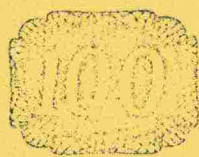


TVH



AJOKUSTANNUSLASKELMIEN UUSISTA PERUSTEISTA

Tvh/ tiesuunnitteluosasto/ tekn. tal. tsto

7.4.1972

08
TIE

AJOIK

XIA



SISÄLTÖ:

1. AJONEUVOKUSTANNUKSET
 - 1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot
 - 1.2 Ajoneuvokustannusfunktiot
2. AIKAKUSTANNUKSET
3. ONNETTOMUUSKUSTANNUKSET
4. LIIKENTEEN NOPEUDEN MÄÄRITTÄMINEN

1. AJONEUVOKUSTANNUKSET

1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot

Ajoneuvokustannukset jaetaan seuraaviin kustannusryhmiin:

- A polttoaine- ja voiteluainekustannukset
- B rengaskustannukset
- C korjaus- ja huoltokustannukset
- D kuoletuskustannus

Tie- ja vesirakennushallituksessa vuonna 1971 valmistuneessa selvityksessä¹⁾ on määritetty tieinvestointilaskelmissa käytettävien tyyppiajoneuvojen ominaisuudet sekä ajoneuvokustannuskomponenttien yksikköarvot vuosille 1968, 1970 ja 1980. Kustannukset on määritetty sekä ihanteellisille tieolosuhteille nopeuden ollessa 40 km/h (perusarvot) että keskimääräisille tieliikenneolosuhteille. Kukin kustannuskomponentti on määritetty sekä verollisena (yksityistaloudellisena) että poisluokien välilliset verot (yhteiskuntataloudellisena). Seuraavissa taulukoissa on esitetty tämän selvityksen mukaiset tyyppiajoneuvojen ominaisuudet sekä kustannusryhmien A, B, C ja D yksikköarvot kevyelle ja raskaalle tyyppiajoneuvolle. Lopuksi selvityksen mukaisia ajoneuvokustannusten perusarvoja on verrattu nykyisin käytössä olevien tieinvestointilaskentaohjeiden²⁾ antamiin arvoihin.

¹⁾ Tvh: Selvitys tieinvestointilaskelmissa käytettävistä tyyppiautoista sekä niiden ajoneuvokustannuksista ihanteellisissa tie- ja liikenneolosuhteissa, Helsinki 1971.

²⁾ Tvh: Ohjeet tieinvestointilaskelmien suorittamiseksi, Helsinki 1967.

Kevyen tyyppiajoneuvon ominaisuuksia:

Ominaisuus	1968	1970	1980
Vuotuinen ajosuorite (km)	17170	17300	18600
Käyttöikä (v)	8.5	8.2	7.3
Omapaino (kg)	905	905	900
Moottorin teho (hv,SAE)	54.5	56.4	67.8
Tehopaino (kg/hv)	16.6	16.0	13.2
Sylinteritilavuus (cm ³)	1350	1350	1420
Henkilökuorma (kpl)	1.9	1.9	1.9
Paino liikenteessä (kg)	1090	1100	1090

Raskaan tyyppiajoneuvon ominaisuuksia:

Ominaisuus	1968	1970	1980
Vuotuinen ajosuorite (km)	49600	52000	58300
Käyttöikä (v)	7.8	7.6	7.0
Kantavuus (kg)	7700	7800	9100
Sallittu kokonaispaino (kg)	14500	14600	16800
Omapaino (kg)	6900	6900	7600
Kuorman suuruus (kg)	4600	4600	5200
Kok.paino liikenteessä (kg)	11400	11500	12800
Moottorin teho (hv,SAE)	150	150	190
Akselilukumäärä (kpl)	2.6	2.7	2.9

Kevyen tyyppiäuton ajoneuvokustannukset ihanteellisissa tieolosuhteissa (v = 40 km/h) p/ajn·km

Kustannus	Verolliset kustannukset			Verottomat kustannukset		
	1968	1970	1980	1968	1970	1980
Polttoainekustannus	3.83	3.83	4.58	1.51	1.51	1.74
Voiteluainekustannus	0.31	0.31	0.34	0.28	0.28	0.31
Rengaskustannus	0.40	0.40	0.42	0.35	0.35	0.37
Korjaus- ja huoltokustannus	2.50	2.55	3.00	2.20	2.24	2.64
Kuolletuskustannus	6.13	6.84	10.34	3.80	4.13	5.73
Yhteensä	13.17	13.93	18.68	8.14	8.51	10.79

Raskaan tyyppiäuton ajoneuvokustannukset ihanteellisissa tieolosuhteissa (v = 40 km/h) p/ajn·km

Kustannus	Verollinen kustannus			Veroton kustannus		
	1968	1970	1980	1968	1970	1980
Polttoainekustannus	7.41	7.48	8.98	3.44	3.47	4.46
Voiteluainekustannus	0.85	0.87	1.09	0.76	0.77	0.97
Rengaskustannus	3.43	3.48	3.86	2.99	3.04	3.38
Korjaus- ja huoltokustannus	4.68	4.71	5.73	4.07	4.09	5.00
Kuolletuskustannus	12.82	13.09	14.31	11.03	11.28	12.40
Yhteensä	29.19	29.63	33.97	22.29	22.65	26.21

Tvh/ttt

17.3.1971/JIH

Ajoneuvokustannusten perusarvot ihanneolosuhteissa

Vertailu vanhojen (1) ja uusien (2) arvojen välillä.

	Kevyt auto				Raskas auto			
	v. 1970		v. 1980		v. 1970		v. 1980	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
Kustannuserä								
Polttoaine	1.68	1.51	1.68	1.74	3.74	5.47	3.74	4.46
Voiteluaine	0.24	0.28	0.24	0.31	0.63	0.77	0.63	0.97
Renkaat	0.31	0.35	0.31	0.37	2.00	3.04	2.00	3.58
Korjaus ja huolto	2.00	2.24	2.00	2.64	5.00	4.09	5.00	5.00
Kuoletus	3.45	4.13	3.45	5.73	9.98	11.28	9.98	12.40
Yhteensä	7.68	8.51	7.68	10.79	21.35	22.65	21.35	26.21

Kustannukset on laskettu verottomina.

- 1) Ohjeet tieinvestointilaskelmien suorittamiseksi. TVH/tiesuunnitteluosasto 1.2.1967
- 2) Selvitys tieinvestointilaskelmissa käytettävistä tyyppiautoista sekä niiden ajoneuvokustannuksista ihanteellisissa tie- ja liikenneolosuhteissa.

Tvh/tiesuunnitteluosasto/tekn.tal.tsto 17.2.1971

1.2 Ajoneuvokustannusfunktiot

Ajoneuvokustannusten kustannusryhmien A, B ja C oletetaan seuraavassa muuttuvan samassa suhteessa kuin polttoaineenkulutus. Kustannusryhmää D pidetään vakiona. Ajoneuvokustannusfunktio voidaan tällöin kirjoittaa muotoon:

$$Ank = \frac{D}{p_0} (A + B + C) + D$$

jossa,

$$\begin{aligned} Ank &= \text{ajoneuvokustannus (p/ajn} \cdot \text{km)} \\ A, B, C, D &= \text{yksikkökustannukset ihanneolosuhteissa}^1) \text{ (p/ajn} \cdot \text{km)} \\ p &= \text{polttoaineenkulutus (l/100 km)} \\ p_0 &= \text{polttoaineenkulutus ihanneolosuhteissa}^1) \text{ (l/100 km)} \end{aligned}$$

Sijoittamalla ajoneuvokustannusfunktioon kustannusryhmien yksikköarvot, polttoaineenkulutus ihanneolosuhteissa (p_0) sekä polttoaineenkulutus riippuen nopeudesta ja tien mäkisyydestä (p) voidaan kevyelle ja raskaalle ajoneuvolle kehittää seuraavat kustannusfunktiot:

kevyt ajoneuvo

$$Ank = (0.0047 \cdot V - 8.47)(0.05 \cdot V - 91.57 - 0.0684 \cdot v + 0.000848 \cdot v^2 + 0.05 \cdot m) + (0.16 \cdot V - 311.07)$$

raskas ajoneuvo

$$Ank = (0.0105 \cdot V - 20.08)(0.065 \cdot V - 114.38 + 0.1317 \cdot v + 0.30 \cdot m) + (0.112 \cdot V - 209.36)$$

joissa,

$$\begin{aligned} Ank &= \text{ajoneuvokustannus (p/ajn} \cdot \text{km)} \\ V &= \text{vuosiluku} \\ v &= \text{nopeus (km/h)} \\ m &= \text{mäkisyyys (m/km)} \end{aligned}$$

¹⁾ Ihanneolosuhteilla tarkoitetaan tässä ajoa vaakasuoralla, kaarteettomalla kestopäällystetiellä tasaisella nopeudella 40 km/h.

AJONEUVOKUSTANNUSFUNKTIOT (ml. verot)

Kevyt ajoneuvo: Vuosi

$$1970 \quad \text{Ank} = 1.277 \cdot p + 6.84$$

$$-75 \quad \text{Ank} = 1.330 \cdot p + 8.59$$

$$1980 \quad \text{Ank} = 1.379 \cdot p + 10.34$$

$$-85 \quad \text{Ank} = 1.423 \cdot p + 12.09$$

$$(2) \quad \text{Ank} = [1.277 + (V-1970)0.0101] p + [6.84 + (V-1970)0.350]$$

$$(3) \quad p = 6.93 + 0.05(V-1970) - 0.0684 \cdot v + 0.000848 \cdot v^2 + 0.05 \cdot m$$

$$(4) \quad \text{Ank} = [0.0101 \cdot V + 18.63] [0.05 \cdot V - 91.57 - 0.0684 \cdot v + \\ + 0.000848 \cdot v^2 + 0.05 \cdot m] + [0.35 \cdot V - 682.66]$$

Raskas ajoneuvo: Vuosi

$$1970 \quad \text{Ank} = 0.873 \cdot p + 13.09$$

$$-75 \quad \text{Ank} = 0.940 \cdot p + 13.70$$

$$1980 \quad \text{Ank} = 1.004 \cdot p + 14.31$$

$$-85 \quad \text{Ank} = 1.065 \cdot p + 14.92$$

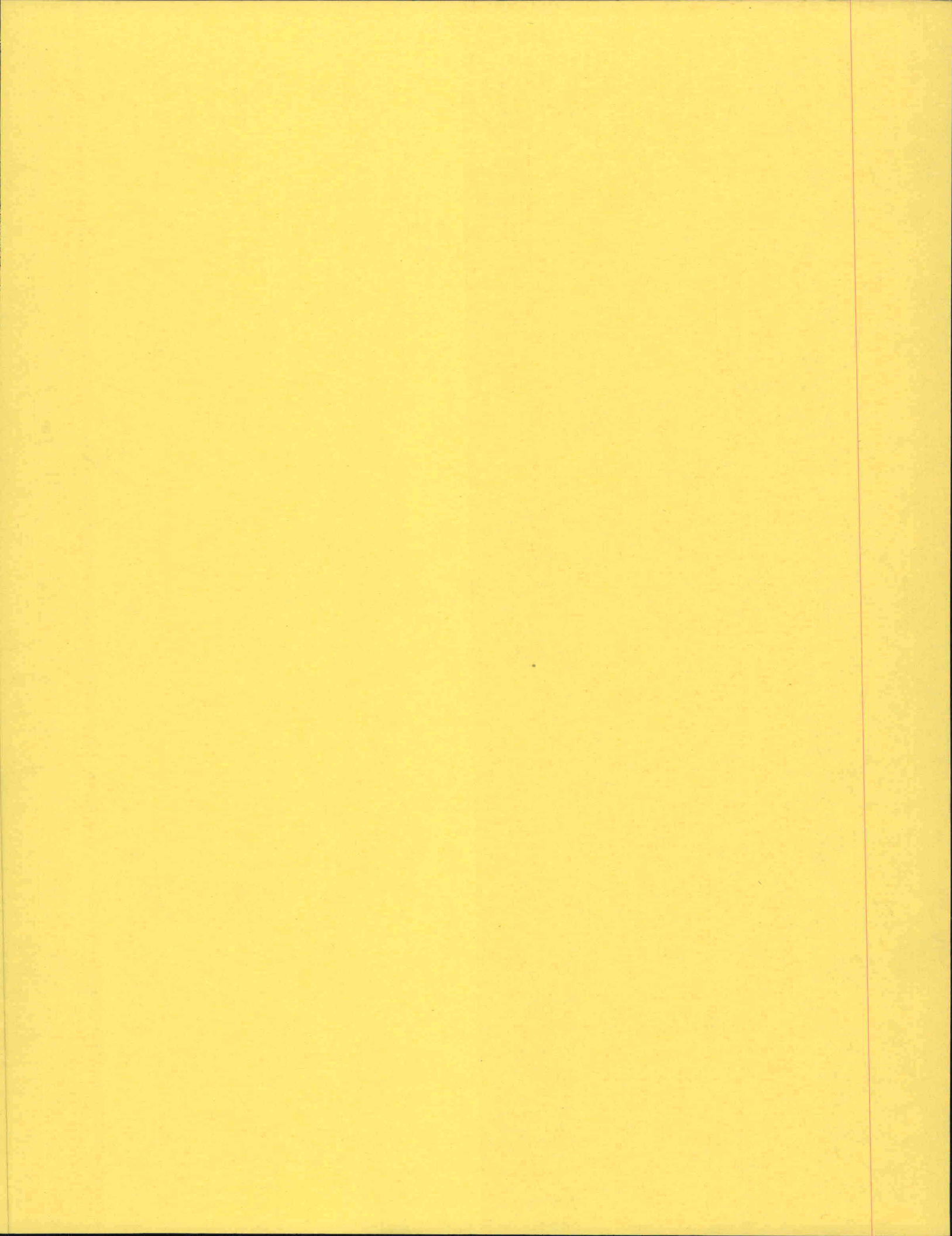
$$(5) \quad \text{Ank} = [0.873 + (V-1970)0.0130] p + [13.09 + (V-1970)0.122]$$

$$(6) \quad p = 13.67 + 0.065(V-1970) + 0.1317 \cdot v + 0.30 \cdot m$$

$$(7) \quad \text{Ank} = [0.0130 \cdot V - 24.794] [0.065 \cdot V - 114.38 + 0.1317 \cdot v + \\ + 0.30 \cdot m] + [0.122 \cdot V - 227.25]$$

Ajokustannuslaskelmien uusista perusteista

TVH/T/tt 7.4.1972



2. AIKAKUSTANNUKSET

Ajan arvolle on tie- ja vesirakennushallituksessa vuonna 1971 tehdyssä selvityksessä määritetty varjohinta erikseen kevyelle ja raskaalle ajoneuville. Kevyen ajoneuvon osalta ajan arvon määrittäminen perustuu kolmeen eri menetelmään: taloustieteellinen menetelmä; vuonna 1966 Suur-Helsingin alueella suoritettu liikennesosiologinen tutkimus; sopimukseen perustuva menetelmä. Ajan arvon määrittämiseksi laskenta-ajan kohtana on selvityksessä päädytty seuraavaan: ajan arvo (mk/h·henkilö) = 55 %:a miespuolisen teollisuustyöntekijän keskimääräisestä tuntipalkasta. Kevyen tyyppi-auton ajan arvo saadaan kertomalla henkilön ajan arvo auton keskimääräisellä henkilöluvulla. Raskaan tyyppi-auton ajan arvo on määritetty käyttäen taloustieteellistä menetelmää.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty ajan arvot kevyelle ja raskaalle tyyppi-ajoneuville vuosina 1968-2000. Ajan arvon kasvuprosentiksi on em. selvityksessä suositettu 2 % vuosittain. Vertailun vuoksi on taulukoissa esitetty uudet ajan arvot myös 4 %:n kasvun mukaan laskettuina sekä nykyisten tieinvestointilaskentaohjeiden ajan arvot.

Kevyen tyyppiauton ajan arvo (mk/h) vv. 1968-2000

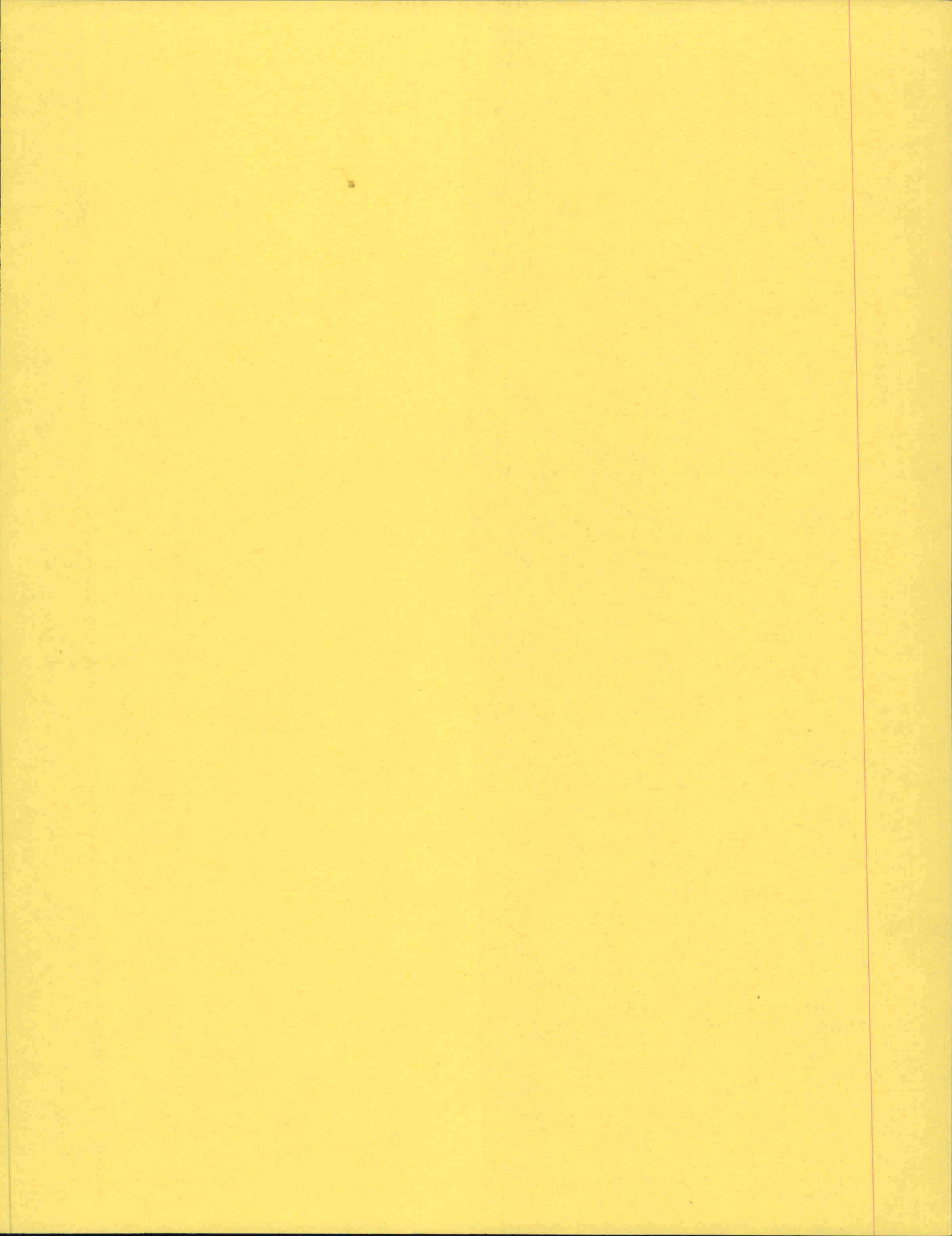
Vuosi	Uudet arvot ¹⁾		Nyk.arvot ²⁾
	2 %:n kasvu	4 %:n kasvu	4 %:n kasvu
1968	4.90	4.90	3.27
1970	5.10	5.30	3.54
-75	5.63	6.45	4.31
1980	6.22	7.85	5.24
-85	6.86	9.54	6.38
1990	7.58	11.61	7.79
-95	8.37	14.13	9.44
2000	9.24	17.19	11.52

Raskaan tyyppiauton ajan arvo (mk/h) vv. 1968-2000

Vuosi	Uudet arvot ¹⁾		Nyk.arvot ²⁾
	2 %:n kasvu	4 %:n kasvu	4 %:n kasvu
1968	11.44	11.44	9.67
1970	11.90	12.37	10.46
-75	13.14	15.05	12.73
1980	14.51	18.31	15.49
-85	16.02	22.28	18.85
1990	17.68	27.10	22.91
-95	19.52	32.98	27.87
2000	21.56	40.12	33.90

¹⁾ Tvh: Ajan arvo liikenteessä, Helsinki 1971

²⁾ Tvh: Ohjeet tieinvestointilaskelmien suorittamiseksi, Helsinki 1967.



3. ONNETTOMUUSKUSTANNUKSET

Nykyisissä tie- ja vesirakennushallituksen tieinvestointilaskentaohjeissa on kuoleman ja loukkaantumisen aiheuttamaa menetystä laskettaessa käytetty ns. nettoperiaatetta, ts. vähennetty tuleva kulutus tulevasta tuotantopanoksesta. Lisäksi tuotantopanoksen vuotuiseksi kasvuksi on oletettu 0 %. Tämä menettelytapa on johtanut siihen, että nykyisten ohjeiden arvot ovat verrattain pieniä verrattuna muiden selvitysten antamiin arvoihin.

Tie- ja vesirakennushallituksessa vuonna 1971 valmistuneessa onnettomuuskustannusselvityksessä¹⁾ on käytetty bruttoperiaatetta sekä oletettu lisäksi, että tuotantopanoksen vuotuisen kasvu on 4 %. Tuotantopanosta/vuosi arvioitaessa on otettu lähtökohdaksi työstä saatu palkka, jota on pidetty työn rajoittavuuden mittana. Diskonttokorkona on selvityksessä käytetty nykyistä tieinvestoinnin kannattavuusvaatimusta eli 7.5 %. Laskelmien perusvuotena on selvityksessä käytetty vuotta 1968. Seuraavissa taulukoissa on esitetty onnettomuuskustannukset sekä em. selvityksen että nykyisten tieinvestointilaskentaohjeiden mukaisina.

Onnettomuuskustannus (mk/yksikkö) vahinkotyypeittäin

Vahinkotyyppi	Uudet arvot (1968)	Nyk.inv.lask.ohj. (1965)
kuollut	145770	21900
loukkaantunut	4560	700
ajon.vaurio	1410	2340

¹⁾ Tvh: Tieliikenneonnettomuuskustannukset Suomessa v.1968, Helsinki 1971

Keskimääräinen onnettomuuskustannus (mk/onn.) vv.1968-2000

Tien laji \ Vuosi	Uudet arvot ¹⁾				Nyk.inv.lask. ohjeet ²⁾
	Yleinen tie	Katu	Muu tien laji	Yhteensä	
1968	13200	5000	6700	9100	4324
1970	14200	5400	7200	9800	4632
-75	17300	6600	8800	12000	5502
1980	21100	8000	10700	14600	6335
-85	25600	9700	13000	17700	7763
1990	31200	11900	15800	21600	9220
-95	38000	14400	19200	26300	10951
2000	46200	17600	23300	31900	13000

1) Perusvuosi 1968, kasvu 4 %/v

2) Perusvuosi 1965, kasvu n. 3 %/v

Onnettomuuskustannukset v.1968

Tien laji \ Kustannuskomponentti	Yleinen tie	Katu	Muu tien laji	Yhteensä
	1000 mk	1000 mk	1000 mk	1000 mk
1. Tuotantopanoksen menetys				
- kuolemantapaus	112511	20096	4101	136708
-invaliditeetti	30020	16821	810	47651
- lievä loukkaantuminen	7096	3976	191	11263
2. Sairaanhoidokustannukset	3356	1856	92	5304
3. Hallinnolliset kust.	2515	2208	142	4865
4. Omaisuusvahingot	33655	23412	871	57938
Yhteensä	189153	68369	6207	263729
Onnettomuuksien lukumäärä	14370	13659	933	28962
Keskimääräinen onn.kust.	13163mk	5005mk	6653mk	9106mk

Onnettomuuskustannukset yhteensä jollakin tieosalla voidaan myös määrittää seuraavasti:

$$\text{Onk} = aK + bL + cA$$

jossa,

Onk = onnettomuuskustannukset kaikkiaan

K = kuolleiden lukumäärä

L = loukkaantuneiden lukumäärä

A = vaurioituneiden ajoneuvojen lukumäärä

a = keskim. kustannus kuollutta kohti

b = keskim. kustannus loukkaantunutta kohti

c = keskim. kustannus vaurioitunutta ajoneuvoa kohti

Kun a, b ja c tunnetaan eri laskenta-ajankohdille, voidaan tapahtuneet K, L ja A sijoittaa em. yhtälöön, jolloin saadaan onnettomuuskustannukset kaikkiaan.

Onnettomuuskustannusfunktiot (yleisellä tiellä):

1968 $\text{Onk} = 145770K + 4560L + 1410A$

1970 $\text{Onk} = 155700K + 5000L + 1500A$

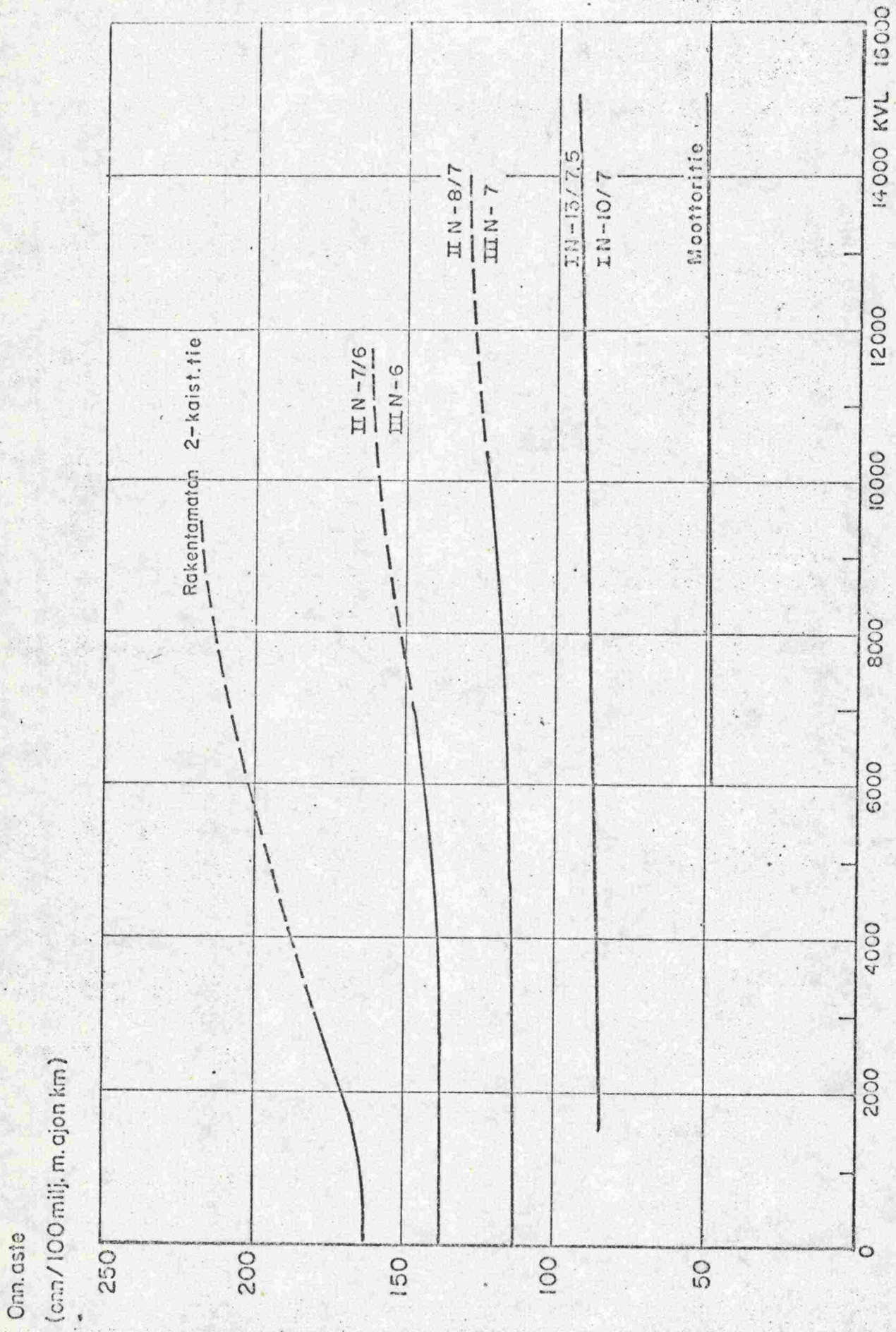
1975 $\text{Onk} = 191900K + 6100L + 1800A$

1980 $\text{Onk} = 230500K + 7400L + 2200A$

1985 $\text{Onk} = 284000K + 9000L + 2700A$

1990 $\text{Onk} = 345500K + 11000L + 3300A$

1995 $\text{Onk} = 420400K + 13300L + 4000A$



Kuva 1. Onnettomuuste eri tyyppisillä teillä liikennemäärän funktiona

4. LIIKENTEEN NOPEUDEN MÄÄRITTÄMINEN

Ajokustannusten määrittämisessä on liikenteen nopeuden ennustamisella keskeinen merkitys. Tie- ja vesirakennushallituksen tieinvestointilaskentaohjeissa¹⁾ on esitetty menetelmä liikenteen nopeuden määrittämiseksi tie- ja liikenneteknisten tekijöiden avulla. Menetelmän kehittämisen jälkeen ovat keskinopeudet tieverkolla kasvaneet ja myös tietämys nopeuden riippuvuudesta eri tekijöistä on lisääntynyt suoritetun tutkimusten vuoksi. Seuraavassa esitetään tie- ja vesirakennushallituksessa tehty ehdotus uudeksi liikenteen nopeuden määrittämismenetelmäksi, jossa on otettu huomioon nopeuksien yleinen kasvu ja uudet tutkimustulokset. Menetelmä voidaan sellaisenaan sisällyttää tieinvestointilaskelmia varten kehitettyyn tietokoneohjelmaan (Ohjelma IS 10).

Nopeusmalleja muodostettaessa on lähdetty nopeudesta ihanteellisissa tie- ja liikenneolosuhteissa (suora, tasainen kestopäällystetie, ei muun liikenteen vaikutusta). Tästä nopeudesta vähennetään kunkin selittävän muuttujan tietyllä arvolla aiheuttama nopeuden muutos. Muuttujien kertoimet yhtälöissä perustuvat pääasiassa seuraaviin tutkimuksiin ja selvityksiin:

- Tvh/tekn.tal.tsto: Ajoanalysointorimittaukset (vv.1967-70)
- Tvh/tekn.tal.tsto: Tarkkaileva nopeustutkimus (vv.1967-71)
- Wahlgren:O.: Ajoneuvojen nopeuksien riippuvuus eri tekijöistä - erityisesti tien geometriasta - Suomen 2-kaistaisilla maanteilla, Helsinki 1967
- Hevonoja, E: Välityskykytutkimus 2-kaistaisilla maanteilla, dipl.työ TTKK 1971
- Smeds, G.: Henkilöauton polttoaineenkulutus- ja ajoaikatutkimuksia ajoanalysointorilla, dipl.työ TTK 1968
- Mattila, M.: Kokonaispainon vaikutuksesta kuorma-auton polttoaineenkulutukseen ja nopeuteen, dipl.työ TTKK 1972.

¹⁾ Tvh: Ohjeet tieinvestointilaskelmien suorittamiseksi, Helsinki 1967

Kevyt ajoneuvo

moottoritie:

$$v_{kva} = 100.0 - 0.007 \cdot q - 0.20 \cdot m \left(1 - \frac{q}{9000}\right) - 0.10 \cdot k \left(1 - \frac{q}{6000}\right)$$

2-kaistainen tie:

$$v_{kva} = 100.0 - 6.50(1.80 - l_p) - 4.15(7.50 - l_a) - 8.0 \cdot p \left(1 - \frac{q}{4000}\right) + \\ - 0.010 \cdot q - 0.20 \cdot m \left(1 - \frac{q}{6000}\right) - 0.10 \cdot k \left(1 - \frac{q}{4000}\right)$$

joissa,

- v_{kva} = kevyen ajoneuvon nopeus (km/h)
 l_p = pientareen leveys (m); $l_p \leq 1.80$
 l_a = ajoradan leveys (m); $l_a \leq 7.50$
 p = päällyste; 0 = kp tai ös, 1 = sr
 q = tuntiliikenne (hay/h); moottoritiellä yhteen suuntaan
 m = mäkisyys (m/km)
 k = kaarteisuus (grad/km)

Raskas ajoneuvo

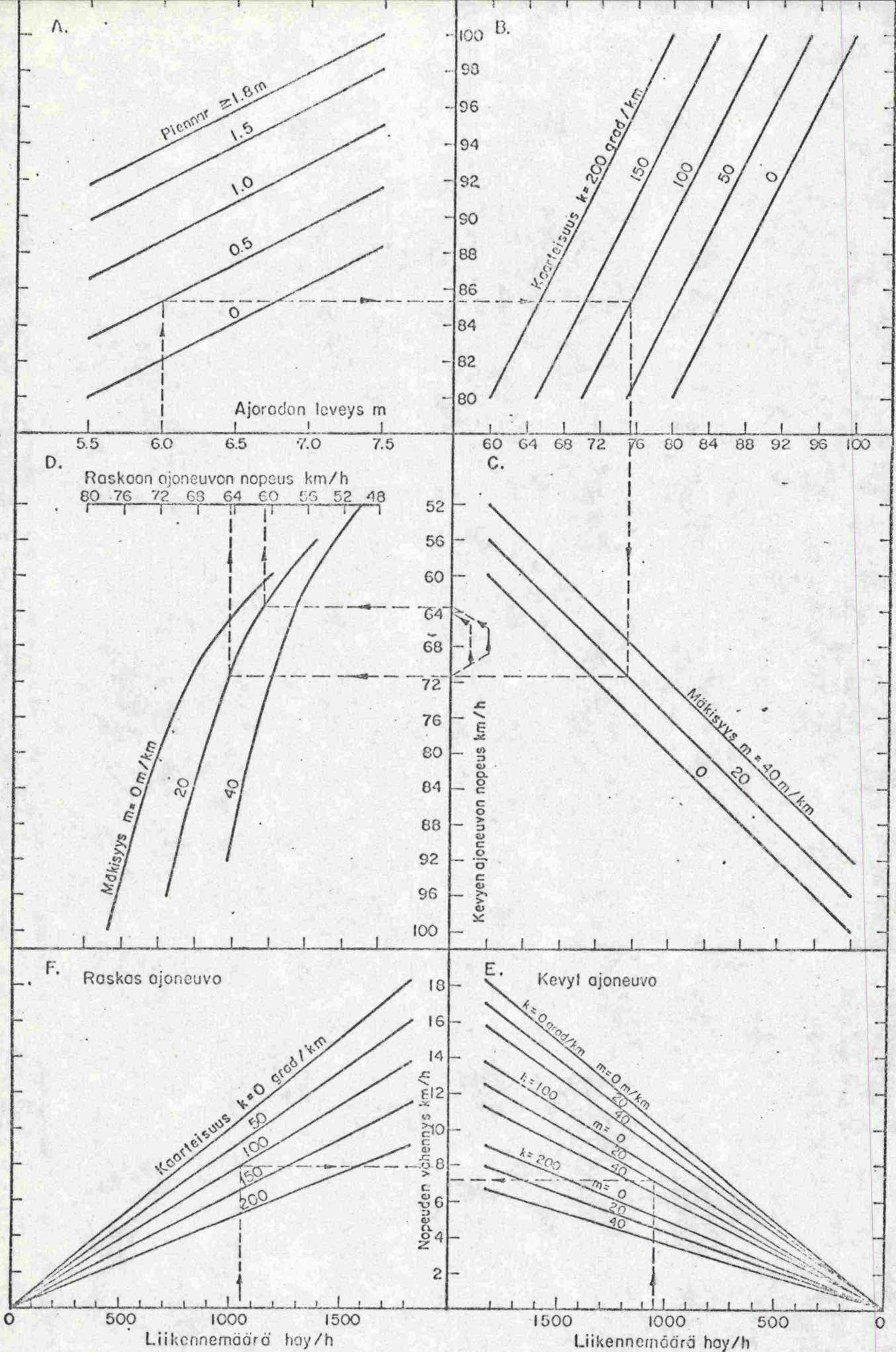
$$v_1 = v_{kva} \quad (m = 0)$$

$$v_2 = f(v_1)$$

$$f: \begin{cases} 0 < v_1 \leq 65 & v_2 = v_1 \\ 65 < v_1 & v_2 = 2.94 + 1.3452 \cdot v_1 - 0.006021 \cdot v_1^2 \end{cases}$$

$$v_{rsa} = \left(1 - \frac{m}{240}\right) \cdot v_2$$

v_{rsa} = raskaan ajoneuvon nopeus (km/h)



Nomogrammi tyyppiajoneuvojen nopeuden määrittämiseksi 2-kaistaisilla kestopäällyste- ja öljysorateilla

ESIMERKKI NOMOGRAMMIN KÄYDÖSTÄ

Määritetään kevyen ja raskaan ajoneuvon nopeus seuraavissa tieliikenneolosuhteissa käyttäen nomogrammia:

- Ajouradan leveys	6.0 m
- Pientareen leveys	0.5 m
- Päällyste	kp (tai ös)
- Kaarteisuus	100 grad/km
- Mäkisyys	20 m/km
- Liikennemäärä	0 ja 1050 hay/h

Nopeus, kun liikennemäärä $q = 0$ hay/h

Kevyt ajoneuvo:

- kuvasta C saadaan $v = 71.3$ km/h

Raskas ajoneuvo:

- kuvasta D saadaan $v = 64.3$ km/h

Nopeus, kun liikennemäärä $q = 1050$ hay/h

Kevyt ajoneuvo:

- kuvasta E saadaan liikennemäärän aiheuttamaksi nopeuden vähennykseksi $\Delta v = 7.2$ km/h; vähennetään kuvan C antamasta arvosta: $71.3 - 7.2 = \underline{64.1}$ km/h

Raskas ajoneuvo:

- kuvasta F saadaan liikennemäärän aiheuttamaksi nopeuden vähennykseksi $\Delta v = 7.9$ km/h; vähennetään kuvan C antamasta arvosta: $71.3 - 7.9 = 63.4$ km/h; kuvasta D saadaan tämän jälkeen $v = 60.8$ km/h

Päällysteen vaikutus nopeuteen

Jos kyseessä on soratie, on nomogrammista saatuja nopeuksia vähennettävä arvolla, joka saadaan funktiosta:

$$\Delta v = 8.0 \left(1 - \frac{q}{4000} \right)$$