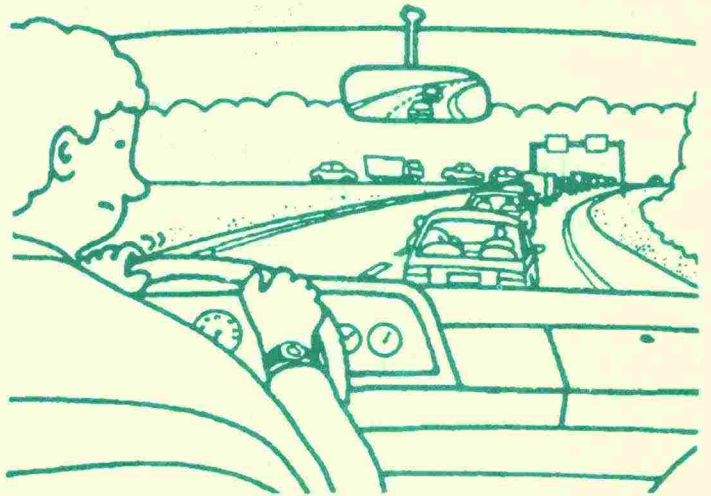
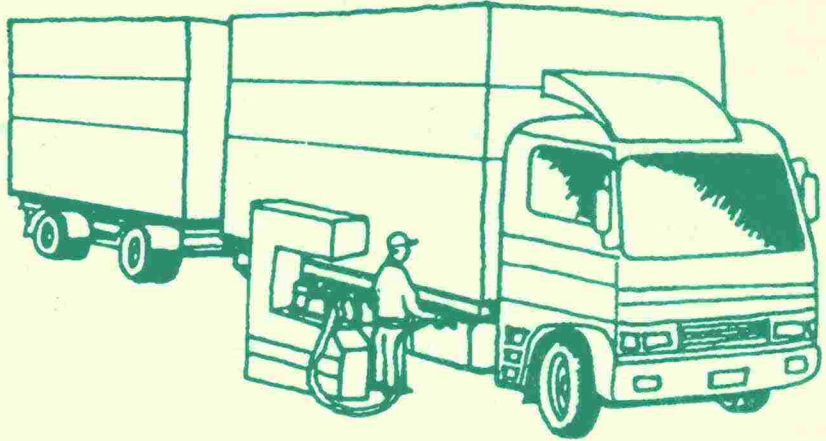


Tielaitos

Tieliikenteen ajokustannukset 1991



Liikenne ja
tieverkko

Helsinki 1991

Tiehallitus

08 TIEH



Tielaitos
Tiehallituksen kirjasto

Dokno: 911335
N:o: 911714

Tieliikenteen ajokustannukset 1991

Tielaitos
Tiehallitus

Helsinki 1991

ISBN 951-47-4390-3
TIEL 2123614-91
Valtion painatuskeskus
Helsinki 1991

Julkaisua myy:
Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541



VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA

KORVAAMUUTTA
TIEL 703614-90

KOHDISTUVUUS
TIEH, aluehallinto

VOIMASSA
22.5.1991 - toistaiseksi

ASIASANAT

ajokustannukset, ajoneuvokustannukset, aikakustannukset, onnettomuuskustannukset

Tieliikenteen ajokustannukset 1991 (TIEL 2123614-91)

Tieliikenteen ajokustannukset 1991 -julkaisu on laadittu ensisijaisesti tielaitoksen sisäiseen käyttöön. Julkaisu sisältää ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot lyhyine perusteluineen sekä kustannusten laskentamenetelmät lähinnä hanketarkasteluja varten. Tarkastelunäkökulma on yhteiskuntataloudellinen (ei yksityistaloudellinen).

Ajokustannusten uudet laskentaperusteet on vuonna 1990 hyväksytty tielaitoksen johtokunnassa. Tähän julkaisuun on ajoneuvo- ja aikakustannusten osalta tehty kustannustason nousua vastaavat korjaukset. Onnettomuuskustannusten määrittämismenetelmää on lisäksi täydennetty. Ajokustannusten uusia yksikköarvoja on käytettävä kaikissa tehtävissä liikennetaloudellisuustarkasteluissa. Myös aikaisemmin laadittujen suunnitelmien kustannuslaskelmia voidaan joutua uusimaan päätöksenteon sitä vaatiessa.

Tiehankkeiden ajokustannuslaskelmat ovat usein rajoittuneet vain tien pääsuunnan tarkasteluun (linjatarkastelu). Liikennetaloudellisten laskelmien tekeminen oikein vaatii kuitenkin tieverkollisen tarkastelun, jossa verkon rajauksella voidaan ottaa huomioon ajokustannusten muutokset myös poikittaisilla yhteyksillä ja liittymissä. Tässä julkaisussa esitettyä yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan soveltaa toistaiseksi tavanomaisimmissa tapauksissa.

Apulaisjohtaja
Kehittämiskeskus

Pauli Velhonoja
Pauli Velhonoja

Dipl.insinööri

Pentti O. Karvonen
Pentti O. Karvonen

LISÄTIETOJA
Tiehallitus, kehittämiskeskus
Jukka Ristikartano
Puh. (90) 154 2341

JAKELU/MYYNTI
Tiehallitus, painotuotevarasto
Opastinsilta 12 A tai PL 33
00521 HELSINKI
Puh. (90) 1541

TIEDOKSI:

Pääjohtaja

Ylijohtaja

S, T, H, E

S-vastuualueet

Ohjekokoelma

TIEH:n kirjasto

Liikenneministeriö

Ympäristöministeriö / KR-osasto

Tiekonsultit

Karvonen

Ristikartano

LUKIJALLE

Tieliikenteen ajokustannukset koostuvat kolmesta osasta: ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannuksista. Laskentaperusteita ja -menetelmiä on uudistettu laajemmin vuonna 1990. Tähän vuoden 1991 julkaisuun on uusittu onnettomuusmäärien selvittämistä koskeva osa. Muilta osin julkaisuun on tehty lähinnä kustannustason nousua vastaavat korjaukset. Tielaitoksen aiempiin (ennen v. 1990) ajokustannusjulkaisuihin verrattuna merkittävimpiä muutoksia ovat seuraavat:

- ajoneuvokustannukset lasketaan kannattavuustarkasteluissa yhteiskuntataloudellisina, jolloin mm. tieliikenteen erityisverot jätetään pois laskelmista kaikilta autolajeilta
- yksityiskäytössä olevien henkilöautojen pääomakustannuksista otetaan mukaan vain ajosuoritteeseen kohdistuva osa
- ajoneuvokustannukset jaetaan kolmeen osaan: ajosuoritteeseen ja ajoaikaan kohdistuviin osiin sekä polttoaineenkulutuksen mukana muuttuvaan osaan
- onnettomuuskustannukset määritetään onnettomuusasteiden ja liikennemäärien avulla.

Ajoneuvokustannusten laskentamenetelmä uudistettiin v. 1990. Uusi menetelmä perustuu liikennevirran keskimääräisen matkanopeuden määrittämiseen kullekin tielle ja liikennetilanteel-

le, sillä ajoneuvokustannukset muuttuvat nopeuden ja nopeusvaihteluiden mukana. Vilkkaan liikenteen aiheuttama ajoneuvokustannusten kasvu voidaan ottaa huomioon jakamalla vuoden liikenne liikennemääräluokkiin, jota menetelmää voidaan soveltaa myös liikenteen aikakustannusten laskentaan.

Onnettomuusmäärä arvioidaan yhdistämällä tieto tapahtuneista onnettomuuksista ja tieolojen keskimääräisestä onnettomuusmäärästä. Turvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaikutus onnettomuusmääriin voidaan arvioida eri toimenpiteille määriteltyjen vaikutuskertoimien avulla.

Ajoneuvokustannusten uudet arvot on laskettu tiehallituksen suunnitteluosaston kehittämiskeskuksessa, missä työstä on vastannut tieinsinööri Jukka Ristikartano. Aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot on tarkistettu tiehallituksen tutkimuskeskuksessa, jossa myös onnettomuusasteiden ja -määrien arviointimenetelmää on kehitetty (dipl.insinööri Harri Peltola).

Ajokustannusten eri osien kustannuskehitys tarkistetaan vuosittain ja julkaistaan tiehallituksen suunnitteluosaston julkaisuna. Tämän julkaisun yksikköarvot vastaavat tienrakennusindeksin 136 kustannustasoa.

Sisältö

1	AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT 1991	8
2	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET	11
2.1	Autolajien ominaisuudet	11
2.2	Ajoneuvokustannusten osat	12
2.3	Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin	13
2.4	Aikakustannukset	15
2.5	Onnettomuuskustannukset	16
3	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ	18
3.1	Tarvittavat lähtötiedot	18
3.2	Tuntiliikenteiden määrittäminen	20
3.3	Matkanopeuksien määrittäminen	21
3.4	Ajoneuvokustannusten laskeminen	23
3.5	Aikakustannusten laskeminen	26
3.6	Onnettomuusmäärien selvittäminen	27
3.7	Onnettomuuskustannusten laskeminen	31
3.8	Taloudellisuustarkastelut	32
4	LIITE	33
	Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä	33

1 AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT

Ajoneuvokustannukset (Ank)

Ajoneuvokustannuksia tarkastellaan liikennetaloudellisissa laskelmissa **yhteiskuntatalouden näkökulmasta**. Kustannuksissa ei siten ole mukana polttoaineiden ja autojen hintoihin sisältyviä erillisveroja eikä moottoriajoneuvoveroa. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen osalta on jätetty pois se osa pääomakustannuksista,

jonka ei oleteta olevan sidoksissa ajosuoritukseen. Taulukossa 1.1 on vasemmalla esitetty liikennetaloudellisten laskelmien perustana olevat ajoneuvokustannusten perusarvot. Taulukossa oikealla olevat yksityistaloudelliset kustannukset (tienkäyttäjän näkökulma) on esitetty lähinnä vertailun vuoksi.

Taulukko 1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot 1991 (keskimäärin koko vuonna, kustannustaso vastaa tr-Indeksiä 136)

Yhteiskuntataloudellinen kust.	
Autolaji	Ajoneuvokustannus (Ank) p/km
Henkilöauto	66
Pakettiauto	143
Kevyt auto	74
Linja-auto	316
Kuorma-auto	345
Raskas auto	340

Yksityistaloudelliset kust.lisät		
Erityisverot p/km	Muut yks. tal. kust. p/km	Yhteensä (Ank+lisät) p/km
35	31	132
16	0	159
33	28	135
9	0	326
50	0	395
43	0	382

Taulukon 1.1 ajoneuvokustannusten yhteiskuntataloudelliset perusarvot eivät sellaiseenaan sovellu hankkeiden taloudellisten tunnuslukujen laskemiseen (perusarvot kuvaavat keskimääräistä kustannustasoa). Tiehankkeiden taloudelliset tarkastelut on tehtävä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla, joi-

den määrittämisperusteet on esitetty luvussa 2 ja laskentamenetelmät luvussa 3.

Kevyen ja raskaan auton (tyyppi-autot) muodostumista eri autolajeista on tarkasteltu luvussa 2.1.

Aikakustannukset (Aik)

Ajokustannuslaskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu henkilöautoilla teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen.

Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on ajohenkilöstön keskimääräinen palkkataso. Linja-auton matkustajien aikakustannuksina käytetään matkaryhmän työ- tai asiointimatkat (henkilöautot) ajan arvoa.

Taulukko 1.2 Aikakustannusten perusarvot 1991 (kustannustaso vastaa tr-indeksiä 136)

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti /henkilö	mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka	1,3	111,90	145,50
	Työ- tai asiointimatka	1,6	18,90	30,20
	Vapaa- tai loma-ajan matka	2,2	10,80	23,70
	Keskimäärin	1,9		39,70
Pakettiauto	Työajan matka	1,0	77,90	77,90
Kevyt auto		1,8		43,50
Linja-auto		1+13,5		350,80
Kuorma-auto		1,1	96,10	105,70
Raskas auto				149,80

Ajokustannuksia laskettaessa aikakustannukset (p/km) saadaan jakamalla autokohtainen ajan arvo matkanopeudella. Laskennat on pyrittävä tekemään matkaryhmittäin (matkan tarkoitus)

sekä laskelmat kevyille ja raskaille autoille erikseen. Jos matkojen tarkoitusjakauma ei ole tiedossa, joudutaan käyttämään keskiarvolukuja.

Onnettomuuskustannukset (Onk)

Onnettomuuksien hintoihin sisältyy suorien taloudellisten menetysten lisäksi myös hyvinvoinnin menetystä kuvaava kustannus, joka on määritetty ns. yhteiskunnallisen maksuhalukkuuden pohjalta (arvioitu kullekin henkilövahinkotyyppille erikseen).

Taulukossa 1.3 on esitetty onnettomuuskustannusten perusarvot yleisillä teillä. Kustannuksia on korjattu ns. edustavuuskertoimilla, jolloin on otettu huomioon tielaitoksen onnettomuustilaston peittävyys.

Taulukko 1.3 Onnettomuuskustannusten perusarvot 1991 (yleiset tied, kustannustaso vastaa tr-indeksiä 136)

Onnettomuuden seuraus/ onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)
Kuollut	7 465 000
Pysyvästi vammautunut	4 705 000
Tilapäisesti vammautunut	50 000
Vammautunut keskimäärin	140 000
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 750 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	209 000
Henkilövahinko-onnettomuus	934 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	40 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	305 000

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinko-onnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden

avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät, joista voidaan määrittää vuotuiset onnettomuuskustannukset.

2 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

2.1 Autolajien ominaisuudet

Ajoneuvokustannusten perusarvot on laskettu käyttäen lähtötietoina taulukon 2.1 autolajien ominaisuuksia. Tiedot perustuvat mm. autorekisterikeskuksen ja autoalan yhdistysten julkaisemiin tilastoihin sekä mittauksiin. Polttoai-

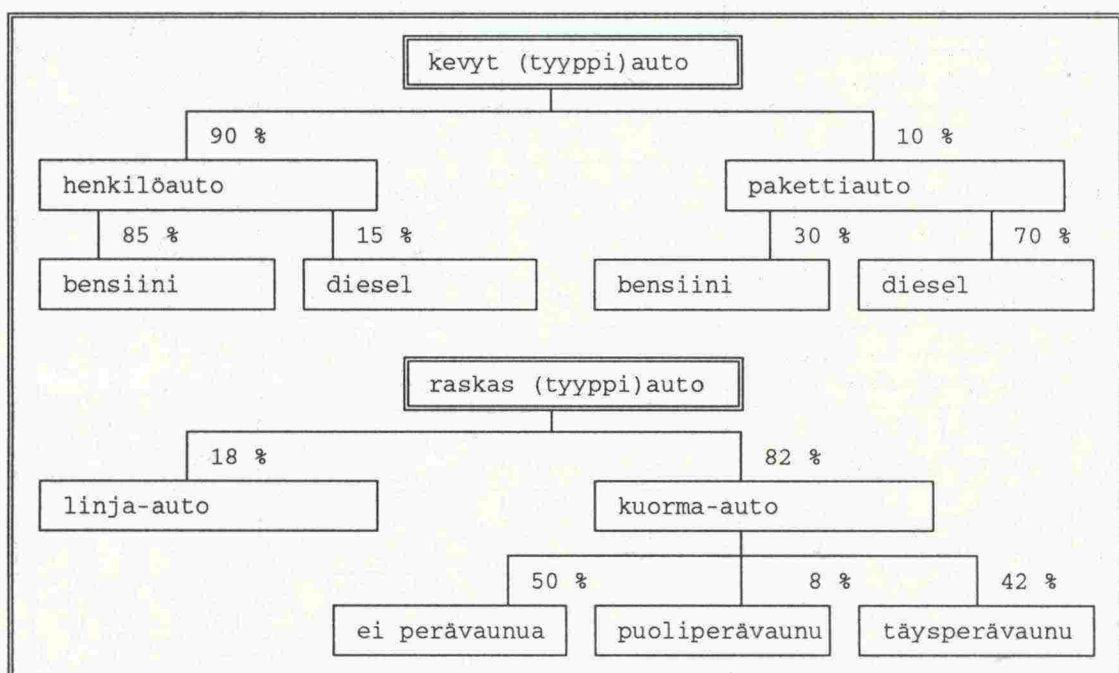
neenkulutus kuvaa keskimääräistä kulutusta vuoden aikana. Kevyt ja raskas tyyppi-auto on muodostettu näistä kuvan 2.1 kaavion mukaisilla ajosuoriteosuuksilla painottaen.

Taulukko 2.1 Eri autolajien perusominaisuudet

Autolaji	ha	pa	la	kaip	kapp	katp
Polttoaineenkulutus (l/100km)	8	11	30	26	37	43
Ajosuorite (km/a)	17600	16400	73000	34000	71000	91000
Hinta (mk)	68000	90000	846000	384000	852000	1006000
" erityisveroin (101000)	-	-	-	-	-	-
Poistoaika (a)	13	10	13	10	10	10
Arvonalenema (%/a)	15	20	15	20	20	20
Korkokanta (%/a)	10	11	11	11	11	11
Dieselkäyttöisiä (%)	8	70	100	100	100	100

Polttoaineiden hinnat (veroton/verollinen) alkuvuoden (tammi-maaliskuu) 1991 hintatasossa

olivat: bensiini 95 E 2,48/4,06, bensiini 99 2,55/4,43 ja dieselöljy 2,16/3,20 mk/l.



Kuva 2.1 Tyyppi-autojen muodostuminen ja ajosuoritteiden painot

2.2 Ajoneuvokustannusten osat

Ajoneuvokustannukset muodostuvat seitsemästä osasta (taulukko 2.2). Osat on jaettu ajosuoritteesta, ajoajasta ja polttoaineenkulutuksesta määräytyviin osiin. Kustannuksista polttoaine-, korjaus-, huolto-, voitelu- ja rengaskustannusten oletetaan muuttuvan polttoaineenkulutuksen mukana. Ylläpito-, hallinto- ja pääomakustannukset on jaettu ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen ylläpito- ja hallintokustannukset on jätetty pois. Pääoman poistosta ja korosta otetaan laskelmiin mukaan puolet, mikä voidaan katsoa

ajosuoritteen vaikutukseksi yksityisen henkilöauton arvonalenemaan. Vakuutusmaksut eivät sisälly ajoneuvokustannuksiin vaan onnettomuuskustannuksiin.

Eri autolajien laskennalliset **yhteiskuntataloudelliset kilometrikustannukset** (keskimäärin) muodostuvat taulukoiden 2.2 ja 2.3 mukaisiksi. Vertailun vuoksi on esitetty myös ne kustannuserät, jotka aikaisempiin (ennen v. 1990) ajokustannusjulkaisuihin verrattuna (yksityistaloudellinen näkökulma) on jätetty pois.

Taulukko 2.2 Kevyiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1991

Osakustannukset	Henkilö- auto (p/km)	Paketti- auto (p/km)	Kevyt auto (p/km)
Polttoaine	19,7	24,9	20,2
Korjaus, huolto ja voitelu	18,5	22,6	18,9
Renkaat	2,7	3,7	2,8
Ylläpito	0,8	8,1	1,6
Hallinto	0,7	10,2	1,7
Pääoman poisto	14,5	49,0	18,0
Pääoman korko	9,0	24,3	10,5
Yhteensä (Ank)	65,9	142,7	73,5

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)			
Polttoainevero	12,9	13,7	13,0
Moottoriajoneuvovero	0,8	2,5	0,9
Autovero	21,2	0,0	19,1
Liikenteen erityis- verot yhteensä	34,8	16,3	33,0
Osa kiinteistä kustannuksista	31,1	0,0	28,0
Yksityistaloudellinen kustannus	131,8	159,0	134,5

Taulukko 2.3 Raskaiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1991

Osakustannukset	Linja- auto (p/km)	Kuorma-auto (p/km)			Raskas auto (p/km)
		ilman pv.	puolipv.	täysperäv.	
Polttoaine	64,8	56,2	79,9	92,9	71,9
Korjaus, huolto ja voitelu	71,0	74,0	47,9	52,0	64,2
Renkaat	10,0	17,3	29,9	36,6	23,5
Ylläpito	15,9	20,0	9,6	7,5	14,3
Hallinto	23,0	20,6	19,1	14,9	19,0
Pääoman poisto	78,4	100,8	107,1	98,7	96,5
Pääoman korko	53,2	49,9	53,0	48,8	50,3
Yhteensä (Ank)	316,2	338,8	346,6	351,4	339,6

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)					
Polttoainevero	9,4	27,0	38,5	44,7	30,7
Moottoriajoneuvovero	0,0	16,1	13,8	13,4	12,1
Liikenteen erityis- verot yhteensä	9,4	43,1	52,2	58,1	42,8
Liiketaloudellinen kustannus	325,6	381,9	398,8	409,6	382,4

Laskelmien polttoaineenkulutuksen suhteessa muuttuvien kustannusten perustasoiksi saadaan kevyille autoille **41,9 p/km** ja raskaille autoille **159,6 p/km**. Kiinteiksi kustannuksiksi saadaan

vastaavasti **31,7 p/km** ja **180,0 p/km** ja ne jaetaan ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin (jako 50/50 % vertailunopeuksilla 80 ja 70 km/h).

2.3 Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin

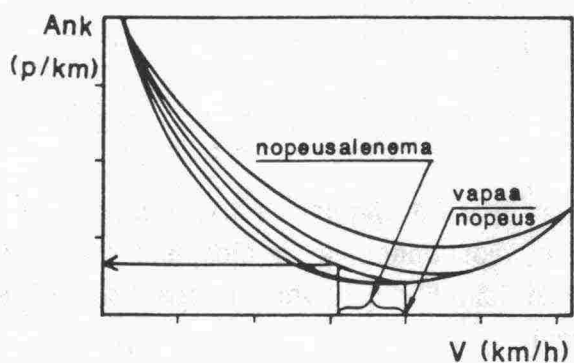
Ennen vuotta 1990 käytetyissä ajokustannusten laskentaa käsitelleissä tielaitoksen julkaisuissa ajoneuvokustannusten määrittäminen perustui nopeustason arvioimiseen ja tien toiminnalliseen luokkaan. Koska saman luokan tiet voivat olla ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia, on tästä jaottelusta luovuttu. Harkinnanvaraiset ajoneuvokustannusten korjaukset (esim. tavallisesta poikkeavan tiegeometrian vaikutus) on korvattu uusilla kustannusmalleilla, jotka perustuvat matkanopeuden määrittämiseen nopeusmalleilla kullekin tielle ja liikennetilanteelle. Nopeusmallien avulla voidaan lisäksi laskea aikakustannukset.

Autojen ajokilometrin kustannukset muuttuvat nopeuden muuttuessa. Matkanopeuksiin vaikuttavat mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne. Laskelmia varten on kehitetty kustannusmallit, joissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tähän kustannusten tasoon lasketaan korjaus, kun tie- ja liikenneolot aiheuttavat keskinopeuden aleneman. Kustannusten määräytymisen periaate on esitetty kuvassa 2.2. Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien

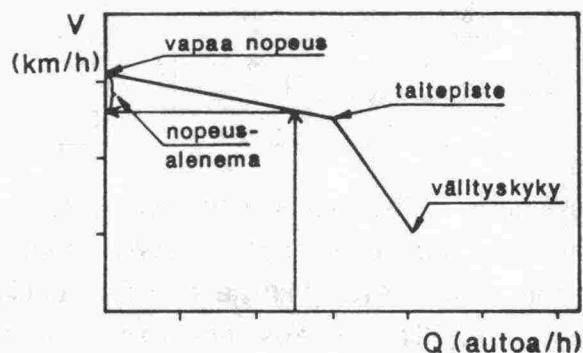
laskemiseksi on kehitetty nopeusmallit, josta saatavien nopeuksien avulla voidaan määrittää ajoneuvokustannukset eri liikennetilanteille.

Liikenteen ajoneuvokustannukset vuoden ajalta saadaan laskettua, kun tiedetään liikennesuorite jakautuminen eri tuntiliikenneryhmiin. Vuoden jokaisen tunnin liikenteelle ruuhkautuneimasta hiljaisimpaan voitaisiin mallilla laskea ajoneuvokustannukset. Riittävä laskentatarkkuus saavutetaan kuitenkin yleensä laskemalla liikenteen keskimatkanopeudet ja **kustannukset vapaissa liikenneoloissa ja vuoden 1000. viik-**

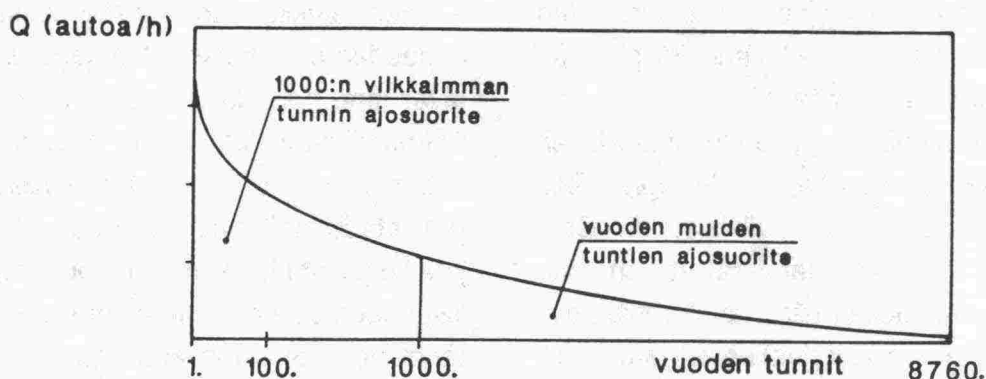
kaimpana tuntina, joka yleensä vastaa kustannuksiltaan vuoden keskimääräistä tasoa. **Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi kustannukset liian pieniksi**, sillä luvussa 3 esitetty laskentamenetelmä sisältää vain nopeusmallin taitepistettä edeltävän osan. Jos tarkasteltava tie ruuhkautuu, suositellaan tarkemman laskentamenetelmän käyttöä (liite). Liitteessä esitellään kehitteillä olevaa laskentamenetelmää, jossa ajosuorite jaetaan tuntiliikenneryhmiin ja näiden ryhmien keskimääräisiä ajokustannuksia painotetaan ryhmien ajosuoriteosuuksilla.



Kustannusmalli



Nopeusmalli



Tuntijärjestyskäyrä

Kuva 2.2 Ajoneuvokustannusten riippuvaisuus liikennetilanteesta

2.4 Aikakustannukset

Ajan arvo henkilöautoilla on laskennallisesti sidottu teollisuustyöntekijän keskimääräiseen kokonaistuntipalkkaan (53,90 mk, arvio I nelj./91). Ajan arvo vaihtelee matkan tarkoituksen mukaan:

- **matkat työaikana:** ajan arvo on 1,3 kertaa bruttotuntipalkan ja vastaavien (välittömien) työnantajakulujen summa. Työnantajakulujen osuutta on vuodesta 1990 korotettu (52 → 59,7 %) vastaamaan paremmin nykyistä tilannetta.

- **matkat kodin ja työpaikan välillä sekä erilaiset asiointimatkat:** ajan arvo on 35% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta
- **matkat vapaa- ja loma-aikana:** ajan arvo on 20% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.

Pakettiautoilla ajan arvo on kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen summa. **Kevyen auton** ajan arvot on laskettu kilometrisuoritteilla painottaen (pakettiautojen osuus 10%). Pakettiautomatkat sisältyvät työajan matkoihin.

Taulukko 2.4 Kevyiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1991

Autolaji	Matkan tarkoitus (suoriteosuus %)	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka (11)	1,3	111,90	145,50
	Työ- tai asiointimatka (40)	1,6	18,90	30,20
	Vapaa- tai loma-ajan matka(49)	2,2	10,80	23,70
	Keskimäärin	1,9		39,70
Pakettiauto		1,0	77,90	77,90
Kevyt auto	Työajan matka (20)	1,15		111,50
	Työ- tai asiointimatka (36)	1,6		30,20
	Vapaa- tai loma-ajan matka(44)	2,2		23,70
	Keskimäärin	1,8		43,50

Linja-autoilla ajan arvo on laskettu kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen sekä matkustajien ajan arvon summana. Matkustajien ajan arvona on käytetty taulukon 2.4 työ- tai asiointimatkaryhmän mukaista arvoa.

Kuorma-autoilla ajan arvo määräytyy ajohenkilöstön keskimääräisen bruttotuntipalkan (48,80 mk, arvio I nelj./91) ja vastaavien työnantajakulujen summana. Tavaraliikenteessä kuljetettavalle tavaralle ei lasketa ajan arvoa.

Taulukko 2.5 Raskaiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1991

Autolaji	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Linja-auto	1+13,5		350,80
Kuorma-auto	1,1	96,10	105,70
Raskas auto			149,80

2.5 Onnettomuuskustannukset

Liikenneonnettomuuksien aiheuttamien kustannusten laskemiseksi käytetyt menetelmät vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Eroja aiheuttaa erityisesti ns. **hyvinvoinnin menetysten** arvottaminen. Suomessa onnettomuuskustannukset lasketaan **yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen** perustuvan menetelmän mukaisesti (käytössä mm. Ruotsissa ja Tanskassa).

Onnettomuuskustannukset lasketaan kahtena osana: onnettomuuden aiheuttamat reaalitaloudelliset menetykset ja ns. hyvinvoinnin menetykset.

Taloudellisia kustannuksia ovat kustannuserät, jotka aiheutuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannonmenetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista kuluista. Nämä kustannukset muodostuvat seuraavasti:

- onnettomuuden uhrin työn menetys (bruttokansantuote/työvoima)
- sairaanhoitokulut
- hallintokulut
- (hautajaiset)
- ajoneuvovahingot.

Hyvinvoinnin menetykset lasketaan yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen perustuvana. Kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusrisikin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset. Menetykset on arvioitu henkilövahinkotyypeittäin seuraavasti:

- **Onnettomuudessa kuolleen** hyvinvoinnin menetys on 100-prosenttisesti invalidisoituneen ihmisen keskimääräinen laitoshoitokustannus jäljellä olevalta elinajalta (30v).
- **Pysyvästi vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on määritelty keskimääräisen lääketieteellisen invaliditeettiasteen mukaisesti (46% täysininvalidin menetyksestä).
- **Tilapäisesti vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on arvioitu vertaamalla sairauspäivien lukumäärää pysyvästi vammautuneen laitoshoidoikaan (0,5% pysyvästi vammautuneen menetyksestä).

Onnettomuuskustannukset arvioidaan laskettavissa olevia taloudellisia kustannuksia suuremmiksi. Yksikkökustannusten määrittelyssä on käytetty diskonttauskorkona 5%:a ja talouskasvuarviona 2,4%:a. Invaliditeettiasteet perustuvat suomalaiseseen tilastoaineistoon.

Henkilövahinkojen yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 2.6 ja onnettomuuslajeittaiset yksikkökustannukset taulukossa 2.7. Yksikköhinnat ovat merkittävästi suurempia kuin ennen vuotta 1990 käytetyt hinnat (peruslaskelmaa vuodelta 1978 oli 1980-luvulla korjattu vuosittain vain kustannusindeksillä).

Taulukko 2.6 Liikenneonnettomuuden henkilövahinkojen yksikkökustannukset yleisillä teillä 1991

Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus (mk)		
	Taloudellinen kustannus	Hyvinvoinnin menetys	Yhteensä
Kuollut	2 850 000	4 615 000	7 465 000
Pysyvästi vammautunut	2 600 000	2 105 000	4 705 000
Tilap. vammautunut	37 000	13 000	50 000
- vaikea vamma	61 000	21 000	82 000
- lievä vamma	13 000	5 500	18 500
Vammautunut keskimäärin	88 700	51 300	140 000

Taulukko 2.7 Erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset yleisillä teillä 1991

Onnettomuuslaji	Kustannus (mk)	
	Korjaamaton	Korjattu
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 750 000	8 750 000
Pysyvään vammautumiseen johtanut onnettomuus	5 520 000	5 520 000
Tilapäiseen vammautumiseen johtanut onnettomuus	57 000	90 500
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	163 000	209 000
Henkilövahinko-onnettomuus	860 000	934 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	12 000	40 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	240 000	305 000

Kustannukset on laskettu alkuvuoden 1991 hintatason mukaisina ja niissä on käytetty hyväksi tiehallituksen onnettomuustilastoja. Taulukossa 2.7 on esitetty sekä tilastojen perusteella lasketut kustannukset (korjaamaton luku) että ns. edustavuuskertoimien avulla korjatut kustannukset (korjattu luku). Taulukon 2.6 kustannukset on myös korjattu edustavuuskertoimilla.

Edustavuuskertoimien avulla on otettu huomioon yleisten teiden onnettomuuskustannusten las-

kennassa tielaitoksen onnettomuustilastojen peittävyys. Tieviranomaisten tietoon tulevat kaikki yleisten teiden kuolemaan johtaneet onnettomuudet, noin 65 prosenttia vammautumiseen ja noin 30 prosenttia omaisuusvahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien kustannuksia on korjattu keskimäärin edustavuuskertoimella 1,6 ja omaisuusvahinkoon johtaneiden kertoimella 3,3.

3 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Tarvittavat lähtötiedot

Tässä esitetty laskentamenetelmä on kehitetty käsinlaskentaa varten ja menetelmä on sen vuoksi pyritty tekemään verrattain yksinkertaiseksi.

Kustannuslaskenta etenee seuraavasti:

- lasketaan tuntiliikenteet tarkasteluvuosille
- määritetään nopeusmalleilla liikenteen keskimääräiset matkanopeudet (kevyet ja raskaat autot)
- lasketaan ajoneuvo- ja aikakustannukset
- määritetään onnettomuusasteet
- lasketaan onnettomuuskustannukset

Lähtötietoina tarvitaan:

Nykyisten ja suunniteltujen linkkien (tieosien) pituus, poikkileikkaus (leveys, kaistojen määrä), tiegeometria (mäkisyys, kaarteisuus), liittymätiheys ja nopeusrajoitus.

Linkkien keskivuorokausiliikenteet, raskaiden autojen määrät, liikenteen jakautuminen nykyiselle ja suunnitellulle verkolle, liikenne-ennuste eri tarkasteluvuosille sekä tuntijärjestyskäyriä kunkin tieosan 1000. vilkkaimman tunnin liikenne eri vuosina.

Laskentamenetelmän kaavoissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

V	(km/h)	matkanopeus vapaissa oloissa
dV	(km/h)	nopeusalenema
v	(km/h)	matkanopeus vallitsevista oloista (=V-dV)
V_{raj}	(km/h)	nopeusrajoitus
L	(km)	linkin pituus
N	(kpl)	kaistojen lukumäärä
W	(m)	päällysten leveys
M	(m/km)	mäkisyys
K	(gon/km)	kaarteisuus
LT	(kpl/km)	liittymätiheys
KVL	(autoa/vrk)	keskivuorokausiliikenne
KVL_{rask}	(autoa/vrk)	raskaiden autojen keskivuorokausiliikenne
p	(%)	raskaiden autojen osuus
Q	(autoa/h)	tuntiliikenne
P	(l/100 km)	polttoaineenkulutus
dP	(l/100 km)	suhteellinen polttoaineenkulutus
A	(p/km)	ajoneuvokustannusten kiinteä osa
B	(p/km)	ajoneuvokustannusten muuttuva osa
v_0	(km/h)	vertailunopeus
OA	(onn./milj.km)	onnettomuusasteen odotusarvo
OA_{hav}	(onn./milj.km)	havaittu onnettomuusaste
OA_{kes}	(onn./milj.km)	keskimääräinen onnettomuusaste
O	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä
O_{ilm}	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä ilman parantamistoimenpidettä
k	(-)	toimenpiteen vaikutuskerroin onnettomuusmäärään

Alaindeksit (esim. V_{kev} , V_{rask}) viittaavat kevyeen ja raskaaseen (tyyppi)autoon.

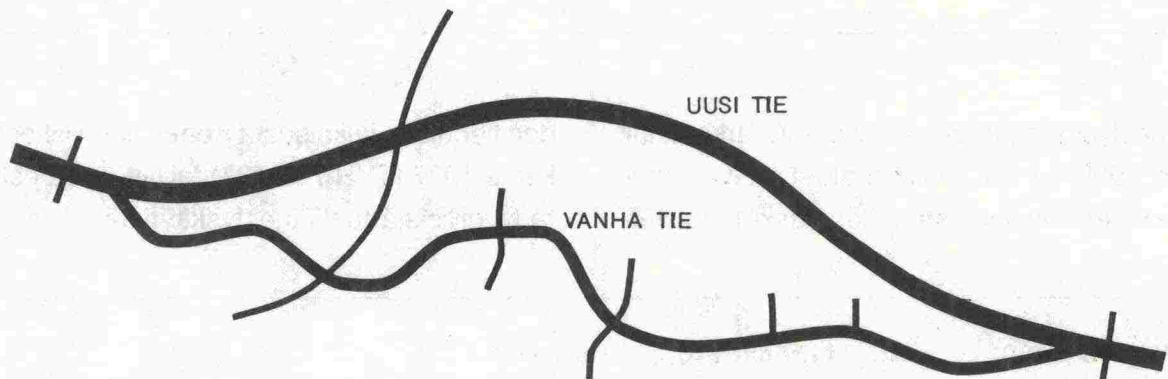
Kehystetyissä esimerkkilaskelmissa käsitellään vanhan valtatieyhteyden korvaamista moottoriliikennetiellä (mol-tie). 0-vaihtoehto merkitsee nykyistä tietä, vaihtoehto 1 sisältää uuden mol-tien ja sen rinnalla vanhan tien.

Esimerkin lähtötiedot:

	Nykyinen tie	Suunniteltu tie
pituus (km)	14,0	12,8
päällysteen leveys (m)	7	12,0
mäkisyys (m/km)	15	9
kaarteisuus (gon/km)	36	11
liittymätiheys (kpl/km)	0,53	0,06
nopeusrajoitus (km/h)	80	100
KVL 1990	5500	-
KVL _{rask} 1990	760	-

Tarkastelujakso on vv. 2000 - 2020, liikenteen kasvu 3%/a välillä 1990 - 2010 ja n. 1%/a välillä 2010 - 2030. Uudelle tielle siirtyy 80 % liikenteestä. Tuntijärjestyskäyrä oletetaan läheisen konelaskentapisteen mukaiseksi nykyisellä ja suunnitellulla tiellä. Moottoriliikennetien verkossa vanhalla tiellä käytetään eteläsuomalaisen seudullisen tien tuntijärjestyskäyrää.

Kaavio esimerkkihankkeesta



3.2 Tuntiliikenteiden määrittäminen

Liikenne-ennusteen avulla saadaan keskivuorokausiliikenteet sekä raskaan liikenteen määrät tihankkeen avausvuodelle ja viiden vuoden

välein seuraaville 20 vuodelle (=käytettävälle tarkasteluajanjaksolle).

Keskivuorokausiliikenne, KVL (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	5500	7392	8569	9934	10440	10973
Ve 1, uusi tie	-	5913	6855	7947	8352	8778
Ve 1, vanha tie	5500	1478	1714	1987	2088	2195

Raskas liikenne, KVL _{rask} (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	760	1021	1184	1373	1443	1516
Ve 1, uusi tie	-	817	947	1098	1154	1213
Ve 1, vanha tie	760	204	237	275	289	303

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan tarkastelu-
vuosien 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käyrä saa-
daan esimerkiksi läheisten konelaskentapistei-

den tiedoista, julkaisusta Koneellinen liikennelas-
kenta 1987 (TVH 713 427) tai liitteessä esitetyis-
tä tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

Vuoden 1000. tunnin liikenne, Q ₁₀₀₀ . (autoa/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	591	686	795	835	878
Ve 1, uusi tie	473	548	636	668	702
Ve 1, vanha tie	118	137	159	167	176

3.3 Matkanopeuksien määrittäminen

Määritetään kevyiden ja raskaiden autojen **matkanopeus vapaisa oloissa (V)**:

2-ajorataiset tiet

$$V_{\text{kev}} = 40 + 0,6 \cdot V_{\text{raj}}$$

$$V_{\text{rask}} = 78 + 0,1 \cdot V_{\text{raj}}$$

1-ajorataiset tiet

$$V_{\text{kev}} = 45 + 0,34 \cdot V_{\text{raj}} + 1,65 \cdot V_{\text{raj}} / 80 \cdot W$$

$$V_{\text{rask}} = 75 + W$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen keskimääräinen vapaa matkanopeus ei ole suurempi kuin kevyiden autojen ($V_{\text{rask}} \leq V_{\text{kev}}$).

0-vaihtoehto:

$$V_{\text{kev}} = 45 + 0,34 \cdot 80 + 1,65 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = 83,8$$

$$V_{\text{rask}} = 75 + 7 = 82,0 (< 83,8)$$

Ve 1, uusi tie: $V_{\text{kev}} = 103,8$ ja $V_{\text{rask}} = 87,0$

Ve 1, vanha tie: $V_{\text{kev}} = 83,8$ ja $V_{\text{rask}} = 82,0$

Määritetään tien geometrian, liikenteen ja muiden olosuhteiden aiheuttama **matkanopeuden alenema** dV kunkin tarkasteluvuoden 1000 tuntina (verrattuna vapaisiin liikenneoloihin):

1-ajorataiset tiet

$$dV_{\text{kev}} = V_{\text{raj}} / 600 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{\text{kev}} \cdot Q / 1000$$

$$dV_{\text{rask}} = 0,04 \cdot V_{\text{rask}} \cdot Q / 1000 + 0,3 \cdot M$$

2-ajorataiset tiet

$$dV_{\text{kev}} = V_{\text{raj}} / 1000 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{\text{kev}} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

$$dV_{\text{rask}} = 0,04 \cdot V_{\text{rask}} \cdot Q / (N \cdot 1000) + 0,3 \cdot M$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen matkanopeus ei tule suuremmaksi kuin kevyiden autojen ($dV_{\text{rask}} \geq (V_{\text{rask}} - V_{\text{kev}}) + dV_{\text{kev}}$).

Korjataan matkanopeuden alenemaa tarvittaessa seuraavasti:

- öljysorapäälysteinen tie: lisäalenema $0,04 \cdot V_{\text{kev}}$
- sorapäälysteinen tie: lisäalenema $0,1 \cdot V_{\text{kev}}$
- liikennevalot: tarkastellaan erikseen.

Esimerkiksi: 0-vaihtoehto, 1000. tunti vuonna 2000:

$$dV_{\text{kev}} = 80/600 \cdot 36 + 13,8/10 \cdot 0,53 + 0,08 \cdot 83,8 \cdot 591/1000 = \underline{9,5}$$

$$dV_{\text{rask}} = 0,04 \cdot 82,0 \cdot 591/1000 + 0,3 \cdot 15 = 6,4$$

$$\text{Tarkistus: } dV_{\text{rask}} \geq 82,0 - 83,8 + 9,5 = 7,7 \quad \text{eli } dV_{\text{rask}} = \underline{7,7}$$

Matkanopeuden alenema, dV (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
dV_{kev}	<u>9,5</u>	10,1	10,9	11,1	11,4
dV_{rask}	<u>7,7</u>	8,4	9,1	9,4	9,7
Ve 1, uusi tie:					
dV_{kev}	5,8	6,5	7,2	7,5	7,7
dV_{rask}	4,3	4,6	4,9	5,0	5,1
Ve 1, vanha tie:					
dV_{kev}	6,3	6,5	6,6	6,7	6,7
dV_{rask}	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1

Keskimääräinen matkanopeus määritetään kevyille ja raskaille autoille kaavoista:

$$V_{\text{kev}} = V_{\text{kev}} - dV_{\text{kev}}$$

$$V_{\text{rask}} = V_{\text{rask}} - dV_{\text{rask}}$$

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie v. 2010:

$$V_{\text{kev}} = 103,8 - 7,2 = \underline{96,6}$$

$$V_{\text{rask}} = 87,0 - 4,9 = \underline{82,1}$$

Keskimääräinen matkanopeus, v (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
V_{kev}	74,3	73,6	72,9	72,6	72,3
V_{rask}	74,3	73,6	72,9	72,6	72,3
Ve 1, uusi tie:					
V_{kev}	97,9	97,3	<u>96,6</u>	96,3	96,0
V_{rask}	82,7	82,4	<u>82,1</u>	82,0	81,9
Ve 1, vanha tie:					
V_{kev}	77,4	77,3	77,2	77,1	77,0
V_{rask}	77,1	77,1	77,0	77,0	76,9

3.4 Ajoneuvokustannusten laskeminen

Ajoneuvokustannukset (Ank, p/km) kevyille ja raskaille autoille saadaan laskettua kohdassa 2.2 määritettyjen kustannusosien avulla. Ajosuorite-riippuvainen osa ns. kiinteistä kustannuksista lasketaan mukaan sellaisenaan. Ajoajasta riippuvainen osa kiinteistä kustannuksista kerrotaan vertailunopeuden (kevyillä autoilla 80 ja raskailla 70 km/h) ja 1000. tunnin matkanopeuden suhteella.

Taulukoista 3.1 ja 3.2 (sivu 24) saadaan määritettyä **suhteellinen polttoaineenkulutus** (dP) vapaan matkanopeuden ja 1000. tunnin matka-

nopeuden avulla (polttoaineenkulutus tieosalla verrattuna kulutukseen keskimäärin koko vuonna). Polttoaineenkulutuksesta riippuvainen kustannusosa (muuttuvat kustannukset, kohta 2.2) kerrotaan suhteellisella polttoaineenkulutuksella.

$$Ank_{kev} = A_{kev}/2 + 80/v_{kev} \cdot A_{kev}/2 + dP_{kev} \cdot B_{kev}$$

$$Ank_{rask} = A_{rask}/2 + 70/v_{rask} \cdot A_{rask}/2 + dP_{rask} \cdot B_{rask}$$

Kaavojen kertoimien A ja B arvot vuoden 1991 kustannustasossa ovat: $A_{kev}=31,7$, $B_{kev}=41,9$, $A_{rask}=180,0$ ja $B_{rask}=159,6$ p/km (sivu 13).

Esimerkiksi: Ve 1, vanha tie, raskaan auton ajoneuvokustannukset (p/km) vuonna 2015:
Raskaan auton ajoneuvokustannusten kiinteä osa $A_{rask}=180,0$ p/km ja muuttuva osa $B_{rask}=159,6$ p/km.
Vastaava suhteellinen polttoaineenkulutus on 0,842, kun vapaa nopeus on 82,0 km/h ja keskimääräinen matkanopeus 77,0 km/h (taulukko 3.2).
 $Ank_{rask} = 180,0/2 + 70/77,0 \cdot 180,0/2 + 0,842 \cdot 159,6 = 306,3$

Ajoneuvokustannukset, Ank_{kev} ja Ank_{rask} (p/km)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank_{kev}	69,8	70,0	70,2	70,2	70,2
Ank_{rask}	311,9	313,3	315,0	315,6	316,3
Ve 1, uusi tie:					
Ank_{kev}	69,9	69,8	69,8	69,8	69,8
Ank_{rask}	305,7	306,1	306,6	306,8	307,0
Ve 1, vanha tie:					
Ank_{kev}	69,1	69,2	69,2	69,2	69,2
Ank_{rask}	306,0	306,1	306,3	<u>306,3</u>	306,4

Liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset tieosittain (linkeittäin) saadaan laskettua liikennemäärän ja linkin pituuden avulla:

Ajoneuvokustannukset lasketaan linkeittäin kullekin tarkasteluvuodelle erikseen kevyille ja raskaille autoille.

$$\text{Ank}(\text{Mmk/v}) = \text{Ank}(\text{p/km}) \cdot \text{KVL} \cdot 365 \cdot L / 10^8$$

Ajoneuvokustannukset, Ank (Mmk/v)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	22,7	26,4	30,7	32,3	34,0
Ank _{rask}	16,3	19,0	22,1	23,3	24,5
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	16,6	19,3	22,3	23,5	24,7
Ank _{rask}	11,7	13,5	15,7	16,5	17,4
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	4,5	5,2	6,1	6,4	6,7
Ank _{rask}	3,2	3,7	4,3	4,5	4,7
Ve 1, yhteensä:					
Ank _{kev}	21,1	24,5	28,4	29,8	31,4
Ank _{rask}	14,9	17,3	20,0	21,1	22,1

3.5 Aikakustannusten laskeminen

Aikakustannukset (Aik, p/km) saadaan laskettua joko autolajeittain eri matkantarkoituksen mukaan, tai kevyille ja raskaille autoille kohdan 2.4

kustannusten ja keskimääräisten matkanopeuksien avulla.

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie, kevyet autot v. 2005
 $Aik_{kev} = 43,50/97,3 \cdot 100 = 44,7$

Aikakustannukset, Aik_{kev} ja Aik_{rask} (p/km)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Aik_{kev}	58,6	59,1	59,7	59,9	60,1
Aik_{rask}	201,7	203,5	205,5	206,3	207,1
Ve 1, uusi tie:					
Aik_{kev}	44,4	<u>44,7</u>	45,1	45,2	45,3
Aik_{rask}	181,2	181,8	182,5	182,7	183,0
Ve 1, vanha tie:					
Aik_{kev}	56,2	56,3	56,4	56,4	56,5
Aik_{rask}	194,3	194,4	194,6	194,7	194,7

Vuotuiset aikakustannukset tieosittain (linkeittäin) lasketaan ajoneuvokustannusten tapaan:

$$Aik(Mmk/v) = Aik(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$$

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie, raskaat autot v. 2010
 $Aik_{rask} = 182,5 \cdot 1098 \cdot 365 \cdot 12,8/10^8 = 9,4$

Aikakustannukset, Aik_{kev} ja Aik_{rask} (Mmk/v)

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Aik_{kev}	19,1	22,3	26,1	27,5	29,1
Aik_{rask}	10,5	12,3	14,4	15,2	16,0
Ve 1, uusi tie:					
Aik_{kev}	10,6	12,3	14,4	15,2	16,0
Aik_{rask}	6,9	8,0	<u>9,4</u>	9,9	10,4
Ve 1, vanha tie:					
Aik_{kev}	3,7	4,2	4,9	5,2	5,5
Aik_{rask}	2,0	2,4	2,7	2,9	3,0
Ve 1, yhteensä:					
Aik_{kev}	14,2	16,6	19,3	20,4	21,5
Aik_{rask}	8,9	10,4	12,1	12,7	13,4

3.6 Onnettomuusmäärien selvittäminen

Liikennetaloudellisia laskelmia varten tärkeintä ja useimmiten riittävää on selvittää mahdollisimman luotettavasti **henkilövahinko-onnettomuuksien määrissä tapahtuvat muutokset**. Pelkästään omaisuusvahinkoihin johtavien onnettomuuksien taloudellinen merkitys on laskelmissa marginaalinen.

Henkilövahinko-onnettomuuksien määriä voidaan arvioida useiden eri menetelmien avulla. Käytävissä on onnettomuusmäärämalleja, tietoja onnettomuusasteista erilaisissa tie- ja liikenneoloissa sekä arvioita tienpitotoimien vaikutuksista erilaisiin onnettomuustyyppisiin. Onnettomuustarkastelun lähtökohtana on kuitenkin aina liikenneonnettomuuksien analysointi siltä verkon osalta, jolla tapahtuvat liikenteelliset muutokset ovat kustannustarkastelun kannalta merkittäviä.

Tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ei useinkaan kuvaa riittävän luotettavasti tietyn tienosan turvallisuustasoa. Pieniin onnettomuuslukuihin liittyy suurta satunnaisvaihtelua tilastointiin sisältyvien epävarmuustekijöiden lisäksi. Luotettavimmat arviot kohteen turvallisuustilanteesta voidaan tehdä yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista sekä tie- ja liikenneolojen pohjalta lasketuista keskimääräisistä onnettomuusmäärien arvioista.

Seuraavassa esitetyllä menettelyllä voidaan karkeasti arvioida onnettomuustilanteen muutosten taloudellisia vaikutuksia. Tarkastelu on jaettu kahteen osaan:

- nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuustarkastelu
- parannetun tien onnettomuustarkastelu.

Nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuudet

Nykyisen tien henkilövahinko-onnettomuusasteelle (heva-onn./milj.autokm) saadaan määritettyä melko luotettava odotusarvo laskemalla viiden viimeisimmän vuoden havaitun onnettomuusasteen ja tieolojen perusteella arvioitavan keskimääräisen onnettomuusasteen (taulukko 3.3) keskiarvo. Heva-onnettomuusasteen odotusarvo on tällöin:

$$OA = (OA_{hav} + OA_{kes})/2$$

Uuden tieyhteyden onnettomuusaste joudutaan arvioimaan suunniteltujen tieolosuhteiden ja ennustettujen liikenneolosuhteiden pohjalta. Karkean arvion tulevan onnettomuustilanteen tasosta voi tehdä taulukon 3.3 tieolosuhteisiin pohjautu-

van keskimääräisen onnettomuusasteen avulla ($OA = OA_{kes}$).

Taulukon 3.3 heva-onnettomuusasteet kuvaavat tielinjan ja liittymien yhdistettyä onnettomuusastetta. Liittymäalueiden (määriteltynä 200 m:n tieosana liittymän keskikohdasta kumpaankin suuntaan) karkeassa tarkastelussa voidaan käyttää taulukon 3.3 lukuarvoja kerrottuna kahdella. Jos tarkasteltavalla tieosuudella on tapahtunut verrattain paljon henkilövahinko-onnettomuuksia (vähintään 20 onnettomuutta viiden viimeisimmän vuoden aikana), voidaan heva-onnettomuusasteen odotusarvo laskea pelkkien tapahtuneiden onnettomuuksien määrän perusteella.

Taulukko 3.3 Henkilövahinko-onnettomuuksien keskimääräisiä onnettomuusasteita (onnettomuudet/milj.autokm) yleisillä teillä

Moottoriväylät ¹⁾

Moottoritie	0,10
Moottoriliikennetie	0,11

1) Sisältää eritasoliittymien onnettomuudet

Taajamien ulkopuoliset muut tiet

Tietyyppi	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 70 km/h	80 km/h	100 km/h
Valta- tai kantatie	0,28	0,19	0,14
Seudullinen tie, kooja- tai yhdystie	0,27	0,21	0,15

Tiet taajamissa ²⁾

Tieympäristö	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 50 km/h	60 - 70 km/h	≥80 km/h
Tien varressa palveluja	0,61	0,44	0,24
Tien varressa muuta maankäyttöä	0,34	0,30	0,23

2) Tierekisterin tietolajin 306, Maankäyttötieto mukainen taajaman tie.

Huom: Taulukosta saadaan erilaisten tieolosuhteiden keskimääräinen henkilövahinkojen onnettomuusaste. Nopeusrajoitus on valittu yksin kuvaamaan tie- ja liikenneolosuhteita. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta ei kuitenkaan voida arvioida taulukon perusteella, sillä eri nopeusrajoituksen alaiset tiet poikkeavat toisistaan yleensä myös monella muulla tavalla.

Heva-onnettomuusasteen odotusarvon ja vuotuisen ajosuoritteen tulona saadaan laskettua halutun tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä taloudellisuuslaskelmia varten yleensä riittävän luotettavasti:

Liikennemäärän kasvun ei laskelmissa oleteta vaikuttavan tieosuuden onnettomuusasteeseen tieolosuhteiden pysyessä muuttumattomina, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat ajosuoritteen suhteessa.

$$O \text{ (heva-onn./a)} = OA \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^6$$

Parannetun tien onnettomuudet

Parannettavan tien henkilövahinko-onnettomuuksien määrä arvioidaan ensin ilman parantamistoimenpiteitä (O_{ilm}) samalla tavoin kuin nykyisen tien onnettomuusmäärä. Parantamistoimenpitei-

den vaikutus onnettomuusmäärään voidaan arvioida tien parantamistoimenpiteen mukaisen vaikutuskertoimen avulla (taulukko 3.4).

Taulukko 3.4 Turvallisuustoimenpiteiden vaikutus heva-onnettomuuksiin

TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)	TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)
KEVYTLLIIKENTEEN JÄRJESTELYT		LIITTYMIEN PARANTAMINEN	
kevytliikenteen väylä	0,85	liittymän kanavointi (kun ongelmana ei ole risteämisonn.)	
kevytliikenteen eritaso	0,85	- 4-haaraliittymä	0,75
koroke suojatielle	0,90	- 3-haaraliittymä	0,95
suojatien valo-ohjaus	0,90	- valo-ohj.liittymä	0,85
LIIKENTEEN OHJAUS		liittymän porrastaminen	0,75
nopeusrajoituksen muutos		kiertoliittymän rakentaminen	0,80
50 → 60 km/h	1,10	eritasoliittymän rakentaminen	0,60
50 → 70 km/h	1,19	väistötilan rakentaminen	0,85
60 → 50 km/h	0,91	TIEN PARANTAMINEN	
60 → 70 km/h	1,09	moottoriliikennetie → mo-tie	0,90
60 → 80 km/h	1,18	tievalaistus	0,95
70 → 50 km/h	0,84	suuntauksen parantaminen	0,90
70 → 60 km/h	0,92	kapean tien leventäminen	
70 → 80 km/h	1,08	taajaman ulkopuolella	0,80
70 → 100 km/h	1,54	ohituskaista	0,95
80 → 50 km/h	0,78	yksityistiejärjestelyt	0,90
80 → 60 km/h	0,85	TAAJAMAN LIIKENNEJÄRJESTELYT	
80 → 70 km/h	0,93	liikennesaneeraus, sisältää	
80 → 100 km/h	1,43	nopeusrajoituksen alentamisen	0,70
100 → 70 km/h	0,65	RAUTATIEN TASORISTEYS	
100 → 80 km/h	0,70	STOP-merkin asettaminen	0,50
liikennevalot		puolipuomit	0,30
- uusi valo-ohjaus		TALVIKUNNOSSAPITO	
- 4-haaraliittymä	0,60	tehostettu liukkauden torjunta	0,85
- 3-haaraliittymä	0,80		
- liikennetieto-ohjaus	0,80		
kärkikolmion asettaminen	0,95		
STOP-merkin asettaminen	0,75		

Huom: Esim. liittymän parantamisen (paikkaan sidottu toimenpide) katsotaan vaikuttavan 200 metrin matkalla tien kumpaankin suuntaan.

Arvio toimenpiteen jälkeisestä henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä saadaan suoraan kertomalla ilman toimenpidettä tapahtuvaksi arvioitu onnettomuusmäärä vaikutuskertoimella:

$$O \text{ (heva-onn./a)} = k \cdot O_{ilm}$$

Vaikutuskertoimilla kerrottaviin onnettomuusmääriin (O_{ilm}) saa sisältyä vain ne onnettomuudet,

joihin toimenpiteellä voi olla vaikutusta. Jos kaksi toimenpidettä (tai useampi) vaikuttaa samoihin onnettomuuksiin, saadaan arvio onnettomuusmäärästä kertomalla lähtökohtatilanteen onnettomuusmäärä yksittäisten toimenpiteiden vaikutuskertoimien tulolla. Nopeusrajoituksen muuttaminen parannetulla tiellä alkuperäisestä muuttaa onnettomuustilannetta ja myös sen vaikutus arvioidaan taulukon 3.4 vaikutuskertoimien avulla.

Taulukon 3.4 vaikutuskertoimet ovat verrattain karkeita keskiarvolukuja. Toimenpiteiden todellinen vaikutus onnettomuustilanteeseen on kuitenkin paljon riippuvainen kohteen toteuttamisen yksityiskohdista ja laadusta. Vaikutuskertoimet soveltuvat siten taloudellisuuslaskelmien tarpeisiin mutta eivät erilaisten toimenpidevaihtoehto-

jen valintapäätösten perustaksi. Yksityiskohtaisempia tarkasteluja varten on käytettävissä mm. julkaisut : Tienpitotoimenpiteiden vaikutus liikenneturvallisuuteen (TIEH 701875. Helsinki 1990) ja Tiehankkeiden turvallisuusvaikutusten arviointi (VTT, tutkimuslaskelma 822. Espoo 1991).

Esimerkkitapauksessa onnettomuusasteet arvioitiin nykyiselle tielle (sekä 0-vaihtoehdolle että ve 1:lle) viiden vuoden onnettomuustietojen ja taulukon 3.3 avulla. Onnettomuusasteen oletettiin pysyvän samana koko tarkasteluajanjakson. Moottoriliikennetien onnettomuusaste arvioitiin taulukon 3.3 keskimääräisen onnettomuusasteen avulla. Näin saatiin nykyiselle tielle henkilövahinko-onnettomuusasteeksi $(0,17+0,19)/2 = 0,18$ onn./milj. autokm ja moottoriliikennetielle 0,11 onn./milj. autokm.

Onnettomuusasteiden ja liikennemäärien perusteella arvioitiin henkilövahinko-onnettomuuksien määrät eri vuosille.

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie v. 2015:

$$0,11 \cdot 8352 \cdot 365 \cdot 12,8 / 10^6 = \underline{4,3} \text{ henkilövahinko-onnettomuutta}$$

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	6,8	7,9	9,1	9,6	10,1
Ve 1, uusi tie	3,0	3,5	4,1	<u>4,3</u>	4,5
Ve 1, vanha tie	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0
Ve 1, yhteensä	4,4	5,1	5,9	6,2	6,5

3.7 Onnettomuuskustannusten laskeminen

Onnettomuuskustannukset voidaan suunnitteluti-lanteissa usein arvioida riittävällä tarkkuudella käyttämällä henkilövahinko-onnettomuuksien määrää ja yksikkökustannusta. Arvio kustannuk-sista voidaan vain poikkeustapauksissa tehdä onnettomuuksien vakavuusasteiden ja vastaavi-

en onnettomuuksien yksikkökustannusten perus-teella. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kus-tannukset voidaan ottaa huomioon vakio kertoi-men avulla (esim. kerroin 1,1, jolloin osuus on-nettomuuskustannuksista on noin 10%).

Esimerkkitapauksessa onnettomuuskustannuksina käytettiin kaikissa vaihto-ehdoissa keskimääräistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta. Omai-suusvahinko-onnettomuudet otettiin huomioon kertoimen avulla.

Esimerkiksi: 0-ve v. 2005: $Onk = 7,9 \cdot 934000 \cdot 1,1 / 10^6 = 8,1$

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	7,0	<u>8,1</u>	9,4	9,9	10,4
Ve 1, uusi tie	3,1	3,6	4,2	4,4	4,6
Ve 1, vanha tie	1,4	1,6	1,9	2,0	2,1
Ve 1, yhteensä	4,5	5,2	6,1	6,4	6,7

3.8 Taloudellisuustarkastelut

Tienpidon liikennetaloudellisuustarkasteluissa liikenteen ajokustannuksiin (AK) lasketaan mukaan ajoneuvokustannukset (Ank), aikakustannukset (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk). Näitä ajokustannusten osakustannuksia ja niiden muutoksia on suositeltavaa käsitellä erillisinä. Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat ajokustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi kunnossapito- ja päällystyskustannukset sekä erilaiset tiehankkeesta aiheutuvat kerrannaisvaiikutukset esim. aluetalouteen. Tässä julkaisussa käsitellään vain ajokustannusten määrittämistä.

Tulevaisuudessa saatavat rahalliset hyödyt (tai kustannukset) on yleensä tarpeen saada yhteismitallisiksi aikaisemmin syntyvien kustannusten (tiehankkeissa ensisijaisesti rakennuskustannusten ml. rakentamisen aikaiset korkokustannukset) kanssa. Kustannukset ja hyödyt diskontataan siksi sovitulla laskentakorolla perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään myös hankkeen laskennallisen jäännösarvon sekä kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Kustannusten diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkasteluajanjakson vuodelta. Usein riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset ensimmäiseltä ja viimeiseltä tarkasteluvuodelta sekä väli vuosilta 5 (tai 10) vuoden välein. Ajokustannusten (AK) osien ja niiden muutosten voidaan olettaa muuttuvan suoraviivaisesti väli aikoina.

Yleisimmin määritetyt liikennetaloudelliset tunnusluvut tiehankkeille ovat:

- Ensimmäisen vuoden tuottoaste: Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettuna kokonaisinvestoinnilla.
- Hyötykustannussuhde: Koko laskenta-ajanjakson (yleensä 20 vuotta) perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde vastaavasti diskontattuihin investointikustannuksiin (ml. kunnossapito, jäännösarvot ym.).
- Hankkeen sisäinen korko: Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty/kustannussuhde on yksi.

Tässä käsitellään yhteenlaskettuja kevyiden ja raskaiden autojen ajoneuvo-, aika ja onnettomuuskustannuksia (Mmk). Käytetty diskonttauskaava pätee 6 %:n mukaan 20 vuodelle 5 vuoden välein tunnetuille vuosikustannuksille.

Esimerkiksi: ajoneuvokustannukset, 0-vaihtoehto, kevyet autot:
 $Ank = 2,5 \cdot 22,7 + 3,74 \cdot 26,4 + 2,79 \cdot 30,7 + 2,09 \cdot 32,3 + 0,78 \cdot 34,0 = 335,0$ Mmk

	0-ve	Ve 1 uusi	Ve 1 vanha	Ve 1 yhteensä	Säästö
Ank _{kev}	335,0	244,2	66,1	310,4	24,6
Ank _{rask}	240,9	171,8	46,9	218,7	22,1
Yhteensä	575,8	416,0	113,1	529,1	46,7
Aik _{kev}	284,0	157,0	53,9	210,9	73,1
Aik _{rask}	156,8	102,1	29,8	132,0	24,8
Yhteensä	440,8	259,1	83,7	342,8	98,0
Onk	102,6	45,9	20,5	66,4	36,2
Yhteensä	1119,2	721,0	217,3	938,3	180,9

4. LIITE

Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä

1. Menetelmän erot käsinlaskentamenetelmään verrattuna

Menetelmä eroaa käsinlaskentamenetelmästä lähinnä matkanopeuden määrittämisessä. Laskennat tehdään lisäksi neljälle eri tuntiliikenneluokalle, joiden osuudet määrätään tuntijärjestyskäyrien avulla. Menetelmällä ajoneuvokustannukset on määritettävissä käsinlaskentamenetelmää

tarkemmin etenkin ruuhkautuvilla tieosilla. Laskennan vaatimien useiden välitulosten takia laskennat on syytä kerätä sopiviin taulukoihin, joissa on tilaa eri linkeille, tyyppiautoille, tarkastelutunneille ja tarkasteluvuosille.

2. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarvitaan käsinlaskentamenetelmän tietojen lisäksi tuntijärjestyskäyrältä tarkastelutuntien liikenteen osuudet keskivuorokausiliiken-

teestä, sekä niiden välisten tuntien suoriteosuudet vuosisuoritteesta.

3. Tuntiliikenteet

Tuntiliikenteet määritetään neljälle eri tarkastelutunnille (1., 100., 1000. ja 8760. tunti). Samalla määritetään vuoden 1.-100., 101.-1000. ja 1001.-8760. tuntien liikenteen suoriteosuudet vuosisuo-

ritteesta. Nämä saadaan esim. konelaskentapisteen tuloksista tai kuvan 1 tyyppillisistä tuntijärjestyskäyristä.

4. Matkanopeus

Matkanopeus vapaissa oloissa määritetään kuten käsinlaskentamenetelmässä.

Eri liikennetilanteiden nopeuksien määrittämiseksi muodostetaan tarkasteltaville linkeille nopeuskuvaajat. Ne voidaan tehdä kuvien 2 ja 3 mukaisille lomakkeille määrittämällä nopeuskuvaajan piirtämisessä tarvittavat pisteet:

- Kevyen auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Kevyen auton nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärä ja sitä vastaava nopeus
- Linkin välityskyky ja sitä vastaava nopeus

- Raskaan auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Raskaan auton nopeuskuvaajan taitepisteen nopeus.

Nopeuskuvaajat piirretään suoraviivaisina em. pisteiden välillä. Koska matkanopeus vapaissa oloissa on määritetty eri kaavoista kuin nopeuskuvaaja, voi syntyä tilanne, jossa nopeus kasvautti liikenteen lisääntyessä (korjattava joko vapautta nopeutta tai nopeuskuvaajaa muuttamalla). Jos liikennemäärä vuoden vilkkaimpana tuntina ylittää nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärän saadaan tuntiliikenneluokkiin perustuvan

menetelmän avulla käsinlaskentamenetelmää tarkemmat tulokset. Kuvien 2 ja 3 yläosien kaa-

5. Ajoneuvokustannukset

Tarkastelutunneille määritetään ajoneuvokustannukset kuten käsinlaskentamenetelmässä. Tuntiliikenneluokkien keskimääräiset ajoneuvokustannukset määritetään niitä rajoittavien tarkastelutuntien keskiarvona. Polttoaineenkulutus voidaan

6. Taloudelliset tunnusluvut

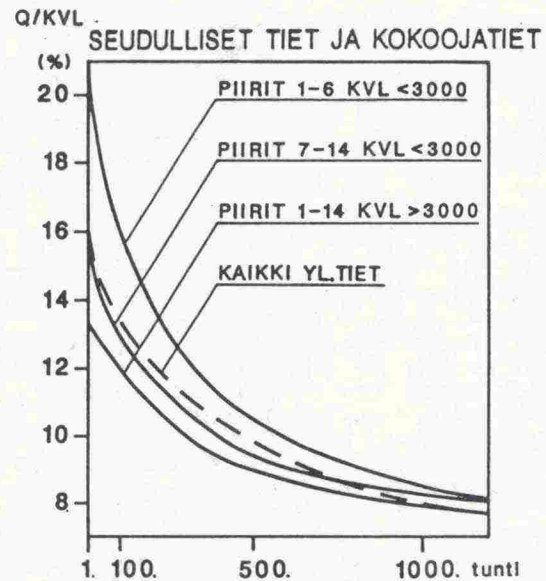
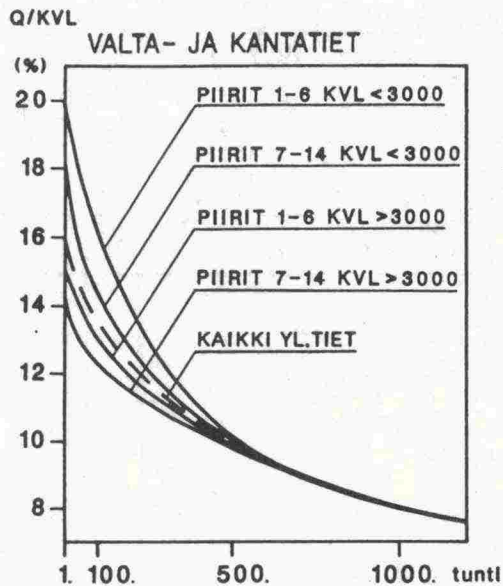
Taloudelliset tunnusluvut voidaan laskea vastavasti kuin käsinlaskentamenetelmässä. Aikakustannusten on kuitenkin syytä olla määriteltynä

voista on piirretty kuvien 4, 5 ja 6 nomogrammit, joita voidaan käyttää kaavojen sijasta.

määrittää käsinlaskentamenetelmän yhteydessä esitetyistä taulukoista tai kuvien 7 ja 8 kaavoista. Vuotuiset ajoneuvokustannukset lasketaan tuntiliikenneluokkien keskimääräisistä kustannuksista painottamalla niitä liikennesuoriteosuuksilla.

vastaavalla tarkkuudella kuin ajoneuvokustannukset.

Kuva 1. Tyypilliset tuntijärjestyskäyrät ja vastaavat ajosuoriteosuustaulukot



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	20,0	1-100	4,4
100,	16,1	101-1000	24,3
1000,	8,1	1001-8760	71,3
8760,	0,5		100,0

ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	21,0	1-100	4,5
100,	15,8	101-1000	23,8
1000,	8,5	1001-8760	71,7
8760,	0,3		100,0

ETELÄ-SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	15,0	1-100	3,6
100,	13,0	101-1000	21,4
1000,	7,9	1001-8760	75,0
8760,	0,5		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	16,0	1-100	3,5
100,	13,0	101-1000	21,9
1000,	8,3	1001-8760	74,6
8760,	0,4		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	18,1	1-100	4,0
100,	14,2	101-1000	23,6
1000,	8,1	1001-8760	72,4
8760,	0,3		100,0

KOKO SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	13,3	1-100	3,2
100,	11,9	101-1000	20,7
1000,	7,9	1001-8760	76,1
8760,	0,5		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	14,5	1-100	3,4
100,	12,2	101-1000	21,4
1000,	7,9	1001-8760	75,2
8760,	0,4		100,0

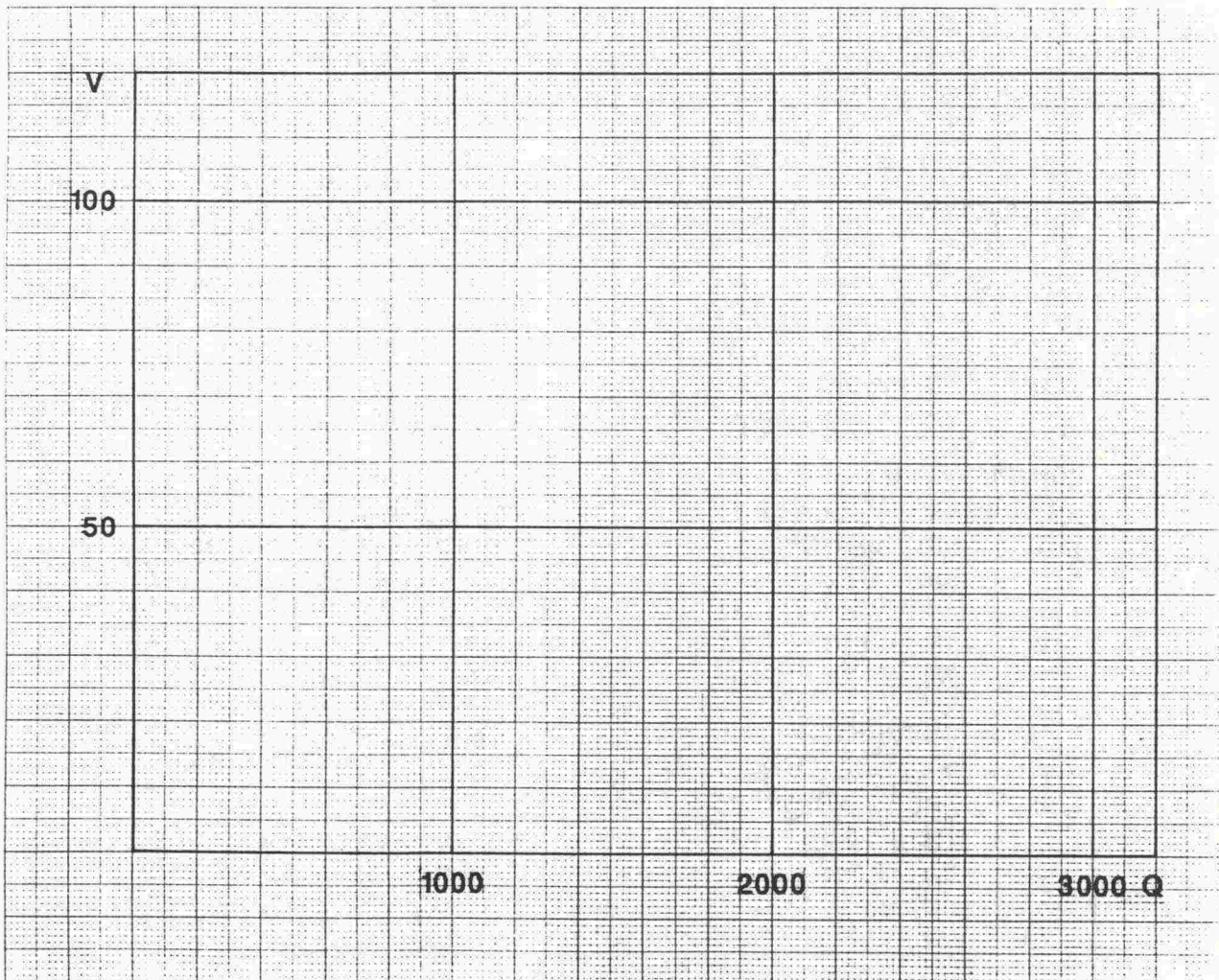
KAIKKI YLEISET TIET

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1,	16,0	1-100	3,7
100,	13,5	101-1000	22,3
1000,	8,0	1001-8760	74,0
8760,	0,4		100,0

Kuva 2. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Yksilajoratainen tie

NOPEUSRAJOITUS	R= _____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
PÄÄLLYSTEEN LEVEYS	L= _____	m	-ERITASO	*0.5= _____
MÄKISYYS	M= _____	m/km	-YL. TIE	*1.0= _____
KAARTEISUUS	K= _____	g/km	-PÄÄKATU	*1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P=	_____	%	-SIVUKATU	*0.8= _____
			-LIIK.VALO	*2.0= _____
			-YKS.TIE	*0.1= _____
			YHTEENSÄ	LT= _____
			(T-liittymät *0.7)	

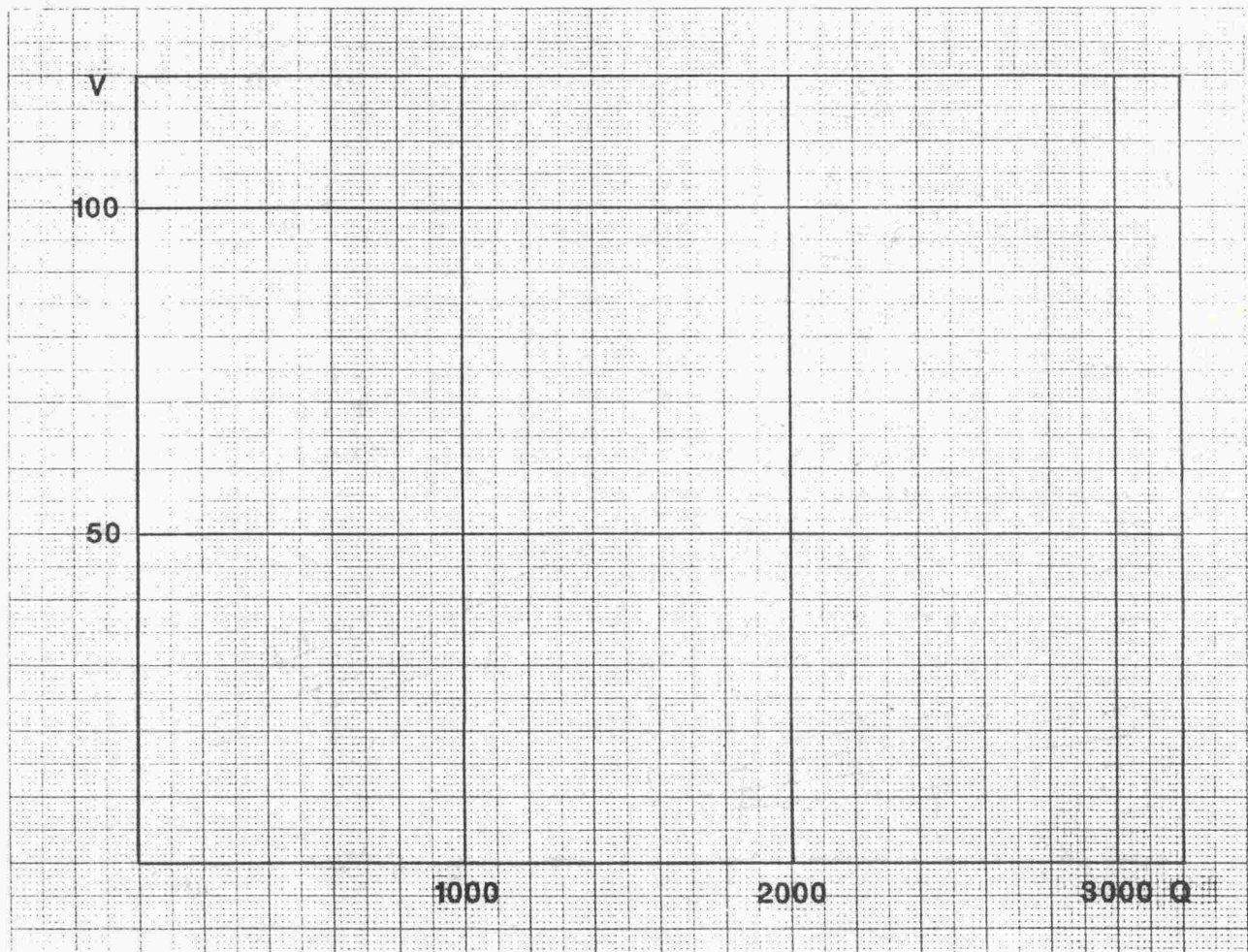
PÄÄLLYSTEKORJAUS	PK= _____
- (Ab 1.0, Ös 0.96, Sr 0.90)	
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK= g/t*0.8= _____
VÄLITYSKYKY	$Q_m = (400 + 210 * L) / (1 + P / 100) * LK =$ _____ autoa/h
TAITEPISTE	$Q_t = Q_m * (70 - 13 * LT) / 100 =$ _____ autoa/h
- ($0.3 * Q_m \leq Q_t \leq 0.7 * Q_m$)	$Q_t =$ _____ autoa/h
VAPAA NOPEUS, KEVYET	
	$V_k = (40 + 0.39 * R - R * K / 600 + 1.65 * L * R / 80) * PK =$ _____ km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT	
	$V_r = (85 / (1 + M / 200) - LT) * PK =$ _____ km/h
- ($V_r \leq V_k$)	$V_r =$ _____ km/h
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ	$V_t = V_k - 0.08 * V_k * Q_t / 1000 =$ _____ km/h
- (Raskaalla liikenteellä $\leq V_r$)	$V_{tr} =$ _____ km/h
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	$V_m = 0.33 * V_k =$ _____ km/h



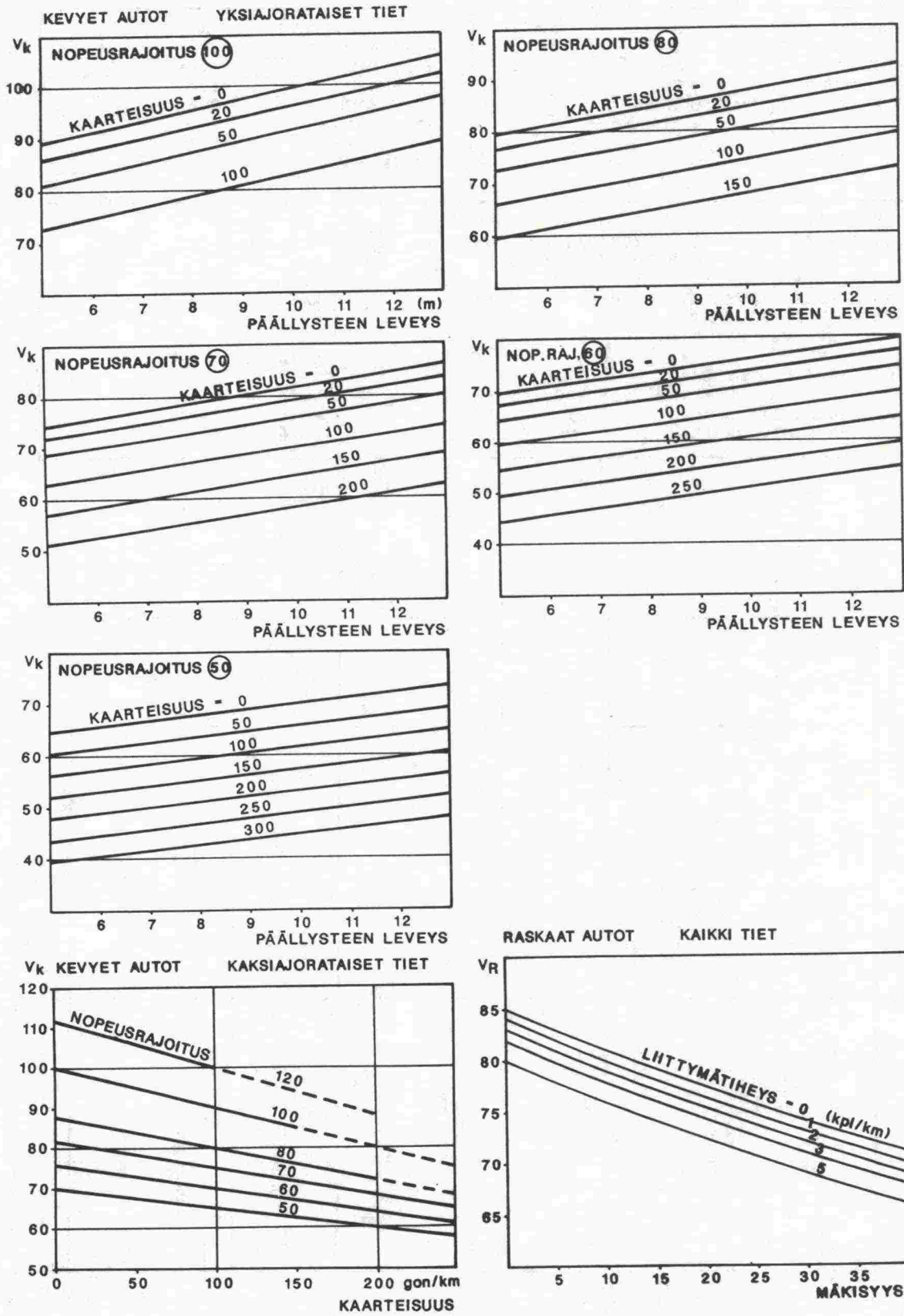
**Kuva 3. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Kaksiajoratainen tie**

NOPEUSRAJOITUS	R= _____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
KAISTOJEN LUKUMÄÄRÄ	L= _____	m	-ERITASO	_____ *0.5= _____
MÄKISYYS	M= _____	m/km	-YL. TIE	_____ *1.0= _____
KAARTEISUUS	K= _____	g/km	-PÄÄKATU	_____ *1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P= _____	%		-SIVUKATU	_____ *0.8= _____
			-LIIK.VALO	_____ *2.0= _____
			-YKS. TIE	_____ *0.1= _____
			YHTEENSÄ	LT= _____
			(T-liittymät *0.7)	

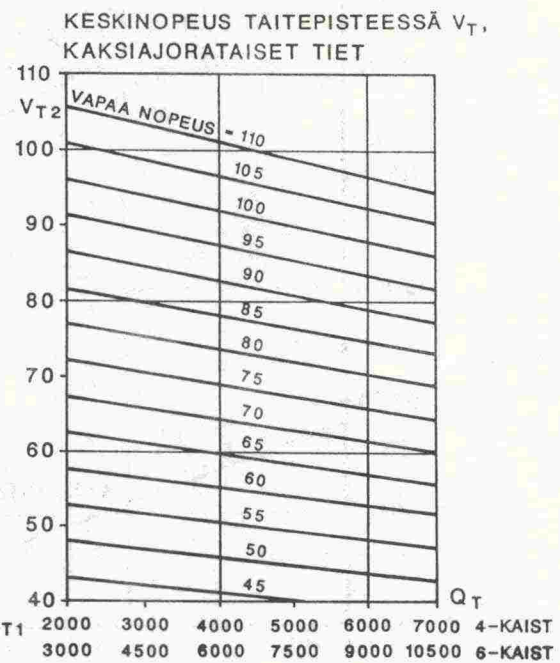
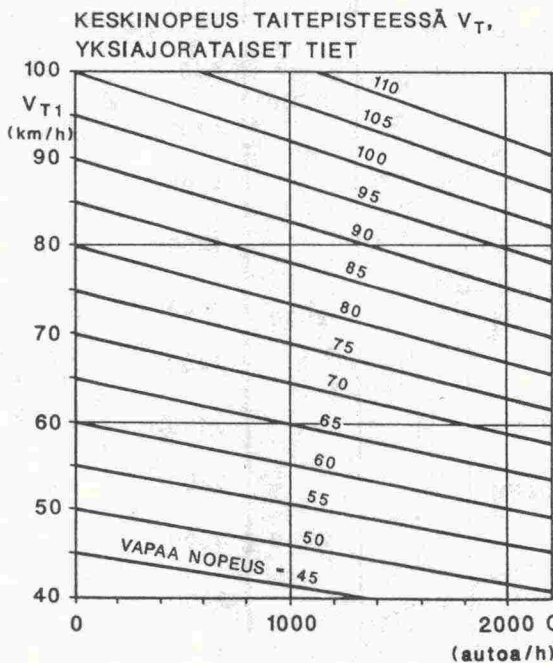
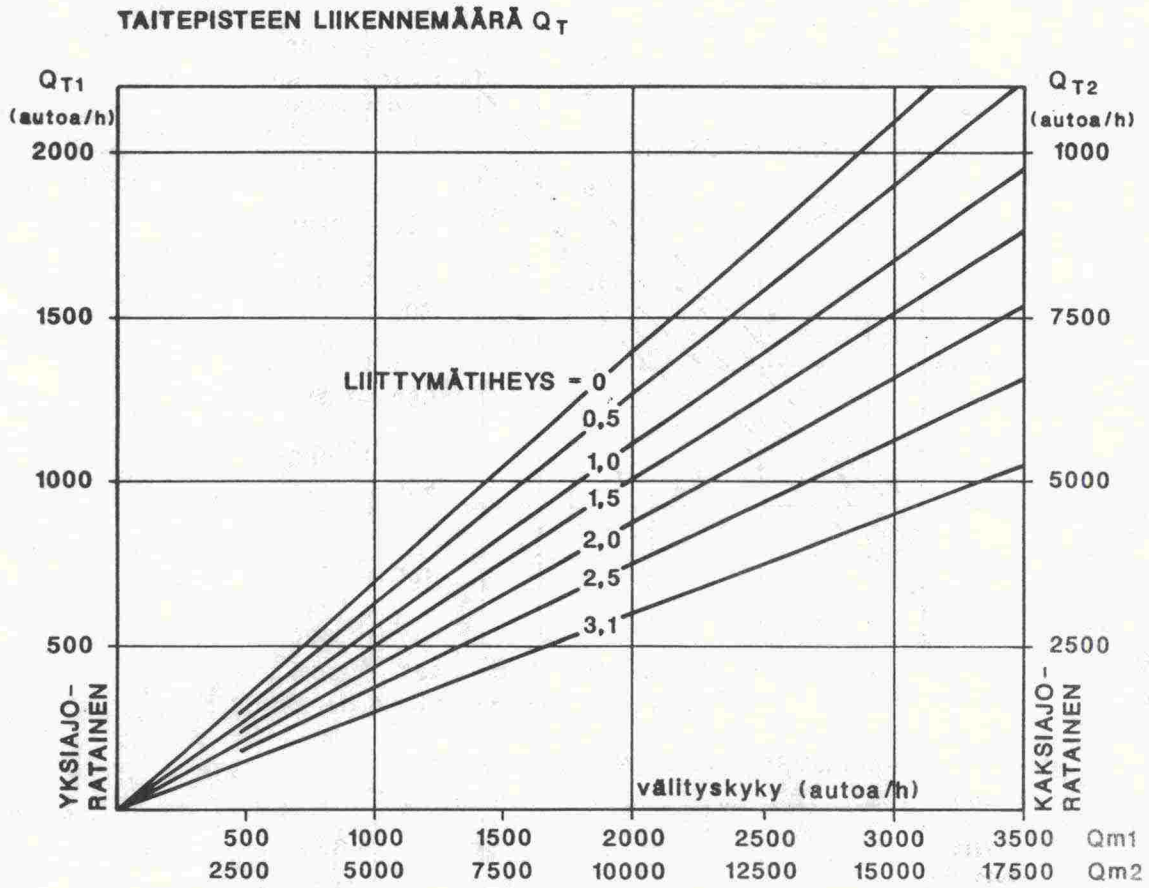
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK= 0.64*g/t= _____	
VÄLITYSKYKY	$Q_m = 2200 * N / (1 + P/100) * LK =$	_____ autoa/h
TAITEPISTE	$Q_t = Q_m * (70 - 13 * LT) / 100 =$	_____
- (0.3*Q _m ≤ Q _t ≤ 0.7*Q _m)	Q _t = _____	autoa/h
VAPAA NOPEUS, KEVYET	$V_k = 40 + 0.60 * R - 0.001 * R * K =$	_____ km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT	$V_r = 85 / (1 + M/200) - LT =$	_____
- (V _r ≤ V _k)	V _r = _____	km/h
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ	$V_t = V_k - 0.08 * V_k * Q_t / (N * 1000) =$	_____ km/h
- (Raskaalla liikenteellä ≤ V _r)	V _{tr} = _____	km/h
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	$V_m = 0.33 * V_k =$	_____ km/h



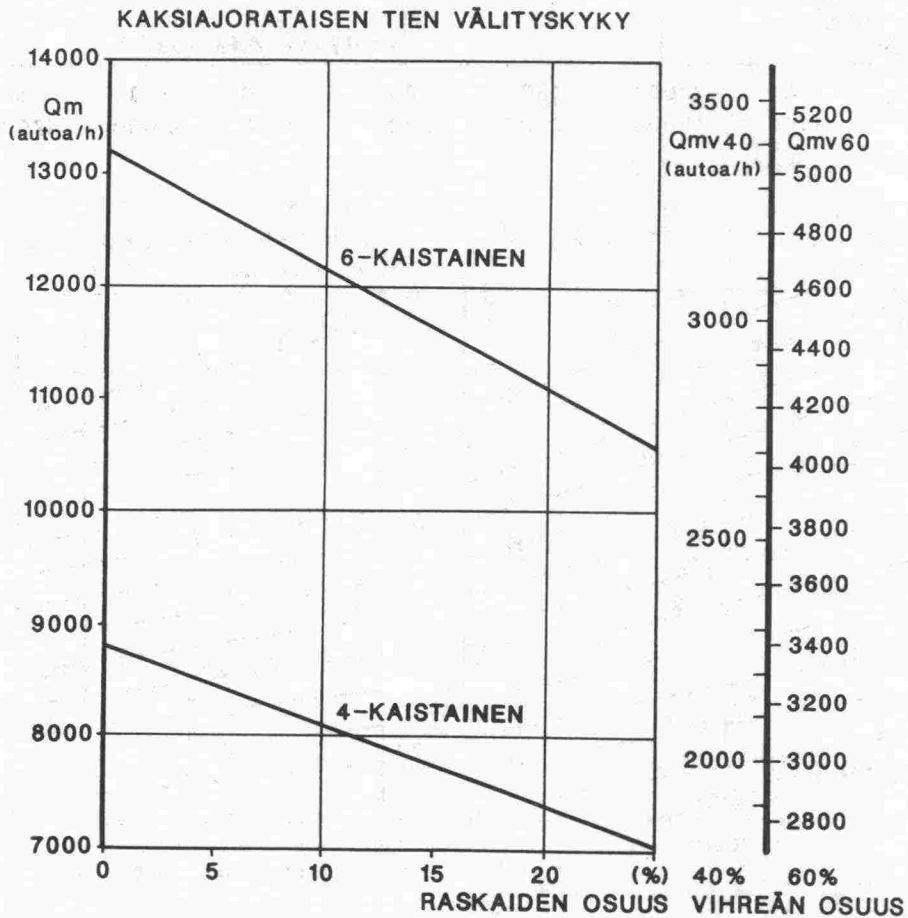
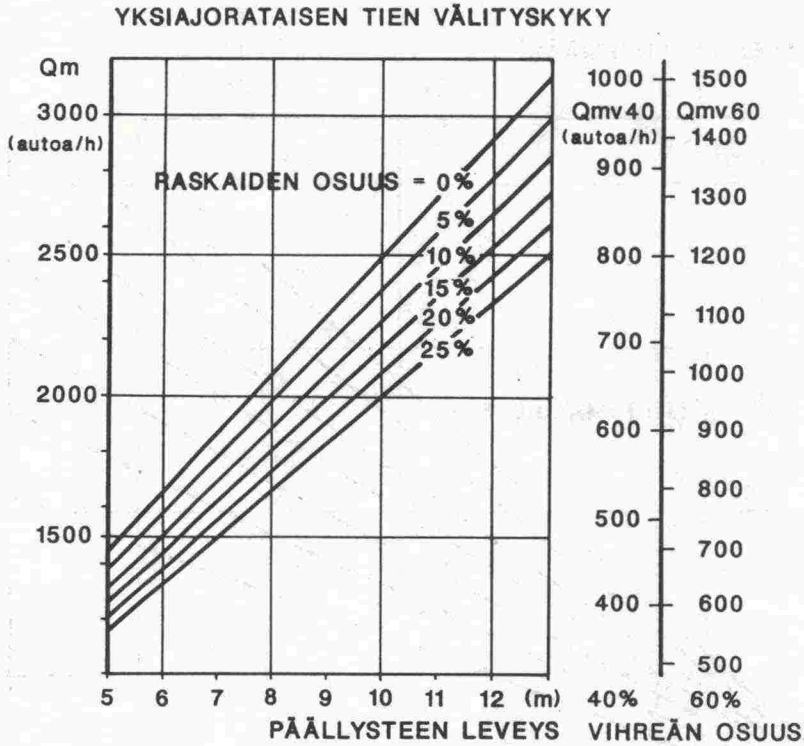
Kuva 4. Vapaan matkanopeuden määrittäminen



Kuva 5. Nopeuskuvaajan taitepisteen määrittäminen



Kuva 6. Välttöskyvyn määrittäminen



Kuva 7. Kustannusmallit kevyiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned}A_{ha}/2 &= 12.5 \\ A_{pa}/2 &= 45.8 \\ A_{kev}/2 &= 15.85\end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned}A_{ha}/2 &= 12.5 \\ A_{pa}/2 &= 45.8 \\ A_{kev}/2 &= 15.85\end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned}B_{ha} &= 40.8 \\ B_{pa} &= 51.1 \\ B_{kev} &= 41.9\end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned}v_0 &= 80 \text{ km/h} \\ p_{0ha} &= 8 \\ p_{0pa} &= 11 \\ p_{0kev} &= 8.3\end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutussmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned}p_{ha} &= 9.22 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{pa} &= 12.22 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kev} &= 9.52 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2\end{aligned}$$

(V=keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV=nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0/v \cdot A/2 + p/p_0 \cdot B$$

Kuva 8. Kustannusmallit raskaiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 85.25 \\ A_{kaip}/2 &= 95.65 \\ A_{kapp}/2 &= 94.45 \\ A_{katp}/2 &= 84.95 \\ A_{ka}/2 &= 91.05 \\ A_{rask}/2 &= 90.0 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 85.25 \\ A_{kaip}/2 &= 95.65 \\ A_{kapp}/2 &= 94.45 \\ A_{katp}/2 &= 84.95 \\ A_{ka}/2 &= 91.05 \\ A_{rask}/2 &= 90.0 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} B_{la} &= 145.7 \\ B_{kaip} &= 147.5 \\ B_{kapp} &= 157.7 \\ B_{katp} &= 181.5 \\ B_{ka} &= 162.6 \\ B_{rask} &= 159.6 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned} v_o &= 70 \text{ km/h} \\ p_{ola} &= 30 \\ p_{okaip} &= 26 \\ p_{okapp} &= 37 \\ p_{okatp} &= 43 \\ p_{oka} &= 34 \\ p_{orask} &= 33.3 \end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutusmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned} p_{la} &= 33.83 - 0.5251 \cdot V + 0.004512 \cdot V^2 + 1.796 \cdot dV + 0.01873 \cdot dV^2 - 0.03785 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.0001863 \cdot dV \cdot V^2 - 0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V - 0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kaip} &= 29.32 - 0.5251 \cdot V + 0.004512 \cdot V^2 + 1.796 \cdot dV + 0.01873 \cdot dV^2 - 0.03785 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.0001863 \cdot dV \cdot V^2 - 0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V - 0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kapp} &= 48.09 - 0.6553 \cdot V + 0.005882 \cdot V^2 + 1.255 \cdot dV + 0.02685 \cdot dV^2 - 0.007332 \cdot dV \cdot V \\ &\quad - 0.00003271 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{katp} &= 55.89 - 0.6553 \cdot V + 0.005882 \cdot V^2 + 1.255 \cdot dV + 0.02685 \cdot dV^2 - 0.007332 \cdot dV \cdot V \\ &\quad - 0.00003271 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{ka} &= 41.98 - 0.5902 \cdot V + 0.005197 \cdot V^2 + 1.526 \cdot dV + 0.02279 \cdot dV^2 - 0.02259 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00007681 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0003430 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000001398 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{rask} &= 40.51 - 0.5784 \cdot V + 0.005074 \cdot V^2 + 1.574 \cdot dV + 0.02206 \cdot dV^2 - 0.02534 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00009652 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0002967 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000001036 \cdot dV^2 \cdot V^2 \end{aligned}$$

(V=keskimääräinen matkanopeus vapaisissa oloissa, dV=nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_o/v \cdot A/2 + p/p_o \cdot B$$

ISBN 951-47-4390-3
TIEL 2123614-91