

# **Nastarenkaiden kuluttavuus**

**Ajoneuvotekijöiden vaikutus**

**Yliajokoe 2004**



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Timo Unhola		Julkaisun laji Raportti	
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		Toimeksiantaja Liikenne- ja viestintäministeriö *	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Nastarenkaiden kuluttavuus. Ajoneuvotekijöiden vaikutus. Yliajokoe 2004.			
Tiivistelmä <p>Tutkimuksessa selvitettiin joitakin oleellisia tekijöitä, joiden muutoksella oletettiin tai arvioitiin olevan vaikutusta tien kulumiseen. Tutkittavat tekijät olivat nastarenkaiden profiilisuhde, rengaspaine, auton paino ja ajonopeus. Tutkimusmenetelmänä käytettiin VTT:n 1980-luvulta lähtien kehittämää yliajokoetta, joka soveltuu hyvin yllä mainittujen tekijöiden tiekulutusvaikutuksen tutkimiseen.</p> <p>Tulosten perusteella näyttää siltä, että teiden kuluminen lähtee lähivuosina uudelleen kasvuun. Tutkituista tekijöistä vain profiilisuhteen aleneminen vähentää päällysteen kulutusta, noin kymmenen prosenttia profiilin 0.10 kohti. Muiden tutkittujen tekijöiden muutokset lisäävät tiekulutusta: rengaspaineen kasvu 10 kPa lisää kulutusta noin 4 prosenttia, henkilöauton painon muutos samassa suhteessa kuin sen paino ja ajonopeuden muutos 95 km/h tuntumassa prosentin 1 km/h kohti.</p> <p>Teiden kulumista tarkasteltiin tutkimuksen yhteydessä aikajaksolla 1990–2003, jona aikana:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Renkaiden profiilisuhde aleni 16 % ja sen takia tien kuluma aleni 13 %.</li><li>▪ Renkaiden painesuositus kasvoi 12 % ja siitä aiheutuva tiekuluman kasvu oli 10 %.</li><li>▪ Henkilöautojen omamassa kasvoi 18 % ja siitä aiheutuva tiekuluman lisäys oli 25 %.</li><li>▪ Henkilöautojen ajonopeus nousi 2 %, mikä lisäsi tien kulutusta 3 %.</li></ul> <p>Ominaiskuluttavuuden (grammaa/ajoneuvokilometri) kasvu tarkastelun aikavälillä oli nyt tutkittujen ominaisuuksien ja nastamäärän muutosten (+17 %) vaikutuksesta yhteensä 38 prosenttia. Jos tähän lisätään liikenteen (nastallisen suoritteiden) kasvu, on tien kulutus kasvanut em. ajoneuvotekijöistä johtuen valta- ja kantatiestöllä 13 vuodessa 44 prosenttia. Kun samana aikana nastan paino on alentunut noin kahdesta grammasta 1,1 grammaan, tarkoittaa se aiempien tutkimusten perusteella arvioituna kuluminen alenemista samalla määrällä, 45 prosentilla.</p> <p>Nastojen keventyminen 1990-luvun alun nastamääräysten johdosta on nyt päättynyt. Lähitulevaisuudessa on odotettavissa muiden edellä mainittujen tekijöiden jatkavan muutostaan ja se merkitsee tien kulutuksen kasvua vuosittain noin 3 prosentilla.</p>			
Avainsanat (asiasanat) ajoneuvot, nastat, renkaat, nastarenkaat, liukuesteet, tyyppihyväksyntä, tien kuluminen, pöly			
Muut tiedot * yhdessä Ajoneuvohallintokeskuksen (AKE) kanssa Yhteyshenkilöt: LVM/Kari Saari, AKE/Ove Knekt			
Sarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 72/2004		ISSN 1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkojulkaisu)	ISBN 952-201-228-9 (painotuote) 952-201-229-7 (verkkojulkaisu)
Kokonaissivumäärä 38	Kieli suomi	Hinta 8 €	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Edita Publishing Oy		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publikation	
Timo Unhola		Rapport	
VTT Bygg och transport		Uppdragsgivare	
		Kommunikationsministeriet *	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation (även den finska titeln)			
Nastarenkaiden kuluttavuus. Ajoneuvotekijöiden vaikutus. Yliajokoe 2004. Vägslitage av dubbdäck. Effekt av några fordonsfaktorer. Överkörningstest 2004.			
Referat			
<p>VTT Bygg och transport fick i uppdrag av kommunikationsministeriet och Fordonsförvaltningscentralen att undersöka några väsentliga faktorer som säkert eller antagligen inverkar på vägslitaget. Faktorer som valdes för undersökning var dubbdäckets profilrelation, dess lufttryck, bilens vikt och körhastigheten.</p> <p>Undersökningsmetoden var den så kallade överkörningsmetoden, som VTT har utvecklat redan i 20 år. Den lämpar sig bra för att undersöka hur olika faktorer inverkar på vägslitaget.</p> <p>Resultatet tyder på att vägslitaget igen kommer att öka de närmaste åren. Av de faktorer som nu har undersökts kommer bara sänkningen av däckprofilen att minska vägslitaget med ungefär tio procent per relationens tiondel (0.10). En ändring av de andra faktorerna ökar vägslitaget: en ökning lufttrycket av med 10 kPa medför en ökning på 4 procent, bilens vikt ökar slitaget med samma relation som vikten och i körhastigheter nära 95 km/h ökar vägslitaget med en procent för varje hastighetsökning på 1 km/h.</p> <p>Vägslitaget undersöktes för åren 1990–2003, där:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Däckens däckprofil sänktes 16 % och medförde en minskning med av slitaget 13 %.</li><li>▪ Lufttrycket som rekommenderas steg 12 % som betydde en ökning av slitaget med 10 %.</li><li>▪ Bilarnas vikt steg 18 % och därmed slitaget 25 %.</li><li>▪ Körhastigheten blev 2 % högre och slitaget därmed 3 % högre.</li></ul> <p>Det specifika slitaget SPS (gram / fordonskilometer) försakat av de fyra ovannämnda faktorerna tillsammans med en ökning av antalet dubbar (+17 %) var sammanlagt 38 procent. Om man dessutom beaktar att trafiken ökat (trafikarbete med dubbar, +18 %), har huvudvägarna i Finland, på grund av de ovannämnda parametrarna, slitits 44 procent mera år 2003 än år 1990.</p> <p>När dubbarnas vikt samtidigt har sjunkit avsevärt, från 2 gram till 1,1 gram betyder det enligt våra tidigare undersökningar en sänkning av slitaget med nästan det samma, d.v.s. 45 procent. Dubbarna blir inte längre lättare som en följd av bestämmelserna från början av 1990-talet. I närmaste framtiden är därför en ökning av vägslitaget med ungefär 3 procent att vänta om de andra ovannämnda faktorerna fortsätter att förändras som väntat.</p>			
Nyckelord			
Fordon, dubbar, däck, dubbdäck, typgodkännande, vägslitage, damm			
Övriga uppgifter			
* tillsammans med Fordonsförvaltningscentralen (AKE) Kontaktpersoner: KM/Kari Saari, AKE/Ove Knekt			
Seriens namn och nummer		ISSN	ISBN
Kommunikationsministeriets publikationer 72/2004		1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (nätpublikation)	952-201-228-9 (trycksak) 952-201-229-7 (nätpublikation)
Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
38	finska	8 €	offentlig
Distribution		Förlag	
Edita Publishing Ab		Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Timo Unhola		Type of publication Report	
VTT (Technical Research Centre of Finland)		Assigned by Ministry of Transport and Communications *	
Building and Transport		Date when body appointed	
Name of the publication Nastarenkaiden kuluttavuus. Ajoneuvotekijöiden vaikutus. Yliajokoe 2004. Road wear of studded tyres as influenced by some vehicular factors. Over-run-test 2004.			
Abstract VTT Building and Transport carried out, on assignment of the Ministry of Transport and Communications Finland and Vehicle Administration, a research into some vehicular factors judged to affect road wear by studded tyres. Factors included the aspect ratio of studded tyres, tyre pressure, passenger car mass and driving speed. The method used was the so-called over-run-test, developed by VTT for 20 years, which suits well for the purpose.  The results indicated that road wear is expected to start rising again in the forthcoming years. The change of only one of the factors, the aspect ratio, is going to reduce the road wear, about 10 % per one tenth of the ratio. The change of the others tends to increase the wear as follows: tyre pressure rise by 10 kPa means 4 % more wear, the mass increase of passenger cars will increase the wear in proportion to the mass and driving speed 1 % for each 1 km/h, around speed 95 km/h.  The road wear was also examined in a time-scale of years 1990-2003, at which time: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ The aspect ratio of studded tyres decreased 16 %, meaning a reduction of road wear by 13 %.</li><li>▪ Tyre pressures (recommended) increased 12 % and caused 10 % more wear.</li><li>▪ The mass of passenger cars rose 18 %, increasing road wear by 25 %.</li><li>▪ Driving speed increase was 2 %, producing more wear by 3 %.</li></ul> SPS (specific wear, gram per vehicle kilometre) increase in this time-scale was 38 %, influenced by the factors now studied together with the increase of the number of studs per rolling circumference metre of studded tyres (+17 %). Adding to that the increase of vehicle kilometreage with studded tyres (+18 %), means that the main roads in Finland have been exposed to 44 % more wear during those 13 years, caused by the vehicular factors mentioned above.  At the same time the stud mass have decreased from 2 grams to 1,1 gram. This means, according to our previous studies, less wear by 45 %, i.e. about the same amount as the other factors together increased. The decreasing of stud mass, restricted by the regulations in the beginning of 1990's, has now ended. The near future will bring an annual increase of 3 % in road wear, influenced by the factors examined in this study, if the factors continue their change, as expected.			
Keywords vehicle, studs, tyres, studded tyres, type approval, road wear, dust			
Miscellaneous * together with Finnish Vehicle Administration AKE Contact persons: Mr Kari Saari/MTC, Mr Ove Knekt/AKE			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 72/2004		ISSN 1457-7488 (printed version) 1795-4045 (electronic version)	ISBN 952-201-228-9 (printed version) 952-201-229-7 (electronic version)
Pages, total 38	Language Finnish	Price € 8	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

## ESIPUHE

Nastarenkailla on Suomen talviliikenteessä ratkaiseva liikenneturvallisuutta edistävä vaikutus.

Nastarenkaiden käytön positiivista vaikutusta liikenneturvallisuuteen ja toisaalta nastarenkaiden käytöstä aiheutuvia ympäristöhaittoja ja tiekulumista on Pohjoismaissa tutkittu laajasti mm. yhteis-pohjoismaisen ns. Nokia Eden- yhteistyöryhmän jäsenmaiden kesken.

Suomen aloitteesta Ruotsin ja Norjan kanssa vuonna 1995 perustetun yhteispohjoismaisen ns. No-kia Eden- yhteistyöryhmän puitteissa on saatu kehitettyä maiden kesken yhteiset nastojen ja nasta-renkaiden harmonisoidut tekniset vaatimukset.

Koska nastarenkaiden käyttö ja nastamarkkinat Euroopassa keskittyvät pääasiassa Suomeen, Ruot-siin ja Norjaan, on jatkossakin perusteltua jatkaa nasta- ja nastarenkaiden teknisten vaatimusten kehittämistä näiden maiden yhteistyönä ja pyrkiä ylläpitämään teknisten vaatimusten kehittymistä yhdenmukaisena näiden maiden kesken.

Suomessa 1990-luvun alkupuolella Tielaitoksen toimesta suoritettiin kattava Tie- ja talviliikenne-tutkimus. Sen tulokset osoittivat nastarenkaiden käytöstä saatavien hyötyjen olevan yhteiskunnalle suuremmat kuin nastarenkaiden käytöstä muodostuvat haitat.

Nastarenkaiden tiekulutusvaikutuksen ja ympäristöhaittojen vähentämiseksi Suomessa on syste-maattisesti jo 1980-luvun loppupuolelta kehitetty nasta- ja nastarengasmääräyksiä tien kulumisen vähentämiseksi. Vielä 1980-luvulla nastojen hyväksyminen perustui pelkästään nastan ulkoneman ja pistovoiman mittaamiseen. Nastan painon ja ajonopeuden selvä vaikutus nastarenkaan tiekulu-tukseen tiedostettiin 1980-luvun lopulla, mistä lähtien ryhdyttiin ajoneuvoteknisin säädöksiin rajoit-tamaan myös nastan enimmäismassaa.

Henkilöautojen nastarenkaiden nastan massaa ja pistovoimaa on tiekulutusvaikutusten vähentämi-seksi tiukennettu vuodesta 1990 lähtien. Vuonna 1990 keväästä lähtien käyttöön otettavien henkilö-autorenkaiden nastojen enimmäismassaksi rajoitettiin 1,8 g ja pistovoimaksi 120 N. Arvoja edelleen tiukennettiin käyttöön otettavien renkaiden osalta vuoden 1993 huhtikuusta lähtien siten, että henki-löauton renkaan nastan enimmäismassaksi sallittiin 1,1 g enimmäispistovoimalla 120 N ja vaihtoeh-toisesti 1,4 g enimmäispistovoimalla 100 N. Edelleen vaatimusta tiukennettiin vuoden 1998 loka-kuusta lähtien siten, että käyttöön otettavien henkilöautojen nastarenkaiden enimmäismassa saa olla enintään 1,1 g ja enimmäispistovoima 120 N. Viimeisin lievä tiukennus tulee voimaan vuoden 2005 alusta, josta lähtien henkilöautorenkaan nastan hyväksyntämittauksissa pistovoima mitataan 200 kPa:n rengaspaineella.

Teknisin vaatimuksin kevyen kaluston nastan massa on 1980 –luvulla käytetystä kahdesta gram-masta rajoitettu nykyiseen 1,1 grammaan. VTT:n tutkimusten mukaan tällä ollut noin 45 %:n vä-hennysvaikutus nastojen aiheuttamaan tiekulutukseen.

Vuoden 1998 lokakuussa toteutetun nastavaatimusten tähän asti viimeisen tiukennuksen jälkeen henkilöautokannan nastarenkaiden voidaan nyt katsoa uusiutuneen viimeisten vaatimusten mukai-siksi ns. kevytnastoiksi. Täten nastavaatimusten tähän mennessä jo suoritettujen tiukennusten kautta ei enää ole saatavissa tiekulutuksen vähennysvaikutusta jatkossa.

Tällä tutkimuksella on pyritty selvittämään miten tietyt ajoneuvotekijät (auton massa, ajonopeus kevytnastoja käytettäessä, nastarenkaiden poikkileikkaussuhde ja rengaspaine) vaikuttavat nasta-renkaiden aiheuttamaan tiekulutukseen ja miten nastarenkaiden aiheuttama tiekulutus tulee jatkossa

kehittymään kun tähän mennessä nastarengaskanta on korvautunut viimeisten vaatimusten mukaisilla ns. kevytnastoilla.

Tutkimuksen tarkoituksena on antaa tausta- ja tilannetietoa, jota hyödyntäen voidaan arvioida sekä tarvetta että teknillisiä mahdollisuuksia nasta- ja ajoneuvovaatimusten edelleen kehittämiseen nastojen käytön tiekulutusvaikutuksen vähentämiseksi.

Helsingissä 30 marraskuussa 2004

Liikenneneuvos Kari Saari  
Ajoneuvoyksikön päällikkö

# SISÄLLYS

## ESIPUHE

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>YHTEYSHENKILÖT.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>TAVOITTEET .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Lähestymistapa.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Renkaan profiilisuhteen vaikutus tiekulumiseen .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>Rengaspaineen vaikutus tiekulumiseen.....</b>	<b>9</b>
<b>4.4</b>	<b>Henkilöauton painon vaikutus tiekulumiseen .....</b>	<b>9</b>
<b>4.5</b>	<b>Ajonopeuden vaikutus tiekulumiseen.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>KOERENKAAT .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>MENETELMÄT.....</b>	<b>13</b>
<b>6.1</b>	<b>Kokeessa käytettävä menetelmä: Yliajokoe .....</b>	<b>13</b>
6.1.1	Periaate .....	13
6.1.2	Laitteisto.....	13
6.1.3	Toteutus .....	14
6.1.4	Koealueet.....	14
6.1.5	Koeajo-olosuhteet.....	14
6.1.6	Testikaavio .....	15
6.1.7	Nastajälkikoe .....	15
<b>7</b>	<b>TULOKSET .....</b>	<b>16</b>
<b>7.1</b>	<b>Kulumatulokset .....</b>	<b>16</b>
<b>7.2</b>	<b>Tulosten tarkastelu.....</b>	<b>17</b>
7.2.1	Profiilisuhteen vaikutus tiekulumaan .....	17
7.2.2	Rengaspaineen vaikutus tiekulumaan .....	18
7.2.3	Henkilöauton omamassan vaikutus tiekulumaan .....	19
7.2.4	Ajonopeuden vaikutus tiekulumaan .....	20
<b>7.3</b>	<b>Nastajälkikokeen tarkastelu.....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>TIEN KULUMISEN KEHITYS LÄHITULEVAISUUDESSA.....</b>	<b>24</b>
<b>10</b>	<b>JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....</b>	<b>25</b>

## 1 JOHDANTO

Teiden kulumisen vähentämiseksi käyttöönotettu nastarenkaiden tyyppi hyväksyntä Suomessa on 1970-luvulta lähtien perustunut nastan pistovoiman ja ulkoneman sekä 1990-luvulta lähtien myös nastan painon (massan) mittaamiseen. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia liukuesteratkaisuja, joista useat on kehitetty nimenomaan kuluttamaan vähemmän tien pinnan päällystettä. Niiden tyyppi hyväksyntä edellyttää toisenlaista hyväksymismenetelmää, jos niihin ei voi soveltaa pistovoiman tai ulkoneman mittausta. Tähän tarkoitukseen Suomessa on 1980-luvulta lähtien kehitetty menetelmiä, joita käyttäen ajoneuvojen normaalinopeuksilla tapahtuvaa tiekulutusta voidaan mitata. Parhaassa tapauksessa menetelmällä tulisi voida mitata renkaan kuluttavuutta aidoissa olosuhteissa eli juuri siellä missä kuluminen tapahtuu, renkaan ja asfaltin kontaktitilanteissa. Yhden nastarenkaan kulumatuos on kuitenkin niin pieni, kilometrin matkalla noin viisi grammaa mikroskooppisen pieniä hiukkasia, että sen mittaaminen on hankalaa. Lisäksi moni uusista liukuesteratkaisuksista kuluttaa selvästi nastarengasta vähemmän.

VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka ja VTT Prosessit tutki ja kehitti vuosina 2001 - 2002 menetelmää, jossa nastarenkaan tiestä irrottamaa pölyä imettiin analysaattoriin ajon aikana. Menetelmää on kuvattu ja tuloksia arvioitu VTT:n Tutkimusraporteissa 1061/28/02/RTE (esikoe) ja RTE 4081/03M, joista jälkimmäinen on julkaistu myös Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisusarjassa: LIIKENNE- JA VIESTINTÄMINISTERIÖN JULKAISUJA 12/2004 Liikenne; Nastarenkaan kuluttavuus yliajokokeessa ja imurimenetelmällä. Esikokeessa menetelmä näytti lupaavalta mutta parannetulla laitteistolla tässä tutkimuksessa suoritettavat kokeet osoittivat, että pölynimurimenetelmään perustuvaan mittaukseen vaikuttavien ulkoisten tekijöiden vaihteluja ei ole kohtuullisin toimin mahdollista eliminoida riittävästi ja että mittausmenetelmä osoittautui ennakoitua kalliimmaksi verrattuna esim. vaihtoehtoisena mittausmenetelmänä olevaan ns. yliajomenetelmään.

Näistä syistä tutkimuksen perusteella on päädytty lopputulokseen, ettei ns. pölynimurimenetelmä sovellu käytännön ratkaisuksi korvaamaan nastarenkaiden ja nastojen nykyistä tyyppi hyväksyntämenetelmää.

Yliajomenetelmää on käytetty ajoneuvotekijöiden tien kuluttavuuden mittaamiseen 1980-luvulta lähtien. Tien pintaan asennettuja kivikoe kappaleita ja niiden punnitusmenetelmää on kehitetty jatkuvasti kuluman pienentyessä. Menetelmä on koeteltu ja antaa hyvin toistettavia tuloksia. Erilaisten nastojen ja renkaiden tiekulutuksen lisäksi sillä voidaan tutkia muidenkin ajoneuvotekijöiden, kuten ajoneuvon painon tai tyyppin, vetotavan ja ajonopeuden merkitystä tiekulutuksessa. Vaikka kulutuskoe kappaleina ei tässä kokeessa voida käyttää asfalttipäällystettä, on syytä korostaa, että päällysteen kulutuskestävyys suurimmaksi osaksi riippuvainen ki- viaineksen kestävydestä.

Teiden kulumisen alenemiseen 1990-luvulla on vaikuttanut pääasiassa kaksi tekijää: päällysteiden kulutuskestävyyden parantaminen ja nastojen keventäminen. Päällysteen kehittäminen jatkuu edelleen, vaikka 1990-luvun kaltaista paranemista tuskin on odotettavissa. Sen sijaan nastojen keveneminen johtui 1990-luvun alussa annetuista uusista nastarengasmääräyksistä, jotka sallivat henkilöautoilla korkeintaan 1,1 g painoisten nastojen käytön. Sitä ennen ajettiin 1,8 - 2,2 g painavilla teräsnastoilla. Nyt tuo muutos on tapahtunut ja lähes kaikki käytössä olevat nastat ovat kevyitä (ks. liite 2). Tästä eteenpäin ainakin ennakoitu liikenteen kasvu lisää



nastarenkaiden käytöstä johtuvaa tien kulutusta, joten on jälleen syytä kartoittaa nastarenkaiden tiekulutukseen vaikuttavia tekijöitä ja arvioida niiden vaikutusta.

Liitteessä 2 on esitetty kulumiseen mahdollisesti vaikuttavien erilaisten ajoneuvo- ja liikente-tekijöiden laskettuja muutoksia tarkasteluvälillä 1990 - 2003. Useat ajoneuvotekijöistä ovat muuttuneet suuresti eikä niiden muutosten vaikutusta kulumaan ole tunnettu.

Nyt tutkittujen ajoneuvotekijöiden, renkaiden profiilisuhteen, rengaspaineen ja auton omamas-san vaikutusta tiekulumiseen ei ole ennen selvitetty. Neljäs muuttuja oli ajonopeus, joka on aiemmin tutkittu samalla menetelmällä v. 1985 (VTT/TGL TS586). Silloin oli kuitenkin käytössä niihin aikoihin yleiset raskaat teräsnastat ja 80-sarjan rengas.

Edellä mainittujen tekijöiden vaikutus voi olla oleellinen arvioitaessa tarvetta muuttaa nastarengasmääräyksiä 2000-luvulla mahdollisesti kasvavan tien kulumisen hillitsemiseksi. Tähän asti nastarenkaiden aiheuttaman tien kulumisen vähentämiseksi säädöstoimenpiteet ovat kohdistuneet lähinnä nastojen massan, pistovoiman ja lukumäärän rajoittamiseen ja vaiheittaiseen vähentämiseen. Tavoiteltaessa jatkossa nastarenkaiden käytöstä johtuvaa tien kulutuksen vähentämistä on syytä selvittää olisiko käytettävissä nastan massan, pistovoiman ja määrän lisäksi uusia ajoneuvoon liittyviä tekijöitä, joihin vaikuttamalla nastarenkaiden käytöstä aiheutuvaa tien kulumista voitaisiin vähentää.

## 2 YHTEENVETO

Päällysteen kuluminen on ollut hallinnassa viime vuosina. Eniten tähän ovat vaikuttaneet 1990-luvulla päällysteiden kehittäminen ja nastan painon pudotus.

Lähivuosina nastan paino ei enää alene ilman uusia toimenpiteitä. Monet ajoneuvotekniikan muutokset ovat sen sijaan mitä ilmeisimmin omiaan lisäämään kulutusta. Näistä vain joistakin on ollut tutkittua tietoa.

Liikenne- ja viestintäministeriö LVM ja Ajoneuvohallintokeskus AKE antoivat VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikalle toimeksiannon tutkia joitakin oleellisia tekijöitä, joiden muutoksella oletettiin tai arvioitiin olevan vaikutusta tien kulumiseen.

Tutkittavat tekijät olivat nastarenkaiden profiilisuhte, rengaspaine, auton paino ja ajonopeus.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin VTT:n 1980-luvulta lähtien kehittämää yliajokoetta, joka soveltuu hyvin yllä mainittujen tekijöiden tiekulutusvaikutuksen tutkimiseen.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että teiden kuluminen tulee lähivuosina lähtemään uudelleen kasvuun. Tutkituista tekijöistä vain profiilisuhteen aleneminen on omiaan vähentämään päällysteen kulutusta, noin kymmenen prosenttia profiilin 0.10 kohti. Muiden tutkittujen tekijöiden muutokset lisäävät tiekulutusta seuraavasti: rengaspaineen kasvu 10 kPa lisää kulutusta noin 4 prosenttia, henkilöauton painon muutos samassa suhteessa kuin sen painon muutos ja ajonopeuden muutos 95 km/h tuntumassa prosentin 1 km/h kohti.

Teiden kulumista tarkasteltiin tutkimuksen yhteydessä aikajaksolla 1990 – 2003. Eri ajoneuvo- ja liikennetekijät ovat muuttuneet tarkasteluvälillä oleellisesti. Niiden muutoksista tuon 13 vuoden aikana aiheutunut kuluman lisäys voidaan nyt päivittää niiden tekijöiden suhteen, jotka selvitettiin tässä kokeessa.

Renkaiden profiilisuhte aleni 16 % ja sen takia kuluma aleni 13 %.

Renkaiden paineusuositus kasvoi 12 % ja siitä aiheutuva kuluman kasvu oli 10 %.

Autojen omamassa kasvoi 18 % ja siitä aiheutuva kuluman lisäys oli 25 %.

Ajonopeus nousi 2 %, mikä lisäsi kulutusta 3 %.

Ominaiskuluttavuuden (grammaa / ajoneuvokilometri) kasvu tarkastelun aikavälillä oli nyt tutkittujen ominaisuuksien ja nastamäärän muutosten (+17 %) vaikutuksesta yhteensä 38 prosenttia. Jos tähän lisätään liikenteen (nastallisen suoritte) kasvu, on tien kulutus kasvanut ajoneuvotekijöistä johtuen valta- ja kantatiestöllä 13 vuodessa 44 prosenttia.

Kun samana aikana nastan paino on pudonnut kahdesta grammasta 1,1 grammaan, tarkoittaa se aiempien tutkimusten perusteella arvioituna kulumisen alentumista lähes samalla määrällä, 45 prosentilla. Nastojen keventyminen 1990-luvun alun nastamääräysten johdosta on nyt päättynyt.

Lähitulevaisuudessa on odotettavissa muiden edellä mainittujen tekijöiden jatkavan muutostaan ja se merkitsee tien kulutuksen kasvua vuosittain noin 3 prosentilla.

### 3 YHTEYSHENKILÖT

Liikenne- ja viestintäministeriö LVM  
Ajoneuvohallintokeskus AKE  
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Liikenneneuvos Kari Saari  
Tutkimusjohtaja Ove Knekt  
Tutkija Timo Unhola

### 4 TAVOITTEET

Tutkimuksessa selvitettiin seuraavassa kuvatuilla kokeilla, onko lähivuosina odotettavissa ajoneuvotekijöistä johtuvaa tiekulutuksen muutosta. Koe tehtiin VTT:n Tutkimussuunnitelman 23.3.2003 mukaisesti.

#### 4.1 Lähestymistapa

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka on käyttänyt vuodesta 1985 lähtien kehittämäänsä ns. yliajokoetta ajoneuvotekijöiden tiekulutusvaikutuksen testinä.

Vakiintuneen menetelmän mukaisesti yliajokokeessa ajetaan testirenkain varustetulla henkilöautolla kivistä valmistettujen kulutuspalojen yli, jotka ennen koetta ja kokeen jälkeen punnitaan kuluman määrittämiseksi (ks. kohta 6, Menetelmät).

Edellä mainitulla menetelmällä tutkittiin markkinoiden yleisimmillä uusilla talvirenkailla varustetulla autolla seuraavat asiat:

#### 4.2 Renkaan profiilisuhteen vaikutus tiekulumiseen

Renkaan leveyden ja profiilisuhteen muutosten vaikutus tiekulumaan selvitettiin yliajokokeella yhdellä autolla 100 km/h nopeudella. Koe tehtiin ajamalla nykyaikaisin renkain ja nastoin neljällä eri rengasprofiililla (80/65/55/45) pitäen muut muuttujat vakioina.

#### 4.3 Rengaspaineen vaikutus tiekulumiseen

Kohonneiden rengaspaineiden vaikutus tiekulumaan selvitettiin yliajokokeella 100 km/h nopeudella. Koe tehtiin ajamalla autolla nykyaikaisin renkain ja nastoin kolmella eri rengaspaineella (180/230/280 kPa) pitäen muut muuttujat vakioina.

#### 4.4 Henkilöauton painon vaikutus tiekulumiseen

Lisääntyneen auton omamassan painon vaikutus tiekulumaan selvitettiin yliajokokeella 80 km/h nopeudella. Koe tehtiin ajamalla auto tyhjänä (omapaino + kuljettaja = 1200 kg) ja täyteen lastattuna (+ 400 kg) pitäen muut muuttujat vakioina.

#### 4.5 Ajonopeuden vaikutus tiekulumiseen

Ajonopeuden vaikutus tiekulumaan selvitettiin yliajokokeella yhdellä autolla nykyaikaisin renkain ja nastoin. Kokeessa ajettiin nopeuksilla 40/60/80/100/120 km/h pitäen muut muuttujat vakioina.

## 5 KOERENKAAT

Koerenkaaksi valittiin Nokian Renkaat Oyj:n valmistama Nokian Hakkapeliitta 2. Rengas oli selvästi yleisin nastarengas Suomen tiestöllä vuonna 2004. Sille on jo ilmestynyt seuraaja, Nokian Hakkapeliitta 4, mutta se poikkeaa nastansa puolesta muista nastarenkaista. (nelikulmainen pohjalaippa ja kovametallitappi). Hakkapeliitta 2 oli sopiva edustamaan v. 2004 nastarengasta ja siitä oli saatavilla kokeeseen tarvittavat, toisistaan profiililtaan ja vannekooltaan poikkeavat koot, jotka vielä sopivat samaan koeautoon asennettavaksi. Nastaksi siihen on tyyppihyväksytty Laajarunkonasta LRN 8-100, 10 mm:n mittainen kevytmetallirunkoinen kevytnasta, painoltaan 1,1 g, jossa on normaali lieriön muotoinen kovametallitappi ja pyöreä kaksilaippainen runko (kuva 1). Koerenkaat olivat kaikki Nokian Renkaat Oyj:llä tehdasnastoitettuja. Nastamäärät olivat 14” ja 15” renkailla 110 kpl, 16” renkaalla 124 kpl ja 17” renkaalla 120 kpl/rengas.

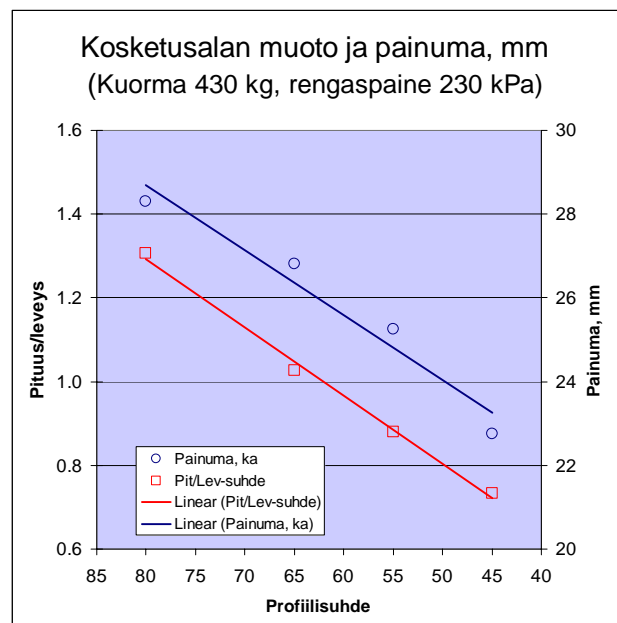


Kuva 1. Laajarunkonasta LRN 8-100 Nokian Hakkapeliitta 2 – renkaassa.

Renkaat sisäänajettiin 400 – 500 km ennen kokeita. Ulkonemat mitattiin ennen ja jälkeen kokeen. Ne olivat eri koerenkaissa hyvin samanlaiset, vaihdellen keskimäärin välillä 1,09 – 1,25 mm, paitsi koossa 225/45R17, jonka ulkonemat jäivät sisäänajonkin jälkeen alle 1 mm (ks. liite 1). Pistovoima mitattiin eri profiilisista renkaista kokeen jälkeen. Sen vaihtelu seuraa ulkone-  
man vaihtelua.

Kokeessa käytettiin eri muuttujien tutkimuksiin ensisijaisesti kokoa 195/65 R 15, paitsi taulukossa 1 esitettyjä muita kokoja, jotka valittiin profiilisuhteen vaikutuksen tutkimiseen. Niiden ulkohalkaisija ja vierintäkehä ovat hyvin lähellä toisiaan, alle puolen prosentin eroin. Profiilisuhteen vaihteluväli oli 80 – 45. Koerenkaiksi valitut nastarenkaat poikkesivat siis toisistaan paitsi profiilisuhteen, myös vannehalkaisijan suhteen. Vannekoon kasvaminen on normaalia vaihdettaessa matalamman profiilin renkaaseen ja välttämätöntä, jos halutaan säilyttää renkaan halkaisija samana. Renkaan leveys lisääntyy yleensä tällöin jonkin verran.

Koerenkaiden tiekontaktia tutkittiin painamalla kustakin eri profiilin renkaasta painumajälki (kosketusala) ja mittaamalla renkaan painuma 70 % kuormalla. Painuma vähenee selvästi profiilisuhteen aletessa (ks. kuva 2). Painumajäljen pinta-aloissa ei ollut suuria eroja, mutta sen muoto vaihtelee oleellisesti (ks. taulukko 1). 80-sarjan renkaassa pituus/leveys mm:nä ja niiden suhde olivat 171/131 ja 1,31, kun taas 45-sarjan renkaassa vastaavat luvut olivat 132/180 ja 0,73 (kuva 2).

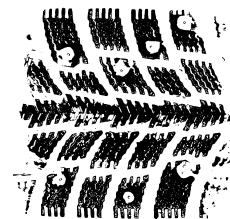


Kuva 1. Kosketusala ja painuma

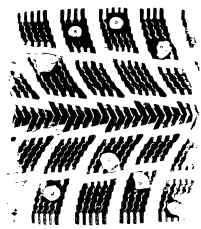
Taulukko 1. Koerenkaat, eri profiilisuhteet. Yleiskuva, painuma kuormattuna ja painumajälki.



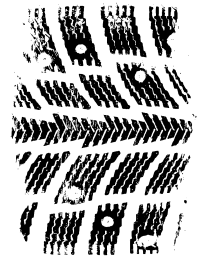
175/80 R 14 88 Q



195/65 R 15 91 T



205/55 R 16 91 T



225/45 R 17 91 T

## 6 MENETELMÄT

### 6.1 Kokeessa käytettävä menetelmä: Yliajokoe

#### 6.1.1 Periaate

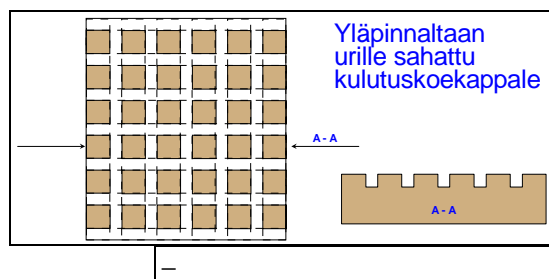
VTT:n silloisessa Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratoriossa kehitettiin 1980-luvulla menetelmä, jolla saatiin osoitettua mm. nastan painon ja ajonopeuden vaikutus tien kulumiseen.

Koeautolla, jossa on koerenkaat vasemmalla sivulla, ajetaan tien pintaan asennettujen koekappaleiden yli (ks. kuvat 4 ja 5). Kulumat mitataan punnitsemalla koekappaleet ennen ja jälkeen kokeen.

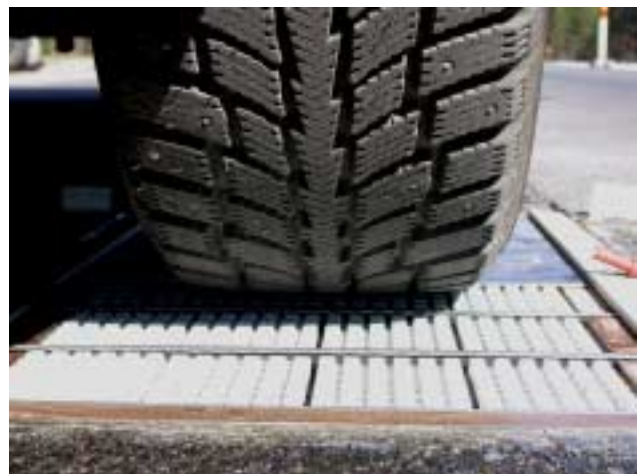
Tuloksia näistä kokeista on julkaistu mm. vuosina 1986-89 Tutkimusselostuksissa TS586, TS624, TS652 ja TS745 sekä vuosina 1995-99 Tutkimusraporteissa 304, 346, 406, 449 ja 496. Viimeisin Tutkimusraportti on RTE 4081/03.

#### 6.1.2 Laitteisto

Koekappaleina käytetään kivilaattoja, joiden yläpinta on sahattu urille (kuvat 3 ja 4).



Kuva 2. Sahattu kiviaineskoekappale



Kuva 3.  
Rengas ja koekappaleet toukokuussa 2004

Kivikoelaatat on valmistettu Kurun harmaasta graniitista. Niillä saadaan luotettavasti punnittavia kulumia myös kaikkein vähiten kuluttavilla liukuesteillä ja koekappalerivien välinen kulumien hajonta on pieni (kuva 7).

### 6.1.3 Toteutus

Kulutuskoe tehtiin edellä kuvatulla menetelmällä seuraavin yksityiskohdin:

Auto	Opel Vectra 2.0i
Vetotapa ylityskokeessa	Etuveto, II vaihde (40 ja 60 km/h), III vaihde (80 ja 100 km/h), IV vaihde (120 km/h), tasainen veto
Ylitysmäärä	400 (200+200, etu+taka)
Ajonopeus	80 ja 100 km/h, nopeuskokeessa myös 40, 60 ja 120 km/h
Renkaat	2 kpl/vaihtoehto Nokian Hakkapeliitta 2,
Rengaskoko	195/65 R 15 91 T, profiilikokeessa myös 175/80 R 14 88 Q, 205/55 R 17 91 T ja 225/45 R 17 91 T (ks. Taulukko 1)
Vanteet	6J×15" profiilikokeessa myös 5½J × 14", 7J × 16" ja 8JJ × 17"
Rengaspaine	230 kPa, rengaspainekokeessa myös 180 ja 280 kPa
Nastat	Laajarunkonasta LRN 8-100, 1,1 g
Nastamäärä	110 (14" ja 15"), 124 (16") ja 120 (17") kpl/rengas
Nastoitus	Nokian Renkaat Oyj, tehdasnastoitus
Tavoiteulkonema	1,2 mm
Sisäänajo	400-500 km
Kiviaines	Kurun harmaa graniitti
Koekappaleet	Kivilaattakoepalat: 20 × 77 × 90 mm (12 kpl/ajo, 3 rivissä)

### 6.1.4 Koalueet

Koepaikka Virttaan varalaskukenttä, Alastaro, piennarasfaltti

### 6.1.5 Koeajo-olosuhteet

Sää Aurinkoinen / pilvinen / pouta / sade, lt. +4° ... +17° C,  
Alusta Märkä (kastelu)  
Aika 10.-13.5.2004



### 6.1.6 Testikaavio

Kulutuskokeet tehtiin taulukon 2 mukaisilla vaihtoehdoilla.

Taulukko 2. Testikaavio

Tutkittava tekijä	Koerenkaan profiilisuhde	Rengaspaine, kPa	Auton paino, kg	Ajonopeus, km/h
Profiilisuhde	.80, .65, .55, .45	230	1230	100
Rengaspaine	.65	180, 230, 280	1230	100
Auton paino	.65	230	1230, 1644	80
Ajonopeus	.65	230	1230	40, 60, 80, 100, 120

### 6.1.7 Nastajälkikoe

Kulumatulosta selittävien tekijöiden selvittämiseksi eri profiilisilla renkailla ja 0.65 sarjan renkaalla eri nopeuksilla ajettiin vielä kiillotettujen kivilaattojen yli, jolloin nastan jättämää jälkeä voidaan tarkastella.

Kiillotettujen kivilaattojen pintaan jää jokaisesta nastakosketuksesta jälki, joista kuluminen muodostuu. Kiviaines on tummaa ja jälki (isku tai raapaisu tai niiden yhdistelmä, ks. kuva 5) näkyy vaaleampana.



Kuva 3. Käytetty koenasta irrotettuna ja nastaiskujälki kiven pinnalla.



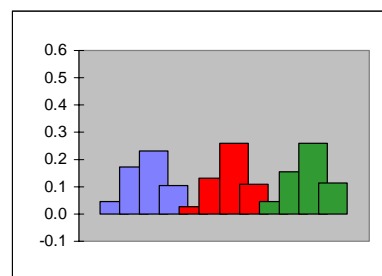
*Kuva 4. Yliajokoe. Kuljettajan on osuttava leveilläkin renkailla jokaisella ylityskerralla kulutusalueelle. Koekappaleet pidetään märkinä kokeen ajan.*

## 7 TULOKSET

### 7.1 Kulumatulokset

Yliajokokeen tulokset olivat selkeät ja johdonmukaiset ja hajonta kolmen eri kulutuskappalerivin kulumista laskien varsin pieni (ks. kuva 7). Keskiarvon 95 % luottamusväli vaihteli 1 – 18 %:iin ollen keskimäärin 10 %.

Kohdissa (7.2.1-4) on kulumatulokset esitetty samaan kulumaskaalaan kuvattuina graafisesti eri tekijöiden funktiona. Kunkin tuloskeskiarvon molemmin puolin on esitetty 95 % luottamusväli.

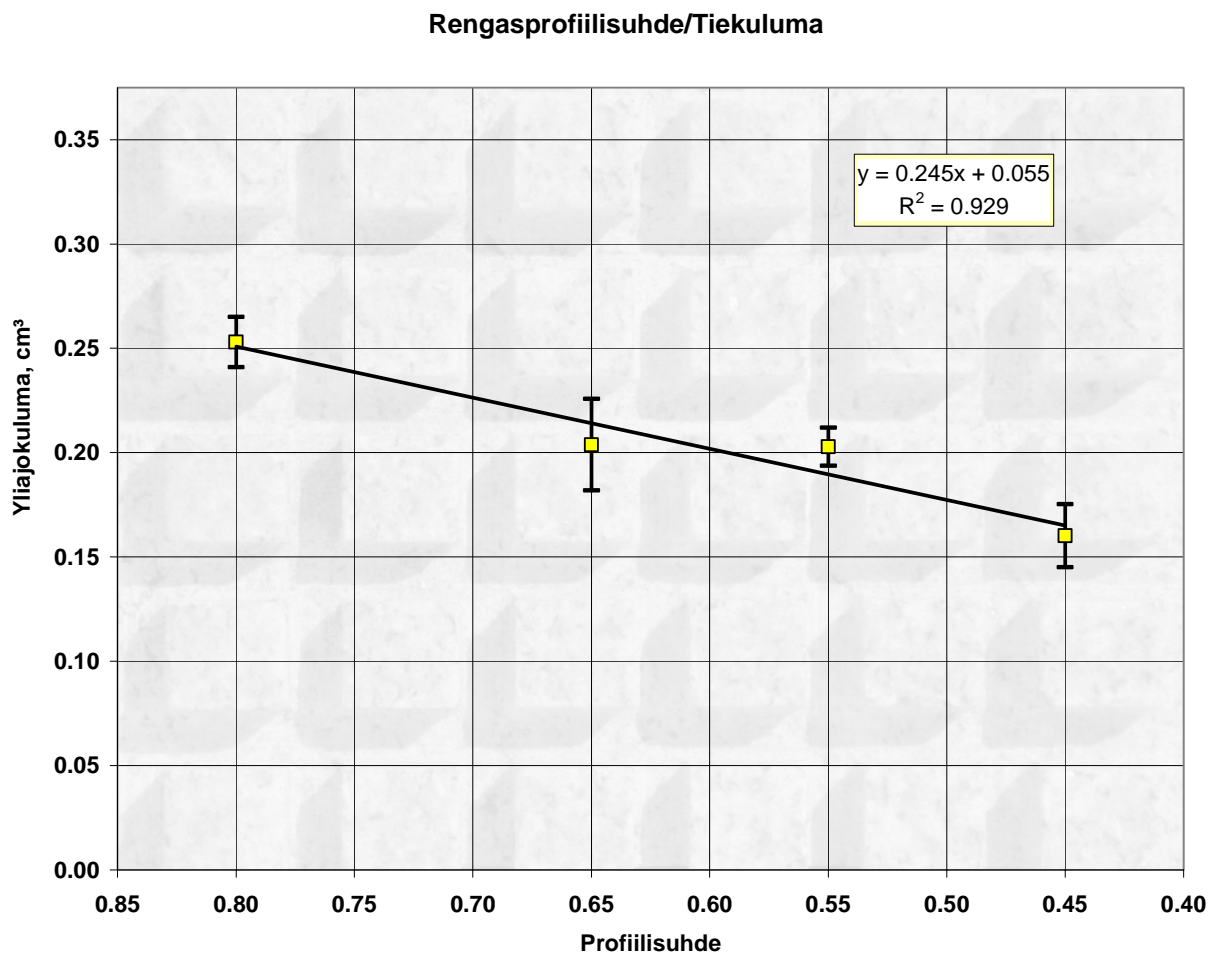


*Kuva 5. Esimerkki kulumatuloksesta (kolme riviä)*

## 7.2 Tulosten tarkastelu

### 7.2.1 Profiilisuhteen vaikutus tiekulumaan

Talvirenkaidenkin profiilisuhteet ovat alentuneet viime vuosina selvästi (ks. liite 2). Koerenkaiden profiilit olivat 0.80, 0.65, 0.55 ja 0.45. Ajonopeus oli 100 km/h ja rengaspaine kaikissa renkaissa 230 kPa. Kulumatulosta on korjattu nastamäärällä renkaan vierintäkehän metriä kohti ja ulkonemalla (lineaarinen redusointi). Sen vaikutus ei ollut suuri, mutta se katsottiin perusteluksi, koska näiden tekijöiden voidaan arvioida vaikuttavan kulumaan melko suoraviivaisesti. Eniten korjaus vaikutti 0.45 profiilin renkaan kulumatulokseen (ulkonema keskimäärin 0,80 mm). Regressiosuoran kulmakertoimeen korjaus ei vaikuttanut merkittävästi.

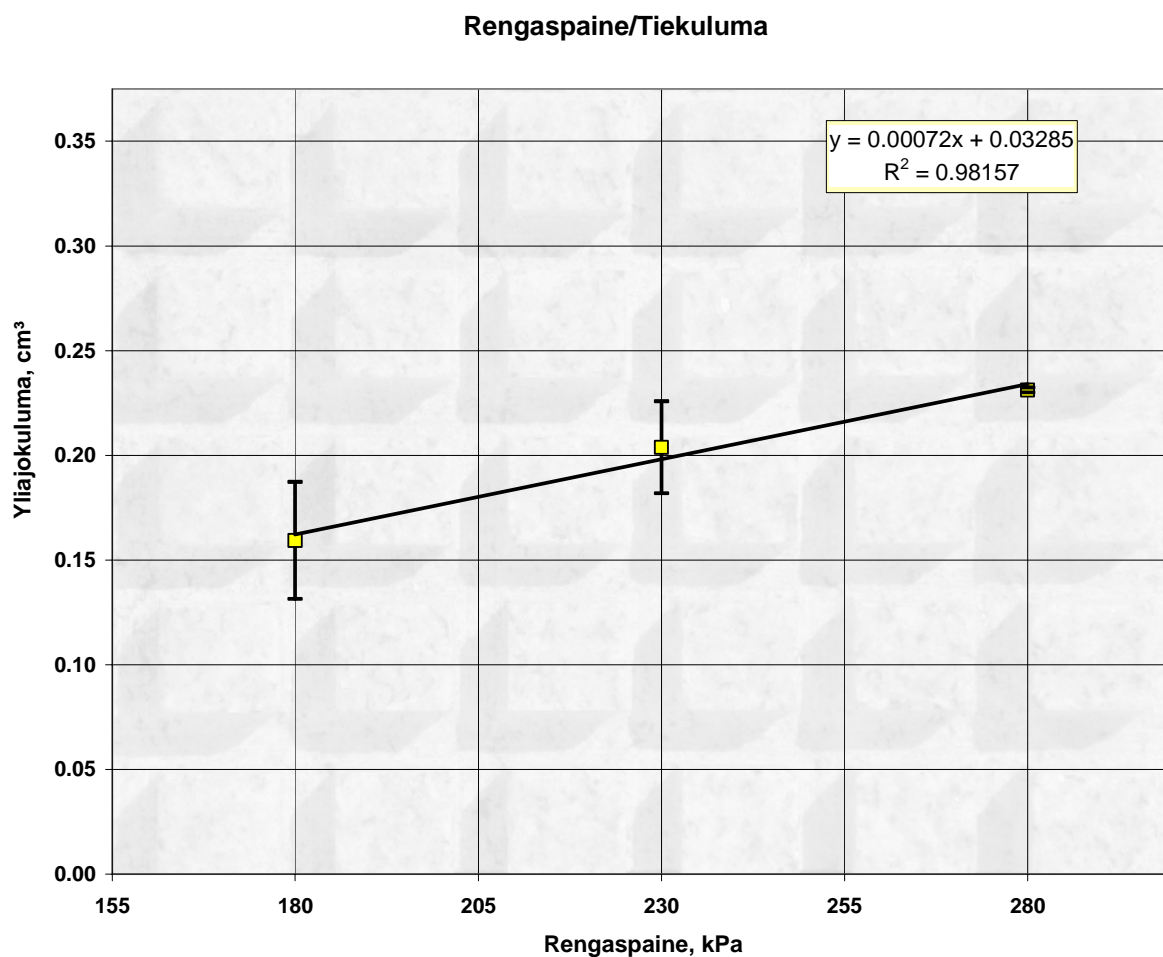


Kuva 6. Renkaan profiilisuhteen vaikutus tiekulumaan

Profiilisuhteen allessa kuluma pienenee selvästi (kuva 8). Alenema on noin 10 prosenttia profiilin 0.10 muutosta kohti. Mitä matalampi profiili renkaassa on, sitä jäykempi on sen kylki ja sitä pienemmät ovat painuma ja muodonmuutokset renkaan ja tien kosketuskohdassa (ks. kohta 5, koerenkaat). Vaikka kosketus on lyhyempi ja siis nopeampi, ovat renkaan pinnan ja nastan jännitykset ja siirrokset tiehen nähden kosketuspinnassa ilmeisesti vähäisemmät matalamman profiilin renkaissa. 100 km/h nopeudessa isku lienee merkittävin tekijä kulumisessa. Nastan kosketusaika tiehen on lyhyempi, mutta isku saattaa olla jopa pienempi matalammissa profiileissa kulutuspinnan jäykkyyden takia (ks. myös kohta 7.3 nastajälkikokeen tulokset).

### 7.2.2 Rengaspaineen vaikutus tiekulumaan

Auton- ja renkaanvalmistajien rengaspainesuositukset ovat maksimissaan uusissa henkilöautoissa nykyään yleisesti lähellä 300 kPa, ennen yleisesti alle 200 kPa. Tähän kokeeseen valittiin kolme rengaspainetta: 180, 230 ja 280 kPa. Rengaskoko oli 195/65R15 ja ajonopeus 100 km/h.

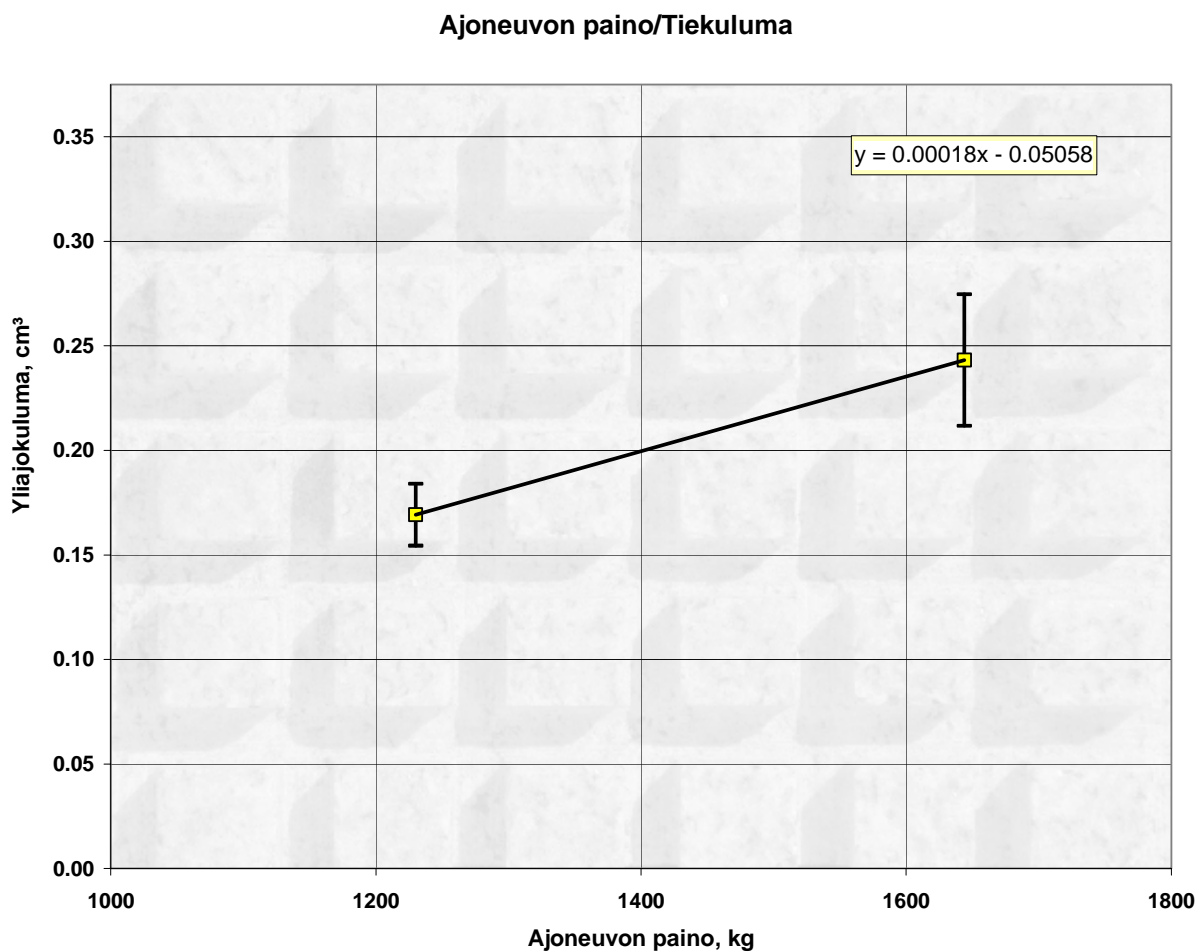


Kuva 7. Rengaspaineen vaikutus tiekulumaan

Paineen vaikutus kulumaan oli erittäin selkeä ja suoraviivainen (kuva 9). Paineen nosto esim. 220:sta 230:een kPa lisää tien kulutusta 3,6 %. Paineen nosto lienee ainakin osaksi seurausta henkilöautojen painon noususta.

### 7.2.3 Henkilöauton omamassan vaikutus tiekulumaan

Henkilöauton painon vaikutus kulumiseen tutkittiin kahdella painolla, auton omamassalla (omapaino+kuljettaja+polttoaine) 1230 kg ja samalla autolla lastattuna 414 kg:n henkilö- ja hiekkasäkkikuormalla, jolloin kokonaispainoksi tuli 1644 kg. Rengaskoko oli jälleen 195/65R15, rengaspaine pidettiin lastin lisäyksestä huolimatta samana (230 kPa). Ajonopeus tässä kokeessa oli 80 km/h.

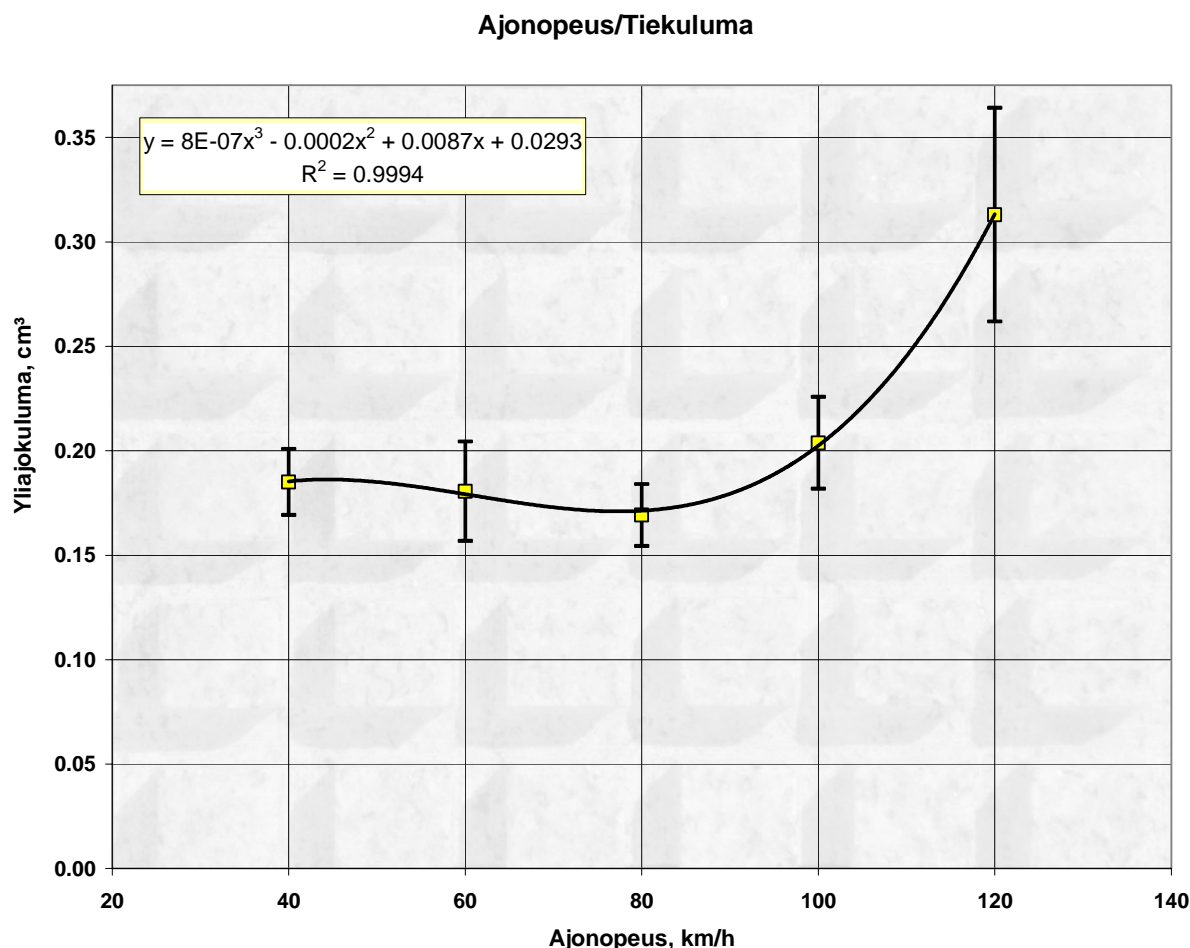


Kuva 8. Henkilöauton painon vaikutus tiekulumaan

Henkilöauton painon lisäys lisäsi tien kulutusta hyvin samassa suhteessa painon lisäykseen verrattuna (kuva 10). Esimerkiksi painon nosto 1200:sta 1300:aan kg lisää kulutusta 11 %.

### 7.2.4 Ajonopeuden vaikutus tiekulumaan

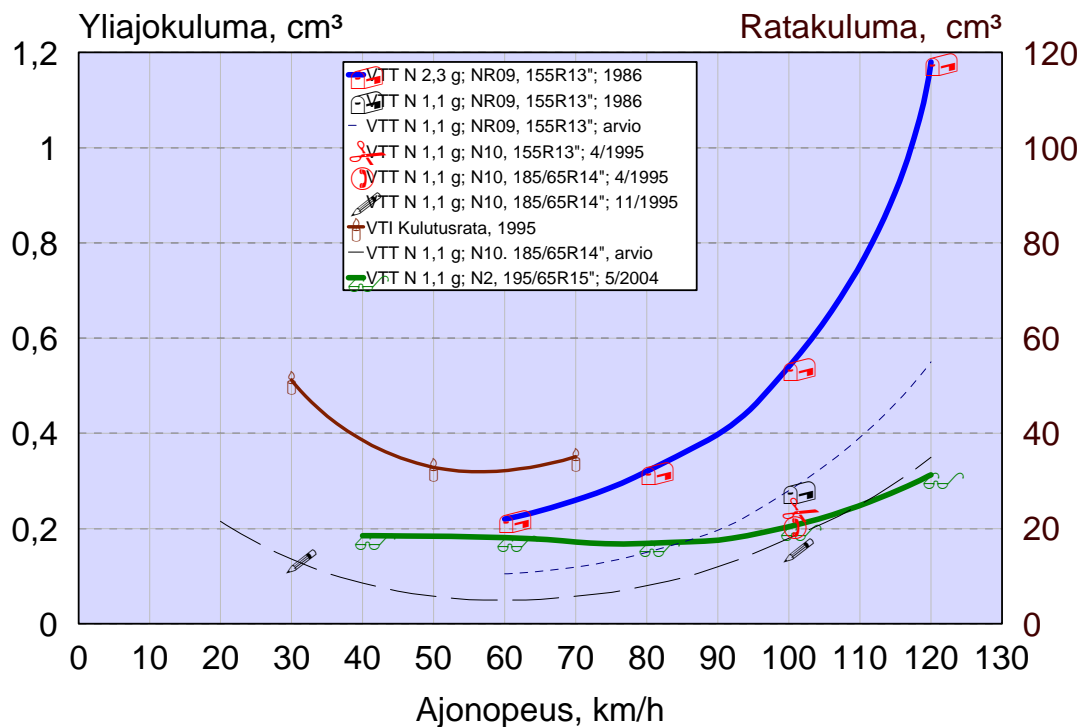
Tien kuluminen suoraan ja tasaisestikin ajettaessa aiheuttaa uria eri tavoin eri nopeuksilla (kaupungissa / päätiestöllä). Siksi on oleellista tutkia nopeusalueen koko skaala. Kaksikymmentä vuotta aiemmin tutkittiin lähes sama nopeusjakauma raskailla nastoilla 0.82-sarjan renkaassa (ns. normaaliprofiili). Nyt koerengas oli kokoa 195/65 R 15 ja rengaspaine 230 kPa.



Kuva 9. Ajonopeuden vaikutus tiekulumaan

Ajonopeuden vaikutus kulumiseen oli selkeä mutta ei suoraviivainen (kuva 11). Kuluma ei välttämättä kasva aina nopeuden kasvaessa, vaan kulumisessa on minimi välillä 50 – 100 km/h. Aiemminkin on saatu tuloksia, jotka viittaavat samantyyppiseen kuluman riippuvuuteen (ks. kuva 12). Niissä minimi näyttää olleen hieman alemmien nopeuksien kohdalla.

Lienee selvää, että nastan isku (ks. kohta 7.3) on kulumisessa päätekijä suuremmilla nopeuksilla. Kevytnastoillakin kulutus lähtee jyrkkään nousuun 100 km/h suuremmilla nopeuksilla. Nousu ei ole kuitenkaan läheskään yhtä jyrkkä kuin painavilla nastoilla. Alemmilla nopeuksilla (alle 60 km/h) iskun merkitys on vähäisempi mutta ilmeisesti raapaisu aiheuttaa silloin lisää kulutusta. Välillä näyttää olevan alue, jossa kummankin em. tekijän vaikutus on pienempi.













Kuva 10. Ajonopeuden vaikutus tiekulumaan, myös aiemmat tutkimukset. Eri tutkimuksien kulumia ei voi verrata määrällisesti keskenään eri kulutusmateriaalien vuoksi, mutta tendenssit näkyvät.

### 7.3 Nastajälkikokeen tarkastelu

Nastajälkiä tarkasteltiin kiillotetuilta kivipinnoilta mikroskoopilla ja niistä otettiin makrokuvat. Kuvista valittiin tyypillisimmät. Ne on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Nastan pää ja nastojen jälkiä kivipinnalla eri rengasprofiileilla ja ajonopeuksilla samassa mittakaavassa (noin 13-kertainen suurennus).

Muuttuja	Profiilisuhde, (100km/h)			
Nastan pää	.80	.65	.55	.45
				
Ajonopeus, km/h, (.65 rengasprofiili)				
40	60	80	100	120
				

Erot renkaan profiilien välillä näkyvät selvästi. Jäljistä näkyy, että mitä korkeampi profiili on, sitä enemmän nasta pyrkii liikkumaan alustaan nähden. Liike ei ole aina suoraviivainen, vaan saman kosketuksen aikana saattaa nastan liike varsinkin 0.80-profiilin renkaassa vaihtaa suuntaa ja aikaansaa kaarevan tai kulmikkaan raapaisun jopa 100 km/h vauhdissa. Matalampien profiilien renkaiden nastojen jäljet ovat pistemäisempiä.

Ajonopeus vaikuttaa samantyyppisesti, mitä pienempi nopeus, sitä selvempi ja pidempi raapaisujälki, joka suuntautuu ajosuunnassa taaksepäin eli nasta pyrkii kosketuksen aikana siirtymään taaksepäin ja keventynyt kuorma sallii sen useimmiten kosketuksen lopussa. Osassa jälkiä näkyy iskukohta ja raapaisu erillisinä eli iskun jälkeen nasta kevenee hetkeksi. Tämä ennen yleisempi ilmiö on esitetty monessa eri tutkimuksessa, kun nastan dynaamista käytöstä on selvitetty (70-80-luvuilla).



## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nastarenkaan tietä kuluttavaan ominaisuuteen vaikuttavat monet ajoneuvotekijät, joista on tutkittu enimmäkseen nastan ulkonemaa, pistovoimaa (staattinen kuormittamaton ja kuormitettu sekä dynaaminen), nastan painoa ja muita mittoja, sekä jonkun verran ajonopeuden vaikutusta. Suoraviivaisesti vaikuttavina on pidetty lisäksi nastamäärää renkaan vierintäkehän metriä kohti ja nastojen käyttöprosenttia sekä nastallisen liikenteen määrää.

Nyt tutkittavina oli uusia tekijöitä, joilla oletettiin olevan vaikutusta, mutta ei tiedetty kuinka suurta, eikä edes minkä suuntaista. Henkilöauton painon voitiin olettaa lisäävän kulutusta, renkaiden profiilisuhteesta ja rengaspaineen vaikutuksesta ei tiedetty mitään ja ajonopeuden vaikutusta oli tutkittu kauan sitten senaikaisella ajoneuvo- ja rengasteeniikalla.

Yliajokoe soveltuu hyvin edellä mainittujen tekijöiden testaamiseen ja tulokset olivatkin selkeitä ja johdonmukaisia.

Renkaiden profiilisuhteen aleneminen alentaa tiekulutusta, jos muut tekijät eivät muutu. Vaikutus on kohtalaisen voimakas, noin 10 prosenttia profiilin 0.10 muutosta kohti.

Rengaspaineen nousu kasvattaa tiekulutusta. Paineen nosto esim. 220:sta 230:een kPa lisää tien kulutusta 3,6 %.

Henkilöautojen omamassan kasvu lisää tiekulutusta lähes samassa suhteessa painon nousun kanssa.

Ajonopeuden vaikutus ei ollut suoraviivainen, vaan kulutuksessa näyttäisi olevan minimi 70 – 80 km/h nopeuden kohdalla. Sitä suuremmissa nopeuksissa kulutus lisääntyy melko voimakkaasti nopeuden kasvun myötä. Minimiiä alemmissa nopeuksissa kuluminen on hieman minimiä suurempaa.

Edellä mainittujen tekijöiden muutoksen yhteisvaikutuksesta tien kuluminen tulee lisääntymään jonkin verran, jos tekijöiden muutostahti jatkuu suurin piirtein samanlaisena kuin viime vuonna. Henkilöautojen painon lisääntymistä, niiden renkaiden profiilisuhteen muutoskehitystä sekä rengaspaineiden kasvamista ohjaa maailmanlaajuinen ajoneuvo- ja rengasteollisuus sekä aivan muut tarpeet kuin nastarenkaiden tiekulutuksen huomioon ottaminen. Käytännössä näiden tekijöiden kehityssuuntiin ei ole mahdollista lainkaan vaikuttaa käyttäen edes vähäisessä määrin ohjaavana tekijänä nastarenkaiden tiekulutusvaikutuksia.

Seuraavassa kohdassa tarkastellaan nyt tutkittujen tekijöiden vaikutuksen merkitystä. Tarkastelu tehdään samoin kuin tutkimussuunnitelmassa vertailemalla vuosien 1990 ja 2003 ajoneuvo-tekijöitä ja arvioimalla sen perusteella tulevien vuosien kehitystä.

## 9 TIEN KULUMISEN KEHITYS LÄHITULEVAISUUDESSA

Tämän tutkimuksen tutkimussuunnitelmaa varten tehty tarkastelu eri ajoneuvotekijöiden muutoksista vuodesta 1990 vuoteen 2003 voidaan nyt päivittää myös talviaikaisen kulumisen osalta niiden tekijöiden suhteen, jotka selvitettiin tässä kokeessa.

Taulukossa 4 on esitetty tien kulumisen kehitys kunkin tekijän vaikutuksesta ja niiden yhteisvaikutus em. aikavälillä.

Taulukko 4. Kulumistarkastelu 1990 – 2003.

Nastakulumisen tekijöiden vertailu 1990 -> 2003									
Tekijä	Yksikkö	Tekijän muutos				Tekijästä johtuvan kuluttavuuden muutos			
		1990	2003	muutos	muutos-%	1990	2003	muutos	muutos-%
Autojen omamassa, ka <sup>1)</sup>	kg	1078	1276	198	18 %	0.141	0.177	0.036	25 %
Rengaspainesuositus, ka <sup>2)</sup>	kPa	193	215	23	12 %	0.171	0.188	0.016	10 %
Renkaan leveys, ka <sup>1)</sup>	mm	168	193	25	15 %				
Profiilisuhde, ka <sup>1)</sup>		0.74	0.62	-12.2	-16 %	0.237	0.207	-0.030	-13 %
Vannekoko, ka <sup>1)</sup>	"	13.4	15.0	1.6	12 %				
Nastamäärä/rengas, ka	kpl	96.7	113.0	16.3	17 %				
Vierintäkehä, ka <sup>3)</sup>	mm	1803	1889	86	5 %				
Nastojam/rengas, ka	kpl	54	60	6	12 %				
Liikennesuorite, Vt+Kt <sup>4)</sup>	milj.ajon.km	15818	20509	4691	30 %				
Nastojen käyttö, <sup>5)</sup>	%	97	88	-9	-9 %				
Nastallinen suorite, Vt+Kt <sup>6)</sup>	milj.ajon.km	5109	6010	901	18 %				
Ajonopeus, ha/pa <sup>7)</sup>	km/h	94.3	96.4	2.1	2 %	0.187	0.192	0.005	3 %
Nastaiskuja Vt/Kt:lle	mrd.kpl	1095	1439	343	31 %				
Nastojen paino, ha <sup>8)</sup>	g	2	1.1	-0.9	-45 %	0.452	0.249	-0.202	-45 %
Ominaiskuluttavuus <sup>9)</sup>	SPS, g/ajon.km					20	8	-12	-60 %
Ominaiskuluttavuus, jos nastan painoa ei oteta huomioon <sup>10)</sup>	SPS, g/ajon.km					20.0	27.5	7.5	38 %
Nastallinen suorite, Vt+Kt	milj.ajon.km					5109	6010	901	18 %
Kokonaiskuluman kasvu vv. 1990-2003 ilman nastan painon vaikutusta									44 %

1) 30 myydyintä mallia, Lähteet: Autoalan tiedotuskeskus, AKE (Ajoneuvohallintokeskus), TM (Tekniikan Maailma)

2) 30 myydyintä mallia, Lähteet: TM (Tekniikan Maailma), STRO (Scandinavian Tyre and Rim Organization), Normal Load, Front Tyre

3) Lähde: STRO

4) Lähde: Tiehallinto, (valta- ja kantatiet, 2003 suorite ekstrapoloitu vv. 1994 - 2002 datasta)

5) eri lähteitä, mm. VTT/RTE Malmivuo & Mäkinen, Talvirengastutkimus 2000 – 2001, Tiehallinnon selvityksiä 34/2001

6) oletus: nastoilla ajetaan 1/3 suoritteesta

7) Lähde: Tiehallinto, (ekstrapoloitu 1992-2002 aineisto)

8) Lähde: VTT (ks. Liite 2)

9) Arvio, (eri lähteitä) Huom! Päälysteen kehitys mukana arvioissa

10) Laskettu profiilisuhteen, rengaspaineen, auton painon, ajonopeuden ja nastamäärän muutoksen vaikutus (oletus: nastamäärän muutos vaikuttaa suoraan samassa suhteessa kulumaan)

Ominaiskuluttavuuden (grammaa / ajoneuvokilometri) kasvu tarkastelun aikavälillä oli nyt tutkittujen ominaisuuksien ja nastamäärän muutosten vaikutuksesta yhteensä 38 prosenttia. Jos tähän lisätään liikenteen (nastallisen suoritteiden) kasvu, on tien kulutus kasvanut ajoneuvotekijöistä johtuen valta- ja kantatiestöllä 13 vuodessa 44 prosenttia.

Kun samana aikana nastan paino on pudonnut kahdesta grammasta 1,1 grammaan, tarkoittaa se aiempien tutkimusten perusteella arvioituna kulumisen alentumista lähes samalla määrällä, 45 prosentilla. Nastojen keventyminen 90-luvun alun nastamääräysten johdosta on nyt päättynyt.

Lähitulevaisuudessa on odotettavissa muiden edellä mainittujen tekijöiden jatkavan muutostaan ja se merkitsee tien kulutuksen kasvua vuosittain noin 3 prosentilla.

## 10 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Päällysteen kulumisesta ei ole ollut syytä viime aikoina paljon keskustella. Ainoastaan kaupunkien (Oslo, Helsinki ja Tukholma) keväisin kokemat pölyongelmat ovat joidenkin tahojen esityksissä antaneet aiheita tarkistaa nastamääräyksiä tai jopa kieltää nastat tai verottaa niiden käyttöä.

Koska nyt näyttää siltä, että nastarenkaiden käytöstä johtuen on alkamassa tien kulumisen uusi kasvu, olisi ehkä syytä jo tässä vaiheessa ryhtyä harkitsemaan nastarenkaiden teknisten vaatimusten tiukentamista joltain osin.

Ilmeisiä tiukentamisen kohteita, joiden tiedetään jo kokemuksesta liikenneturvallisuuksia olennaisesti heikentämättä vaikuttavan positiivisesti, voisivat olla nastamäärän rajoittamisen uudistaminen ja nastan painon edelleen alentaminen. Näiden tekijöiden rajoitusten mahdollisista tiukentamisista tulisi päätökset tehdä melko pikaisesti, jotta kulutuskasvua päästäisiin hillitsemään käytännön vaikutuksilla jo 3-5 vuoden päästä, sillä henkilöautojen nastarengaskannan korvautuminen tiukemman vaatimuksen mukaisilla nastarenkailla vie usean vuoden ajan säästömuutoksen antamisesta.

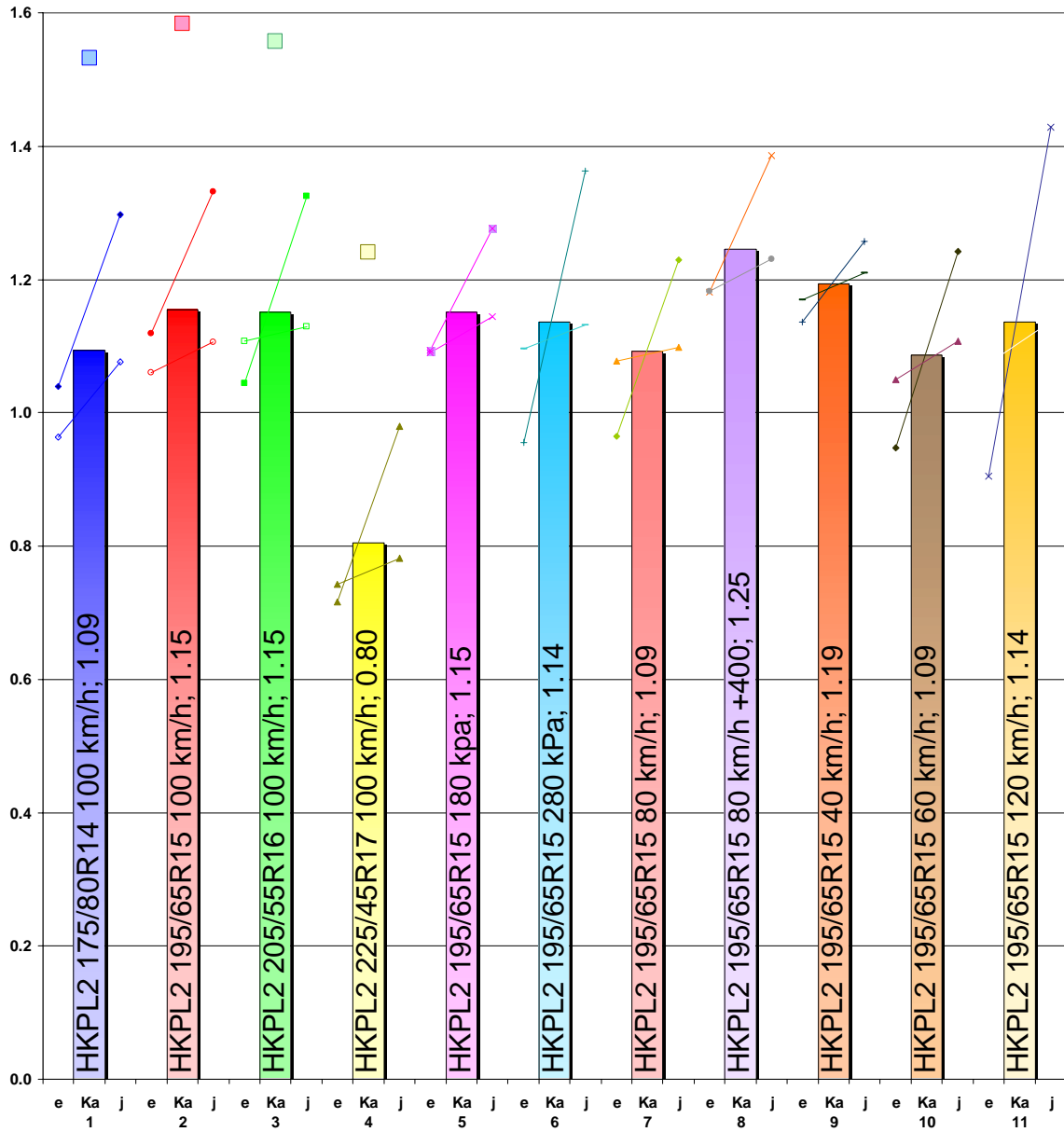
Nastamäärä sidottiin nykyisin voimassa olevissa nastamääräyksissä vannehalkaisijaan. Se oli aikoinaan järkevää, kun renkaan halkaisija oli suhteessa vanteen halkaisijaan. Nykyään olisi ehkä syytä tarkistaa määräyksiä siten, että nastamäärä rengasta kohti sidottaisiin renkaan halkaisijaan (=vierintäkehään), jolloin eri rengaskoot tulisivat samalle viivalle. Tämä saattaa aiheuttaa hankaluuksia renkaan valmistajille. Ne tuskin ovat ylipääsemättömiä, kun nykyään jokainen rengaskoko suunnitellaan tietokoneella ja muotti valmistetaan yksilöllisesti. Nastoitusröbottien ohjauskin on nykyään tietokonepohjainen, ja joka rengaskoolle on omat ohjelmansa. Rengasvalmistajien valmiuksia uudistukseen tulisi kuitenkin selvittää.

Nastan painorajoituksen edelleen alentamisesta aiheutuvat ongelmat ovat voitettavissa, ilman pito-ominaisuuksista tinkimistä, sen osoitti edellinen painon rajoittaminen. Riittävän pitkä siirtymäaika tuleviin, tiedossa oleviin rajoituksiin jättää tuotekehitykselle aikaa kehittää nastoja tai uusia liukuesteratkaisuja. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole tiedossa uusia lupaavia kevytmateriaaleja, jotka voisivat lähitulevaisuudessa korvata nykyisin käytössä olevat runkomateriaalit.

Toinen asia, jota tulisi suunnitella, on tavallisista nastoista poikkeavien, usein tietä vähemmän kuluttavaksi suunniteltujen liukuesteratkaisujen kehittämisen kannustaminen määräyksin. Tätä nykyinen tyyppihyväksyntämenetelmä ei tee, vaikka lainsäädäntö salliikin tällaisten liukuesteiden käytön sillä edellytyksellä, että ne eivät kuluta tietä enemmän kuin normaalin tyyppihyväksynnän mukaan hyväksytyt nastarenkaat. Tämä voidaan osoittaa esimerkiksi tässä raportissa kuvatulla yliajokokeella, joka on menetelmänä valmis ja käytettävissä, jotta kaikenlaiset liukuesteratkaisut ovat niiden kuluttavuuden suhteen keskenään verrattavissa.

## Yliajokoe Toukokuu 2004 Testirenkaiden ulkonemat ja pistovoimat

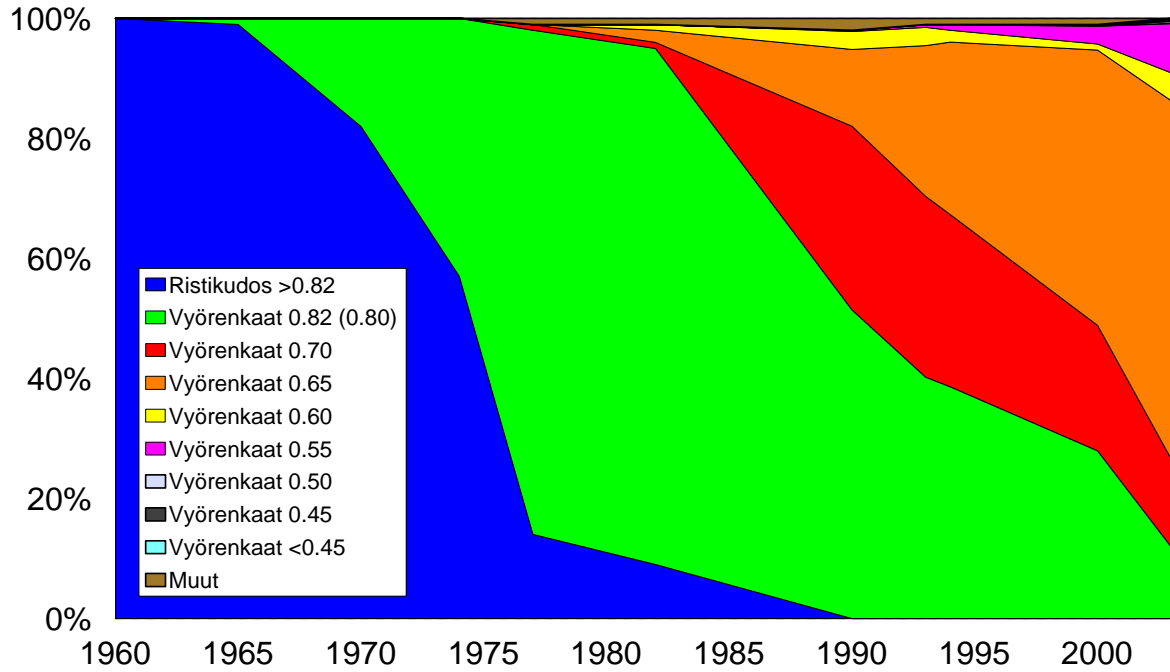
Ulkonema, mm  
Pistovoima, N/100



- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HKPL2 175/80R14 100 km/h</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 180 kpa</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 40 km/h</li> <li>◆ 1taka</li> <li>◆ 3taka</li> <li>◆ 5taka</li> <li>◆ 7taka</li> <li>◆ 9taka</li> <li>◆ 11taka</li> <li>□ PV 4</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HKPL2 195/65R15 100 km/h</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 280 kPa</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 60 km/h</li> <li>◆ 2etu</li> <li>◆ 4etu</li> <li>◆ 6etu</li> <li>◆ 8etu</li> <li>◆ 10etu</li> <li>□ PV 1</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HKPL2 205/55R16 100 km/h</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 80 km/h</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 120 km/h</li> <li>◆ 2taka</li> <li>◆ 4taka</li> <li>◆ 6taka</li> <li>◆ 8taka</li> <li>◆ 10taka</li> <li>□ PV 2</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ HKPL2 225/45R17 100 km/h</li> <li>■ HKPL2 195/65R15 80 km/h +400</li> <li>◆ 1etu</li> <li>◆ 3etu</li> <li>◆ 5etu</li> <li>◆ 7etu</li> <li>◆ 9etu</li> <li>◆ 11etu</li> <li>□ PV 3</li> </ul> |
|---|---|---|---|

### Talvirenkaat, profiilisuhde

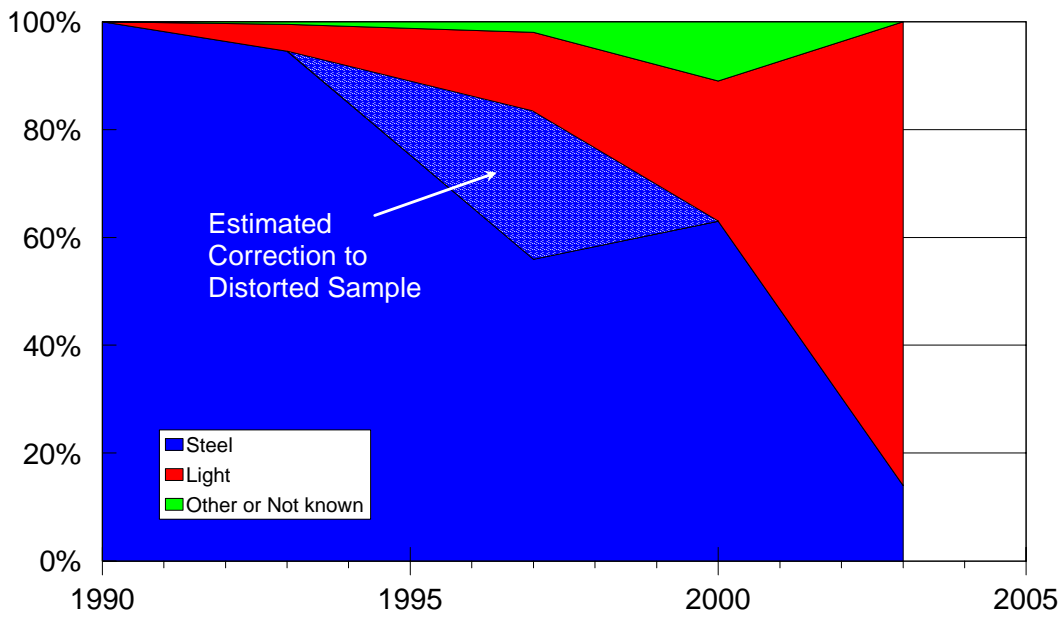
Osuudet myynnistä



vtt/rte/tmu 24.11.03

### Proportion of Stud Body Material

Passenger car tyres in Finland



vtt/rte/tmu 13.02.04