisuudenkin mainitsemaa Remixerstabilointia. Menetelmän pääkäyttöalue oli haastattelujen perusteella Lappi. Remixerstabilointi soveltuu parhaiten alueille, missä käytetään ohuita päällystekerroksia, kuten Lapissa. Menetelmän käyttöä etelämpänä vaikeuttaa menetelmän vaatiman kaluston vähyys.

### 3.3 Yleistä haastatteluissa ilmennyttä

Haastateltujen mielestä käytössä olevissa mitoitusohjelmissa on paljon parantamisen varaa. Ohjelmista ei saa täysin selville mihin materiaaliarvot ja oletukset tosiasiaassa perustuvat. Lisäksi ohjelmissa käytettävät materiaaliarvot eivät ole haastateltujen mielestä välttämättä aivan ajantasalla. Heidän mielestään käytössä olevat materiaaliarvot on määritetty ilman tarpeeksi kattavaa väsymissuorien tutkimista. Haastatellut näkivät kuitenkin mitoitusohjelmissa potentiaalia varsinkin menetelmävaihtoehtojen vertailun helpottamisessa sekä elinkaarikustannusten huomioon ottamisessa. Haastateltujen mielestä ohjelmien luotettavuutta parantaisi ohjelman tehneen tahon puolueettomuus.

Yleisesti mitoittamisesta haastatellut toivoivat yksinkertaisempaa. Esimerkiksi päällysrakenneluokkia voisi olla vähemmän.

Uusien menetelmien tutkimisen kaikki haastatellut hyväksyivät. He toivoivat, että tutkiminen ja tulosten esittäminen olisi koordinoitumpaa kuin nykyään. Lisäksi tutkimukset voisivat heidän mielestään olla pitkäjänteisempiä.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Suomessa käytettävien tien kantavan kerroksen suunnitteluratkaisujen valintakriteerit.

Tutkimuksessa ei saatu tyhjentäviä vastauksia kaikkiin ennalta suunniteltuihin haastatteluteemoihin. Teemat oli suunniteltu kartoittamaan todellista valintaprosessia. Valintaprosessin käytäntö on kuitenkin kaukana kirjallisuuden tarjoamasta valintateoriasta. Haastattelujen perusteella tottumukset vaikuttavat päätökseen eniten, joten kysymykset, jotka käsittelivät harkittuja vaihtoehtoja, jäivät vaille täsmällisiä vastauksia.

Tutkimuksessa suoritettujen haastattelujen perusteella suunnitteluratkaisujen valinnat perustuvat pääosin kolmeen todelliseen tai kuviteltuun valintakri-

teeriin: tottumukset, kustannukset sekä riskien minimointi. Itse päätöksenteossa lähes jokainen haastateltava suoritti valintansa, tietoisesti tai tiedostamattaan, negaatiovalinta- tai havaitun riskin mallin mukaan. Valinnoissa turvattiin riskien välttämiseksi tuttuihin menetelmiin. Menetelmävalinnat pyrittiin kuitenkin useimmiten selittämään kustannusten perusteella. Varsinaista kustannusvertailua ei yleensä kirjallisuuden edellyttämällä tavalla tehty. Kustannusvertailut tehtiin suurpiirteisesti. Ne kohdistuivat pääosin materiaalista, kuljetuksista, työvoimasta ja kalustosta aiheutuviin investointikustannuksiin. Menetelmän aiheuttamat työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset unohdetaan usein valintavaiheen tarkasteluista. Toisin sanoen vaihtoehtojen menetelmäaikojen ja työmaateiden aiheuttamat kustannuserot vaihtoehtojen välillä eivät vaikuta valintoihin, elleivät vaikutukset ole päätöksentekijällä adjektiivina tuoreina mielessä.

Kirjallisuuden mukaan menetelmävaihtoehtojen kustannusvertailuissa tulisi huomioida myös vaihtoehtojen elinkaarikustannukset. Käytännössä vaihtoehtojen elinkaarianalyysiin ei juurikaan panosteta. Elinkaaritarkastelut koetaan vaivaansa nähden turhaksi aikaa vieväksi operaatioksi.

Mitoitusjärjestelmän vapaus suo valitsijoille mahdollisuuden lähes mielivaltaisiin valintoihin. Henkilökohtaiset mielipiteet, mieltymykset ja tottumukset ovatkin riskien minimoinnin ohella haastattelujen perusteella varsin voimakkaita vaikuttajia menetelmävalinnoissa. "Yksi vanha on parempi kuin pussilinen uusia." Luotetaan kerran toimineeseen menetelmään, eikä uskalleta ottaa epäonnistumisen riskiä menetelmien kehittämisen nimissä. Haastateltavat totesivat, että henkilökohtaisten mieltymysten voimakas vaikuttaminen tierakentamiseen on vain haitaksi menetelmien kehittymiselle. Kuitenkaan kukaan ei halunnut olla se, joka epäonnistuisi kokeillessaan jotain uutta. Mieltymykset ja tätä kautta käytettävät menetelmät ovat voimakkaasti sidoksissa alueellisuuteen. Alueellisuuden vaikutusta menetelmävaihtoehtoihin voidaan osittain selittää alueellisilla pohja- ja materiaaliolosuhteilla, mutta suurin syy alueellistumiseen vaikutti olevan mieltymysten alueellistuminen. Samalla tavalla ajattelevat ihmiset ajautuvat työskentelemään yhdessä.

Tällä hetkellä ei valituille menetelmille järjestelmällisesti edes harkita mahdollisia teknisiä vaihtoehtoja. Vaihtoehtotarkastelut jäävät haastatelluiden mukaan helposti pois suunnitteluajakataulujen takia. Pyritään saamaan aikaan yksi käypä suunnitelma mahdollisimman nopeasti. Suunnittelun alkessa valitaan mielessä olevien adjektiivien perusteella yksi lopullinen vaihtoehto ja toivotaan, että valinta oli kohteeseen oikea.

Haastatteluissa todettiin, että kunnolla organisoidulla pitkäjänteisellä tutkimisella ja järjestelmällisellä tutkimustulosten keräämisellä sekä tietojen levit-

tämisellä voisi olla kovastikin vaikutusta vallassa oleviin menetelmävaihtoehtotottumuksiin. Mikäli varmuudella tiedettäisiin jonkun vaihtoehdon ominaisuuksista, voitaisiin sitä helpommin harkita käytettäväksi. Tiedottamiseen ei riitä pelkästään ”viidakkorumpu” vaan tiedon ja tutkimustulosten tulee olla painettuna kansiin, mieluiten Tielaitoksen tai jonkun muun ”vakuuttavan tahon” leimalla varustettuna.

Rakenteenparantamishankkeissa menetelmän valitseminen perustuu uudishankkeisiin verrattuna vieläkin voimakkaammin mieltymyksiin ja tottumuksiin. Lisäksi rakenteenparantamishankkeissa vaikuttavat valintoihin alueella käytävissä olevat menetelmävaihtoehdot. Haastateltujen mukaan esimerkiksi Suomen ainoa remixerstabilointilaitteisto on Lapissa. Mitoittaminen ja ennakkotutkimukset alemmista kerroksista jätetään haastattelujen perusteella usein joko kokonaan tekemättä tai luotetaan tuttuihin arvoihin. Mitä enemmän hankkeessa on käytävissä rahaa, sen tarkemmin mitoittamiseen ja ennakkokokeisiin suhtaudutaan. Lisäksi käytävissä oleva raha määrää rakenteenparantamishankkeissa hankkeen laajuuden.



## 5 VIITTEET

1. Hirsjärvi S., Hurme H., Teemahaastattelu. Helsinki 1982. 144 s.
2. Tielaitos, Bitumistabilointi, Tielaitoksen selvityksiä 25/1994. Helsinki 1994.
3. Tielaitos, Bitumistabilointi, Tielaitoksen selvityksiä 4/1990. Helsinki 1990.
4. Tielaitos, Masuunihiekkastabilointi, Tielaitoksen selvityksiä 13/1996. Oulu 1996.
5. Luiro K., Remixerstabilointi, Tielaitoksen selvityksiä 88/1995. Helsinki 1995.
6. Laukkanen K., Leivo M., Bitumi-sementti-massakomposiittien soveltuvuus tien päällysrakenteeseen. VTT. Espoo 1995. Bitumi-sementti-massakomposiittien soveltuvuus tien päällysrakenteeseen 3. VTT. Espoo 1996.
7. Junnonen J-M., Infraprojektin investointilaskelmat ja edullisuusvertailut. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto, Rakentamistalous. Espoo 1997. Infrahankkeiden kannattavuuden arviointi ja arviointiin liittyvät epävarmuustekijät. TKK, Rakentamistalous, 1997.
8. Kankainen J., Jylhä J., Taloudellisuuskriteerit. Tien pohja- ja päällystysrakenteet -tutkimusohjelma, Espoo 1993.
9. Wichman M, Investointituotteiden ostokäyttäytymistä selittävät mallit kirjallisuudessa. Erikoistyö, TKK, Rakentamistalous. Espoo 1993.
10. Meronen J., Kaavan rakentamistaloudellinen arviointimenetelmä. TKK, Licensiaatintyö 1997. 92s.
11. TALO 90-ryhmä, Rakennuskustannusten laskentaohje, rakennustekniset työt. Rakennustieto Oy, Tammer-Paino Oy.

