



Marko Nokkala ja Anna Schirokoff

Muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuuden tarkastelu kaksikaistaisella tiellä

Esimerkkitapaus valtatie 7 (E18) Kotka–Pyhtää

Tiehallinnon selvityksiä 52/2001



VIKING

Marko Nokkala ja Anna Schirokoff

Muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuuden tarkastelu kaksikaistaisella tiellä

Esimerkkitapaus valtatie 7 (E18) Kotka–Pyhtää

Tiehallinnon selvityksiä 52/2001

Tiehallinto

Helsinki 2001

ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-801-7
TIEH 3200698

Oy Edita Ab
Helsinki 2001

Julkaisua myy/saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652
S-posti julkaisumyynti@Tiehallinto.fi
www.Tiehallinto.fi/julk2.htm

Tiehallinto
KESKUSHALLINTO
Liikenteen palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 2211

Nokkala Marko, Schirokoff Anna: Muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuuden tarkastelu kaksikaistaisella tiellä. Esimerkkitapaus valtatie 7 (E18) Kotka-Pyhtää. Helsinki 2001. Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Tiehallinnon selvityksiä 52/2001. 53 s. + liitt. 11 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-801-7, TIEH 3200698.

Asiasanat: tieliikenne, liikenteen ohjaus, nopeusrajoitukset, muuttuvat opasteet, liikenteen telematiikka, kannattavuus
Aiheluokka: 22, 20

TIIVISTELMÄ

Tämä raportti käsittelee hankearviointia Kotka-Pyhtää tien muuttuvien nopeusrajoitusten tapaustutkimuksen pohjalta. Perinteisen hyötykustannusanalyysiin perustuvan tarkastelun lisäksi otettiin huomioon analyysiin liittyviä ongelmakohtia sekä uusia vaihtoehtoisia menetelmiä, joita toistaiseksi ei ole laajamittaisesti hankearvioinnissa käytetty.

Raportin ensimmäisessä osassa selvitettiin sääohjatun tien yhteiskunnallista kannattavuutta Kotka-Pyhtää tien sekaliikennetie- ja moottoriliikennetie-osuuksilla. Tutkimuksen menetelmät ja lähestymistapa pohjautuivat tässä osassa aikaisempiin tutkimuksiin, joissa oli selvitetty sääohjatun tien muiden osuuksien yhteiskuntataloudellisuutta.

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että sääohjatun tien yhteiskuntataloudellinen kannattavuus ei ole hyvä hyötykustannustarkastelulla mitattuna. Osakustannustekijöinä tarkastelussa olivat onnettomuus-, aika-, ajoneuvo-, melu-, päästö ja asfalttipäällysteen kustannukset. Yhteiskuntataloudellisessa tarkastelussa kannattavuutta heikentää laskeneista nopeuksista johtuva matka-ajan kasvu, joka pienentää syntyviä yhteiskuntataloudellisia säästöjä. Suurimmat säästöt syntyvät onnettomuuskustannusten alenemisesta.

Raportin toisessa osassa tutkittiin sekä herkkyysoanalyysin että langattoman tiedonsiirron vaihtoehdon pohjalta sääohjatun tien kannattavuutta. Näiden laajennusten hyötykustannustarkasteluun voidaan todeta muuttavan perinteistä analyysiä sekä niiltä osin, joilla arvostuseriä voidaan muuttaa että niin, että kahta vaihtoehtoista investoinnin toteuttamistapaa voidaan vertailla keskenään. Jotta hyötykustannussuhde saataisiin kannattavaksi, tulisi muuttuvien kustannusten tien ylläpidosta alentua merkittävästi, mikä ei ole realistinen oletus. Toisaalta kasvavat liikenteen määrät ja alenevat keskinopeudet voivat vähentää onnettomuusriskiä ja kasvattaa yhteiskuntataloudellisia säästöjä.

Raportin toisessa osassa käsiteltiin perinteisen hyötykustannustarkastelun lisäksi vaihtoehtoisia lähestymistapoja hankearvioinnissa soveltaen Capital Asset Pricing Modelia (CAPM). Tämäkään tarkastelu ei muuttanut hanketta kannattavaksi, mutta paransi hyötykustannussuhdetta perinteisiin tarkasteluihin nähden. Lisäksi tutkimuksessa käsiteltiin lyhyesti monikriteerianalyysiä ei-taloudelliseen tarkasteluun pohjautuvana hankearviointimenetelmänä

Nokkala Marko, Schirokoff Anna: : Muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuuden tarkastelu kaksikaistaisella tiellä. Esimerkkitapaus valtatie 7 (E18) Kotka-Pyhtää. [The profitability of weather controlled speed limits on two-lane road. Case main road 7 (E18) between Kotka -Pyhtää] Helsinki 2001. Finnish Road Administration. Finnra Reports 52/2001 53 p. + app. 11 p. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-801-7, TIEH 3200698.

Keywords: weather controlled road, investment calculations, variable speed limit, socio-economic profitability,

SUMMARY

This report deals with the economic evaluation of variable speed limits on the Kotka-Pyhtää (Main Road 7 / E 18) weather-controlled road. In addition to the problems existing in the traditional cost-benefit analysis used, alternative methods of assessment were also discussed.

The first part of the report analyses the systems monetary profitability. The methodology used was based on previous studies where the weather-controlled motorway, Kotka - Hamina, was used to study the profitability of variable speed limits.

As a result of this analysis, it can be concluded that the economic profitability is not very high . The calculated savings are reduced a lot by increases in travel time. The greatest benefit of the system is its calculated savings due to a lowered accident ratio.

In the second part of this report a sensitivity analysis was carried out to study the profitability of wireless communication as an alternative way for data transfer. These modifications to cost-benefit analysis concerning the changes in variables (monetary values) or alternative technical solutions (communication) will give an idea of how calculated profits would change. The changes in variables should be significant (through not realistic) in order to get profitability at a higher level. On the other hand, increases in traffic volumes and reduced travel speeds can lower accident risk which will increase savings.

The end of this report dealt slightly with risk-adjusted discounting, an approach adopted from the Capital Asset Pricing Model (CAPM). This approach did not notably alter the investment calculations, but it did raise the cost-benefit ratio. In addition, a multi-criteria analyses was briefly mentioned as a means of a project evaluation method from a non-monetary point of view as well.

This study was partially funded from European Union's TEN-T (Trans-European Networks – Transport) budget.

ESIPUHE

Tutkimus on jatkoa aikaisemmille tutkimuksille, joita on tehty sään mukaan ohjattujen muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista valtatiellä 7 Pyhtään ja Haminan välillä. Tässä tutkimuksessa arvioidaan muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia tien yksiajorataisella osuudella yhteiskuntataloudellisilla kriteereillä sekä pohditaan vaihtoehtoisten arviointimenetelmien käytön perusteita.

Tutkimus on tehty Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen (VTT) Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkimusyksikössä. Tutkimuksen tekemisestä vastasivat tutkija Marko Nokkala (aineiston analysointi ja yhteiskuntataloudellinen tarkastelu) ja tutkija Anna Schirokoff (aineiston käsittely). Tutkimuksen suunnitteluun osallistuivat lisäksi asiantuntijoina erikoistutkijat Pirkko Rämä ja Jukka Lähesmaa. Tiehallinnon yhdyshenkilöinä toimivat tie-insinöörit Mikko Karhunen ja Pentti O. Karvonen.

Tutkimuksen tekemiseen on saatu Euroopan unionin liikenteen perusrakenteen kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks - Transport) tukea.

Helsingissä elokuussa 2001

Tiehallinto
Liikenteen palvelut

Sisältö

1	JOHDANTO	8
I	TAPAUSTUTKIMUS: KOTKA-PYHTÄÄ TIEN MUUTTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN KANNATTAVUUSTARKASTELU	9
2	AINEISTO JA LÄHESTYMISTAPA	9
2.1	Tutkimusongelma	9
2.2	Aineisto	9
2.3	Lähestymistapa	11
3	KUSTANNUKSET	13
3.1	Investointikustannukset	13
3.2	Ylläpitokustannukset	13
4	NOPEUDET	16
4.1	Keskinopeuksien muutokset	16
4.1.1	Moottoriliikennetie	16
4.1.2	Sekaliikennetie	16
4.1.3	Nopeusarvioihin liittyvä epävarmuus	16
4.2	Nopeuksien hajonnan muutos	17
5	ONNETTOMUUDET	18
5.1	Onnettomuusasteet	18
5.2	Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutus onnettomuuksiin	19
5.2.1	Nopeuden muutoksen vaikutus	19
5.2.2	Nopeuksien hajonnan vaikutus	20
5.2.3	Muut mahdolliset vaikutukset	21
6	HANKKEEN KANNATTAVUUDEN TARKASTELU JA TULOKSET	22
6.1	Yhteiskuntataloudelliset laskentamenetelmät	22
6.2	Yhteiskuntataloudellinen kannattavuus	24
6.3	Tulokset	27
6.3.1	Tunnuslukujen laskenta	27
6.3.2	Sääohjattu tie, pitoaika 9 vuotta	28
6.3.3	Sääohjattu tie, pitoaika 15 vuotta	28
6.4	Yhteenveto tuloksista	29
7	KUSTANNUSTEKIJÖIDEN MUUTOKSET HYÖTYKUSTANNUSANALYYSISSÄ	31
7.1	Herkkyysanalyysit ja niiden suorittaminen	31
7.2	Investointikustannukset	31
7.3	Ylläpitokustannukset	32
7.4	Pitoaika	33

7.5	Liikennemäärä	34
7.6	Keskinopeus ja onnettomuudet	35
7.7	Onnettomuudet	36
7.8	Suhteellinen riski	37
7.9	Keliluokkien osuus	37
7.10	Muut tekijät	38
8	TOTEUTTAMISVAIHTOEHTO: LANGATON TIEDONSIIRTO	39
8.1	Taustaa	39
8.2	Vuoden 1997 kustannustasossa	39
8.3	Vuoden 2001 kustannustasossa	42
8.4	Langattoman vaihtoehdon kannattavuus	43
9	LAAJENNUKSIA YHTEISKUNTATALOUDELLISEEN TARKASTELUUN	45
9.1	Taustaa	45
9.2	Monikriteerianalyysi	45
9.3	Rahoitusteoria	46
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	50
10.1	Tapaustutkimus valtatie 7 Kotka-Pyhtää	50
10.2	Vaihtoehtoiset menetelmät ja tarkastelut	50
11	LÄHDELUETTELO	52
12	LIITTEET	53

1 JOHDANTO

Hankearvioinnissa on perinteisesti totuttu käyttämään hyötykustannusanalyysiä kannattavuustarkastelussa. Toisaalta menetelmään liittyy erilaisia ongelmia, joiden vuoksi myös vaihtoehtoisia tarkastelumenetelmiä on kehitetty. Tässä raportissa yhdistetään hyötykustannus-analyysiin perustuva tarkastelu erilaisiin vaihtoehtoisiin menetelmiin ja hyötykustannus-analyysin laajennuksiin tapaustutkimuksen pohjalta.

Osassa I tarkastellaan tapaustutkimuksena muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöönottoa kaksikaistaisella Kotka-Pyhtää tiellä. Valtatien 7 (E18) Kotkan ja Haminan välisellä moottoritieosuudella on marraskuusta 1994 lähtien ollut toiminnassa sään ja kelin mukaan muuttuvat nopeusrajoitus- ja varoitusmerkit sekä muuttuvien opasteiden avulla toimiva liikenteen paikallinen tiedotusjärjestelmä. Tämän ajantasaisen liikenteen ohjausjärjestelmän laajennus moottoriliikennetie- sekä sekaliikennetieosuudelle Kotkasta Pyhtäälle otettiin käyttöön joulukuussa 1997.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusta tien yksiajorataisella osuudella. Tutkimuksen kohteena oleva jakso jatkuu länteen päin yksiajorataisena sekaliikennetienä, jossa ei ole muuttuvia liikennemerkkejä, ja itään päin sääohjattuna muuttuvilla merkeillä varustettuna moottoritieosuutena. Jaksolla on 30 muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä ja 8 muuttuvaa tiedotustaulua. Muuttuvia nopeusrajoituksia ja osin tiedotustauluja ohjataan automaattisesti tiesääasemien keräämän tiedon perusteella.

Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusta tieosuudella arvioidaan yhteiskuntataloudellisilla kriteereillä, samaan tapaan kuin aikaisemmin laadituissa tutkimuksissa (Lähesmaa 1997, Tielaitos 1999). Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan myös TETRA-projektissa esille tulleita ajatuksia laajennuksista hyötykustannusanalyysiin. Nämä laajennukset käsittävät monikriteerianalyysin ja rahoitusteoriaan perustuvan tarkastelun. Lisäksi raportissa pohditaan vaihtoehtoisten menetelmien käytön perusteita sääohjatun tien kaltaisten projektien arvioinnissa.

I TAPAUSTUTKIMUS: KOTKA-PYHTÄÄ TIEN MUUTTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN KANNATTAVUUSTARKASTELU

2 AINEISTO JA LÄHESTYMISTAPA

2.1 Tutkimusongelma

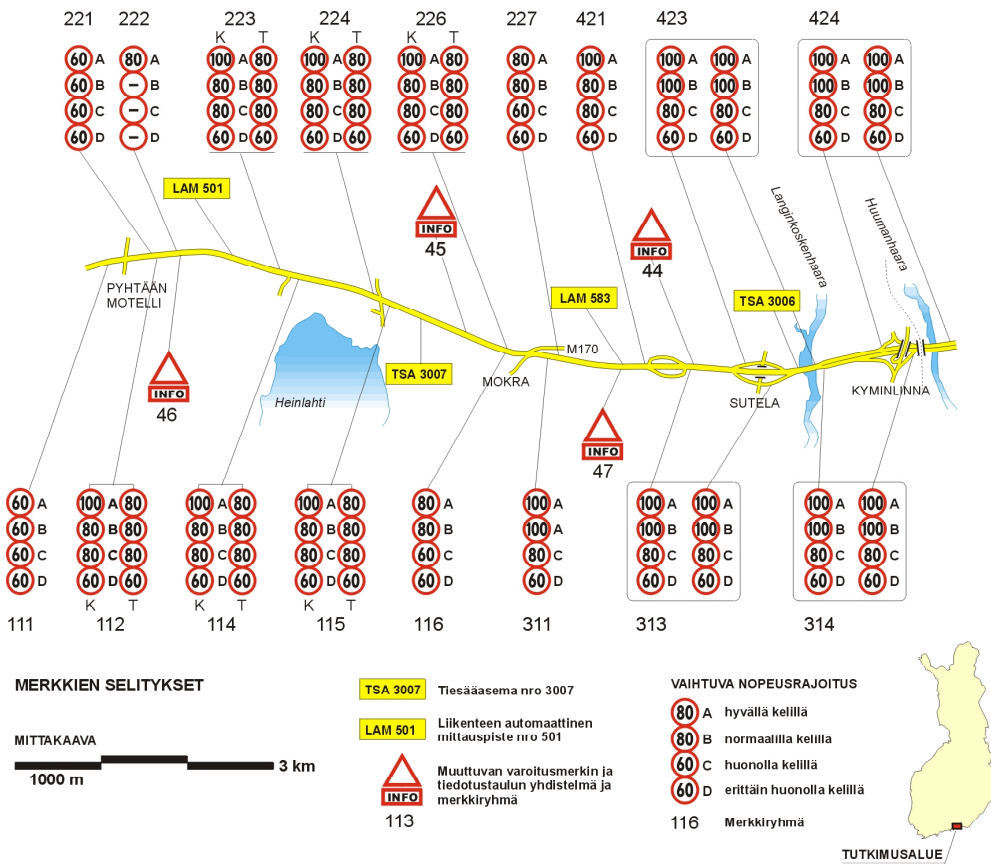
Tämän tutkimuksen tarkoituksena on etsiä vastausta seuraaviin kysymyksiin:

- Miten muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmä on muuttanut liikennettä ja käytettyjä nopeuksia tarkastelun kohteena olevalla tieosuudella?
- Mitä ongelmia nykyisiin tarkastelumenetelmiin liittyy telematiikkahankkeissa ja miten näitä ongelmia tulisi laskelmissa käsitellä?
- Mikäli hanke ei ole kannattava yhteiskuntataloudellisin kriteerein mitattuna, mitä muita tekijöitä tarkastellussa tulisi ottaa huomioon?

Tutkimuksessa selvitetään niitä tekijöitä, jotka hankearvioinnissa tulee ottaa huomioon sekä sitä, miten laskelmiin liittyviä epävarmuustekijöitä tulisi käsitellä. Viimeiseen kysymykseen siitä mitä muita tekijöitä tarkasteluun tulisi ottaa käsitellään sekä raportin toisessa osassa että liitteessä 2.

2.2 Aineisto

Selvityksessä tarkasteltiin sekaliikenne- ja moottoriliikennetien itään päin suuntautuvan liikennetilannetta ennen ja jälkeen uuden järjestelmän käyttöönoton. Sekaliikennetien liikennetiedot kerättiin Tielaitoksen kiinteältä mitausasemalta (LAM) numero 501 ja moottoriliikennetien liikennetiedot LAM-asemalta 583 (kuva 1). Vertailupisteenä käytettiin LAM-asemaa 577, joka sijaitsee koetieosuudelta lähteen.



Kuva 1. Sääohjatus tien yksiajorataisen osuus, muuttuvat nopeusrajoitusmerkit ja opasteet sekä tiesää- ja liikennetiedon mittauspisteet. Sekaliikennetie muuttuu moottoriliikennetieksi Mokran liittymässä. (Rämä ym. 1999).

Analyysissä käytetyt liikennetietoaineistot olivat ajoneuvokohtaisia, ja niissä oli tieto kunkin ajoneuvon tyypistä, pituudesta, nopeudesta ja pisteen ohi-tusajankohdasta. Samaa aineistoa on käytetty selvittäessä sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutuksia tieosuuden yksiajorataisella osuudella (Rämä ym. 1999).

Selvityksessä käytetyt tiesää tiedot kerättiin tiesääasemalta, joka sijaitsee tutkimuksen kohteena olevalla tien osuudella. Tiesääasematiedoista käytettiin hyväksi tiesääaseman laskemaa kaistakohtaista keliluokkaa. Tiesää tiedot yhdistettiin liikennetietoihin siten, että aikaväli tiesäähavainnon teosta ajoneuvohavaintoon oli enintään 15 minuuttia (normaalitilanteessa tiesäähavaintoja saadaan noin 7 minuutin välein). Ne ajoneuvot, joille ei tällä kriteerillä ollut tiesäähavaintoa, poistettiin aineistosta.

Tiesääasemat keräävät tietoa tuulen nopeudesta ja suunnasta, ilman, tienpinnan ja tienrungon lämpötilasta, ilman kosteudesta, sateen intensiteetistä, tienpinnan tilasta sekä näkyvyydestä ja sateen olomuodosta. Tiesää tiedon perusteella sää- ja kelitila luokitellaan neljään luokkaan: hyvä, kohtalainen, huono ja erittäin huono. Käytettävät nopeusrajoitukset ja osa muuttuvien opasteiden viesteistä perustuvat tähän jaotteluun (Kauste 1998).

Aineistoon liitettiin vielä ajoneuvokohtaisesti tieto mittaushetkellä voimassa olleesta mittauspistettä edeltävästä nopeusrajoituksesta ja muuttuvan opasteen tilasta. Merkkilokissa on yhdellä rivillä tieto kunkin muuttuvan liikennemerkin tilasta sekä tieto kustakin merkistä, onko merkissä oleva tieto asetettu automaattisesti vai manuaalisesti. Lokiin tallentuu uusi rivi aina, kun jonkin merkin tila muuttuu.

Tiedonkeruun vaiheet ja aikataulu olivat seuraavat:

- ennen-jakso, 1.3.1997 - 30.11.1997,
- jälkeen-jakso, 4.12.1997 - 28.10.1998 ja
- jälkeen-jakso, 30.10.1998 - 31.3.1999.

Koetien sekaliikennetieosuudella nopeusrajoitus oli ennen muuttuvien merkien asentamista 80 km/h ja koetien moottoriliikennetieosuudella 100 km/h. Vertailupisteessä nopeusrajoitus sen sijaan oli sekä ennen- että jälkeen-jaksolla kesällä 100 km/h ja talvella 80 km/h. Koetiellä jälkeen-jaksolla käytetyt nopeusrajoitukset määräytyivät periaatteessa keliluokkien mukaan (taulukko 1).

Taulukko 1. Ohjausperiaatteiden mukaiset nopeusrajoitukset tutkimuspisteissä eri keliluokissa.

Keliluokka	Sekaliikennetie	Moottoriliikennetie
Hyvä keli (A)	100 km/h	100 km/h
Normaali keli (B)	80 km/h	100 km/h
Huono keli (C)	80 km/h	80 km/h
Erittäin huono keli (D)	60 km/h	60 km/h

2.3 Lähestymistapa

Tutkimuksen pääasiallinen lähestymistapa on aikaisempien tutkimusten mutkaisesti yhteiskuntataloudellinen tarkastelu. Lisäksi laajenuksena pohdittiin hyötykustannus -analyysille vaihtoehtoisia menetelmiä ja niiden soveltuvuutta muuttuvien nopeusrajoitusten analysointiin. Tutkimuksen raportoinnissa on pyritty vertailtavuuteen aikaisempien tutkimusten kanssa, jolloin tämä raportti täydentää jo aiemmin saatuja tutkimustuloksia.

Sääohjausjärjestelmän liikennevaikutusten perusteella arvioitiin, miten käytettävät yhteiskuntataloudelliset kustannukset muuttuivat. Vertaamalla yhteiskuntataloudellisia kokonaisvaikutuksia investointi- ja ylläpitokustannuksiin laskettiin tunnusluvut tuottavuudelle ja kannattavuudelle. Laskelmien tekemiseksi tehtyjen arvioiden epävarmuuden vaikutusta tarkasteltiin herkkyysoanalyysissä. Yhteiskuntataloudellisten kustannusten laskennan kannalta muuttuvat nopeusrajoitukset ovat toisaalta kustannuksia lisääviä (kasvava matka-aika), mutta toisaalta kustannuksia laskevia (onnettomuuksien väheneminen). Yhteiskuntataloudellisia laskelmia suoritettiin sekä hankkeen toteuttamisajankohdan vallinneella kustannustasolla että vuoden 2000 tasolla. Pääsyyinä vaihtoehtoisten laskelmien laadinnalle olivat tarvittavan tekniikan

hinnassa tapahtuneet muutokset sekä yhteiskuntataloudellisten laskelmien perustana olevien onnettomuuskustannusten arvon muutokset.

Sääohjattua tietä on tässä tutkimuksessa tarkasteltu pelkästään taloudellisin perustein. Päätöksenteossa on otettava huomioon myös muita tekijöitä, joiden taloudellinen arvottaminen ei ole mielekäästä.

Yhteiskuntataloudellisten laskelmien tekeminen perustuu aina määrittelyihin siitä, mitä kustannustekijöitä tarkastellaan ja mitä laskennallisia hintoja tekijöille käytetään. Tässä tutkimuksessa käytettävät yhteiskuntataloudelliset kustannustekijät (onnettomuus-, aika-, ajoneuvo-, päästö-, melu- ja päälystekustannukset) on valittu Tielaitoksen määrittelemien tieliikenteen ajokustannusten laskentaperiaatteiden mukaan (Tielaitos 1996). Myös muita yhteiskuntataloudellisia laskentaperiaatteita olisi mahdollista noudattaa ja ottaa laajemmin huomioon esimerkiksi hankkeen työllisyysvaikutukset tai vaikutukset kotimaisen teollisuuden kehittymiseen. Jatkossa hyödyllistä voisi olla lisäksi tienrakennusinvestointien ja liikennetelematiikkainvestointien vertailu esimerkiksi miettimällä missä tilanteissa liikenteen telematiikalla olisi mahdollista lykätä kalliita tienrakennusinvestointeja.

3 KUSTANNUKSET

3.1 Investointikustannukset

Seuraavassa esitetyt sääohjausjärjestelmän toteutuneet investointikustannukset Kotka-Pyhtää koetielelle perustuvat Kaakkois-Suomen tiepiirin julkaisussa 'Valtatien 7 (E18) sääohjauksen jatkaminen välillä Kotka-Pyhtää' (Kauste ym. 1998) esitettyihin kustannuksiin. Kustannukset ovat todellisia kustannuksia, jotka syntyivät järjestelmää toteutettaessa vuosina 1997-98.

Taulukko 2. Kotka-Pyhtää säätien investointikustannukset. Investoinnin vuosisuorite on laskettu annuiteettimenetelmällä.

	Investointi- kustannukset (1 000 mk)	Investoin- nin vuosi- suorite (1 000 mk)	Investoinnin pitoaika (vuotta)
Suunnittelu	500	44	20
Putkitus ja kaapelointi	900	78	20
Infotaulut	2 400	387	8
Tiesääasemat ja lii- kennetiedon mittaus- pisteet	500	44	20
Muuttuvat nopeusra- joitusmerkit	1 100	177	8
muut kustannukset	500	44	20
yhteensä	5 900	774	

Kohta muut kustannukset käsittää mm. teknisen rakennuksen rakentamisen. Investoinnin vuosisuorite on laskettu annuiteettimenetelmällä, jossa korkona on käytetty 6 prosenttia. Kuuden prosentin korkoa on yleisesti pidetty hankearvioinnissa hyväksyttävänä korkotasona. Muista tavoista määritellä investoinnille diskonttokorko keskustellaan vaihtoehtoisten arviointimenetelmien yhteydessä. Investoinnin jäännösarvo pitoajan lopussa on oletettu nollassi.

3.2 Ylläpitokustannukset

Kotka-Pyhtää sääohjatun tien vuotuisiksi ylläpitokustannuksiksi arvioitiin 120 000 markkaa (Kauste ym. 1998), joka koostuu tienvarren laitteiden huollosta ja sähköstä. Muut osa järjestelmää (tietoliikenne, valvonta ja käyttö sekä atklaitteiden ja ohjelmien ylläpito) hyödyntää Kotka-Hamina tien järjestelmää, jossa kyseisten toimintojen vuotuinen ylläpidon kustannus on 210 000 markkaa. Osa näistä kustannuksista tulisi kohdistaa myös Kotka-Pyhtää tieosuu-

delle, mutta ne on laskelmissa sisällytetty Kotka-Hamina moottoritieosuudelle.

Ylläpitokustannusten on arvioitu muodostuvan seuraavasti:

sähkö

- kustannus 40 000 markkaa vuodessa on laskettu tienvarren laitteiden sähkökulutuksen perusteella. Huomioidut laitteet olivat:
 - muuttuvat nopeusrajoitusmerkit
 - informaatiotaulut
 - tiesääasemat
 - kaapeliverkon vahvistimet
 - teknisen rakennuksen laitteet

tienvarren laitteiden kuluvat osat ja huolto

- muuttuvien opasteiden, tiesääasemien ja tienvarren tiedonsiirtolaitteiden korjausten ja huollon kustannuksiksi on arvioitu noin 80 000 markkaa vuodessa. Summa on laskettu seuraavasti:

muuttuvat opasteet

- muuttuvia opasteita jouduttiin ensimmäisenä käyttövuotena korjaamaan runsaasti. Tällöin kustannuksista vastasi laite-toimittaja takuun perusteella. Ensimmäisen vuoden jälkeen rikkoontumisten määrä on vähentynyt.

normaali huolto 16 000 mk/vuosi

- vaihdettavat lamput 10 000 mk/vuosi
- opasteiden suojalasienvaihto 6 000 mk / vuosi (suoja-lasit on vaihdettava kerran opasteiden taloudellisena pitoaikana, josta syntyy kertakulu 50 000 markkaa)
- opasteiden puhdistuksen kustannuksia ei ole arvioitu erikseen, koska siitä aiheutuva kustannus ei poikkea merkittävästi tavallisten merkkien puhdistuskustannuksista ja kustannus on pieni

rikkoontumiset 47 000 mk/vuosi

- puolentoista vuoden aikana merkittävimmät huoltotyöt ovat olleet:
- yksittäisten nopeusrajoitusmerkkien käynnistys 12 000 mk / vuosi. Virtavaihteluista johtuen johtuen yksi nopeusrajoitusmerkki 36:sta sammuu noin kerran kuussa. Merkki täytyy käydä korjaamassa tienvarressa.
- viiden nopeusrajoitusmerkin modeemin uusiminen 3 000 mk kappale
- sulamisvesien aiheuttama ohjauskaivon sähkölaitteiden uusiminen 20 000 mk
- ukkosen aiheuttamat vahingot 15 000 mk (mm. kolme modeemia)

tiesääasemat 20 000 mk/vuosi

- kolmen pinta-anturin uusiminen sääohjatun tien olemassaolon aikana (10 000 mk kappale)
- säännölliset huoltotyöt
- tieosuudella olisi yksi tiesääasema vaikka muuttuvia opasteita ei käytettäisikään

Vuotuiset ylläpitokustannukset ovat laskeneet vuonna 1997 ennakoidusta tasosta jonkin verran. Kotka-Hamina moottoritien vuotuisiksi ylläpitokustannuksiksi oli arvioitu vuonna 1997 330 000 markkaa. Vuonna 1999 toteutuneet ylläpitokustannukset olivat 288 000 markkaa ja vuonna 2000 puolestaan 279 000. Vastaava kustannustason alennus saattaa olla olemassa myös Kotka-Pyhtää tieosuudella.

4 NOPEUDET

4.1 Keskinopeuksien muutokset

4.1.1 Moottoriliikennetie

Moottoriliikennetiellä tarkasteltiin koeasetelmassa kesän nopeuksien muutoksia, koska vertailutien kanssa nopeudet kesällä olivat samat eli 100 km/h. Keskinopeutta tarkasteltiin siten, että vertailutiellä samanaikaisesti tapahtuneet muutokset nopeuksissa otettiin huomioon trendin muutoksena. Keskinopeus pysyi samana eli 91 kilometrissä tunnissa muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksesta.

4.1.2 Sekaliikennetie

Sekaliikennetiellä tarkastelu tapahtui koeasetelmasta ja käytettävissä olevasta aineistosta johtuen talviajan osalta kahtena talvena 1997-98 ja 1998-99. Koko aineistosta kaikissa keliolosuhteissa laskettu keskinopeus laski yhden kilometrin tunnissa 83,5 kilometristä tunnissa 82 kilometriin tunnissa muuttuvien opasteiden vaikutuksesta.

Tämän tutkimuksen kannalta muutokset olivat eri nopeusrajoitusluokissa taulukon 3 mukaiset.

Taulukko 3. Keskinopeuden muutos sääohjatulla sekaliikennetiellä eri nopeusrajoitusluokissa.

Keskitalvi (5 kuukautta)	
100 hyvä keli	+2 km/h
80 normaali keli	-2 km/h
60 huono keli	-*
* vaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevä	

4.1.3 Nopeusarvioihin liittyvä epävarmuus

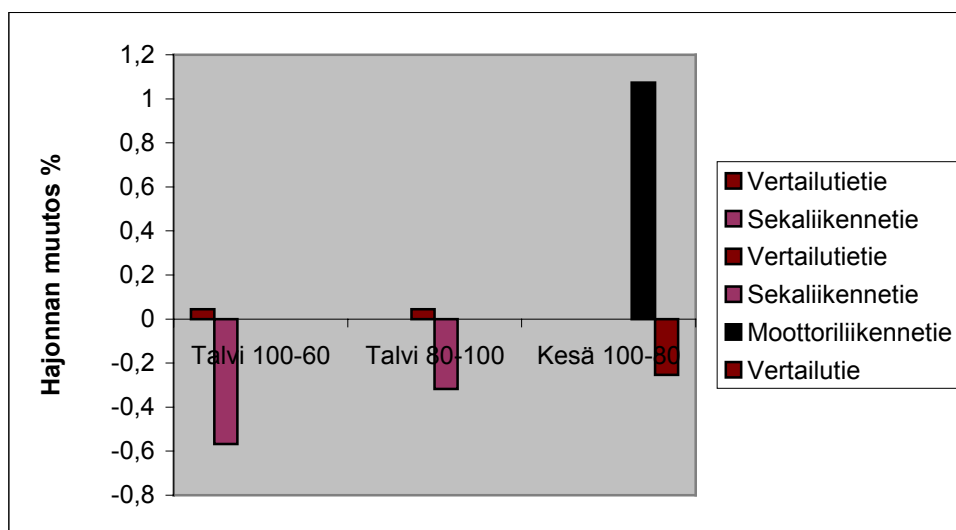
Tulokset nopeusvaikutuksista perustuvat niin suureen aineistoon, että niitä voidaan pitää tilastollisesti riittävän luotettavina yhteiskuntataloudellisen tuottavuuden arvioimista varten.

Sään mukaan muuttuvaan liikenteen hallintaa voidaan kuitenkin nähdä liittyvän monia epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä, joita ei vaikutustutkimuksessa voitu ottaa huomioon. Tällaisia ovat mm. seuraavat tekijät:

- onko nykyisin käytettävä ohjauspolitiikka optimaalista?
- sään ja kelin vaihtelu vuosittain eli edustaako vaikutustutkimuksessa käytetty ajanjakso normaalia säätä ?
- tiesääasemien antaman keliluokituksen yhdenmukaisuus sääohjatulla ja vertailutiellä
- sääohjatun tien ja vertailutien erilaisuus ja siitä aiheutuvat liikennekäyt-
tämisen erot
- nopeusvaikutuksissa eri mittauspisteissä oli eroja - nämä erot vaikuttavat yhteiskuntataloudellisiin kustannuksiin, koska myös eri tieosien liikenne-
määrissä on eroja

4.2 Nopeuksien hajonnan muutos

Sääohjatun tien vaikutusten tutkimuksessa (Rämä 1997) on havaittu muuttuvilla nopeusrajoituksilla olevan vaikutusta tiellä käytettävien nopeuksien keskihajontaan. Sääohjatulla tiellä ja vertailutiellä havaittiin säätien eri nopeusrajoitusluokkien mukaisissa tilanteissa keskihajontojen muuttuvan kuvan 2 mukaisesti. Samalta aikaväliltä on esitetty keskihajontojen muutokset sekä vertailutieltä että sääohjatulta tieltä.



Kuva 2. Nopeuksien keskihajonnan muutokset.

Talvella sääohjatulla tiellä huonon kelin luokassa nopeusrajoituksen laskies-
sa 80 kilometristä tunnissa 60 kilometriin tunnissa nopeuksien keskihajonta
pieneni hieman sekaliikenneosuudella. Vastaavassa tilanteessa vertailutiellä
keskihajonta laski saman verran kuin sekaliikenneosuudella. Sääohjatulla
moottoriliikenneosuudella alennetun nopeusrajoituksen vuoksi hajonta kas-
voi kuitenkin enemmän kuin vertailutiellä.

5 ONNETTOMUUDET

5.1 Onnettomuusasteet

Onnettomuusvaikutusten arvioimiseksi on eri nopeusrajoitusluokille määritetty suhteelliset riskit, jos muuttuvia opasteita ei käytettäisi. Arvioiden tekeminen on esitetty liitteessä 1.

Talviajan riskin kokonaisuudessaan on arvioitu olevan 1,3-kertainen normaaliin aikaan verrattuna. Tämän jälkeen talvi- ja normaaliajan sisällä on määritetty eri nopeusrajoitusluokkien suhteelliset riskit, jotka on esitetty taulukossa 4. Onnettomuustilaston aineisto ei ole antanut mahdollisuuksia eritellä riskejä tarkemmalla tasolla, joten tässä esitetyt luvut ovat arvioita perustuen aineistoon.

Taulukko 4. Nopeusrajoitusluokkien suhteelliset riskit talvella.

talvi	
hyvä ja kohtalainen keli	1
huono keli	5

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että suhteellisten riskien määrittämiseen liittyy epävarmuutta, jonka vaikutusta on tarkasteltu myöhemmin herkkyyksianalyseissä.

Onnettomuusasteet eri nopeusrajoitusluokissa, jos muuttuvia opasteita ei käytettäisi, on arvioitu jakamalla koko tien keskimääräinen onnettomuusriski eri nopeusrajoitusluokille niiden suhteellisen riskin ja yleisyyden perusteella. Kotka-Pyhtää välin tien henkilövahinkojen onnettomuusasteena on käytetty 0,08 onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti (Tielaitos 1996). Tämän perusteella lasketut nopeusrajoitusluokkien henkilövahinkojen onnettomuusasteet on esitetty taulukossa 5.

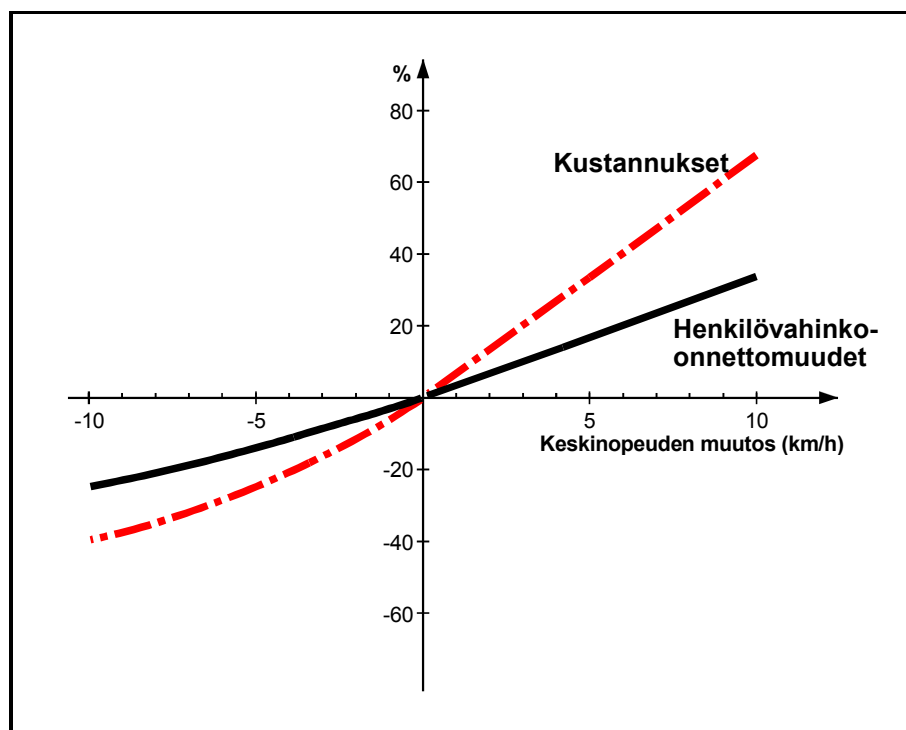
Taulukko 5. Henkilövahinkojen onnettomuusasteet eri keliön mukaisissa luokissa talvella (onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohden).

talvi (onn./milj. ajon.km)	
hyvä ja kohtalainen keli	0,05
huono keli	0,25

5.2 Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutus onnettomuuksiin

5.2.1 Nopeuden muutoksen vaikutus

Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusta liikenneturvallisuuteen arvioidaan sen perusteella miten nopeusrajoitusten muutos eri olosuhteissa vaikuttaa liikenteen keskinopeuteen. Keskinopeuden muutoksen ja henkilövahinko-onnettomuuksien välillä olevan riippuvuuden oletetaan olevan kuvan 3 mukainen.



Kuva 3. Keskinopeuden muutoksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksiin ja niistä syntyviin kustannuksiin suurilla nopeuksilla. (Ranta & Kallberg 1996)

Kuvassa 3 on esitetty kaksi riippuvuutta. Henkilövahinko-onnettomuuksien määrä (yhtenäinen viiva) muuttuu hitaammin kuin heva-onnettomuuksien kustannukset (katkoviiva), koska nopeuden muuttuessa myös onnettomuuksien vakavuusaste muuttuu. Taloudellisten vaikutusten selvittämiseksi tässä tutkimuksessa käytetään kustannusten mukaista riippuvuutta.

Henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrässä tapahtuvan muutoksen luotettavuusvälin on käytetyssä mallissa tilastollisesti laskettu olevan ± 1 prosentti. (Ranta & Kallberg 1996) Onnettomuuskustannuksissa tapahtuva muutos on arvioitu onnettomuusmää-

rää kuvaavan mallin avulla ja kustannuksiin liittyvä epävarmuus on suurempi, mutta samaa suuruusluokkaa. Esimerkiksi voidaan arvioida, että nopeuden lasku 2 km/h saa aikaan 12 - 16 prosentin laskun onnettomuuskustannuksissa. Onnettomuuskustannuksissa tapahtuva muutoksen epävarmuus on kuitenkin suhteellisen pientä verrattuna muihin taloudellisuuslaskelman epävarmuustekijöihin.

Riippuvuuden perusteella saadut muutokset onnettomuuskustannuksissa on esitetty nopeusrajoitusluokittain taulukossa 6.

Taulukko 6. Henkilövahinko-onnettomuuskustannusten muutos talvella nopeuden muutoksen perusteella.

talvi	
100 hyvä keli	-5%
80 kohtalainen keli	
60 (80) huono keli	-20 %

Henkilövahinkojen onnettomuusaste laskee 0,08 onnettomuudesta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti hieman alle 0,07 onnettomuuteen miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti.

Sekä moottoriliikenne- että sekatieosuudella onnettomuusasteen muutos merkitsisi tilastollisesti noin yhden henkilövahinko-onnettomuuden välttämistä vuodessa. Jos kaikkien onnettomuuksien määrä vähenisi samassa suhteessa kuin henkilövahinko-onnettomuudet, vältettäisiin vuodessa lisäksi kolmesta neljään omaisuusvahinko-onnettomuutta.

5.2.2 Nopeuksien hajonnan vaikutus

Keskinopeuden muutoksen lisäksi muuttuvat opasteet vaikuttavat turvallisuuteen myös nopeuksien hajonnan muutosten välityksellä. Keskihajonnan muutoksen ja henkilövahinkojen onnettomuusasteen muutoksen välisestä riippuvuudesta tehtyä on tehty arvioita (Salusjärvi 1981). Riippuvuuksia ei voida pitää varmoina, mutta ne osoittavat vaikutuksen suuntaa. Sääohjauksen nopeuksien keskihajontoja pienentävä vaikutus vahvistaa nopeusmuutoksen perusteella arvioituja onnettomuusvaikutuksia. Ottaen huomioon myös keskihajonnan pienenemisen voidaan olettaa, että ainakin aikaisemmin esitetyt arviot onnettomuusasteiden prosentuaalisista muutoksista saavutetaan. Voidaan arvioida, että nopeuksien keskihajonnan pienenemisen vuoksi vaikutus onnettomuusasteisiin olisi taulukon 7 mukainen. Arvioihin täytyy suhtautua varauksella niihin liittyvän epävarmuuden vuoksi.

Taulukko 7. Henkilövahinko-onnettomuusasteen muutos nopeuksien keski-hajonnan muutosten perusteella seka- ja moottoriliikennetiellä yhteensä.

talvi	
hyvä ja kohtalainen keli	0
huono keli	- 1-5 %

Koko vuoden onnettomuusasteeseen nopeuksien keskihajonnan muutoksella olisi alle prosentin vaikutus. Onnettomuuksien määrän vähenemistä on näin pienen muutoksen perusteella mahdotonta määritellä. Onnettomuus-kustannuksissa muutos voidaan ottaa huomioon laskennallisesti, mutta epävarmuudesta johtuen sitä ei tässä tutkimuksessa tehty. Valtaosa sääohjauksen tuomasta turvallisuuden paranemisesta johtuu keskinopeuden muutoksesta. Nopeuksien keskihajonnan pienenemisen vaikutus on selvästi pienempi ja vaikeasti arvioitavissa.

5.2.3 Muut mahdolliset vaikutukset

Sääohjatulla tiellä voi mahdollisesti olla muita vaikutuksia onnettomuusris-kiin. Näitä tekijöitä ei tässä tutkimuksessa kuitenkaan voitu ottaa huomioon onnettomuusvaikutuksia arvioitaessa johtuen siitä, että vaikutuksista ei ole riittävästi tietoa. Muita mahdollisia turvallisuusvaikutuksia ovat mm. seuraavat:

- kuljettajat voivat ottaa kelin ajokäyttäytymisessä huomioon todellisten tiedossa olevien olosuhteiden perusteella
- heijastusvaikutukset nopeuksissa ja ajokäyttäytymisessä sääohjatun tien jatkeilla
- muuttuvien opasteiden käyttäminen muista syistä kuin kelin perusteella

6 HANKKEEN KANNATTAVUUDEN TARKASTELU JA TULOKSET

6.1 Yhteiskuntataloudelliset laskentamenetelmät

Yhteiskuntataloudelliset tunnusluvut, joita hankearvioinnissa lasketaan ovat onnettomuuskustannukset, aikakustannukset, ajoneuvokustannukset, pako-kaasupäästöt, melu ja päällystekustannukset.

Onnettomuuskustannukset

Onnettomuuskustannukset lasketaan kaavalla:

$$\Delta K_{onn} = \Delta OA * KVL * k_{onn} * 365 * L / 10^6$$

jossa

ΔK_{onn} = onnettomuuskustannusten muutos vuodessa
 ΔOA = onnettomuusasteen muutos
 k_{onn} = onnettomuuden yksikkökustannus
 KVL = keskivuorokausiliikenne
 TS_t = raskaan tai kevyen liikenteen ajoneuvo-osuus
 L = tieosan eli linkin pituus
365 = päiviä vuodessa

Aikakustannukset

Aikakustannukset lasketaan kaavalla:

$$\Delta K_{aik} = \frac{(v_1 - v_2)}{v * v_2} * k_{aik} * KVL * TS_t * 365 * L$$

jossa

ΔK_{aik} = vuotuinen aikakustannuksen muutos
 v_1 = keskinopeus ilman sääohjausjärjestelmää
 v_2 = keskinopeus sääohjausjärjestelmän kanssa
 k_{aik} = tunnin aikakustannus

Kevyen ja raskaan ajoneuvon aikakustannukset:

Kevyt keskimäärin 50,8 markkaa/tunti/auto
Raskas 165,1 markkaa/tunti/auto

Ajoneuvokustannukset

Ajoneuvokustannusten muutos kevyille ajoneuvoille lasketaan kaavalla:

$$\Delta K_{ajo} = \left(\frac{80 * A}{2} \left(\frac{v_1 - v_2}{v_1 * v_2} \right) + \Delta dP * B \right) * KVL * L * TS_l$$

jossa

ΔK_{ajo} = ajoneuvokustannusten vuotuinen muutos
 A = ajoneuvokustannusten kiinteä osa
 B = ajoneuvokustannusten muuttuva osa
 TS_l = raskaan tai kevyen liikenteen ajoneuvo-osuus
 ΔdP = suhteellisen polttoaineen kulutuksen muutos
 80 = vertailunopeus kevyille ajoneuvoille (70 raskaat ajoneuvot)

Ajoneuvokustannusten kiinteä ja muuttuva kustannusosa:

Kevyille kiinteä osa on 43,1 p/km ja muuttuva 43,5 p/km ja vastaavasti raskaille 234,4 p/km ja 172,4 p/km.

Pakokaasupäästöt

Pakokaasupäästöt voidaan esittää yhtälöllä

$$\Delta K_{pää} = \sum (\Delta P_{pl} * k_{pää, pl} * KVL * TS_l * 365 * L)$$

jossa

$DK_{pää}$ = päästökustannusten vuotuinen muutos
 DP_{pl} = päästön muutos
 $k_{pää, pl}$ = päästön kustannus
 p = päästö
 l = ajoneuvolaji (kevyt auto, raskas auto)

Melu

Melutason perusarvo määrättyllä nopeudella 10 metrin etäisyydelle tien keskikohdasta voidaan laskea kaavalla

$$LA = LA_{10m} + 30 \text{ Log}(v/50)$$

jossa

LA = melutaso
 LA_{10m} = melutason perusarvo 10 metrin etäisyydellä tien keskikohdasta

Melun yksikköhinnat eri melutasoilla on listattu taulukossa 8.

Taulukko 8. Melun yksikköhinnat eri melutasoilla

Melutaso /dB	Vuosikustannus/mk asukas
55-65	1 782
65-75	2 700
> 70	5 400

Päällystekustannukset

Päällystekustannukset lasketaan kaavalla:

$$K_{\text{pääl}} = L * s * k_{\text{pääl}} * A$$

jossa

$$\begin{aligned} K_{\text{pääl}} &= \text{vuotuiset päällystekustannukset} \\ s &= \text{päällystettävän alueen leveys} \\ k_{\text{pääl}} &= \text{päällystyksen yksikkökustannus (25 mk/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Päällystyskertojen välinen aika voidaan arvioida vuotuisen kulumisen avulla. Urautumisnopeus saadaan uramallista, kun keskivuorokausiliikenne tunnetaan. Kun tiedetään vertailunopeus ja alennettu nopeus, voidaan nopeuden muutoksen vaikutus päällysteen kulumiseen esittää kaavalla

$$\Delta U = \left[\left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 - 1 \right] * 1$$

jossa

$$\Delta U = \text{päällysteen kulumisen prosentuaalinen muutos}$$

Päällysteen kulumisessa tapahtuvan muutoksen perusteella pystytään laskemaan uudet kaistojen päällystysvälit. Jakamalla yhden kerran päällystyskustannukset uuden päällystysvälin mukaisella annuiteettitekijällä vuosisuoritteiksi saadaan vanhan ja uuden vuosisuoritteen erotuksena päällystekustannusten vuotuinen muutos.

6.2 Yhteiskuntataloudellinen kannattavuus

Säähjauksen vaikutukset liikenteeseen muutetaan yhteiskuntataloudelliseksi kustannuksiksi Tielaitoksen yhteiskuntataloudellisille tekijöille määrittelemien yksikköhintojen avulla (Tielaitos 1996). Kustannusvaikutukset lasketaan seuraavalla periaatteella:

$$\boxed{\text{säähjauksen kustannusvaikutus}} = \boxed{\text{kustannukset sääohjatulla tiellä}} - \boxed{\text{kustannukset, jos ei käytettäisi säähjausta}}$$

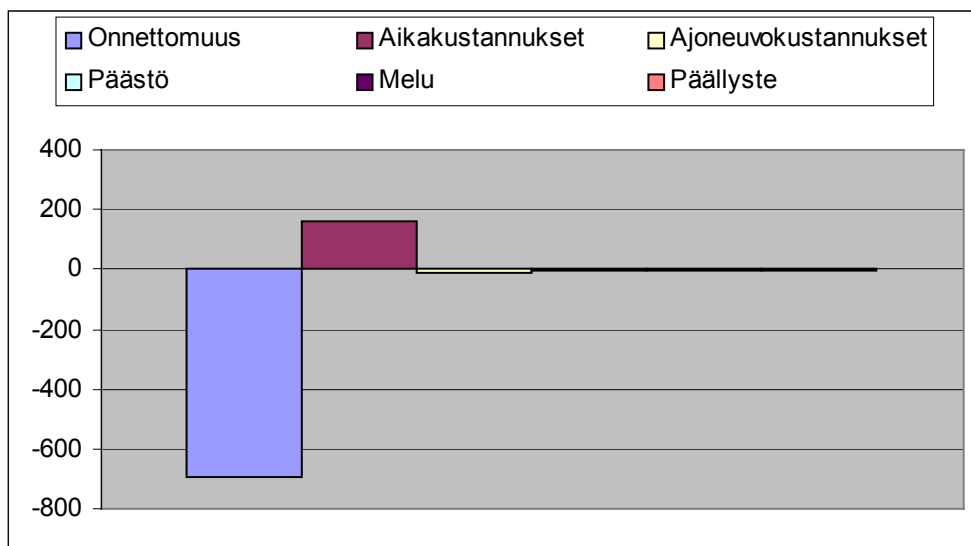
Kustannusvaikutus lasketaan erikseen kullekin yhteiskuntataloudelliselle tekijälle, joina tässä tutkimuksessa on käytetty seuraavia:

- onnettomuuskustannukset
- aikakustannukset
- ajoneuvokustannukset
- melukustannukset
- päästökustannukset
- asfalttipäällysteen kustannukset

Negatiivinen erotus merkitsee, että säähjauksen käyttäminen saa aikaan säästöä kyseisen tekijän suhteen. Positiivinen erotus kertoo, että säähjauksen vuoksi syntyy lisäkustannuksia.

Yhteiskuntataloudellisia laskelmia tehtäessä on käytetty Tielaitoksen määrittämiä laskentaperusteita ja kustannustekijöille antamia hintoja.

Kuvassa 4 on esitetty Kotka-Pyhtää -sähjatun tien yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutokset. Kustannusvaikutukset on laskettu tässä tutkimuksessa aikaisemmin tehtyjen oletusten pohjalta. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että oletuksiin liittyy epävarmuutta, jota on tarkasteltu herkkyysanalyseissä.



Kuva 4. Säähjatun tien yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutokset vuoden 1997 luvuilla.

Kokonaisuudessaan säähjatun tien oletetaan alentavan yhteiskuntataloudellisia kustannuksia noin 600 000 markkaa vuodessa. Merkittävin säästö syntyy onnettomuuskustannusten alenemisesta. Onnettomuuskustannukset alenivat kokonaisuutena, vaikka liikenteen keskinopeus 100 km/h nopeus-

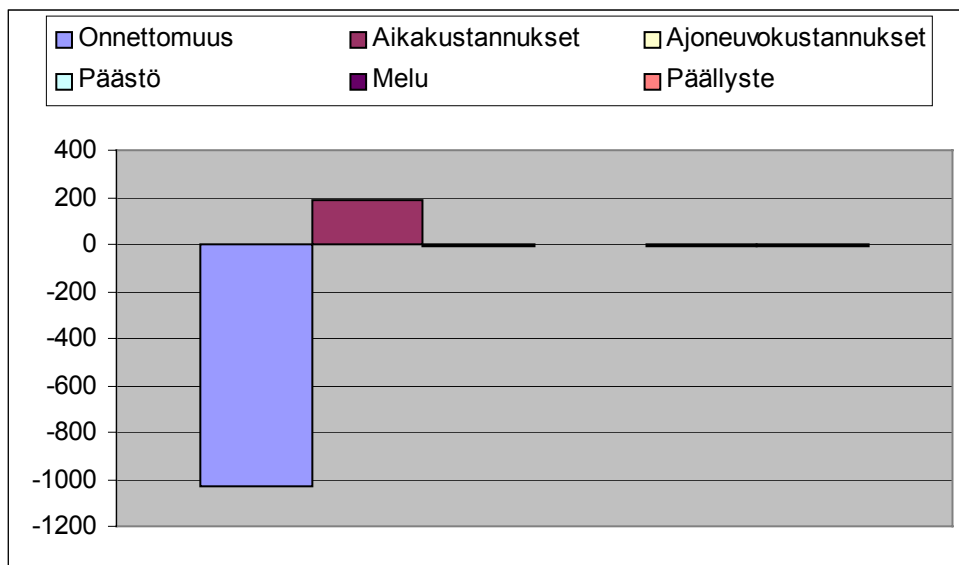
rajoituksen vaikutuksesta nousi talvella hyvällä kelillä eli pienen suhteellisen riskin aikana. Keskinopeuden lasku normaalilla ja huonolla kelillä kompensoi hyvän kelin keskinopeuden nousun. Aikakustannusten kasvusta johtuen onnettomuuskustannusten säästöstä menetetään noin 20 prosenttia. Muiden yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutokset ovat pieniä.

Vuoden 2000 liikennehankkeiden kannattavuuslaskelmien yksikköarvot ovat eräiltä osiltaan muuttuneet vuoden 1996 luvuista. Vastaavasti näillä arvoilla lasketut yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutokset on esitetty kuvassa 5. Merkittävimmät muutokset ovat tapahtuneet onnettomuuskustannusten hinnoittelussa. Muutokset johtuvat laskentaperusteiden ja menetelmien muutoksesta aikaisempiin laskentatapoihin verrattuna. Taulukossa 9 on esitetty vuoden 1996 ja vuoden 2000 arvot.

Taulukko 9. Onnettomuuskustannusten hinnat vuosina 1996 ja 2000.

Onnettomuuksien seuraus/ onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)	
	1996	2000
Kuolemaan johtanut onnettomuus	9 450 000	14 450 000
Muu henkilövahinko	226 000	300 000
Henkilövahinko keskimäärin	1 011 800	1 875 000
Omaisuuksivahinko	46 800	100 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	338 400	500 000

Yhteiskuntataloudelliset säästöt kasvaisivat 300 000 vuodessa johtuen onnettomuuskustannusten muutoksesta verrattuna vuoden 1996 tilanteeseen. Muutoksen ollessa näin suuri sillä on vaikutusta myös hankkeen kannattavuudelle, kuten seuraavassa luvussa tapahtuva tarkastelu osoittaa.



Kuva 5. Sääohjatun tien yhteiskuntataloudellisten kustannusten muutokset vuoden 2000 luvuilla.

6.3 Tulokset

6.3.1 Tunnuslukujen laskenta

Sääohjatun tien yhteiskuntataloudellisuuden arvioinnissa käytetään kahta tunnuslukua. Investoinnin tuottavuutta mitataan vuotuisella hyöty-kustannussuhteella ja kannattavuutta kuvaamaan käytetään sijoitetun pääoman tuottoastetta.

Hyöty-kustannussuhde

sääohjatun tien vuotuiset yhteiskuntataloudelliset kokonaissäästöt
 investoinnin vuosisuorite + ylläpidosta johtuvat vuosikustannukset

Hyöty-kustannussuhteen ylittäessä yhden investoinnista saatavat rahalliset hyödyt ylittävät siihen kuluvat kustannukset.

Sijoitetun pääoman tuottoaste

sääohjatun tien vuotuiset yhteiskuntataloudelliset kokonaissäästöt - investointikustannukset
 ylläpidosta johtuvat vuosikustannukset

Sijoitetun pääoman tuottoasteelle ei voida antaa yhtä yksiselitteisiä tulkintaohjeita. Kannattavuudelle asetettavat tavoitteet riippuvat investoinnin tyy-

pistä ja toimialasta. Tienrakennusinvestoinneissa yli kymmenen prosentin pääoman tuottoastetta voidaan usein pitää hyvänä.

Tienrakennuksessa perusinvestointi on suuri ja pitoajat pitkiä, joten sääohjauksen vertaaminen niihin ei anna oikeaa kuvaa. Sääohjausta voitaisiin ehkä verrata rationalisointi- tai tuottoja lisääviin investointeihin, jolloin hyvä tuottoaste pääomalle olisi 15 - 20 prosenttia. Riittävän kannattavuuden määrittely investoinnille on arvostuskysymys, jota ei liikenteen telematiikan osalta ole käsitelty.

6.3.2 Sääohjattu tie, pitoaika 9 vuotta

Sääohjatun tien vuotuisiksi yhteiskuntataloudellisiksi hyödyksi saatiin edellisessä luvussa esitetyin laskentaperustein noin 600 000 markkaa. Hyötyjen saavuttamiseksi käytetyt vuotuiset kokonaisresurssit (investoinnin vuosisuorite ja ylläpito) ovat noin 900 miljoonaa markkaa. Hyöty-kustannussuhde on 0,67 eli sääohjauksesta saatavat yhteiskuntataloudelliset hyödyt eivät riitä kattamaan kuin puolet syntyvistä kustannuksista.

Sijoitetun pääoman tuottoasteen laskemista varten vähennetään ylläpito-kustannukset (120 000 markkaa) yhteiskuntataloudellisista hyödyistä, jolloin sääohjauksen voitoksi ilman pääomakustannusten poistoja jää 480 000 markkaa vuodessa. Jakamalla tämä kokonaisinvestoinnin 5,9 miljoonalla markalla saadaan sijoitetulle pääomalle tuottoaste 8,1 prosenttia. Sijoitetun pääoman tuottoa voidaan pitää melko hyvänä.

Sääohjattua tietä ei voida näiden laskelmien perusteella pitää yhteiskunnalle taloudellisena investointina. Kyseessä on kuitenkin ollut ensimmäinen kokeilu yhdessä moottoritieosuuden kanssa, minkä vuoksi järjestelmän rakentamiskustannukset ovat olleet merkittävästi korkeammat kuin jos vastaava järjestelmä rakennettaisiin tällä hetkellä. Lisäksi järjestelmän lisäämät turvallisuushyödyt kasvavat todennäköisesti tien käytön suhteessa eli mikäli tulevaisuudessa liikennemäärät lisääntyvät on sillä vaikutusta tien kannattavuuteen.

6.3.3 Sääohjattu tie, pitoaika 15 vuotta

Vaihtoehtoisessa laskelmassa tien pitoajaksi oletettiin 15 vuotta kaapeloinnin perusteella ja investointikustannukset laskettiin 15 vuoden pitoajalle niin, että muihin kuin kaapelointiin laskettiin keskimääräisten pitoaikojen mukaan korvausinvestoinnit. Korvausinvestoinnit ja vuotuiset ylläpitokustannukset laskettiin vuoden 2001 hintatason mukaisesti, jotta muutokset perusinvestoinnin ja nykyisen hintatason välillä otettaisiin huomioon.

Taulukko 10. Sääohjatun tien investointikustannukset ja vuosisuorite laskettuna 15 vuoden pitoajan mukaan (korvausinvestoinnit mukaan lukien)

	Investointi- kustannukset (1 000 mk)	investoinnin vuosisuorite (1 000 mk)
Suunnittelu	500	22
Putkitus ja kaapelointi	900	78
Infotaulut	3 600	220
Tiesääasemat ja liikennetiedon mittauspisteet	500	44
Muuttuvat nopeusrajoitusmerkit	1 600	150
muut kustannukset	500	30
yhteensä	7 600	544

Ylläpitokustannuksia 15 vuoden investointi tuottaisi vuositasolla hiukan vähemmän kuin alkuperäisissä laskelmissa oli esitetty kustannuksiksi. Vuositasolla kustannuksiksi arvioitiin 15 vuoden ajalle keskimäärin 120 000 markkaa. Näin ollen vuotuinen investoinnin suorite vuosisuorite ja ylläpito yhteensä tuottaisi noin 800 000 markan yhteissumman.

Tunnusluvuiksi saatiin

- hyöty-kustannussuhde 0,91 (0,6 / 0,66)
- sijoitetun pääoman tuottoaste 6,3 prosenttia (0,48 / 7,6)

Tälläkään laskentatavalla investointi ei muuttuisi kannattavaksi, mutta on selvää että mitä pidemmällä aikavälillä investointia tarkastellaan sitä todennäköisempää on, että sen kannattavuus paranee alentuvien ylläpitokustannusten ja laitteistojen halpenemisen kautta. Toisaalta 15 vuoden jälkeen kaapelointi saattaa vaatia uusimista, joka on merkittävä lisäkustannus investointilaskelmassa.

6.4 Yhteenveto tuloksista

Yhteiskuntataloudellista kannattavuutta tarkasteltiin useilla eri vaihtoehtoisilla laskelmilla. Yksikään ei kuitenkaan tuottanut investoinnille yli yhden hyötykustannussuhdetta eli investointia ei voida pitää näillä mittareilla tarkasteltuna kannattavana. Toisaalta menetelmät kuten monikriteerianalyysi voivat tuoda tarkasteluun ulottuvuuksia, jotka saattavat muuttaa investoinnin tarkastelun näkökulmaa. Näihin vaihtoehtoisiin tarkasteluihin palataan raportin toisessa osassa.

Mikäli hanke olisi toteutettu vuonna 2000 voimassa olleiden kannattavuuslaskelmien yksikköarvojen pohjalta, olisi tarkastelun tulos ollut erilainen tuloksiltaan kuin mitä edellä vuoden 1996 luvuilla tarkasteltuna. Muutokset on-

nettomuuskustannuksissa ovat olleet huomattavia ja niistä johtuen saavutettavat säästöt kasvavat myös merkittävästi.

Hankkeen yhteiskuntataloudelliset säästöt olisivat siis 850 000 - 900 000 markkaa vuodessa ja vastaavasti kustannukset noin 900 000 markkaan. Hankkeen hyötykustannussuhteeksi muodostuu siis aika tarkkaan yksi, jota voidaan pitää kannattavan projektin alarajana. Vaikuttaa siis siltä, että muutokset sekä yhteiskuntataloudellisissa säästöissä että tekniikan kustannuksissa tukevat uuden tekniikan käyttöönottoa sen yleistyttyä.

II HYÖTYKUSTANNUSANALYYSIN ONGELMAT JA VAIHTOEHTOISET TARKASTELUMENETELMÄT

7 KUSTANNUSTEKIJÖIDEN MUUTOKSET HYÖTYKUSTANNUSANALYYSISSÄ

7.1 Herkkyysanalyysit ja niiden suorittaminen

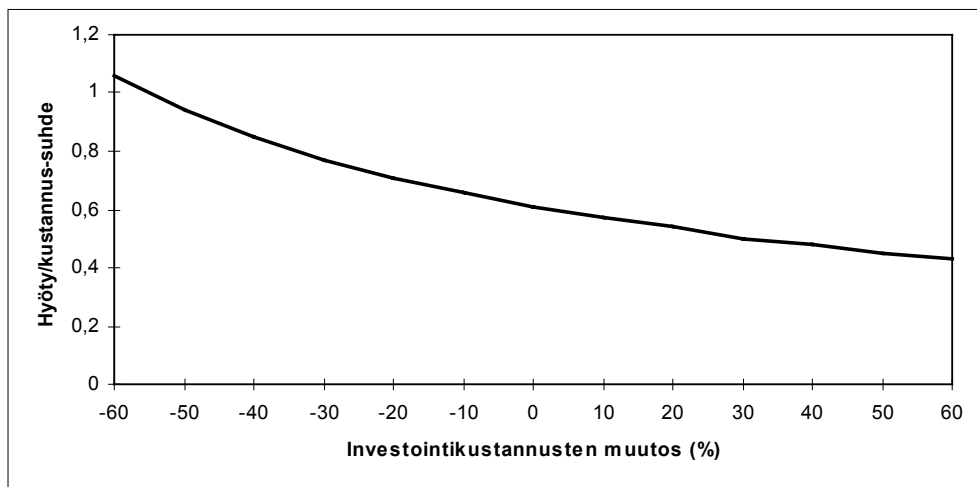
Aina ei perinteinen hyötykustannustarkastelu tuota tietoa siitä, mitä tapahtuu, jos jokin investointiin liittyvä komponentti muuttuu olennaisesti. Taloudellisuustarkastelussa liitetään yhteen suuri joukko eri tavoin tuotettua tietoa, jotta voitaisiin muodostaa kokonaiskuva hankkeen taloudellisuudesta. Useisiin tietoihin liittyy epävarmuutta ja olettamuksia, jotka on otettava huomioon taloudellisuutta tarkasteltaessa.

Herkkyysanalyyseissä pyritään kartoittamaan sääohjauksisen tien kannattavuuslaskelmissa mukana olevien, erillisten tekijöiden epävarmuutta. Tekijöiden arvoa muuttamalla ja hyöty-kustannussuhdetta tarkkailemalla tutkitaan, miten tekijöiden suunnitteluarvosta poikkeaminen vaikuttaa koko investointiin hyöty-kustannussuhteeseen.

Herkkyysanalyysit on tehty hankkeen päivitetystä investointikustannuksista muodostuvan ratkaisun perusteella, jossa perustilanteessa hyöty-kustannussuhde on 0,6.

7.2 Investointikustannukset

Herkkyysanalyysi on tehty poikkeuttamalla koko investointikustannusta tasaisesti muuttuvalla prosenttimäärällä, jolloin investoinnin vuosisuorite muuttui vastaavasti. Kuvassa 6 on esitetty muutoksen vaikutus hyöty-kustannussuhteeseen. Kuvasta nähdään, että kustannusten pienenemisellä on tuottavuutta kiihtyvästi kasvattava vaikutus.



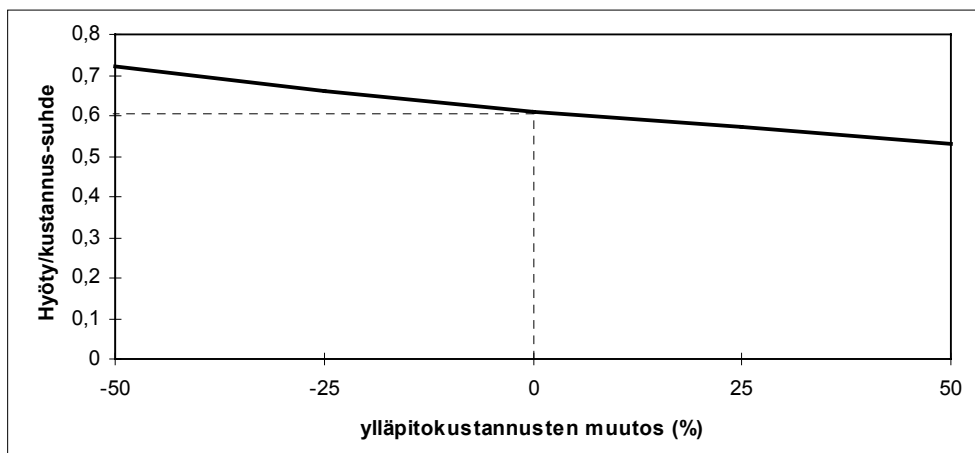
Kuva 6. Hyöty-kustannussuhde investointikustannusten muuttuessa.

Investointikustannusten tulisi laskea noin 55 prosenttia, jotta tuottavuusraja saavutettaisiin. Tämä merkitsisi, että muuttuvien opasteiden järjestelmä saisi maksaa korkeintaan 3 miljoonaa markkaa. Kustannuksia alennettaessa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota 1) halvempiin teknisiin ratkaisuihin ja 2) kiinteiden kustannusten syntymiseen.

- Investointikustannuksista noin 30 prosenttia aiheutuu tiedonsiirtokaapeloinnista. Pelkästään laskennallisesti tarkasteltuna langattoman tiedonsiirron avulla voitaisiin saada merkittäviä säästöjä.
- Muuttuvien opasteiden osuus kustannuksista on lähes 40 prosenttia. Opasteiden kappalehinta on korkea. Muuttuvien opasteiden hintojen odotettiin laskevan enemmän, mutta hintojen lasku ei toteutunut (Lähesmaa 1995).
- Ns. kiinteiden kustannusten osuus on noin 25 prosenttia investoinnista. Kiinteät kustannukset eivät muutu tieosan pituuden mukaan vaan ovat lähinnä hankekohtaisia. Toteuttamalla muuttuvien opasteiden järjestelmä pidemmällä tiejaksolla jää kiinteiden kustannusten suhteellinen merkitys vähäisemmäksi.

7.3 Ylläpitokustannukset

Herkkyysanalyysi tehtiin muuttamalla ylläpitokustannuksia määrättyllä prosenttiosuudella. Vaikutukset on esitetty kuvassa 7.



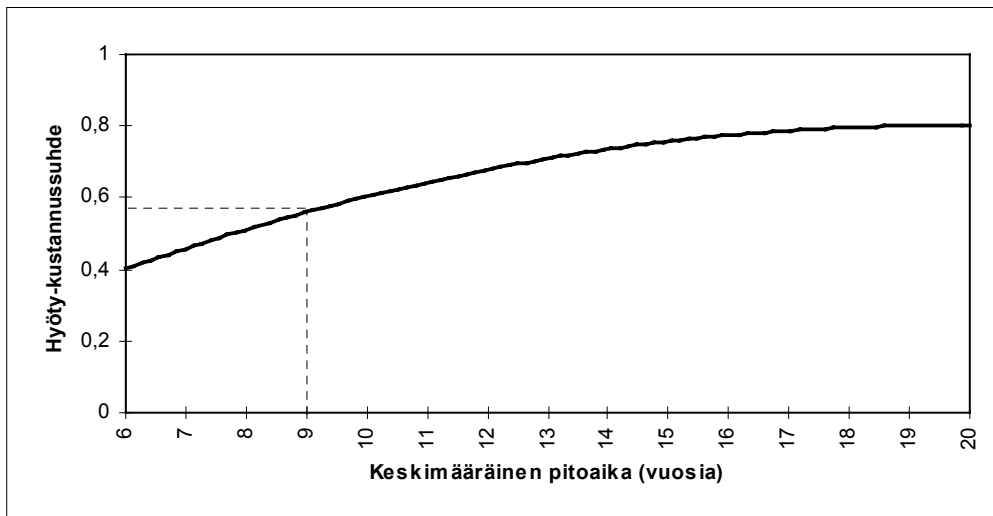
Kuva 7. Hyöty-kustannussuhde ylläpitokustannusten muuttuessa.

Ylläpitokustannuksia tarkasteltaessa on käytetty Kotka- Pyhtää sääohjatun tien toteutuneita ylläpitokustannuksia. Kuvasta havaitaan, että ylläpitokustannusten vaikutus kannattavuuteen on melko pieni. Tämä johtuu siitä, että ylläpidon kustannukset (noin 120 000 markkaa vuodessa) ovat melko pieni kustannuserä verrattuna investoinnin vuosisuoritteeseen.

Ylläpitokustannuksista 30 prosenttia syntyy järjestelmän valvonnasta ja käytöstä. Markkamääräisesti tämän luvun voidaan arvioida pysyvän lähes samana vaikka tieosuus olisi eri pituinen. Esimerkiksi puolta pidemmällä tiejaksolla ylläpitokustannusten suhteellisen osuuden alenemisen vaikutus olisi 8 prosentin parannus tuottavuudessa.

7.4 Pitoaika

Kuvassa 8 esitetty keskimääräinen pitoaika on laskettu painottaen kunkin yksittäisen laitteen pitoaikaa laitteen hinnalla ja jakamalla saatu luku koko investoinnin markkamäärällä (painotettu keskiarvo). Herkkyysanalyysi on tehty muuttamalla yksittäisten laitteiden pitoaikoja vuosi kerrallaan ja tarkastelemalla hyöty-kustannussuhteen muuttumista keskimääräisen pitoajan suhteen.

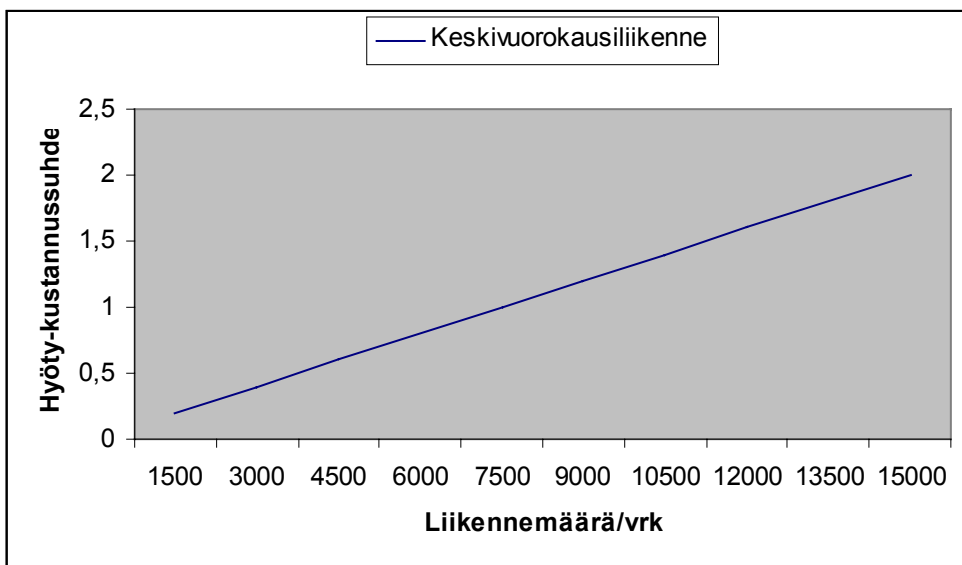


Kuva 8. Hyöty-kustannussuhde investointien keskimääräisen pitoajan muuttuessa.

Kuvasta havaitaan, että mikäli pitoajat olisivat määriteltyjä lyhyemmät heikkenisi hankkeen tuottavuus nopeasti. Pitoajan kasvattamisella ei ole yhtä nopeaa vaikutusta. Tässä tutkimuksessa käytetyt kunkin laitteen pitoajat perustuvat tässä tutkimuksessa ja aikaisemmissa muuttuvien opasteiden investointilaskelmissa tehtyihin määrittelyihin. Liikennetelematiikan laitteille ei ole yleisesti määritelty pitoaikoja.

7.5 Liikennemäärä

Herkkyysanalyysi tehtiin tarkastelemalla hyöty-kustannussuhdetta eri keskimääräisillä vuorokausiliikenteillä. Liikennemäärän muutos vaikuttaa kaikkiin yhteiskuntataloudellisiin kustannuksiin lähes samassa suhteessa, vain niiden suhteelliset erot muuttuvat. Vaikutukset on esitetty kuvassa 9.

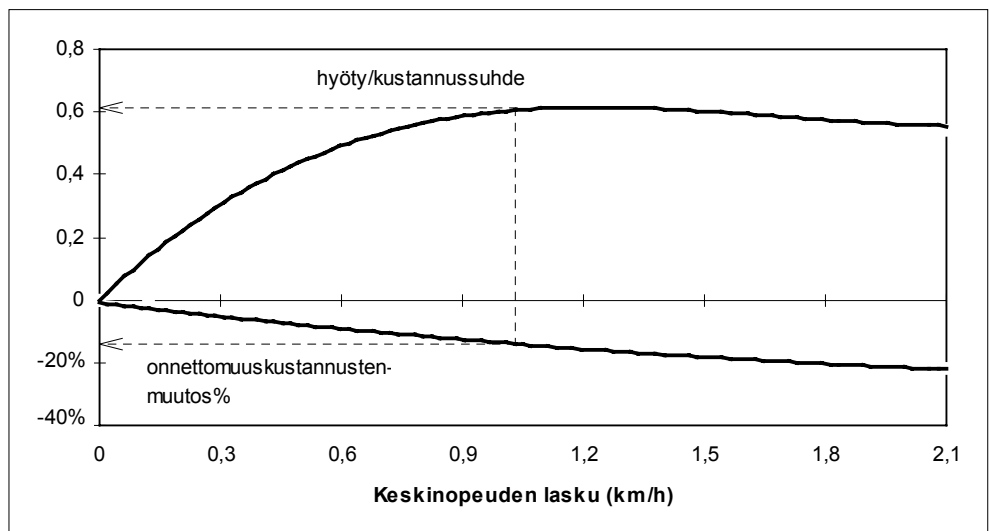


Kuva 9. Hyöty-kustannussuhde keski vuorokausiliikennemäärän (KVL) muuttuessa.

Kuvasta nähdään, että tuottavuusraja ylittäisiin 7 500 ajoneuvon vuoro-kausiliikenteellä. Se kuinka voimakkaasti hyöty-kustannussuhde muuttuu liikennemäärän mukaan riippuu yhteiskuntataloudellisten kustannusten välisistä suhteellisista eroista. Tässä määrävänä tekijänä on suurimpien eli onnettomuus- ja aikakustannusten ero. Mitä suurempi ero on sitä voimakkaammin liikennemäärä vaikuttaisi. Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella aikakustannusten kasvu vastaa noin 40 prosenttia onnettomuus-kustannusten laskusta, joten liikennemäärällä on voimakas vaikutus tuottavuuteen.

7.6 Keskinopeus ja onnettomuudet

Herkkyyksanalyysi on tehty lisäämällä muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusta keskinopeuteen tasaisesti alennettujen rajoitusten nopeusrajoitusluokissa (talvi 80 km/h, kesä 100 ja 80 km/h). Nopeuksien muutosten perusteella arvioitiin onnettomuusvaikutus kussakin nopeusrajoitusluokassa aikaisemmin esitetyn riippuvuuden perusteella. Hyöty-kustannussuhteen ja onnettomuuskustannusten prosentuaalista muutosta on sitten tarkasteltu koko vuoden keskinopeudessa tapahtuvan laskun perusteella (kuva 10).



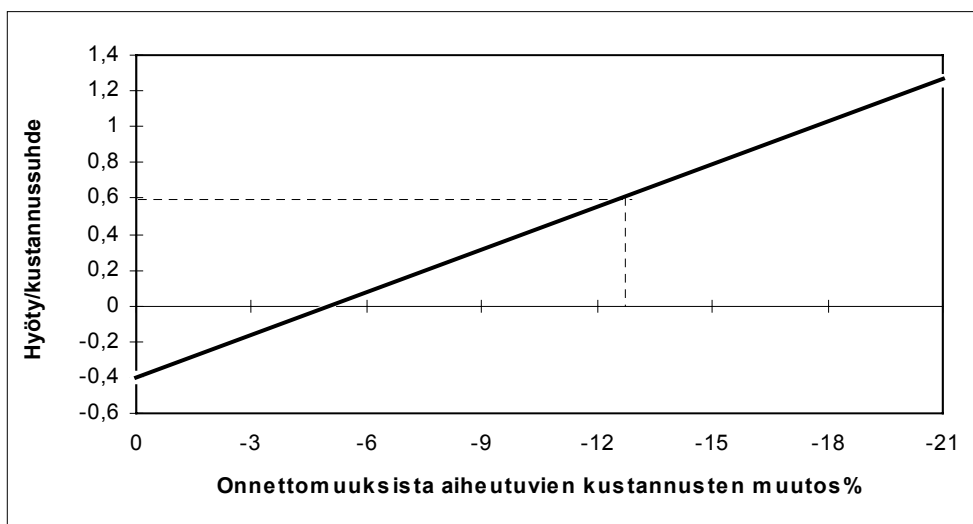
Kuva 10. Hyöty-kustannussuhde ja onnettomuuskustannusten prosentuaalinen muutos tieosuuden liikennevirran keskinopeuden laskiessa.

Kuvasta tulee esille keskinopeuden alenemisen kaksiosainen vaikutus. Kun liikennevirran keskinopeus alenee, aikakustannukset kasvavat, mutta onnettomuuskustannukset pienenevät. Voimakkainta onnettomuuksien lukumäärän muutos on heti nopeuden muutoksien alussa. Kun onnettomuuskustannuksista saatavan kustannussäästön kasvu hidastuu koko ajan ja toisaalta aikakustannukset kasvavat lineaarisesti, saavutetaan jossain vaiheessa optimitilanne (kuvassa noin 1,3 km/h keskinopeuden aleneman koh-

dalla), jossa hyödyt ovat laskennallisesti suurimmat. Laskelmien perusteella voidaan todeta, että nyt sääohjatulla tiellä on saatu lähes suurin mahdollinen hyöty nopeuksien laskemisesta.

7.7 Onnettomuudet

Herkkyysanalyysissä on muutettu pelkästään onnettomuusvaikutusta alennettujen nopeusrajoitusten luokissa. Näin on tarkasteltu, mikä olisi hyöty-kustannussuhde, jos perusratkaisun mukaisella nopeuden laskulla (vuoden keskinopeuden lasku noin 1 km/h) saataisiinkin toisenlainen turvallisuusvaikutus (kuva 11).



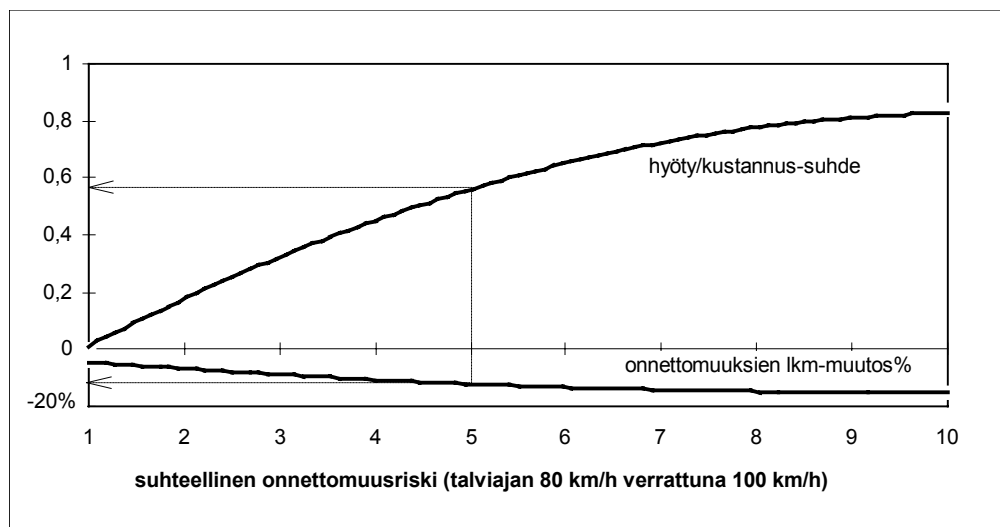
Kuva 11. Hyöty-kustannussuhde pelkästään onnettomuusvaikutuksen muuttuessa.

Kuvasta havaitaan, että mikäli toteutuneella nopeuksien muutoksella saataisiin oletetusta poikkeava vaikutus onnettomuuskustannuksiin muuttuisi hyöty-kustannussuhde nopeasti. Aikaisempien arvioiden perusteella mahdollisista muutoksista voidaan sanoa seuraavaa:

- Keskinopeuden muutoksen ja onnettomuusmäärän välisessä riippuvuudessa todettiin olevan noin prosenttiyksikön epävarmuus. Kuvaajan perusteella tämä heijastuu noin 10 prosenttiyksikön epävarmuutena tuottavuudessa. Hyöty-kustannussuhde olisi lukuarvona siten noin $0,6 \pm 0,05$ eli epävarmuus on vähäistä.
- Nopeuksien keskihajonnan perusteella voidaan onnettomuuskustannuksissa saada lisähyötyä. Optimistisimpien arvioiden mukaan keskihajonnan pienenemisen onnettomuusvaikutus kokonaisuudessaan olisi noin prosentin luokkaa ja nostaisi hyöty-kustannussuhdetta 0,1 yksikköä eli 0,7:ään.

7.8 Suhteellinen riski

Keliluokkien välisen suhteellisen riskin vaikutusta tarkasteltiin kasvattamalla tasaisesti alennettujen nopeusrajoitusluokkien suhteellista riskiä verrattuna hyvän kelin luokan riskiin. Alkutilanteessa riskiä eri keleillä pidettiin samana. Kuvassa 12 on tarkasteltu hyöty-kustannussuhteen ja onnettomuusvaikutuksen muuttumista talviajan 80 km/h ja 100 km/h nopeusrajoitusluokkien välisen suhteellisen riskin funktiona. Vaikka suhteellisen riskin muutos on esitetty talviajan perusteella muutettiin myös kesäajan keliluokkien riskejä vastaavasti.



Kuva 12. Hyöty-kustannussuhde suhteellisen onnettomuusriskin muuttuessa.

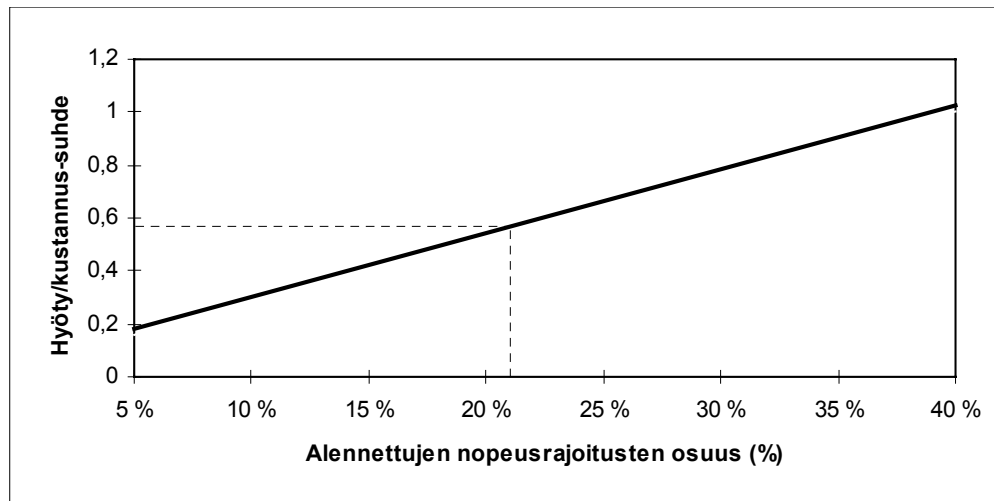
Kuvasta havaitaan, että mikäli keliolosuhteiden aiheuttama suhteellisen riskin kasvu on oletettua pienempi heikkenee hankkeen tuottavuus nopeasti. Eri keliluokkien suhteelliset riskit jouduttiin arvioimaan varsin karkeasti luotettavien tutkimustulosten puuttuessa, siten suhteellisiin riskeihin liittyvä epävarmuus on merkittävä epävarmuustekijä koko hankkeen tuottavuuden kannalta.

Luotettavuusväliarvioiden perusteella talviajan suhteellisten riskien välien ero voi pienemmillään olla 4:1, jolloin hyöty-kustannus-suhde jäisi alle 0,5:n. Suhteellisen riskieron kasvu ei vaikuta yhtä nopeasti. Arvioitaessa eron suurimmaksi mahdolliseksi arvoksi 6:1 olisi hyöty-kustannussuhde jonkin verran yli 0,6.

7.9 Keliluokkien osuus

Herkkyysanalyysissä eri nopeusrajoitusluokkien osuutta muutettiin tasaisesti. Nopeudet vertailu- ja koetiellä pidettiin kaikissa luokissa ennallaan. Onnettomuusasteet vertailu- ja koetiellä pidettiin ennallaan alennetuissa nope-

usrajoitusluokissa, mutta onnettomuusastetta talven 100 km/h ja kesän 120 km/h luokissa muutettiin siten, että koko vuoden onnettomuusasteen vertailuarvo 0,08 henkilövahinko-onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti pysyi koko ajan samana. Kuvassa 13 hyöty-kustannussuhde on esitetty riippuen koko vuoden alennetun nopeusrajoituksen osuudesta.



Kuva 13. Hyöty-kustannussuhde alennettujen nopeusrajoitusten osuuden muuttuessa.

Kuvasta nähdään, että mikäli korkeamman riskin aikaa olisi enemmän paransi tuottavuus. Laskelmien pohjana käytettyihin keliluokkien osuuksiin voi liittyä epävarmuutta, johtuen aikaisemmin esitetyistä syistä. Arviota epävarmuuden suuruusluokasta ei käytettävissä olevien tietojen perusteella osata tehdä.

7.10 Muut tekijät

Kelin ja sään lisäksi onnettomuusriskiin voivat vaikuttaa muutkin yksittäiset tekijät, kuten ruuhkautuminen, ajoneuvojen hajoaminen ajoradalle tai jo tapahtuneiden onnettomuuksien jälkitilanteet. Muuttuvia opasteita voidaan käyttää liikenteen hallintaan myös näiden tilanteiden aikana ja siten nostaa aikaa, jona järjestelmä on tuottavassa käytössä.

Kotka – Pyhtää-tiellä näiden ongelmatilanteiden osuus on ajallisesti tuskin merkittävä. Yksittäistapauksissa liikenteen häiriötekijät voivat kuitenkin olla erittäin merkittäviä onnettomuuksiin johtavia syitä. Häiriötekijöiden yleisyyttä, muuttuvien opasteiden vaikutusta liikenteeseen niiden aikana ja siten hankkeen taloudellisuuteen oli mahdotonta arvioida tämän työn osana.

8 TOTEUTTAMISVAIHTOEHTO: LANGATON TIEDONSIIRTO

8.1 Taustaa

Langattoman tiedonsiirron tekniikan kehitys ja sitä kautta tapahtuva kustannusten alentuminen on tehnyt langattoman tiedonsiirron käytöstä varteenotettavan vaihtoehdon monissa ratkaisuissa. Tätä vaihtoehtoa tutkittiin jo Lähesmaan (1997) tutkimuksessa Kotka-Hamina tien osalta. Tässä langattoman tiedonsiirron vaihtoehtoa käsitellään vaihtoehtoisena tapana toteuttaa Kotka-Pyhtää tien sääohjaus.

Säätien kohdalla ratkaisu saattaisi vaikuttaa investointikustannuksiin alentavasti, koska investointivaiheessa kiinteän kaapeliverkon rakentamiskustannukset muodostavat melko suuren osan kustannuksista. Ajatuksena on ollut siirtyminen raskaasta tekniikasta kevyempään ja halvempaan tekniseen toteutukseen. Kustannuksia tarkasteltaessa tulee muistaa, että tekninen toteutus on periaatteen asteella ja esimerkiksi ongelmista teknisen toimivuuden suhteen ei ole vielä paljoakaan tietoa ja kokemusta.

Tässä esitetyt luvut on laskettu kuten sääohjatun tien tapauksessakin sekä vuoden 1997 että vuoden 2000 kustannusten mukaan. Järjestelmien nopea kehitys on johtanut siihen, että vuonna 1997 esitetty tekniikka on jo korvattu uudella.

8.2 Vuoden 1997 kustannustasossa

Langattoman tiedonsiirron tekniikan kehitys ja sitä kautta tapahtuva kustannusten alentuminen on tehnyt langattoman tiedonsiirron käytöstä varteenotettavan vaihtoehdon monissa ratkaisuissa. Säätien kohdalla ratkaisu saattaisi vaikuttaa lähinnä investointikustannuksiin alentavasti, koska investointivaiheessa kiinteän kaapeliverkon rakentamiskustannukset muodostavat melko suuren osan kustannuksista. Kustannuksia tarkasteltaessa tulee muistaa, että tekninen toteutus on periaatteen asteella ja esimerkiksi ongelmista teknisen toimivuuden suhteen ei ole vielä tarpeeksi tietoa ja kokemusta. Taulukossa 11 on esitetty asiantuntijahaastattelujen perusteella lasketut, suuntaa antavat investointikustannukset Kotka-Pyhtää säätielle, mikäli se olisi rakennettu toimimaan langattomalla tiedonsiirrolla vuonna 1997.

Taulukko 11. Investointikustannukset Kotka-Pyhtää säätielle, mikäli tiedonsiirtoon käytettäisiin langatonta vaihtoehtoa. Vuosisuorite on laskettu annuiteettimenetelmällä, kuten muissakin esitetyissä vaihtoehdoissa (jäännösarvo on nolla).

	Investointi- kustannukset (1 000 mk)	investoinnin vuosisuorite (1 000 mk)
Suunnittelu	388	34
Modeemit	114	18
Opasteet	2 750	443
Havaintolaitteisto	265	40
atk-laitteet	430	102
Ohjelmisto	150	20
Käyttöönotto	110	18
Muut	560	49
Yhteensä	4 767	724

Langattoman tiedonsiirron vaihtoehdossa suurimmat investoinnin kustannuserot tavalliseen, kiinteän tiedonsiirron verkkoon muodostuvat seuraavista osista:

kaapelointi

- langattoman tiedonsiirron vaihtoehdossa suurimmat kustannussäästöt saadaan kaapeliverkon investointikustannusten säästöistä (1 735 000 markkaa). Tosin merkit vaativat tällöin erillisen sähköistyksen, jonka hinnaksi on arvioitu 10 000 markkaa merkkiä kohden (taulukossa 11 esitetty kohdassa ”opasteet”).

opasteet

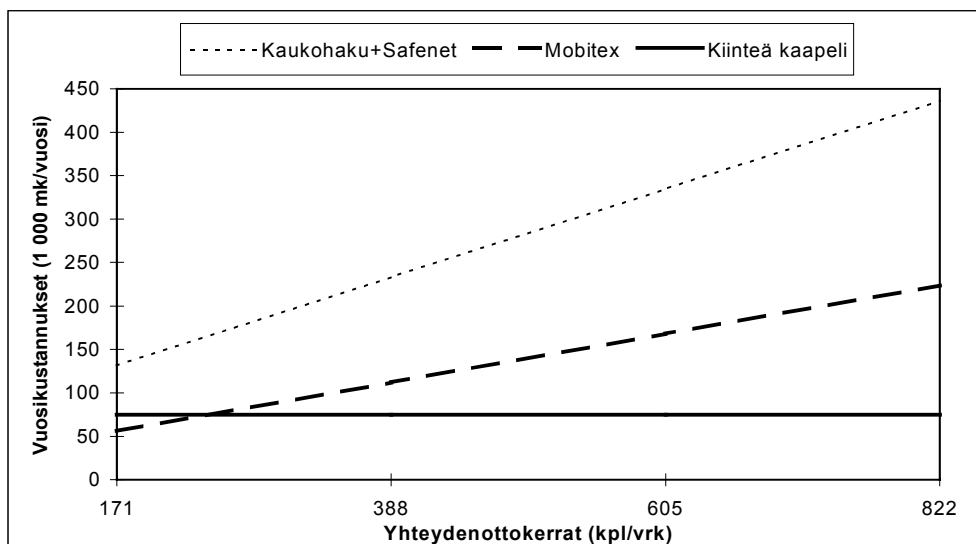
- langaton tiedonsiirto vaatii hieman kalliimmat modeemit kuin kaapelointia käyttävä tiedonsiirto. Tästä syntyvä lisäkustannus (noin 2 000 markkaa ohjattavaa merkkiä kohden) sisältyy taulukossa 11 kohtaan opasteet. Lisäksi kohdassa ”opasteet” on otettu huomioon langattoman tiedonsiirron yhteyden liittymismaksut, noin 300 markkaa liittymää kohden.

Langatonta tiedonsiirtoa käyttämällä investointikustannukset voisivat olla noin 3,4 miljoonaa markkaa alhaisemmat kuin Kotka - Pyhtää koetiellä toteutuneet. Pitoajoista johtuen vaikutus investoinnin vuosisuoritteeseen ei ole yhtä suuri.

Aikaisemmissa tarkasteluissa langattoman tiedonsiirron vaihtoehdoista on jouduttu luopumaan kalliiden ylläpitokustannusten takia. Tekniikan kehitys ja langattoman tiedonsiirron yleistymisen on kuitenkin alentanut tiedonsiirron kustannuksia ja verkkoja on kehitetty erityyppisen yhteydenpidon tarpeisiin. Tässä kappaleessa tarkastellaan tiedonsiirron kulujen muutosta vuosien 1997 ja 2001 välillä.

Muuttuvia liikennemerkkejä ohjattaessa tiedonsiirron tulee olla kaksisuuntaista, jolloin merkin käskytyksen lisäksi saadaan varmistus merkin näytöstä. Viestit ovat kokoluokaltaan muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä ohjaavista,

noin 10 merkkiä pitkistä käskyistä aina tiesääseman raportin 500 merkkiin. Tiedonsiirtoon soveltuvina verkkoina on käsitelty Mobitex-verkko, jossa pysytään kahdensuuntaiseen liikennöintiin ja Kaukohaku (joka on yksisuuntainen verkko) ja siihen yhdistettynä, kuittaavana verkkona Safenet. Kuvassa 14 on esitetty vaihtoehtojen suuntaa antavat kustannukset. Molemmat verkkoratkaisut olivat mahdollisia Kotka-Pyhtää tien suunnitteluvaiheessa.



Kuva 14. Tiedonsiirtokustannusten riippuvuus yhteydenottokertojen määrästä

Kuvassa esitetyt yhteydenottokerrat koostuvat merkkikohtaisista yhteydenottotarpeista seuraavasti:

- yhteydenottotarve muuttuviin nopeusrajoitusmerkkeihin 3 - 4 - 5 tai 6 kertaa vuorokaudessa
- yhteydenottotarve informaatiotauluihin ja varoitusmerkkeihin 3 - 4 - 5 tai 6 kertaa vuorokaudessa
- yhteydenottotarve tiesääsemiin noin 1 - 4 - 8 tai 12 kertaa tunnissa.

Kustannuksista pääosa syntyy tiesääsemien tiedonsiirrosta. Pienimmällä yhteydenottokertojen määrällä Mobitex-verkolla 85 prosenttia kustannuksista johtuu tiesääsemien tietoliikenteestä ja suurimmalla yhteydenottokertojen määrällä vastaava osuus on 97 prosenttia.

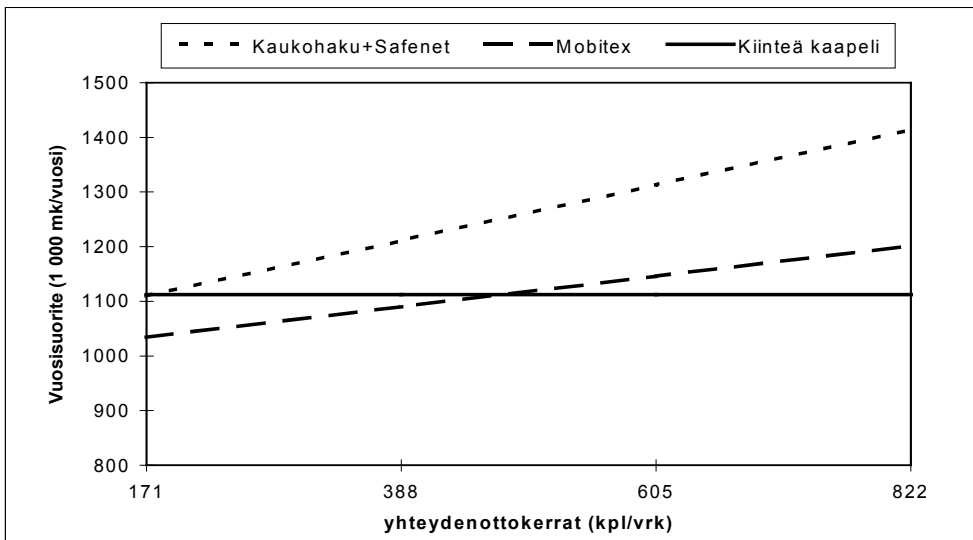
Kuvasta havaitaan, että Mobitex-verkolla tiedonsiirtokustannukset olisivat samaa luokkaa kuin kiinteillä yhteyksillä, mikäli yhteydenottotarve saadaan pidettyä alhaisena. Kaukohaku-Safenet -ratkaisussa kustannukset ovat aina korkeammat kuin Mobitex-ratkaisussa ja yhteydenottokertojen lisääntyminen vaikuttaa nopeasti.

Esitetyt kustannusarviot ovat Telen asiantuntijoiden arvioita langattoman tiedonsiirron kustannuksista käytettäessä sitä Kotka-Pyhtää-tyyppisen sääohjatun tien muuttuvien merkkien ohjaamiseen.

Muiden ylläpitokustannusten tiedonsiirtoa lukuun ottamatta oletetaan olevan samat kuin kiinteän kaapelin vaihtoehdossa. Tällöin kuitenkin uskotaan, että

langaton vaihtoehto toimii teknisesti yhtä luotettavasti kuin kiinteän kaapeliverkon yhteys. Mikäli järjestelmässä on ongelmia, kohoavat ylläpidon kustannukset nopeasti.

Sääohjatun tien investointikustannuksiin pystytään vaikuttamaan joko rakentamalla kaapelointi ilman putkitusta ja kaivoja tai toteuttamalla tiedonsiirto langattomilla yhteyksillä. Vaihtoehtojen vertailemiseksi kuvassa 15 on esitetty eri ratkaisujen yhteenlasketut vuosikustannukset (investoinnin vuosisuorite ja vuosittainen ylläpitokustannus, tiedonsiirto mukaan lukien).



Kuva 15. Investoinnin ja ylläpitokustannusten vuosisuoritteen vertailu eri tiedonsiirtotavoille (Lähesmaa 1997).

Langattomien vaihtoehtojen kustannuksista saatujen asiantuntija-arvioiden mukaan langattoman tiedonsiirron kokeileminen sääohjatulla tiellä olisi kustannussyistä perusteltua. Erityisesti tiedonsiirto muuttuviin opasteisiin, joihin yhteydenottoja tarvitaan suhteellisen harvoin ja lähetettävien viestien koko on pieni, olisi taloudellisesti perusteltua tehdä langattomasti.

Tarkasteltu Kotka-Pyhtää sääohjattu tie on melko lyhyt, joten sen kohdalla eivät kaapelointikustannusten säästöt tunnu vielä kovin suurilta, mutta etenkin pidempiä sääohjattuja teitä rakennettaessa langattoman tiedonsiirron edut korostuvat investointikustannusten osalta. Kustannuslaskelmia tarkasteltaessa tulee kuitenkin muistaa langattoman tiedonsiirron teknisen luotettavuuden epävarmuus ja se, ettei langattoman vaihtoehdon toteuttamisesta ole vielä runsaasti kokemusperäistä tietoa.

8.3 Vuoden 2001 kustannustasossa

Tiedonsiirron kustannukset ovat muuttuneet nopeasti kuluneiden 4 vuoden aikana. Taulukossa 12 on esitetty päivitetty kustannusarvio, mikäli järjestelmä korvattaisiin langattomalla tiedonsiirrolla.

Taulukko 12. Investointikustannukset Kotka-Pyhtää säätielle, mikäli tiedonsiirtoon käytettäisiin langatonta vaihtoehtoa. Vuosisuorite on laskettu annuiteettimenetelmällä, kuten muissakin esitetyissä vaihtoehtoissa (jäännösarvo on nolla).

	Investointi- kustannukset (1 000 mk)	investoinnin vuosisuorite (1 000 mk)
Suunnittelu	388	34
Modeemit	57	9
Opasteet	2 490	443
Havaintolaitteisto	265	40
atk-laitteet	400	102
Ohjelmisto	130	20
Käyttöönotto	110	18
Muut	560	49
Yhteensä	4 400	673

Kustannuseristä suurimmat muutokset vuoden 1997 ovat tapahtuneet modeemien hinnoissa, jotka ovat laskeneet puoleen vuoden 1997 hintatasosta. Lisäksi opasteiden hinnoissa on tapahtunut laskua, jonka vaikutus investointiin on yli 250 000 markkaa.

Mikäli sääohjattu tie toteutettaisiin nykyisillä laitteistoilla ja kustannustasolla, olisi toteutus GSM-tekniikkaan pohjautuva. Joitakin vertailutietoja aikaisempaan järjestelmään voidaan esittää:

- Mobitexin hinta oli 10 000 markkaa, GSM maksaa 3 000 markkaa.
- Kuukausimaksut liittyen liittymätyypistä ovat laskeneet 90 mk/kk tasolta 20 mk/kk tasolle.

Liikennehinnat ovat puolestaan muuttuneet seuraavasti:

Mobitex: 0,08 markkaa + 0,015 penniä/6 merkkiä sanomaa kohti

GSM/SMS: 0,47 mk – 0,65 mk sanoma (maksimissaan 160 merkkiä, riippuen liikennevolyyminä)

Lisäksi tällä hetkellä Helsingin alueella on kokeilussa ns. GPRS-järjestelmä, jonka hyödyntäminen merkitsisi rajatonta liikennemäärää 100 markan kuukausimaksulla. Mikäli tällainen järjestelmä voitaisiin ottaa käyttöön Kotka-Pyhtää tieosuudella toisi se merkittäviä kustannussäästöjä.

8.4 Langattoman vaihtoehdon kannattavuus

Edellä on tehty oletuksia siitä, mitkä voisivat olla langattoman vaihtoehdon kustannukset 9 vuoden pitoajalla. Arviot perustuvat periaatteellisiin laskelmiin langattoman vaihtoehdon investointi- ja tiedonsiirtokustannuksista. Langattoman vaihtoehdon teknistä toimivuutta ei arvioitu.

Vuoden 1997 laskelmissa arvioitiin, että käyttämällä langatonta tiedonsiirtoa arvioitiin, että investointikustannuksissa voitaisiin säästää noin 3,4 miljoonaa markkaa nyt toteutettuun koetiehen verrattuna. Investoinnin vuosisuoritteessa säästöä saataisiin noin 300 000 markkaa. Investoinnin vuosisuorite ei alene yhtä paljon kuin investointikustannukset. Tämä johtuu siitä, että kaapelointikustannuksille käytetään keskimääräistä pidempää pitoaika kun taas langattoman tiedonsiirron laitteille käytetyt pitoajat ovat lyhyempiä.

Langattomaan tiedonsiirtoon perustuvilla vuoden 1997 investointikustannuksilla laskettuna tunnusluvut ovat seuraavat:

- hyöty-kustannussuhde 0,55 (0,6 / 1,0)
- sijoitetun pääoman tuottoaste 5,7 prosenttia (0,48 / 4,7)

Vuoden 2001 tietojen pohjalta tunnusluvut ovat vastaavasti:

- hyöty-kustannussuhde 1 (0,9 / 0,9)
- sijoitetun pääoman tuottoaste 10,9 prosenttia (0,48 / 4,4)

Näin arvioituna sääohjattu tie saavuttaa juuri kriittisen hyöty-kustannussuhteen 1. Tekijöitä, joiden avulla tuottavuuteen ja kannattavuuteen voitaisiin edelleen vaikuttaa on käsitelty herkkyyksianalyyysien yhteydessä.

9 LAAJENNUKSIA YHTEISKUNTATALOUDELLISEEN TARKASTELUUN

9.1 Taustaa

Edellä on käsitelty Kotka-Pyhtää sääohjattua tietä hyötykustannusanalyysin tarjoamin keinoin sekä laajennettu tarkastelua herkkyyksanalyysin ja vaihtoehtoisten investointiratkaisujen avulla. Koska kuitenkin hyötykustannusanalyysi ei yksiselitteisesti ole ongelmaton tapa hankearvioinnissa, on koettu tarvetta kehittää muita menetelmiä päätöksenteon tueksi.

Taloudelliset arviointimenetelmät eivät ole kehittyneet uusien infrastruktuurin kehittämisenäkökulmien kanssa samassa tahdissa. Liikenne- ja Viestintäministeriön raportissa (1999) on käsitelty erilaisia menetelmiä laajentaa perinteistä hyöty-kustannusanalyysin kehikkoa. Monikriteerianalyysi on usein esitetty vaihtoehtoinen hankearvioinnin työkalu. Seuraavassa osiossa esitetään monikriteerianalyysin yleiset periaatteet.

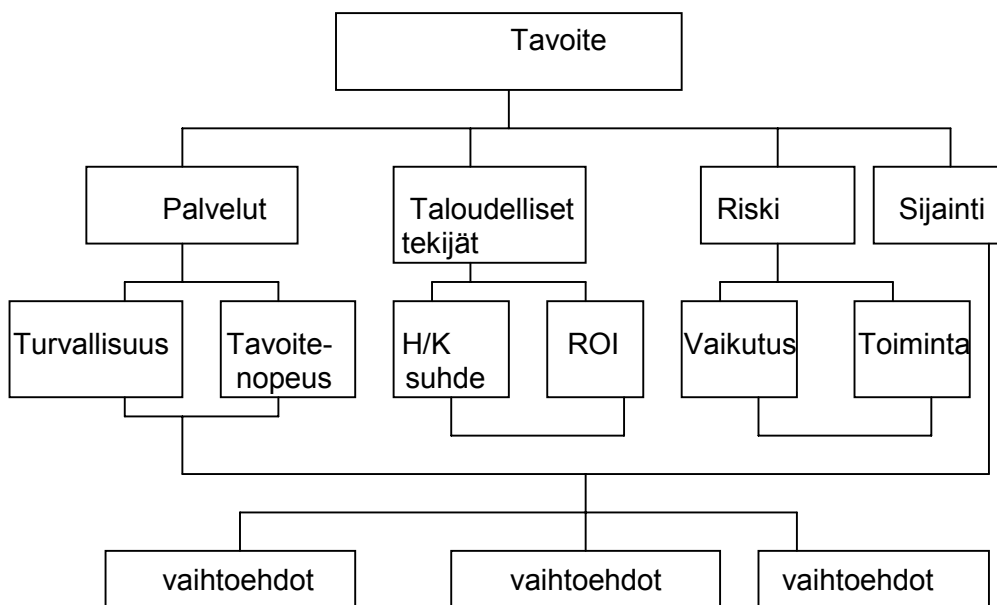
Muut vaihtoehtoiset menetelmät ovat myöskin lisänneet suosiota. Syynä tähän on varmasti hyötykustannusanalyysin perinteinen asema ja se, että teoria on pysynyt muuttumattomana vuosikymmeniä. Uusilla tarkasteluilla voidaan tuoda mukaan tekijöitä kuten riski ja yhteiskunnallinen merkittävyys.

9.2 Monikriteerianalyysi

Monikriteerianalyysi nimeä käytetään monista erilaisista arviointi- ja päätöksentekotekniikoista. Yhteistä tekniikoille on kahden tai useamman kriteerin yhtäaikainen käsittely eri mittayksiköissä. Kolme pääsyytä monikriteerianalyysin käytölle ovat:

1. Monilla telematiikkahankkeilla ei ole vain rahassa mitattavia hyötyjä.
2. Perinteisen hyötykustannusanalyysin puutteet voidaan välttää, niin että vertailuprosessin tulokset heijastelevat päätöksentekijöiden preferenssejä.
3. Vertailussa voidaan ottaa huomioon tekijät kuten riskit investoinneista ja huomattavat erot vaadittavassa pääomassa telematiikka- ja tienrakennusinvestoinneissa.

Telematiikkahankkeiden arviointiin Lähesmaa ym. (1998) esittävät analyyttistä hierarkia prosessia (AHP). AHP:n hierarkiamalli on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Analyttinen hierarkiaprosessi (AHP).

Tässä tarkastelussa taloudellinen vaikutusten tarkastelu on vain yksi kriteeristä, joihin päätöksenteko perustuu. Muita kriteereitä voivat olla esimerkiksi palvelut tien käyttäjille, riski ja sen vaikutukset ja kyseisen paikan merkitys.

Monikriteerianalyysia ei yksin suositeta lopulliseksi päätöksenteon työvälineeksi, mutta se voi toimia lisänä arviointiprosessissa. Monikriteerianalyysin kyky ottaa huomioon monia tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat päätöksentekoon ja joilla ei ole rahallista arvoa on merkittävä etu arvioinnin syventämisessä. Monikriteerianalyysin ei uskota tuovan tämän tutkimuksen yhteydessä lisäarvoa yhteiskuntataloudelliseen tarkasteluun. Menetelmän tarjoamia mahdollisuuksia laajempaa tarkasteluun arvioidaan lyhyesti liitteessä 2 esitetystä yhteenvetotekstistä.

9.3 Rahoitusteoria

Rahoitusteoria kytkee investoinnin tarkasteluun riskin, joka liittyy aina rahoituspäätöksiin. Rahoitusteorian lähestymistapa voi tuntua vieraalta tieliikenteen hankkeiden yhteydessä, koska niihin osana julkista sektoria kohdistuu vähäisempi riski kuin yksityisen sektorin päätöksentekoon. Toisaalta kuitenkin investoinnin pitoaika on pitkä, ja silloin siihen liittyvä tuotto-odotusten epävarmuus tulee ottaa huomioon. Hyötykustannus-analyysissä ei riskin vaikutusta ole otettu huomioon vastaavalla tavalla kuin rahoitusteoriassa. Rahoitusteorian mukaan ottamista hankearviointiin tarkasteltiin Liikenne- ja viestintäministeriön (1999) tutkimuksessa, jossa informaatioteknologian ja perinteisten investointien välistä kannattavuutta tutkittiin eri menetelmin. Raportin johtopäätöksenä on, että eräät riskit kuten investoinnin arvo rahassa mitattuna ovat pienempiä kuin perinteisissä tieinvestoinneissa. Toisissa tapauksissa kuitenkin tilanne voi olla päinvastainen, kuten esimerkiksi järjestelmän luotettavuutta tarkasteltaessa. Erilaisten riskien tulisi heijastua käy-

tettyyn diskonttokorkoon. Tätä lähestymistapaa koetetaan tarkastella tässä osiossa valtatie 7:n investoinnin tiedoilla.

Arrow ja Lind (1994) tutkivat riskin ja epävarmuuden merkitystä julkisissa investointipäätöksissä ja toteavat, että riskisopeutetun diskonttokoron käyttö on perusteltua, jos epävarmat kustannukset ja hyödyt tietystä investoinnista lankeavat yksityisille ihmisille tai erityisryhmälle tai organisaatiolle. Mutta toisaalta, mikäli julkinen valta investoijan ominaisuudessa kykenee jakamaan riskin tasaisesti koko populaatiolle, on riskiin sopeuttaminen perusteetonta. osoittavat, että ajalla ja riskiin suhtautumisella on merkitystä myöskin julkisen vallan toimijoille. Toisaalta, ei ole olemassa yksiselitteistä vastausta siihen mikä olisi oikea diskonttokorko. Sosiaalisen diskonttokoron arvo riippuu siitä millaisia ovat hankkeen vaikutukset mm. tulonjakoon. Keskeistä on, että mikäli hyötyjä koituu jollekin määrätulle ryhmälle (esimerkiksi tieinvestoinnin ollessa kyseessä maantieteellisesti rajatulle käyttäjäjoukolle), katsotaan diskonttokorkoa voitavan korjata ottamaan huomioon rajallisen populaation synnyttämä riski. Näiltä osin siis korjausmenetelmä soveltuu myös sääohjattujen nopeusrajoitusten järjestelmälle, koska hyödyt ovat rajattavissa vain tietä käyttävälle osalle populaatiota.

Riskin ottaminen huomioon diskonttokorkojen sopeuttamisessa on yksi mahdollinen politiikkavaihtoehto. Toinen vaihtoehto on ottaa laskelmiin riskipreemioita, eli laskea varma tuotto riskikorjattuna jokaiselle riskikorolle ja käyttää kiinteitä diskonttokorkoja. Investointiteoriassa nämä kaksi näkökulmaa käsitellään yhtenevinä. Tunnetuinta arvopaperien tuoton arviointiin käytettyä mallia Capital Asset Pricing Model (CAPM) voidaan soveltaa myös julkisiin investointeihin ja niiden riskin arvioimiseen. Mallin avulla lasketaan tavallisesti osakkeille beta-arvo suhteessa markkinoiden riskiin, mutta julkisten hankkeiden osalta projektin riskin mittari on projektin tuottamien sosiaalisten hyötyjen suhde kansantuloon.

Julkisen sektorin investoinneille beta tulisi laskea korvaamalla osakkeen betan laskennassa käytetty markkinoiden keskimääräinen tuotto kansantulon kasvulla, jota käytännössä esitetään bruttokansantuotteen muutoksen avulla. Näin projektin riskiä mitataan suhteessa yleiseen taloudelliseen kehitykseen. CAPM:n lauseke julkisen sektorin hankkeille voidaan esittää muodossa:

$$E(\tilde{R}_p) = R_s \left[E(\tilde{R}_{BKT} | R_s) \right] \frac{\text{cov}(\tilde{R}_p, \tilde{R}_{BKT})}{\sigma_{BKT}^2} = R_s + [E(R_{BKT}) - R_s] \beta_s .$$

Kaavassa olevien symbolien tulkinta on:

- $E(\tilde{R}_p)$ = odotettu, epävarma yhteiskunnallinen hyöty
- R_s = alin hyväksyttävissä oleva yhteiskunnallinen hyöty projektista
- $E(\tilde{R}_{BKT})$ = odotettu, epävarma bruttokansantuotteen kasvu
- β_s = projektin riski verrattuna bruttokansantuotteen kasvuun.

Tämä yksinkertaistettu malli merkitsee, että projekti on toteuttamisen arvoisen, mikäli sen sosiaalinen tuotto on sama tai suurempi kuin BKT:n kasvu, muussa tapauksessa sitä ei tulisi toteuttaa. Käytännössä projektin kannatta-

vuusarvioinnissa on siis diskonttokorkoa muutettava yhtälön (1) mukaisesti noudattaen muuten hyötykustannuslaskelmien periaatteita. Kaikki esitetyt diskonttokorot ovat nimelliskorkoja, kuten perinteisessä hyötykustannuslaskennassa käytetyt suuretkin.

Käyttäen hyväksi Liikenne- ja Viestintäministeriön (1999) julkaisemaa esimerkkiä betan laskemisesta voidaan laskea riskikorjatut diskonttokorot. Voidaan todeta, että liikenneinvestointien ja informaatioteknologian diskonttokorot eroavat toisistaan taulukossa 13 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 13. Taulukko. Betan arvot tiehankkeille ja informaatioteknologian hankkeille (Liikenne- ja Viestintäministeriö 1999)

INVESTOINTI	RISKIKERROIN BETA	KORJATTU DISKONTTOTEKIJÄ	AIKARISKISOPEUTUS	KOKONAISRISKIIN SOPEUTETTU DISKONTTOKORKO
Liikenne	0,354	6,35 (~6 %)	0 pros. yks.	6 %
Informaatio	0	6 %	-1...-2 pros. yks.	5 %...4 %

Informaatioinvestointeihin liittyvä riski muuttaa siis diskonttokorkoa 1-2 prosenttiyksikköä. Muutos johtuu siitä, että lyhyemmästä pitoajastaan johtuen informaatioteknologian investoinnit ovat vähemmän riippuvaisia talouden muutoksista ja näin ollen niiden kohdalla oikeampi diskonttotekijä olisi 1-2 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin pidemmillä infrastruktuuri-investoinneilla. On huomattava, että alkuperäinen osakemarkkinoilta laskettava beta mittasi osakkeen historiaan liittyvää tietoa, kun taas investoinnin tapauksessa beta kuvastaa pitkällä aikavälillä osakkeeseen kohdistuvaa riskiä. Strategisissa investoinneissa pätee sääntö, mitä pidempi vaikutusaika, sitä suurempi riski. Sovellettaessa tulosta edellä esitettyihin investoinnin hyötykustannuslaskelmiin, havaitaan että diskonttokoron muutoksen vaikutus on investoinnin vuosisuoritetta laskeva. Alla taulukon 14 laskelmassa on käytetty 4,5 prosentin diskonttokorkoa.

Taulukko 14. Investoinnin vuosisuorite, kun investoinnin kokonaisriskiin sopeutettu diskonttokorko on 4,5.

	Investointikustannukset (1 000 mk)	investoinnin vuosisuorite (1 000 mk)
Suunnittelu	500	33
Putkitus ja kaapelointi	900	59
Infotaulut	2 400	290
Tiesääasemat ja liikennetiedon mittauspisteet	500	33
Muuttuvat nopeusrajoitusmerkit	1 100	133
muut kustannukset	500	33
yhteensä	5 900	581

Yhdessä edellä laskettujen investoinnin ylläpitokustannusten kanssa 120 000 markkaa vuodessa voidaan havaita, että hyötykustannussuhde paranee huomattavasti verrattuna aiemmin esitettyihin lukuihin perinteisen analyysin yhteydessä, nousten 0,85:n (0,6/0,7).

Muita rahoitusteoriasta johdettuja menetelmiä ovat optioteoria, joka perustuu Blackin ja Scholesin tutkimuksiin sekä budjetointiin liittyviin tarkasteluihin. Optioteoria kuten betan laskeminen pohjautuu rahoitusmarkkinoiden tarkasteluun ja erityisesti erilaisten arvopapereiden arvottamiseen. Optioteoriassa peruuttamattomat pääomasijoitukset pitävät sisällään optioita jotka vaikuttavat käsillä olevaan investointipäätökseen. Perinteinen investoinnin nykyarvon laskentamenetelmä ei ota näitä huomioon, joten se aliarvioi investoinnin todellisen arvon. Optiot tässä muodossaan eivät kuitenkaan ole suoria hyötyjä investoijalle, vaan ne ovat enemmänkin joustavien investointimahdollisuuksien tuomia mahdollisuuksia.

Liikenne- ja Viestintäministeriön (1999) raportissa on esitetty Black ja Scholesin optioiden hinnoittelumallin vaikutus muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuusarviointiin. Laskelman mukaan optioarvo on merkittävä investoinnissa suhteessa investoinnin kustannukseen. Mikäli informaatioteknologiainvestoinnin epäillään sisältävän optioarvoa, niillä voi olla yllättävä vaikutus investoinnin rahalliseen arvoon ja hyötyyn. Näitä hyötyjä perinteinen hyötykustannusanalyysi ei kuitenkaan huomioi.

Nykyisessä talouden tilanteessa investointeihin liittyvien optioiden laskenta on hankalaa. Ongelmaksi nousee epävarmuus investoinnin tulevasta arvosta, vaihtoehtojen määrittäminen ja vaihtoehtoisten investointien kannattavuuden arviointi. Jo informaatioteknologian kehitys saattaa muuttaa nopeasti investointien kannattavuutta, sillä uudet ratkaisut ovat edullisempia kuin käytössä oleva teknologia.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

10.1 Tapaustutkimus valtatie 7 Kotka-Pyhtää

Tapaustutkimuksen tulokset saatiin vuoden 1997 järjestelmän rakentamiskustannusten mukaan ja myös vuoden 2000 päivitettyjen tietojen pohjalta. Keskeisenä erona näissä kahdessa tarkastelussa oli vuoden 2000 kasvanneiden onnettomuuskustannusten aiheuttamat suuremmat yhteiskuntataloudelliset säästöt verrattuna vuoden 1997 tilanteeseen. Vaikkakaan tarkastelut eivät tuottaneet positiivista hyöty-kustannussuhdetta, tien sääohjaus on toteutettu.

Yhteiskuntataloudellista kannattavuutta tarkasteltiin useilla eri vaihtoehtoisilla laskelmilla. Yksikään ei kuitenkaan tuottanut investoinnille yli yhden hyötykustannussuhdetta eli investointia ei voida pitää näillä mittareilla tarkasteltuna kannattavana.

Vuonna 2000 voimassa olleet kannattavuuslaskelmien yksikköarvot olisivat tuottaneet erilaisia tuloksia kuin mitä vuoden 1996 luvuilla tarkasteltuna. Muutokset onnettomuuskustannuksissa ovat olleet huomattavia ja niistä johtuen saavutettavat säästöt kasvavat myös merkittävästi.

Hankkeen hyötykustannussuhteeksi muodostuu siis aika tarkkaan yksi, jota voidaan pitää kannattavan projektin alarajana. Vaikuttaa siis siltä, että muutokset sekä yhteiskuntataloudellisissa säästöissä että tekniikan kustannuksissa tukevat uuden tekniikan käyttöönottoa sen yleistyttä.

10.2 Vaihtoehtoiset menetelmät ja tarkastelut

Tässä tutkimuksessa yhdistettiin yhteiskuntataloudellinen tarkastelu vaihtoehtoihin laskentamenetelmiin, joita on toistaiseksi sovellettu huomattavasti rajallisemmin hankearviointiin kuin hyöty-kustannusanalyysiä, joka menetelmänä on suhteellisen helppo käyttää ja antaa selkeitä tuloksia. Toisaalta menetelmällä on rajoituksensa, joiden takia myös vaihtoehtoisten menetelmien käyttöä on syytä tarkastella. Ainakin niiden antamia tuloksia voidaan käyttää rinnakkain perinteisen analyysimenetelmän kanssa.

Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaa perustellulta tarkastella sääohjattujen teiden investointeja tulevaisuudessakin monelta näkökannalta. Jatkokäytöksessä painopiste voisi olla investoinnin pitoajan tarkastelussa ja toisaalta siinä, miten muiden tarkastelutapojen tuottama mahdollinen lisähyöty päätöksenteossa voidaan saattaa paremmin vertailukelpoiseksi perinteisen hyötykustannuslaskennan kanssa. Investointilaskelmissa eri kustannuserät ovat muuttuneet merkittävästi vuosien kuluessa ja on erittäin todennäköistä että sama ilmiö jatkuu tulevaisuudessakin. Näillä muutoksilla, mikäli ne ovat suuria ja vaikuttavat sekä investoinnin vuosisuoritteeseen että ylläpitokustannuksiin voi olla kannattavuutta parantava vaikutus.

Tarkastelu ulotettiin perinteisen hyötykustannusanalyysin rinnalla vaihtoehtoihin menetelmiin, joista riskikorjatun betan huomioonottamista tarkasteltiin verrattuna hyötykustannuksen tuottamiin lukuihin. Tämäkään tarkastelu ei tehnyt investoinneista kannattavia hyötykustannussuhteella mitattuna. Toisaalta, kirjallisuuteen perustuen, voisi olla perusteltua tarkastella aikariskin merkitystä informaatioteknologiainvestoinneissa tarkemminkin. Aikaan suhteutettuna riskin aleneminen on luonnollista, mutta samalla tulisi pohtia itse investoinnin luonteen vaikutusta riskiin. Kuten tässäkin tutkimuksessa on todettu, informaatioteknologian nopea kehitys vaikuttaa investointien käyttökään ja korvausinvestointien hintaan. Näillä puolestaan voi olla riskiä kasvattavia vaikutuksia.

Tässä tutkimuksessa esitettyjen menetelmien teoreettista tarkastelua ja empiiristä testaamista on syytä jatkaa. Etenkin menetelmien kehittämisen kannalta on olennaista, että teoriaa ja sen soveltamista Suomen oloihin pohditeltaisiin. Tällä hetkellä väistämättä vaikutelma on, että tiedon tuottaminen voi edistää hankearviointia ja tehdä hankkeista entistä paremmin vertailtavia, kun vaihtoehtoiset laskentatavat on perinpohjaisesti selvitetty.

11 LÄHDELUETTELO

Arrow, K.J ja Lind, R.C. 1994. Risk and uncertainty: Uncertainty and the evaluation of public investment decisions. Teoksessa Layard, Richard & Glaister, Stephen (toim.) Cost-Benefit Analysis. 2. Painos, sivut 160-178.

Kauste, E., Pilli-Sihvola, Y. ja Portaankorva, P. 1998. Valtatie 7 (E18) sääohjauksen jatkaminen välillä Kotka-Pyhtää. Yhteenvetoraportti. Kaakkois-Suomen tiepiiri, Liikenteen palvelut 3/1998. Kouvola

Liikenne- ja Viestintäministeriö 1999. Profitability comparison between I.T.S investments and traditional investments in infrastructure. Ministry of transport and communications Finland Reports and Memoranda B24/99. Helsinki.

Lähesmaa J. 1995. Sääohjatun tien yhteiskuntataloudellinen edullisuus. Kaakkois-Suomen tiepiiri. Tiel KaS 11/95. Kouvola.

Lähesmaa J. 1996. Muuttuvat opasteet vt4 Järvenpää - Lahti - investointiselvitys. Plusway Oy. Lappeenranta elokuu 1996.

Lähesmaa, J. 1997. Kotka-Hamina sääohjatun tien yhteiskuntataloudellisuus. Tielaitoksen selvityksiä 36/1997. Helsinki.

Portaankorva, P. 1997. Sääohjattu tie Siltakylä - Summa. Muuttuvien opasteiden ohjausperiaatteet. Kouvola. Kaakkois-Suomen tiepiiri. 11 s.

Ranta S. ja Kallberg V-P 1996. Ajonopeuden turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi. Tielaitoksen tutkimuksia 2/96. Helsinki 1996.

Rämä, P. 1997. Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka-Hamina moottoritillä. Tielaitos, Tiehallinto, Liikenteen palvelut. 64 s. Tielaitoksen selvityksiä 1/1997. Helsinki.

Rämä, P.; Raitio, J.; Harjula, V. ja Schirokoff, A. 1999. Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7 Tielaitos, Tiehallinto, Liikenteen palvelut. 68 s. + liitteet 11 s. Tielaitoksen selvityksiä : 44/99. Helsinki.

Salusjärvi M. 1981. Technical Research Centre of Finland. The speed limit experiments on public roads in Finland. Technical Research Centre of Finland publications 7/1981. Espoo 1981.

Tielaitos 1996. Tieliikenteen ajokustannukset 1996. Toistaiseksi julkaisematon kustannustason päivitys. Tielaitos, kehittämiskeskus. Helsinki 1996.

Tielaitos 1999. Weather Controlled Road and Investment Calculations. Tielaitoksen julkaisuja TIEL KaS 12/95. Kouvola.

Asiantuntija-arvio

Sonera Oyj

Thomas Lindblad

12 LIITTEET

1. Onnettomuusriskin määrittäminen
2. Hankearvioinnin yhteenveto: säähjattu tie Kotka-Pyhtää

Onnettomuusriskin määrittäminen

Keli

Kelitiedot ja säätiedot

Kotka-Pyhtää tiesäätiedot kerättiin taulukoiden 1 ja 2 mukaisesti. Tiesääaseman tieto on rekisteröity jokaiselle mittauspisteen ohittaneen ajoneuvolle, joten tiedot merkitsevät todellisia liikennesuoritteita eri keleillä.

Taulukko 1. Liikennesuorite sekaliikennetiellä talvella ennen ja jälkeen tilanteessa. (N=224160 ja N=762770)

keli	Ennen jakauma (%)	Jälkeen jakauma (%)
Pouta	64,2	46,6
Heikko sade	33,9	52,0
Kohtalainen sade	0,8	0,9
Runsas sade	1,1	0,6

Taulukko 2. Sateiden osuus moottoriliikennetiellä kesällä ennen ja jälkeen tilanteessa. (N=327855 ja N=335315)

keli	Ennen jakauma (%)	Jälkeen jakauma (%)
Pouta	87,19	86,22
Heikko sade	10,29	10,58
Kohtalainen sade	1,35	1,81
Runsas sade	1,18	1,40

Onnettomuudet

Onnettomuustilastot

Eri kelien ja sääohjatulla tiellä käytettävien nopeusrajoitusluokkien onnettomuusriskien arvioimiseksi kerättiin vuosina 91-96 Etelä-Suomen valtateilla tapahtuneet henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet jaoteltuina kelin ja sateen mukaan.

Taulukko 3. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien osuudet Uudenmaan, Turun ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä talvina 91-96 (N = 3 573) ja kesinä 91-96 (N = 4 687).

keli	talven jakauma (%)	kesän jakauma (%)
kuiva	16,1	77,1
Märkä	19,6	17,9
Luminen	11,5	0,7
Sohjoinen	10,7	1,3
Jäinen	42,2	2,9

Taulukko 4. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien osuudet Uudenmaan, Turun ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä talvina 91-96 ja kesinä 91-96 sateen mukaan.

sade	talven jakauma (%)	kesän jakauma (%)
Pouta	67,5	83,6
Sumu	2,3	2,1
Vesisade	4,9	8,9
Lumisade	15,5	1,5
Räntäsade	6,4	0,8

Suhteellinen onnettomuusriski

Suhteellinen onnettomuusriskiksi lasketaan jakamalla tietyssä keliluokassa tapahtuvien onnettomuuksien osuus ko. keliluokan liikennesuoritteeseen osuudella. Saadut lukuarvot skaalataan siten, että kuivan kelin riskiksi tulee yksi. Nopeusrajoitusluokan suhteellisen riskin arvioimiseksi eri kelejä on yhdistetty. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että tiesääasemien ja onnettomuustilastojen keliluokitus ei ole täsmälleen sama. Onnettomuustilastojen sää- ja kelitiedot ovat poliisin onnettomuuspaikalla määrittämiä, jolloin liukkaan kelin osuus voi olla yliarvioitu. Siten erot keliluokkien riskeissä voivat olla liian suuria.

Ensin on pyritty arvioimaan talven ja muun ajan välinen ero riskissä. Arvion lähtötiedot ja suhteellinen riski on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 5. Talven ja muun ajan suhteellinen heva-onnettomuusriski

	Liikennesuorite (Viren, 97)	Onnett. osuus (Onn. tilasto 91-96)	Suhteellinen riski
Talvi (1.11.-31.3)	36 %	43 %	1,3
Muu aika	64 %	57 %	1

Nopeusrajoitusluokkien suhteellisten riskien arvioimiseksi on tunnettava nopeusrajoitusluokkien jakoperusteet, mitkä on esitetty seuraavassa (Portaankorva 1997).

Taulukko 6. Ohjauspolitiikan mukaiset nopeusrajoitukset tutkimuspisteissä.

Keliluokka	Sekaliikennetien LAM	Moottoriliikennetien LAM
Hyvä keli (A)	100 km/h	100 km/h
Normaali keli (B)	80 km/h	100 km/h
Huono keli (C)	80 km/h	80 km/h
Erittäin huono keli (D)	60 km/h	60 km/h

Hyvällä kelillä (A) kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

- tieanturin ilmoittama keli on kuiva tai kostea
- tiesääasema ei ilmoita kohtalaista tai runsasta sadetta
- tiesääasema ei ilmoita varoituksia
- tien rungon lämpötila ei ole yhtä astetta kylmempi kuin tien pinta, kun lämpötilat ovat alle 0 astetta
- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on yli 300 metriä sekä
- tuulianturin ilmoittama tuulen keskinopeus on alle 12 m/s

Huonolla kelillä (C) jokin seuraavista ehdoista täyttyy:

- tieanturi ilmoittaa ”lumi tai jää” sekä tienpinnan lämpötila on alle +2 astetta tai
- tieanturi ilmoittaa ”tienpinta on märkä” sekä sadeanturi ilmoittaa runsasta sadetta tai
- tieanturi ilmoittaa ”tienpinta on märkä ja suolainen” sekä sadeanturi ilmoittaa runsasta sadetta tai
- näkyvyysanturin ilmoittama näkyvyys on alle 200 metriä tai
- tuulianturin ilmoittama tuulen keskinopeus on vähintään 17 m/s.

Erittäin huonolla kelillä (D) näkyvyysanturi ilmoittaa näkyvyyden olevan alle 100 metriä. Alinta 60 km/h nopeusrajoitusta käytettiin ohjauspolitiikan mukaisesti vain tällöin.

Muut tilanteet kuuluvat keliluokkaan normaali (B).

Talvi

Taulukko 7. Liikennesuorite ja onnettomuusosuus sekä niistä laskettu suhteellinen riski talviajan nopeusrajoitusluokissa 80 ja 100 km/h kelin mukaan.

	KELIT		liikennesuorite	onnettomuuksien osuus	suhteellinen riski
	tiesääsema	onnettomuus tilasto			
100 hyvä*	kuiva	• kuiva	73 %	36 %	1
80 kohtalainen keli*	• kostea • kostea ja suolainen				
60 huono keli	• märkä • märkä ja suolainen • kuura • luminen • jäinen	• märkä • luminen • sohjoinen • jäinen	27 %	64 %	4,8

* = ei eroteltu aineistossa

Suhteellinen riski tarkoittaa riskieroa silloin, kun rajoitus on vakio 100 km/h eli muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusta ei ole vielä arvioitu. Taulukossa 8 suhteellinen riski on taulukosta 7 poiketen laskettu sateen mukaan eikä kelin mukaan.

Taulukko 8. Liikennesuorite ja onnettomuusosuus sekä niistä laskettu suhteellinen riski talviajan nopeusrajoitusluokissa 80 ja 100 km/h sateen mukaan.

	SADE		liikennesuorite	onnettomuuksien osuus	suhteellinen riski
	tiesääsema	onnettomuus tilasto			
100 hyvä ja kohtalainen sää	• pouta • heikko ja kohtalainen vesisade	• pouta	87 %	69 %	1
80 huono sää	• runsas vesisade • heikko, kohtalainen ja runsas jäätynyt sade	• vesisade • lumisade • räntäsade	13 %	31 %	3

Taulukon 8 tulosta vääristää se, että 100 km/h nopeusrajoitusluokkaan kuuluvat heikko ja kohtalainen sade, mutta niitä ei ole voitu eritellä onnettomuustilaston aineistosta. Tämä vaikuttaa siten, että huonon sään riskiä lisäävä vaikutus on todennäköisesti tullut yliarvioiduksi.

Suhteellisen riskin tarkastelu

Vertailu muissa tutkimuksissa tehtyihin arvoihin

- Nastarenkaiden käytön ja talvikunnossapidon yhteiskunnallinen optimointi -tutkimuksessa (Alppivuori et al. 1995) talviaikana arvioitiin olevan liukasta keliä noin 20 prosenttia ajasta ja pitävän ja liukkaan kelin onnettomuusriskien suhde arvioitiin Etelä-Suomessa tieluokassa Isk olevan noin 1:4
- Sääohjatun tien yhteiskuntataloudellinen edullisuus -tutkimuksessa (Lähesmaa 1995) arvioitiin eri keliluokille suhteelliset riskit perustuen Talvikelien onnettomuusriskit -tutkimuksessa (TVH, 87) määriteltyihin suhteellisiin riskeihin. Oletukset suhteellisista riskeistä olivat seuraavat:
 - talvisin on huonon kelin aikaa noin 16 prosenttia, jolloin riski on noin 6-kertainen hyvän ja kohtalaisen kelin nopeusrajoitusluokkaan verrattuna
 - kesäisin on huonon kelin aikaa noin 4 prosenttia, kohtalaista keliä noin 16 prosenttia, ja suhteellinen riski huonolla kelillä on 10-kertainen ja kohtalaisella kelillä 4-kertainen hyvään keliin verrattuna
- kelin vaikutuksesta onnettomuusriskiin tiedetään toistaiseksi suhteellisen vähän

Käytettävät suhteelliset riskit

Talvi

- nopeusrajoitusluokan 80 km/h suhteellisen riskin arvioidaan olevan viisinkertainen nopeusrajoitusluokan 100 km/h riskiin verrattuna ilman nopeusrajoituksen alentamisen vaikutusta.
 - ala-arviona nopeusrajoitusluokkien riskin väliseksi suhteeksi voidaan arvioida 1:4
 - ylä-arviona voidaan pitää suhdetta 1:6, jota on käytetty aikaisemmassa tutkimuksessa (vertaa edellinen kappale). Lisäksi korkeamman suhteen käyttöä puoltaa se, että tässä tutkimuksessa käytettiin suhteellisen riskin arvioinnissa suurempaa liikennesuorituksen osuutta (27 prosenttia, vertaa taulukko 7), kuin mitä todellisuudessa 80 km/h nopeusrajoitusta on käytetty (20 prosenttia).

Kesä

- nopeusrajoitusluokan 100 km/h suhteellisen riskin arvioidaan olevan kaksinkertainen nopeusrajoitusluokan 120 km/h riskiin verrattuna
 - ala-arviona voidaan arvioida suhteellisen riskin olevan vähintään 1,6-kertainen
 - ylä-arviona pidetään suhdetta 1:3

- nopeusrajoitusluokan 80 km/h suhteellisen riskin arvioidaan olevan 15-kertainen nopeusrajoitusluokan 120 km/h riskiin verrattuna
 - ala-arviona pidetään suhdetta 1:10
 - ylä-arviona pidetään suhdetta 1:20

Liite 2: Hankearvioinnin yhteenveto: sääohjattu tie Kotka-Pyhtää

Johtopäätökset:

Hanke ja sen tarve

Tarkastelun kohteena olevan tien sään ja kelin mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset ja tiedotustaulut on toteutettu kahdessa vaiheessa, ensin moottoritieosuudella Kotka-Hamina ja myöhemmin Kotka-Pyhtää tien sekaliikenne- ja moottoriliikennetieosuuksilla. Moottoritien osalta aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet sääohjauksen alentaneen laskennallista onnettomuusastetta. Muuttuvilla nopeusrajoitusmerkeillä on ollut vaikutusta erityisesti talven vaikeiden sääolosuhteiden nopeuksiin, joissa on myös saavutettu suurin onnettomuuskustannusten säästö. Hyvällä säällä on voitu käyttää korkeampaa nopeusrajoitusta, jonka tienkäyttäjä kokee paremmin vastaavan olosuhteita.

Sääohjatun tien investointien päätavoitteena ei ole ollut yhteiskuntataloudellinen kannattavuus vaan tiedon ja kokemusten hankkiminen sääohjauksen vaikutuksista tienkäyttäjien toimintaan ja järjestelmän teknisestä toimivuudesta. Tutkimuksista saatu tieto on arvokasta, kun vastaavien järjestelmien käyttöön ottoa muualla harkitaan.

Hankkeen kannattavuus ja toteutettavuus

Hankkeen kannattavuus voidaan perustaa moniin tarkasteluihin. Perinteinen lähestymistapa on ollut tukeutua hyöty-kustannusanalyysiin ja tarkastella hyötyjen ja kustannusten suhteen avulla kannattavuutta. Hankkeen arvioinnissa on toisaalta syytä pitää mielessä monikriteerianalyysin esittämät näkökulmat eli mitä muita seikkoja muuttuvien opasteiden tapauksessa tulisi ottaa huomioon kuin taloudelliset tarkastelut.

Merkit voivat olla osa liikenteen strategista suunnitelmaa, ja sellaisenaan pitävät sisällään arvon, joka on sidottu poliittisten päätöksentekijöiden odotuksiin liikennepolitiikan tavoitteiden toteutumisella saavutettavista hyödyistä. Tällaisten arvojen markkamääräinen arvottaminen on mahdotonta, koska esimerkiksi koetien arvo määräytyy pitkälti sen mukaan mikä siitä saatava hyöty on myöhemmän järjestelmän kumuloituvan kehityksen kannalta. Yhteiskuntataloudellisessa tarkastelussa hyödyt arvioidaan lähinnä yksilöiden hyödyn kautta, mutta liikennehankkeissa toteuttajalla on myös laajemmin käsitettävissä oleva yhteiskunnallisen toimijan rooli, joka tarkoittaa strategisten tavoitteiden asettelemista. Hyvinvoinnin teoriassa on usein todistettu että yksilöiden hyötyjen summa ei ole sama kuin yhteiskunnan hyvä ja tämä varmasti pätee tietyissä liikennehankkeissakin.

Hanke on toteutettu vuonna 1997 ja saadut kokemukset ovat osoittaneet, että vuoden 1997 arviot vuosittaisista ylläpitokustannuksista ovat osoittautuneet ylivoimaisiksi. Tämä merkitsee sitä, että hanke on tullut jonkin verran kannattavammaksi toteuttaa, koska sen kustannukset ovat jääneet alhaisemmiksi kuin suunnitteluvaiheessa arvioitiin. Myös korvausinvestoinnit ja järjestelmän korvaaminen langattomalla tiedonsiirrolla olisivat nykypäivän hinnoilla kannattavampia kuin vuoden 1997 laskelmien perusteella olisi odotettu. Toisaalta hanke ei ole saavuttanut hyötykustannusanalyysillä mi-

tattavaa kannattavuuskriteeriä eli hankkeen diskontatut hyödyt eivät ole ylittäneet kustannuksia (hyötykustannussuhde on alle 1).

Vaikutukset

Hankkeella on ollut tutkimustarkastelussa talviajalla nopeuksia laskeva vaikutus, joka on johtanut onnettomuusasteen laskuun. Merkittävää on se, että kokonaisuutena onnettomuusaste on laskenut, vaikka hyvissä oloissa nopeusrajoitusta nostettiin 100 kilometriin tunnissa. Muita vaikutuksia ovat lasku melukustannuksissa, kasvanut ajoaika ja päästövaikutukset. Onnettomuusasteen laskun kautta saavutettu säästö laskennallisissa onnettomuuskustannuksissa on merkittävä tekijä. On huomattava, että laskennallisten onnettomuuskustannusten muutoksiin on suhtauduttava varauksella, koska ei ole mahdollisuutta verrata niitä tilanteeseen, jossa hanketta ei olisi toteutettu.

Vaikutukset onnettomuuskustannuksiin osoittavat, että järjestelmän ohjausperiaatteet tukevat liikenne- ja viestintäministeriön ja Tiehallinnon turvallisuustavoitteita.

Kokemukset sääohjatun tien liikennevaikutuksista voivat johtaa järjestelmän yleistymiseen, mikäli järjestelmällä on liikenteen toimivuutta parantava vaikutus. Tutkimusten perusteella tämä on erittäin todennäköistä. Nämä vaikutukset ovat edellä esitetyn kannattavuuden kannalta vaikeasti todettavissa, joten ne eivät näy yhteiskuntataloudellisessa tarkastelussa.

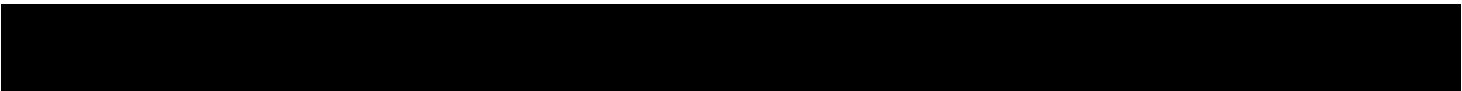
Yhteiskuntataloudellinen kannattavuus

Yhteiskuntataloudellisella kannattavuudella tarkoitetaan hankkeelle erilaisten liikennevaikutusten (onnettomuus-, aika-, melu-, ym. kustannukset) kautta laskettujen markkamääräisten hyötyjen vertailua. Kuten laskelmat osoittavat, hanketta ei voi pitää yhteiskuntataloudellisen tarkastelun näkökulmasta kannattavana. Kannattavuutta voitaisiin parantaa, mikäli saavutetut laskut huonojen kelien nopeuksissa johtavat entistä suurempaan laskuun onnettomuuskustannuksissa ja toisaalta mikäli investointihyödykkeissä ja niiden ylläpitokustannuksissa tapahtuu merkittäviä hinnanmuutoksia.

Hyötykustannusarvioinnin kannalta vaadittavat muutokset ovat kuitenkin sen verran suuria, että hanketta ei todennäköisesti voida todeta kannattavaksi käytetyillä kriteereillä. Kuten edellä todettiin, muiden näkökulmien huomioon ottaminen voi johtaa siihen, että hankkeen toteuttaminen on mielekästä, vaikka se yhteiskuntataloudellisin kriteerein yksilön hyötyjen näkökulmasta ei sitä olisikaan.

Mikäli hanke olisi toteutettu Liikenne- ja viestintäministeriön vahvistamilla onnettomuuskustannusten yksikköarvioilla vuodelta 2000, olisi sen toteuttaminen saatujen onnettomuuksien todennäköisyyden alenemisen kautta ollut kannattavuuskriteereillä mitattuna kannattavaa. Muutokset onnettomuuskustannusten arvottamisessa johtuvat laskentatavan muutoksesta, jolla on

pyrity saamaan onnettomuuskustannukset paremmin vastaamaan niiden teoreettisia laskentamenetelmiä. Näin ollen voidaan todeta, että laskelmissa käytetyt vuoden 1996 onnettomuuskustannukset, jotka siis ovat olleet voimassa hankkeen toteuttamisajankohtana, ovat saattaneet olla tasoltaan liian alhaiset. Mm. aineettomien menetysten laskentaa on kehitetty vastaamaan paremmin toteutuneina vahinkoja.



ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-801-7
TIEH 3200698