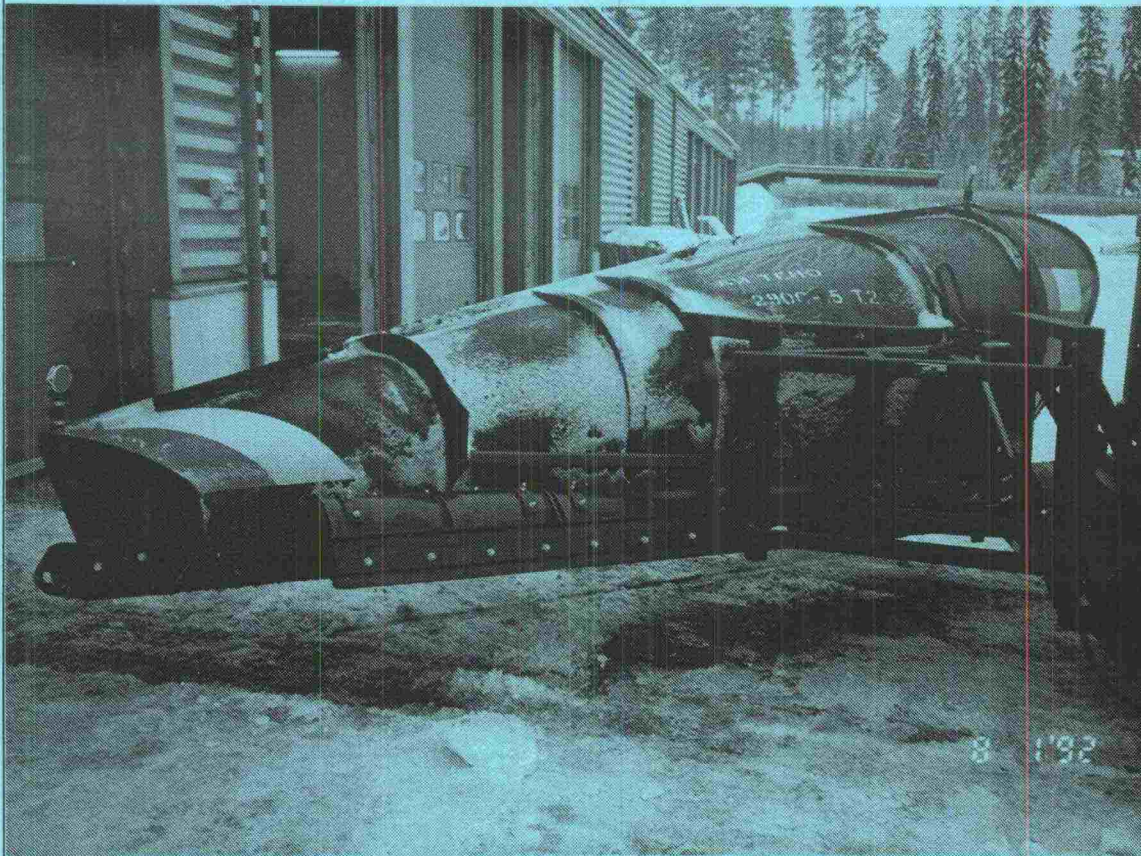




**Tielaitos**

Piirainen Antti - Häkkinen Kari

# Elastisten kulutusterien kulumiskestävyys



Tielaitoksen  
sisäisiä julkaisuja  
**13/1993**

Tampere 1993

Tuotannon palvelu-  
keskus, Tampere

Mikkelin tiepiiri

Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja  
13/1993

Piirainen Antti - Häkkinen Karl

## **Elastisten kulutusterien kulumiskestävyys**

**Tielaitos**  
Tuotannon palvelukeskus, Tampere  
Mikkelin tiepiiri

Tampere 1993

Tehokopiointi Ky  
Tampere 1993

Julkaisua saatavana  
Tuotannon palvelukeskus, Tampere

**Tielaitos**  
Tuotannon palvelukeskus, Tampere  
Kanslerinkatu 6  
33720 TAMPERE  
Puh. (931) 165 190

**Asiasanat:** Materiaalit, testaus, lumenpoisto

## TIIVISTELMÄ

Elastisia kulutusteriä käytetään tielaitoksessa vuosittain 300 000 - 400 000 markan edestä. Käytetyt materiaalit ovat perinteistä mustaa kulutuskumia, polyuretaania, kerrosrakenteista kumia, vanhoista auton renkaista leikattua kumia ja vahvikkeista kumia.

Pääasialliset käyttökohteet materiaalille ovat kaksoisteräaurat, alusterät, sohjoaurat ja tiehöylät.

Lisääntyneen tarjonnan ja käytön takia tutkittiin terien kulutuskestävyyttä maastossa ja laboratoriossa. Maastotulosten suuren hajonnan takia rakennettiin laboratorioon kulumiskestävyyslaite, jolla vakioitiin testiolosuhteet.

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää kulutusterien kulutuskestävyyden testaukseen soveltuva menetelmä. Testin tulosten perusteella voidaan rajata pois huonot terämateriaalit.

Kulutuskumien keston vaikuttaa rakenteellinen jäykkyys, kumin kulutuskestävyys ja ulkoiset olosuhteet.

Kulumiskestävyyslaitteen rakentamisessa onnistuttiin niin hyvin, että tielaitos voi jatkossa testauttaa elastiset kulutusmateriaalit ennen suurempia hankintoja.

Materiaalien kulumisessa on suuria eroja, mihin vaikuttaa oleellisesti niiden lämmönkestävyys. Hinnat vaihtelevat eri materiaalien välillä 100...1000 mk/m.

Materiaalin hankintoja nykyistä enemmän keskittämällä, vaikutettaisiin laatuun ja hintaan parantavasti. Samalla materiaalilla on huomattavia hintaeroja riippuen hankintapaikasta.

Kuljettajille on annettava työnopastusta elastisten materiaalien käyttäytymisestä varsinkin kuivissa olosuhteissa. Terän lämpötila saattaa nousta n. 100 asteeseen, jolloin sen kulumisen on suurinta.

Vanhoista autonrenkaista leikattujen kulutuskumien tuotekehittelyyn kannattaa panostaa. Materiaalin kulumiskestävyys on hyvä, ja niiden hinta on kohtuullinen, ja näin saadaan renkailla uusiokäyttöä.

Kulumiskestävyudessa huonot ja hyvät terät tulivat selvästi esiin. Optimaalinen paksuus terille on 30...50 mm.

Tämän tutkimuksen mukaista testaustoimintaa ei ole aikaisemmin tehty Suomessa. Testin tuloksia voidaan hyödyntää myös esim. kuntasektorilla.

---

Sisältö

---

1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITE	5
3 YLEISTÄ ELASTISISTA KULUTUSTERIEN MATERIAALEISTA	6
3.1 Terämateriaalien hankinta	7
4 TUTKIMUSMENETELMÄT	8
4.1 Kulutuskoe DIN 53516	8
4.2 Kulumiskestävyyslaitte	8
4.3 Märkätesti kulumiskestävyyslaitteella	10
4.4 Kuivatesti kulumiskestävyyslaitteella	10
4.5 Kenttämittaukset	11
5 TUTKIMUSTULOKSET	12
5.1 Kulutuskoe DIN, märkä- ja kuivatesti kulumiskestävyyslaitteella	12
5.2 Hinta/kulutussuhde	14
5.3 Kenttämittaukset	16
6 TUTKIMUKSEN JATKO	17
7 TESTATUT MATERIAALIT	17

LIITTEET 1 - 3

## 1 JOHDANTO

Tiekoneiden sohjonpoisto-ominaisuuksia on parannettu käyttämällä aurojen ja alusterien leikkaavana terämateriaalina elastisia aineita, lähinnä kumia ja uretaania. Materiaaleista valmistettujen terien tarjonta on lisääntynyt huomattavasti.

Elastisia terämateriaaleja käytetään tielaitoksessa vuosittain 300 000 - 400 000 markan edestä.

Terämateriaalien hintaero halvimman ja kalleimman välillä saattaa olla jopa kymmenkertainen. Myös kulutuskestävyydessä on havaittu huomattavia eroja.

Terien esitestausta kenttäolosuhteissa aiheutti tuloksiin suuren hajonnan, jonka takia perustestaus suoritettiin testiä varten kehitetyllä laitteella vakioituissa olosuhteissa laboratoriossa.

Kumien ja uretaanien kulutuskestävyyden testaukseen on kehitetty kulutuskoe DIN 53516 mukainen testausmenetelmä. Menetelmässä testataan eri materiaalien mekaanista kulutuskestävyyttä. Testi ei ota huomioon kosteutta, terän paksuutta, lämpötilaa ja toisaalta painatuskin on vakio.

Kulumiskestävyyden kannalta on olennaisen tärkeää, missä lämpötilassa terämateriaali on kulutushetkellä.

Kulutuskumien kesto perustuu rakenteelliseen jäykkyyteen, kumin itsensä kulutuksenkestoon ja ulkoisiin olosuhteisiin.

## 2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITE

Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää tiekoneissa käytettävien elastisten kulutusterien kulutuskestävyyden testaukseen soveltuva testimenetelmä.

Kehitetyn testin tulee olla toistettavuudeltaan niin luotettava, että testin tulosten perusteella voidaan osoittaa ne terämateriaalit, joiden hankintaa tulee välttää.

Soveltuvan testimenetelmän kehitystyön yhteydessä testattiin mahdollisimman suuri osa markkinoilla olevista terämateriaaleista. Testauksen avulla pyritään selvittämään huonot elastiset materiaalit, jotka on saatava pois tielaitoksen hankinnoista ja käytöstä.

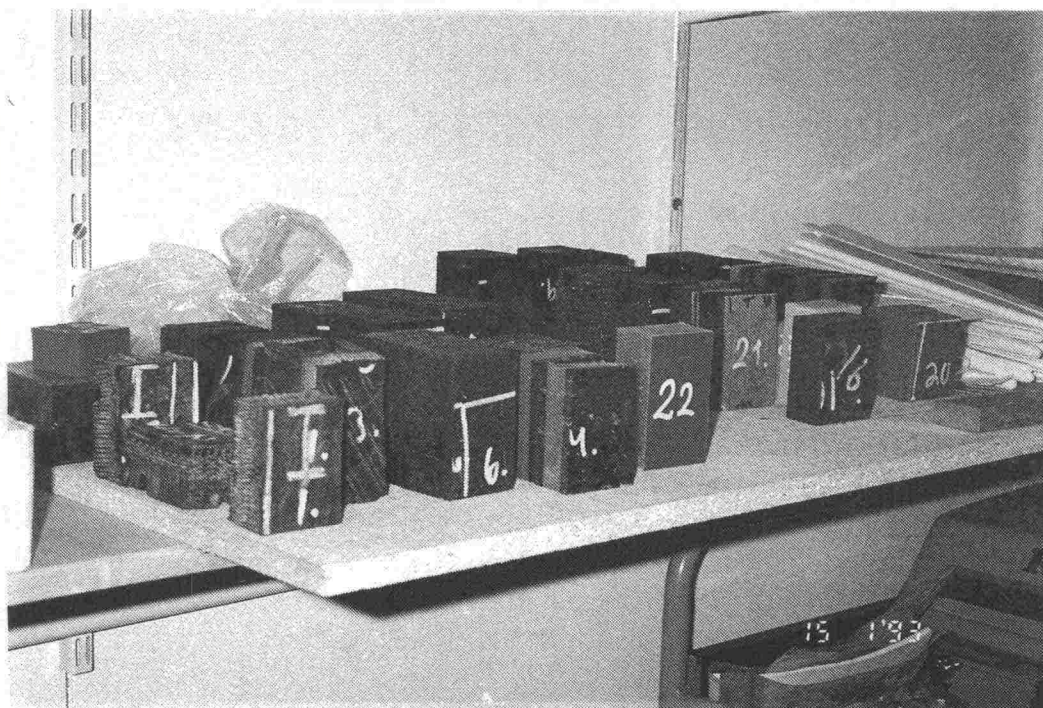
**Terämateriaalin pidempiäaikaisella kestolla työhön saadaan lisää taloudellisuutta ja mielekkyyttä.**

Tutkimus ja kehitystyö on suoritettu tielaitoksen tuotannon palvelukeskuksen Tampereen toimiston ja Mikkelin tiepiirin toimesta. Kehitetyn testilaitteen on rakentanut Aulis Mäkinen ja laitteella suoritettut testit toteutettiin Turun tiepiirin laboratoriossa, joka on myös testilaitteen sijoituspaikka.

### 3 YLEISTÄ ELASTISISTA KULUTUSTERIEN MATERIAALEISTA

Elastiset kulutusmateriaalit on jaettu testissä seuraaviin ryhmiin materiaalin ja rakenteensa takia:

1. Perinteinen musta kulutuskumi
2. Polyuretaaniset kulutusmateriaalit. Polyuretaanin pääasialliset käyttökohteet ovat olleet pinnoitteet mm. siloihin ja teloihin.
3. Kerrosrakenteiset kumit (sandwich-rakenne), joista käytetään myös nimitystä yhdistelmäkaavarit.
4. Vanhoista raskaan kaluston renkaista leikatut kulutuskumit.
5. Kulutuskumit, joita on vahvistettu esim. lasikuidulla tai teräksellä.



Kuva 1: Testatut materiaalit

### 3.1 Terämateriaalien hankinta

Kulutuskumit hankitaan käyttäjille tielaitokseen monella tavalla. Piireissä on ns. keskitettyä hankintaa ja ilmeisesti suurin osa tiemestaripiireistä hankkii terämateriaalit suoraan myyjiltä. Koska materiaalikirjo on suuri, hankinnoissa kannattaisi keskittyä ainakin piiritasoiseen keskittämiseen. Etuna on mm. edullisempi hinta ja tietoisuus käytetyistä materiaaleista. Keskittämisellä olisi etua myös myyjille, koska markkinointikanavat olisivat pienemmät.

Kirjavan hankinnan takia materiaalin vuotuiset käyttömäärät on arvioitu. Elastisia kulutusteriä hankitaan muutamalla sadallatuhanella vuosittain. Pelkkä materiaalin hinta on vain osa kokonaisuutta, johon tulee lisää mm. terien vaihtokustannukset ja hyvä työjälki.

Aurojen ym. kaluston valmistajat toimittavat nykyisin uusimman kalustonsa terien kanssa. Jos terät saataisiin standardisoitua mitoiltaan, kalusto voitaisiin hankkia ilman valmistajan toimittamaa terämateriaalia, joka on hinnoiteltu jopa kolminkertaiseksi materiaalin myyjiin verrattuna.

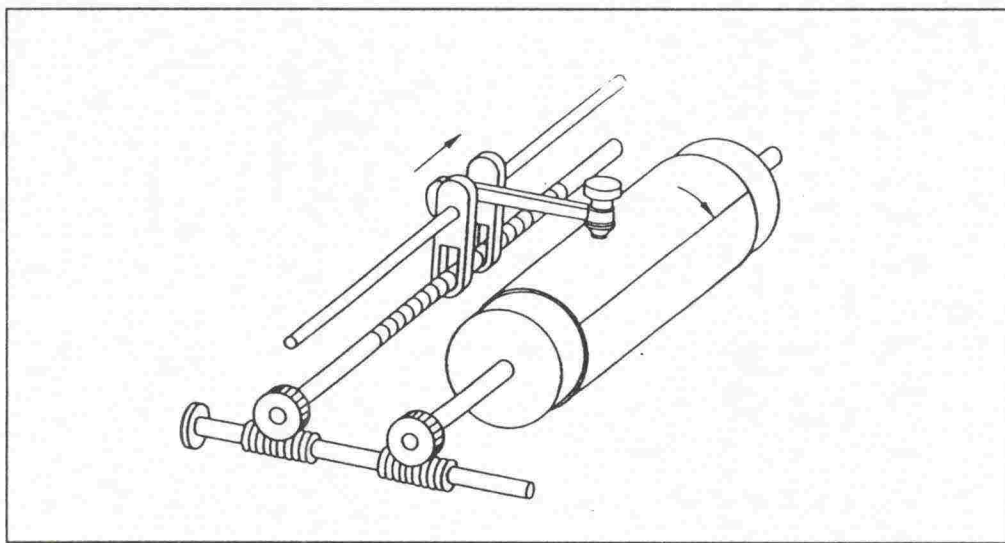


## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Kulutuskoe din 53516

Kulutuskoe tehtiin Vammalassa Teknikum Oy:n laboratoriossa. Testi toistettiin kullakin koekappaleella 3 kertaa, joista saatiin taulukon 1 mukaiset tulokset. DIN-koetta ei tehty koekappaleille, joissa oli vahvikkeita mm. terästä tai vastaavaa. Din-testi lyhyesti:

Testipala on halkaisijaltaan 15 mm, vahvuuden ollessa 10 mm. Kulutuspintana oli 150 mm halkaisijaltaan oleva sylinteri, jonka pituus oli 500 mm. Sylinterin vaippana oli karkeudeltaan 60 zu hiekkapaperi. Testipalaa painatettiin sylinterille 10 N voimalla. Sylinteri pyöri ja kumipalaa pyöritettiin samanaikaisesti sylinterin päästä päähän. Toistettavuus kolmella koekappaleella ja DIN-mukaisella vertailupalalla. Kulutuksen jälkeen kappale punnittiin. Painohäviön ja tiheyden perusteella laskettiin kulutettu tilavuus mm<sup>3</sup>.

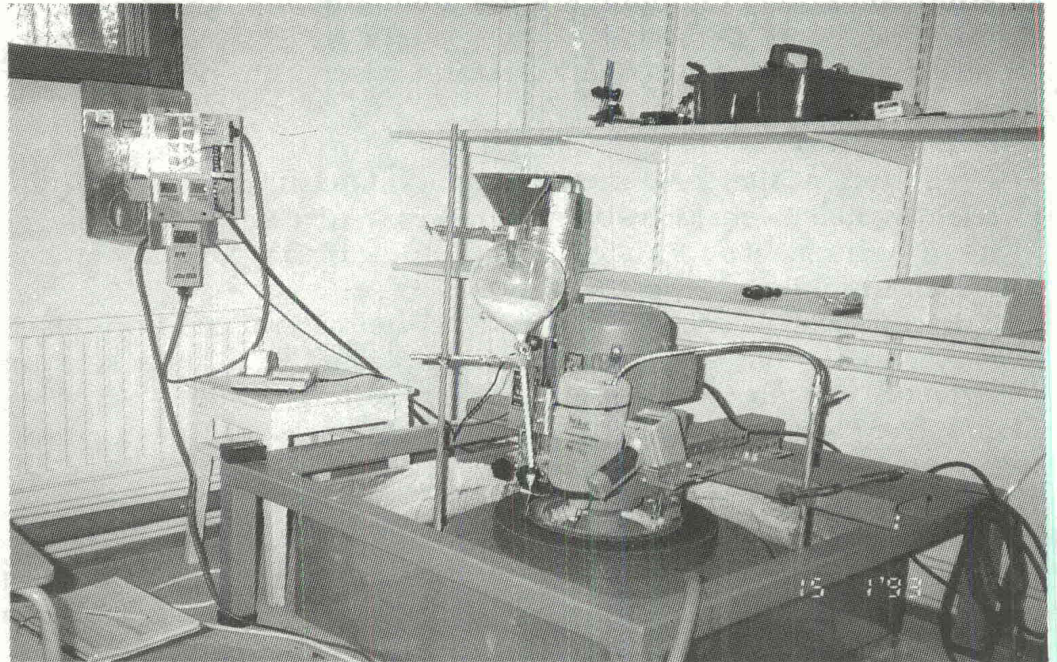


Kuva 2: DIN-laite.

### 4.2 Kulumiskestävyyslaite

#### Yleistä

Kulumiskestävyyslaite rakennettiin Turun tiepiirin laboratorioon, joka on samalla laitteen sijoituspaikka. Testattavat materiaalit leikattiin vakioituun kokoon 50 \* 80 mm pääosin vesileikkauksella. Koekappale kiinnitettiin testilaitteeseen siten, että terän ulkonema oli terän paksuus mutta enintään 40 mm.



Kuva 3: Kulumiskestävyyslaite.

#### **Yleistä testin kulusta:**

- Kuluminen märkä- ja kuivatesteissä mitattiin pituussuuntaisena kulumisena (mm). Kuluminen oli osin vähäistä, mutta huonoimmat materiaalit kuluivat kuitenkin muita selvästi enemmän.
- Aikakellolla määritettiin testin pituus (5...30 min)
- Kierroslukulaskijasta saatiin testausajan mukaiset kierrokset
- Materiaalin ja hiomakiven välistä kitkaa voitiin seurata Ampeerimittarista.
- Kiven lämpötilaa seurattiin infrapunalämpömittarista. Oletettiin, että kiven lämpötila on lähellä testatun materiaalin pintalämpötilaa. Todellisuudessa itse materiaalin pintalämpötila oli kulumakumeilla 10 - 15 astetta, polyuretaaneilla 5 - 10 astetta ja teräsvahvikkeisilla jopa 40 astetta suurempi kiveen verrattuna.
- Hiomakiven pintaa puhdistettiin ja "karhennettiin" tarpeen mukaan teräsharjalla. Kiven halkaisija on 40 cm.
- Koekappaleen pituussuuntaista kulumista seurattiin mittakellosta, jonka tulokset kirjautuivat kirjoittimelle.
- Koekappaleet punnittiin testin alussa ja lopussa
- Koekappaletta painatettiin 15,44 kilon painolla kiven pintaan. Viivapaino n. 3 kg/cm oli lähellä todellista painatusta täysimitaisella terällä.
- Koekappaleita tarkasteltiin testin jälkeen pintapuolisesti.

### 4.3 Kulutuskestävyys märkätestinä testilaitteella

Kulumiskestävyyslaitteessa märkätestaus suoritettiin seuraavasti:

- Testin kesto 30 min.
- Hiomakiven päälle juokсутettiin vettä vakioituna 0,5 litraa/min. Veden avulla kiven ja testimateriaalin välinen kitka pieneni.
- Kitkan lisäämiseksi kivelle juokсутettiin hienojakoista hiekkaa Alodur Aluminium Oxide Wsk 60.
- Märkätestauksen ongelmaksi muodostui materiaalin kulumisen vähyys, joten tulokset ovat suuntaa-antavia. Tuloksista voidaan kuitenkin erottaa selvästi huonot näytteet.
- lämpötila kivellä oli n. 15°C

### 4.4 Kulutuskestävyys kuivatestinä testilaitteella

Kuivatestausta oli muuten samanlainen kuin märkätesti poiketen seuraavasti:

- Kivelle ei juokсутettu vettä
- Testin pituus oli 5 - 10 min. riippuen materiaalin lämpötilan kehittymisestä ja kulumisesta.
- Kiven lämpötila kirjattiin 0,5 min. välein

Pääosa testauksesta keskittyi kuivakulutustestiin, koska ongelma kumin kulumiskestossa on materiaalin lämpökestävyys. Lumen- ja sohjonpoistossa pistekohtaisten korkeiden lämpötilojen takia kuluminen on joillakin materiaaleilla suurtakin.

Tuloksissa kuivakulutusta on käsitelty kahdesta näkökulmasta:

1. Mitä aika vaikuttaa materiaalin lämpötilaan ja
2. Mikä on lämpötilan vaikutus kulumaan.

#### 1. Ajan vaikutus lämpötilaan

Lämpötilan kehitys oli samansuuntaista kaikilla testatuilla materiaaleilla. Lähtölämpötila oli hiomakivellä 20 - 25 astetta, josta se nousi parhaimmillaan n. 90 asteeseen. Suurimmalla osalla testattuja materiaaleja lämpötila nousi 10 minuutin testauksen aikana 60 - 80 asteeseen. Lämpötilan kehityskäyrät eri materiaaleilla ovat liitteenä. Maastossa suoritetuissa mittauksissa todettiin terän lämpötilan nousevan hyvin nopeasti jopa lähelle 100 astetta.

## **2. Lämpötilan vaikutus kulumaan**

Kun lämpötila nousee terässä n. 30 - 40 asteeseen, kukin materiaali kestää kulutusta tasavertaisesti. Lämpötilan noustessa materiaalien väliset erot kulumiskestävyudessa ovat suuria korkeilla lämpötiloilla (liitteet).

### **4.5 Kenttämittaukset**

Edellisenä talvena kokeiltiin elastisten kulutusterien kulumiskestävyyttä kenttäkokein. Teriä käytettiin kulutuskumina kaksoisteräauroissa ja alusterissä. Kokeilu oli seurantana, jolloin käyttömäärät ym. ominaisuudet kirjattiin ylös.

Talven 1993 aikana mitattiin kumiterän lämpötiloja eri keliolosuhteissa kaksoisteräaurasta.

## 5 TUTKIMUSTULOKSET

### 5.1 Kulutuskoe DIN, märkä- ja kuivatesti kulumiskestävyyslaitteella

Taulukko 1: Kulutuskoe DIN, märkä- ja kuivatesti kulumiskestävyyslaitteella.

Näyte n:o	Din 10 N/mm <sup>3</sup>	Kulumis- kestävyyslaite/ märkä, mm	Kuivatesti mm
* 1	-	● 1,50	○ 0,45
* 2	-	0,90	0,70
* 3	-	○ 0,15	○ 0,40
4	92	1,40	2,90
5	102	0,50	1,60
6	90	○ 0,20	0,50
7	99	○ 0,10	○ 0,40
8	95	0,70	● 6,30
9	● 259	● 3,70	● 10,3
10	110	○ 0,40	1,70
11	○ 67	0,50	2,90
12	80	○ 0,20	2,80
* 13	107	1,25	● 3,40/7
* 14	● 182	0,90	● 7,90/7
15	○ 42	● 1,50	● 4,0
16	● 141	1,00	○ 0,30
17	● 133	0,60	● 8,10/5
18	96	○ 0,15	0,5
* 19	-	0,50	○ 0,1
20	○ 69	● 3,45	● 8,70
21	103	0,50	0,80
22	○ 58	1,25	● 3,30
* 23			3,10

\* 1, 2, 3, 19 ja 23 vahvikkeiden takia ei DIN-koetta

\* 13 ja 14 DIN-tulos kerrosrakenteen keskeltä

\* 23 ei märkätestiä

● = Huonoimmat

○ = Parhaat

Märkä- ja kuivatestin tulos on materiaalin kulumisen määrä (mm) testin keston aikana.

Tulosten tarkastelu kulumisen perusteella:

- Tutkimuksessa käytetty kuivatestausmenetelmän tyyppinen testaus täydennettynä joko DIN- tai märkätestinä antaa tarpeellisen informaation ns. **huonojen** terämateriaalien seulontaan.
- Testissä erottui kulumisen perusteella huonoimmiksi terät numerot 8, 9, 14, 17, ja 20. Terien hankintaa tulee välttää.
- Pienin kuluminen oli terillä 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 16, 18, 19 ja 21.
- **Jatkotoimenpiteet:** Tielaitoksessa tulisi siirtyä elastisten kulutusterien hankinnassa suurien hintavaihteluiden takia keskitettyyn hankintamenettelyyn ja ennen hankintapäätöksiä tulisi toimittaja velvoittaa suorittamaan Turun tiepiirin laboratoriossa kulutustesti. Testin suoritustapa vakioidaan kesän 1993 aikana noudattaen tämän tutkimuksen mukaisen testin pääperiaatteita.

## 5.2 Materiaalin hinta/kulutussuhde kuivatestin perusteella

Taulukko 2: Hinta/kulutussuhde

Terä	Mk/m	Mk/sarja	Paksuus mm	Alka H 100 mm kulumaan	Mk/h	Talven hinta auto (200 h)
	Korkeus 200					
1	100	400	25	37,0	11	2160
2	100	400	35	23,8	17	3360
3	100	400	50	41,7	10	1920
4	110	440	20	5,7	77	15312
5	220	880	40	10,4	84	16896
6	220	880	40	33,3	26	5280
7	820	3280	50	55,6	59	11808
8	820	3280	50	2,6	1240	247968
9	820	3280	50	1,6	2031	406195
10	220	880	40	9,8	90	17952
11	420	1680	20	5,7	292	58464
12	315	1260	25	6,0	212	42336
13	350	1400	30	3,4	408	81600
14	300	1200	30	1,5	813	162514
15	1100	4400	30	4,2	1056	211200
16	230	920	30	47,6	19	3864
17	200	800	30	1,0	778	155520
18	420	1680	30	33,3	50	10080
19	950	3800	50	166,7	23	4560
20	750	3000	23	1,9	1566	313200
21	400	1600	25	20,8	77	15360
22	1000	4000	30	5,1	792	158400
23	600	2400	20	5,3	454	90720
Hinnat ovat toteutuneita hintoja						

Laskelmissa huomioitu:

Terän korkeus 200 mm ja pituus 4,0 m. Kuluman määräksi on oletettu 100 mm. Materiaalin kokonaiskuluma on laskettu kuivakulutustestin mukaan, josta on laskettu montako tuntia terä kestää 100 mm:n kulutuksessa. Kulutus on lähellä maksimia. Kulutuksesta on laskettu, paljonko maksaa pelkkä terän kuluminen (mk/h). Laskelmissa ei ole huomioitu vaihdoista aiheutuneita kustannuksia. Lopussa on laskettu kulumisesta aiheutuva hinta/auto, jos terää käytetään 200 h/talvi.

Hankintahinnat ovat halvimpia hintoja, millä materiaalia on saatu myyjiltä 1993 talvella.

### **Tarkastelu hinta/kulutussuhde**

Lasketuissa talven hinnoissa on todella suuria eroja. Halvimman materiaalin hinta talven osalta on n. 2000 markkaa ja kalleimman n. 400 000 markkaa. Laskelma ei kerro todellisia kustannuksia talven osalta, koska terillä ei ajeta aina epäedullisissa olosuhteissa.

Kulumisen perusteella huonoimmat materiaalit olivat pääosin myös hinnakkaimpia talven hintalaskelmassa.

Edullisimpia ovat osa mustista kulutuskumeista (4, 5, 6, 7, 10, 16, ja 18), toisaalta niissäkin on huomattavia hintaeroja (kalliita 8, 9, ja 17).

Vanhoista raskaan kaluston renkaista leikatut kulutuskumit (1, 2, 3) ovat hinnaltaan edullisia.

Polyuretaanit (15, 20 ja 22) ovat materiaalin hinta/kulumisen suhteessa kalliita.

Kerrosrakenteisista pehmeämmän sisustan materiaalit (13 ja 14) ovat suhteellisen hinnakkaita, mutta jäykemmän välikerroksen materiaali on käytöltään edullista (19).

Vahvikkeisista kulutuskumeista lasikuituvahvikkeinen (21) on edullista ja teräsjäykisteinen (23) kallista hinta/kulumisen laskelmissa.

### **Tulosten yleistarkastelu**

- **Musta kulutuskumi**, joista sopivimmiksi terätyypeiksi käy sellaiset materiaalit, joiden lämmönkestävyys on hyvä, paksuus yli 30 mm. Nämä materiaalit ovat edullisia ja käytössä ongelmattomia. Pääosalla testattuja kulutuskumeja lämmönkestävyys oli hyvä. Materiaali on ulkonäöltään samannäköistä, joten hankintavaiheessa tulee erityisen huolellisesti varmistua, että hankittava materiaali on nimenomaan lämpökulutusta kestävää laatua. Tässä materiaaliryhmässä on erittäin suuret laatu- ja hintavaihtelut.
- Raskaan kaluston **vanhoista renkaista leikatut** terämateriaalit kestivät kulutusta hyvin, ja ne ovat hankintahinnaltaan edullisia. Materiaalin huonona puolena on teräsvahvikkeiden käyttäytyminen ja mittapoikkeamat. Teräsvahvikkeinen materiaali sitoo itseensä runsaasti lämpöä työn aikana, mikä nopeuttaa kumiosuuden kulumista. Materiaali ei sovellu vulkanoitaviin teräratkaisuihin. Paras tässä ryhmässä oli ns. "rättirengas". Vanhojen renkaiden käyttämistä ko. tarkoitukseen tuotekehittelyn osalta kannattaa jatkaa, mm. renkaiden uusiokäytön takia.



- **Polyuretaanimateriaalit** kestivät hyvin DIN-mukaisessa kulutus-testissä. Materiaali kestää kulutusta sohjoisissa tasaisen päällysteen olosuhteissa, jolloin lämpötila ei nouse korkealle. Polyuretaani ei sido lämpöä itseensä, mutta niiden lämmönsietokyky on huono ja hinta on korkea.
- Testissä oli mukana **kerrosrakenteiset** materiaalit, joista kovavahvikkeiset rakenteet kestivät kulutusta hyvin, mutta olivat liian jäykkiä toimiakseen hyvin uraisilla teillä. Kerrosrakenne, jossa oli pehmeämpi "sisusta" ei kestänyt kulutusta hyvin. Mukautuminen tienpintaan on kuitenkin hyvä.
- **Vahvikkeiset** kulutuskumit kestivät testissä hyvin, mutta käytännössä ongelmana on ollut mm. vahvikkeen rikkoontuminen. Vaijerivahvisteinen kulutuskumi sitoo itseensä lämpöä runsaasti, mikä vaikuttaa kulumiskestävyteen huonontavasti.

#### **Vahvuuden vaikutus:**

Elastisen kulutusmateriaalin optimipaksuus on 30...50 mm. Ohuempi materiaali taipuu ja kuluu nopeammin (mm. huonompi lämmönsietokyky, liite)

### **5.3 Kenttämittaukset**

Kenttäkokeiden tulokset olivat suuntaa antavia, koska muuttuvia tekijöitä on paljon. Tuloksiin vaikuttaa oleellisesti mm:

- \* Painatuksen määrä
- \* Tienpinnan karkeus
- \* Tienpinnan ja poistettavan materiaalin kosteus
- \* Seurannan aktiivisuus ym. tekijät, joten seurannan tulosten hajonta oli suuri ==> päädyttiin laboratoriotestauksiin, jolloin olosuhteet pääosin vakioitavissa.

Talven 1993 aikana mitattiin kumiterän lämpötiloja eri keliolosuhteissa kaksoisteräaurasta. Mittausten mukaan lämpötilat vaihtelevat suuresti kumiterän eri osissa. Lämpötila vaihteli viidestä asteesta noin sataan asteeseen samalla terällä. Suuret lämpötilaerot johtuivat tienpinnan kosteudesta, polanteen laadusta ja määrästä.

## 6 TUTKIMUKSEN JATKO

1. Kulumiskestävyyslaitteen "hienosäätö" märkäkulutuksen osalta siten, että kuluminen testattavilla materiaaleilla saataisiin suuremmaksi. 2. Testin lopullinen vakioiminen, jolloin uudet markkinoille tulevat materiaalit voidaan testata. 3. Määritellään kulutuskestävyyden raja-arvot. Kustannukset jatkokehittelystä muodostuisivat pääosin työajan kustannuksista.

## 7 TESTATUT MATERIAALIT

### Näyte n:o, toimittaja ja materiaali

#### 1. Mustat kulutuskumit

4. Vikmet Oy, musta kulutuskumi (U-20), vahvuus 20 mm. Kovuus 60 s.
5. Vikmet Oy, musta kulutuskumi (U-40), vahvuus 40 mm. Kovuus 60 s.
6. Vikmet Oy, musta kulutuskumi (V-40), vahvuus 40 mm. Kovuus n. 60 s.
7. Ajax Pelti- ja metallityöt, musta kulutuskumi, vahvuus n. 50 mm. Kovuus 60 s.
8. Ajax Pelti- ja metallityöt, musta kulutuskumi, vahvuus n. 50 mm. Kovuus 70 s.
9. Ajax Pelti- ja metallityöt, musta kulutuskumi, vahvuus n. 50 mm. Kovuus 80 s.
10. Snow Line, musta kulutuskumi, vahvuus 40 mm. Kovuus n. 60 s.
11. Vulk-tarvikkeet Oy, musta kulutuskumi Remaline 70 A 60 S, vahvuus 20 mm. Kovuus 60 s.
12. Vulk-tarvikkeet Oy, musta kulutuskumi Remaline 60 A 60, vahvuus 25 mm. Kovuus 60 s.
16. Suomen Teollisuuskumi Oy, musta kulutuskumi ECO 60, vahvuus 30 mm. Kovuus n. 65 s.
17. Suomen Teollisuuskumi Oy, musta kulutuskumi TRS 60, vahvuus 30 mm. Kovuus 60 s.
18. Oy Trellex Ab, musta kulutuskumi T-60, vahvuus n. 50 mm. Kovuus 60 s. (Kuivakulutustesti 30 mm:n vahvuisella koe-kappaleella, koska vahvempi ei onnistunut suuren kitkan takia)

**2. Polyuretaanit**

15. R. Leskinen Ky, Vaalea polyuretaani C53/80, vahvuus 30 mm. Kovuus 75 s.
20. R. Leskinen Ky, Punainen polyuretaani, vahvuus 23 mm. Kovuus n. 85 s.
22. R. Leskinen Ky, Punainen polyuretaani, vahvuus 30 mm. Kovuus n. 90 s.

**3. Kerrosrakenteiset**

13. Vulk-tarvikkeet Oy, "3-kerroskumi, yhdistelmäkaavari" Rema-clean musta-vihreä-musta, vahvuus 30 mm. Kovuus n. 70/55/70 s.
14. Vulk-tarvikkeet Oy, "3-kerroskumi, yhdistelmäkaavari" Rema-clean musta-harmaa-musta, vahvuus 30 mm. Kovuus n. 85/50/85 s.
19. Oy Trellex Ab, Easy Clean 4-kerrosrakenteinen kumi, vahvuus 50 mm. Kovuus 60/100/60/100 s.

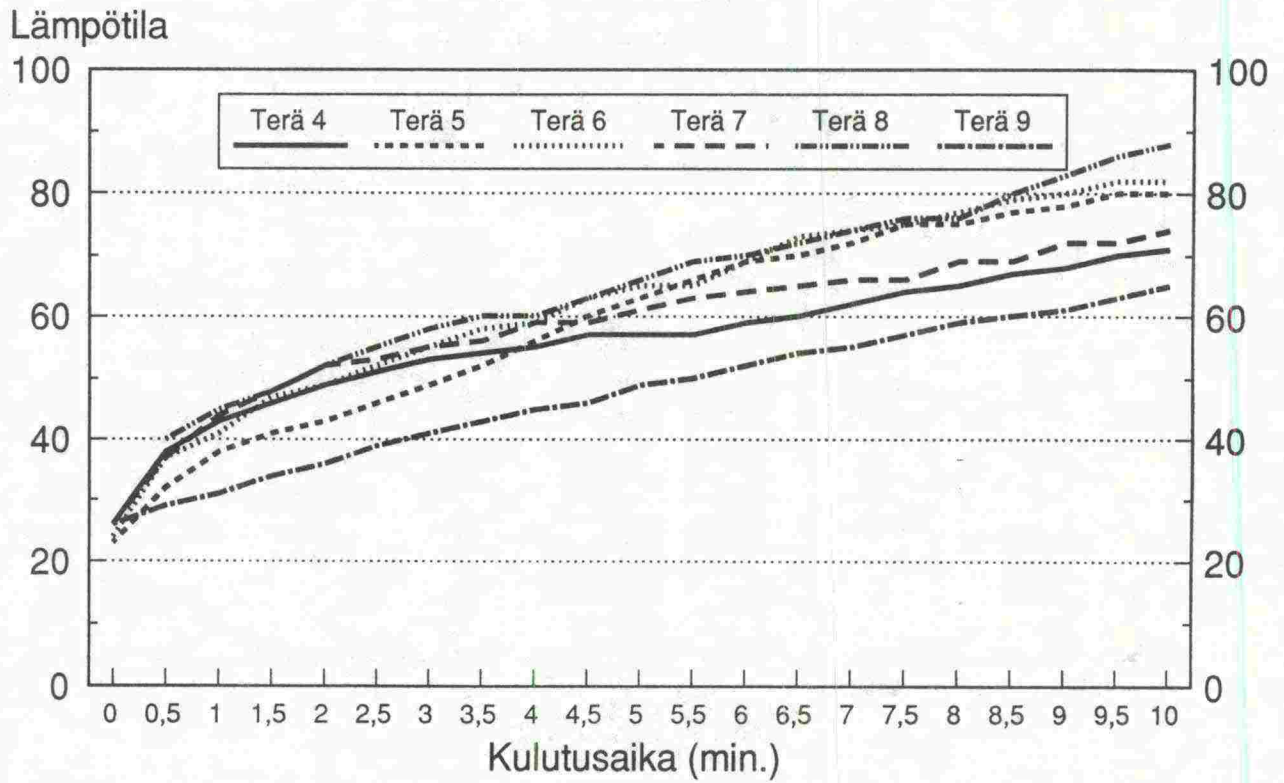
**4. Vanhat autonrenkaat**

1. Pultek Ky, raspattupintainen teräsvyörengas, vahvuus n. 25 mm. Kovuus 55-60 shorea.
2. Pultek Ky, yleisin kuorma-auton rengasmateriaali, vahvuus 35 mm. Kovuus 55 s.
3. Pultek Ky, tekstiilikudoksinen työkonerengas, vahvuus n. 50 mm. Kovuus 65 s.

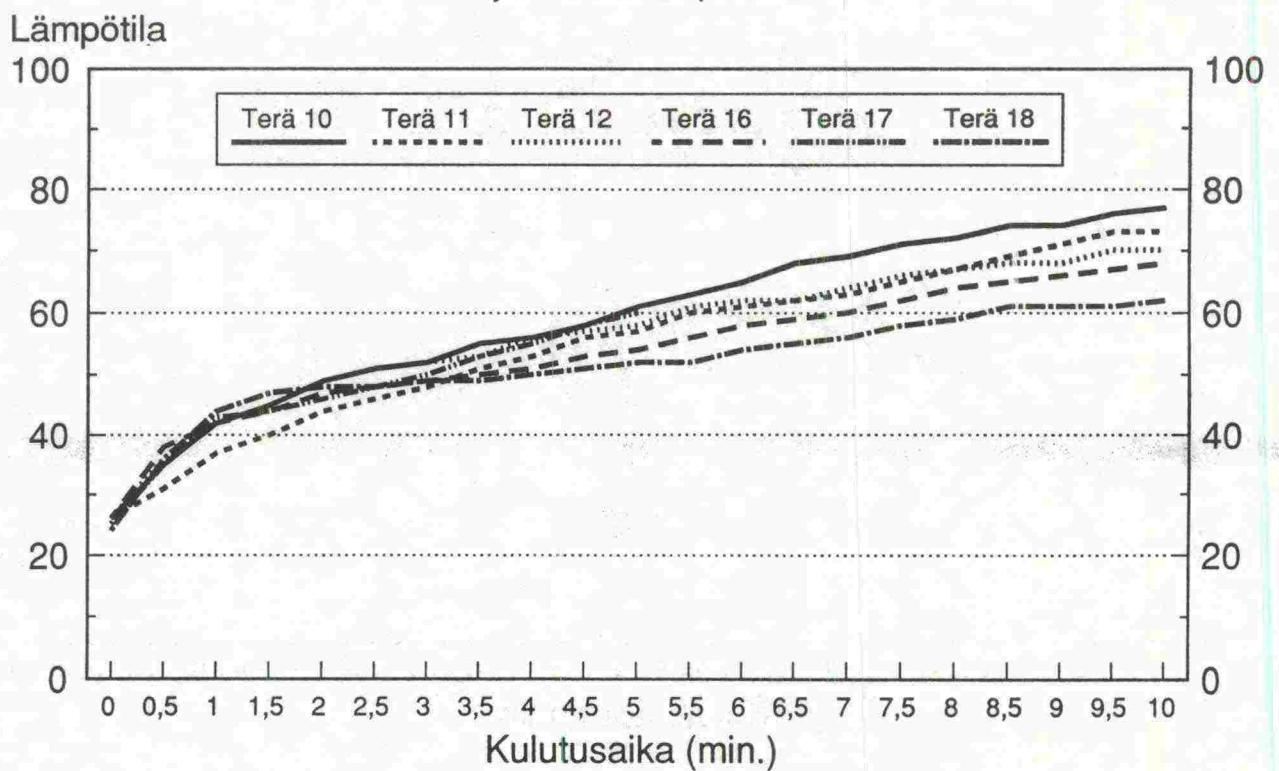
**5. Vahvikkeiset kulutuskumit**

21. Kumikumppanit Oy, lasikuituvahvisteinen kulutuskumi, vahvuus 25 mm. Kovuus 60 s.
23. Trafino Oy, teräsvahvikkeinen kulutuskumi, vahvuus 20 mm. Kovuus n. 75 s.

Kuivatesti/Mustat kulutuskumit  
Ajan vaikutus lämpötilaan

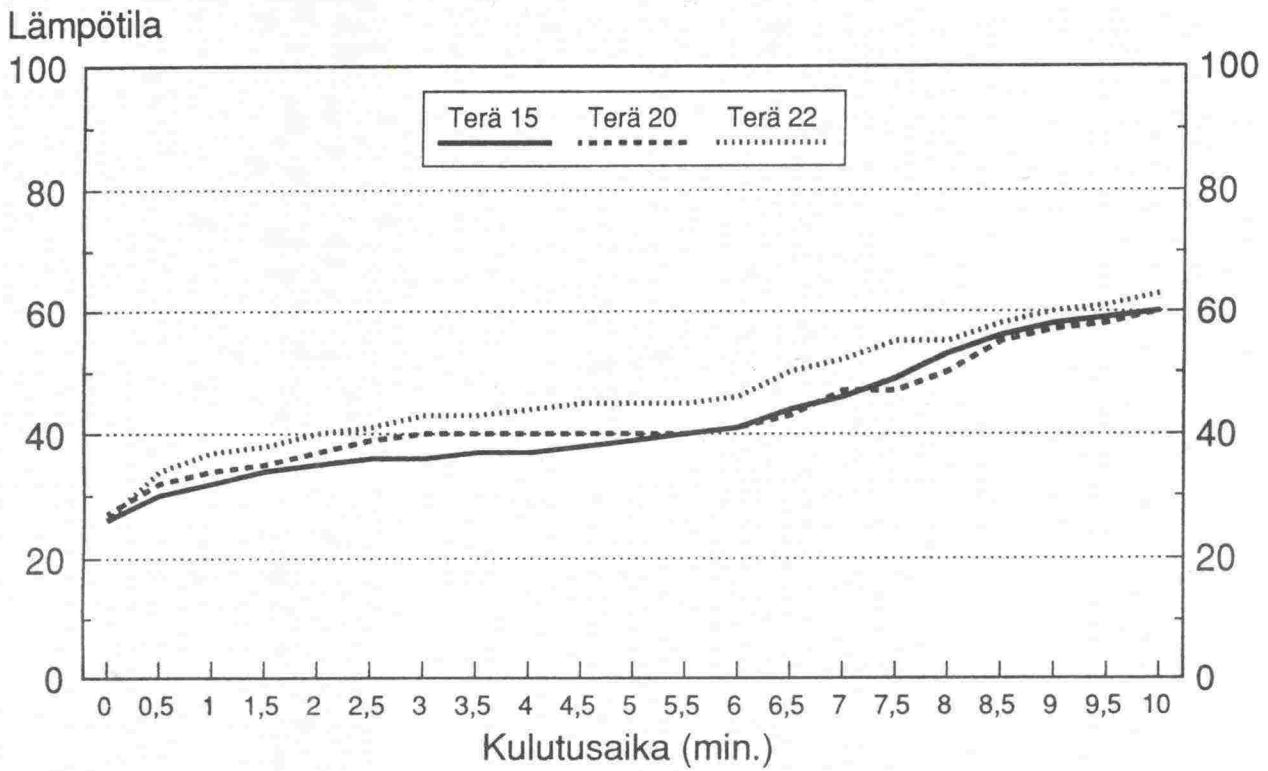


Kuivatesti/Mustat kulutuskumit  
Ajan vaikutus lämpötilaan

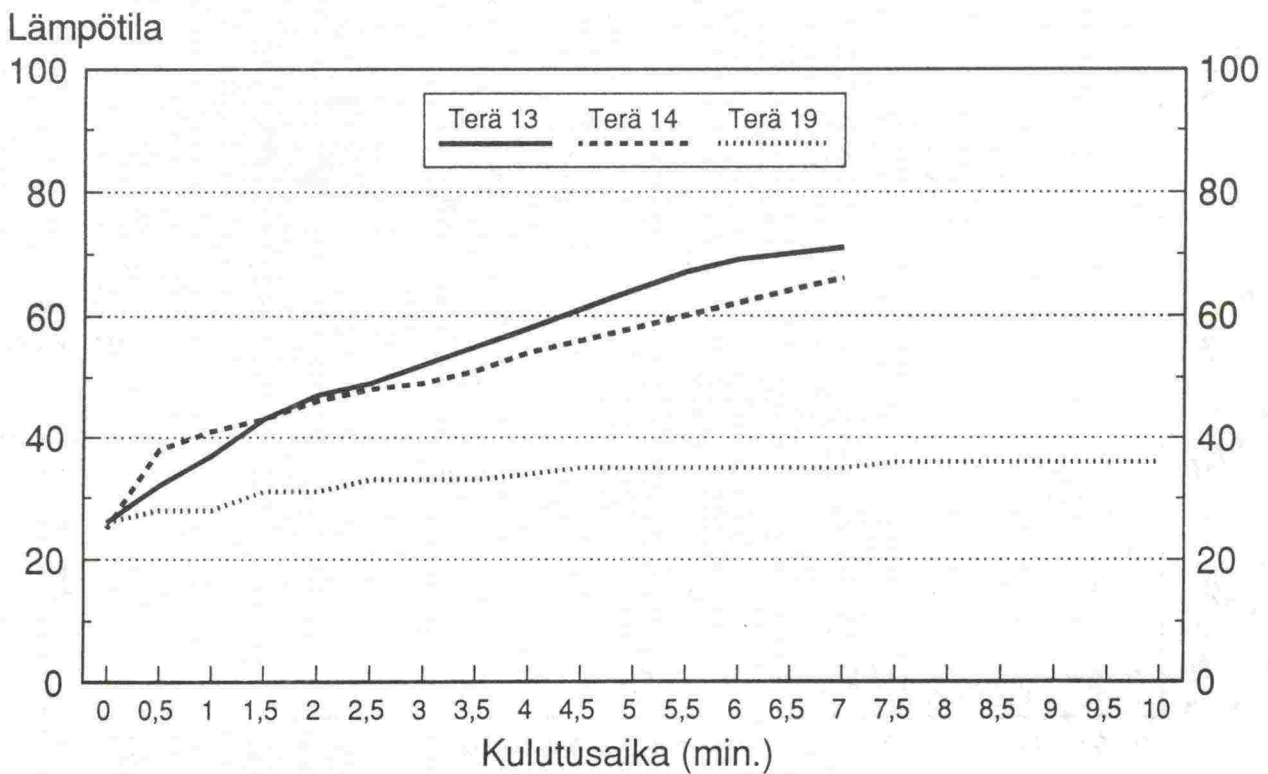


LIITE 1 (2)

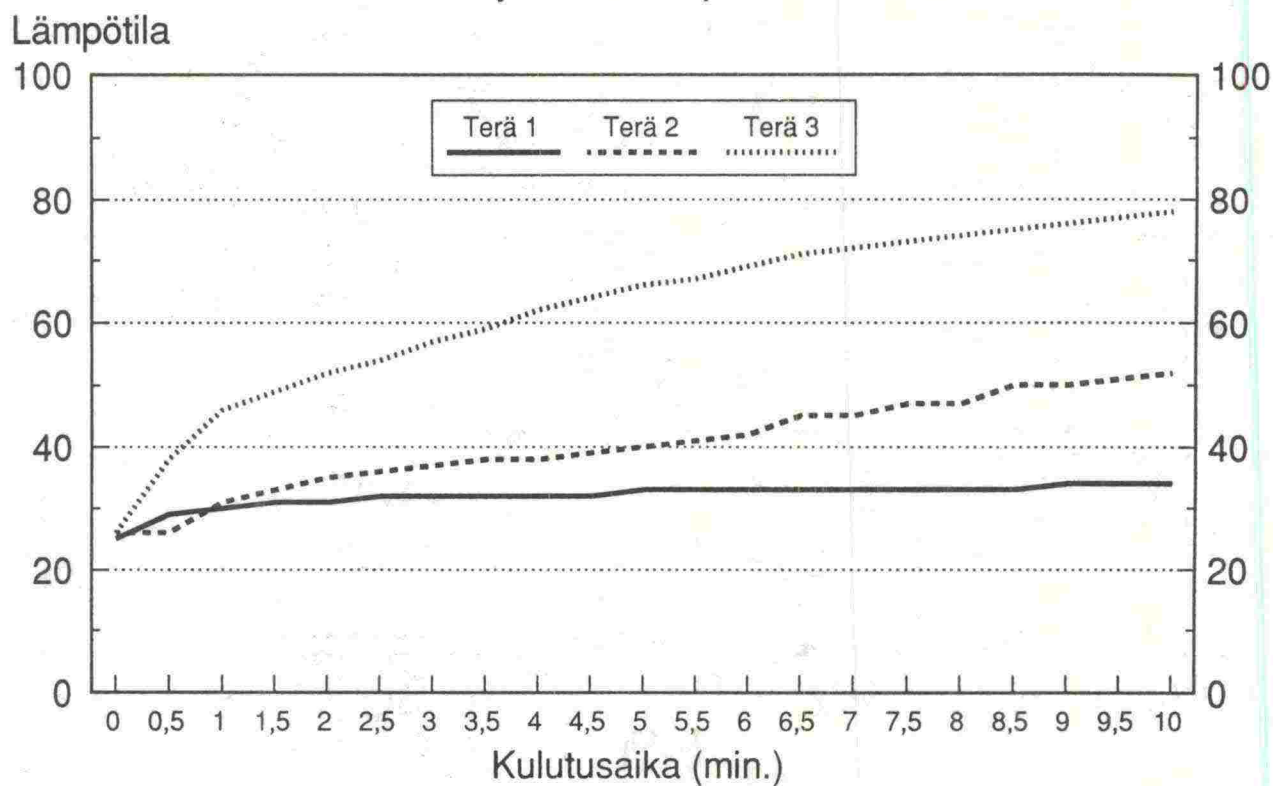
Kuivatesti/Polyuretaanit  
Ajan vaikutus lämpötilaan



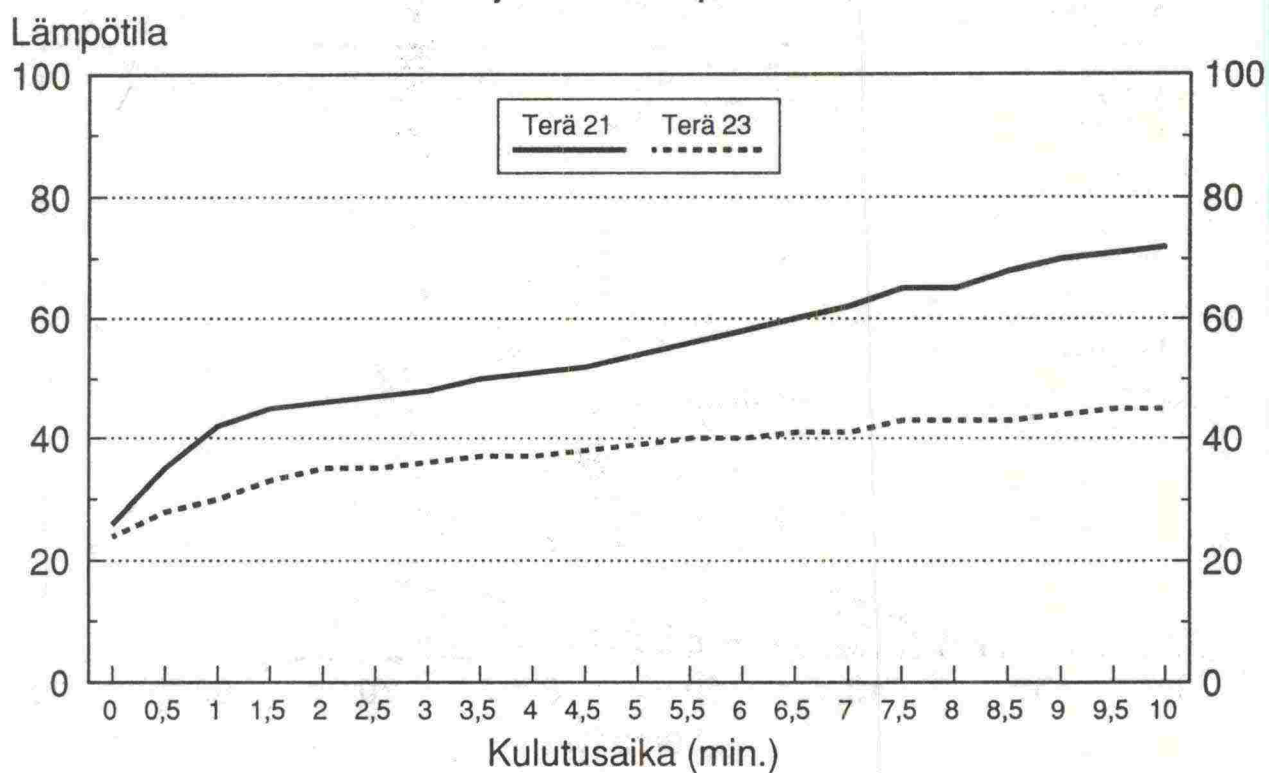
Kuivatesti/Kerrosrakenteiset  
Ajan vaikutus lämpötilaan



Kuivatesti/Vanhat leikatut autonrenkaat  
Ajan vaikutus lämpötilaan

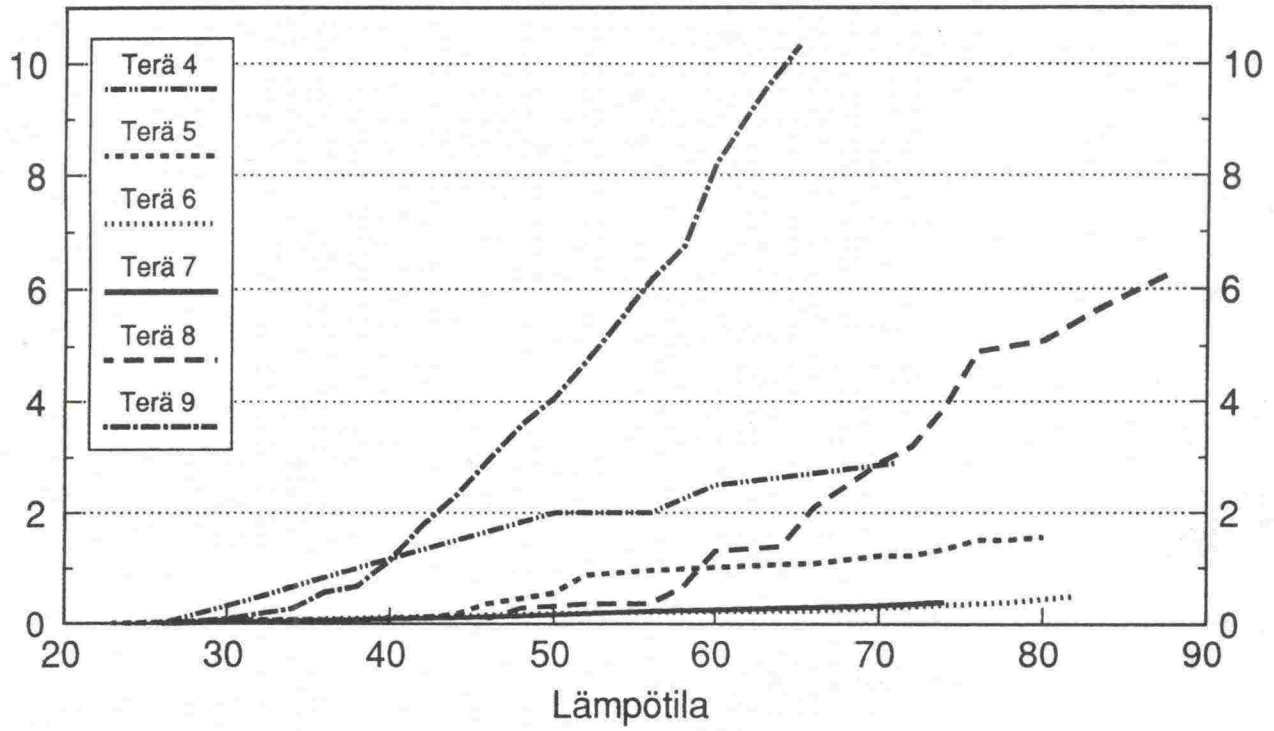


Kuivatesti/Vahvikkeiset kulutuskuumit  
Ajan vaikutus lämpötilaan



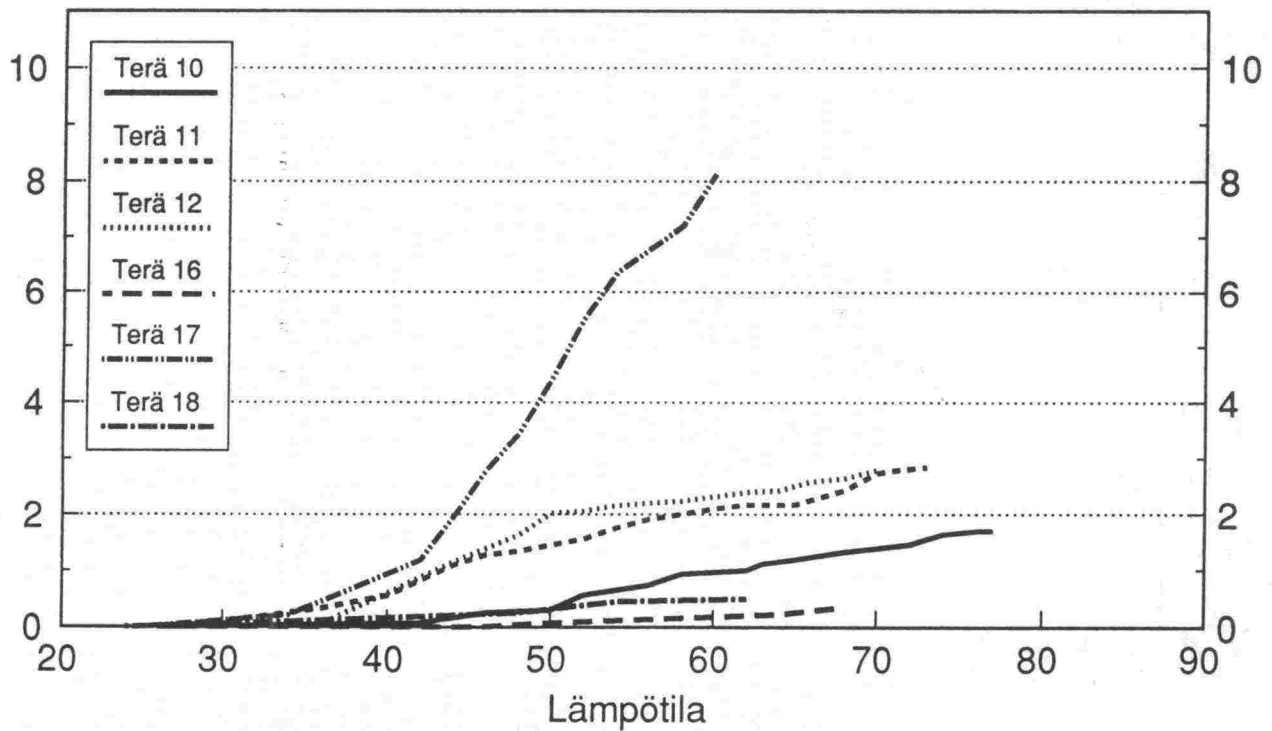
Kuivatesti/Mustat kulutuskuomit  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

Kuluma mm



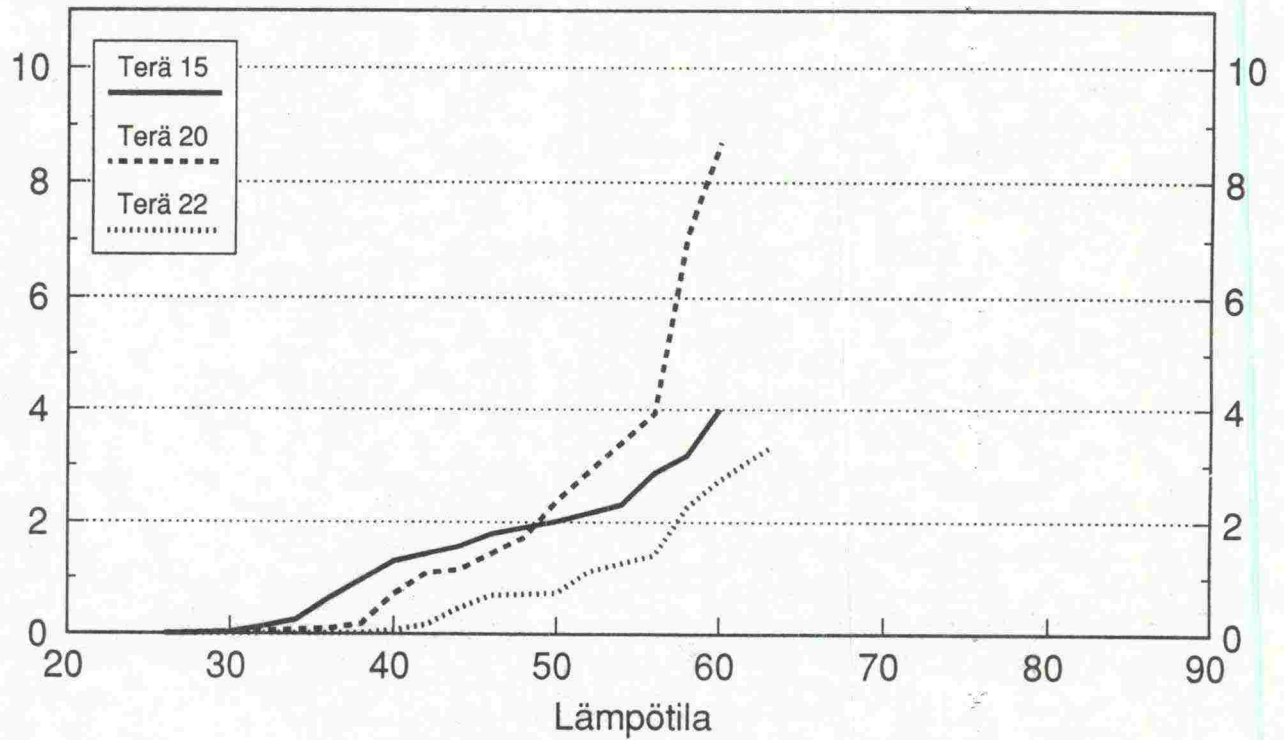
Kuivatesti/Mustat kulutuskuomit  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

Kuluma mm



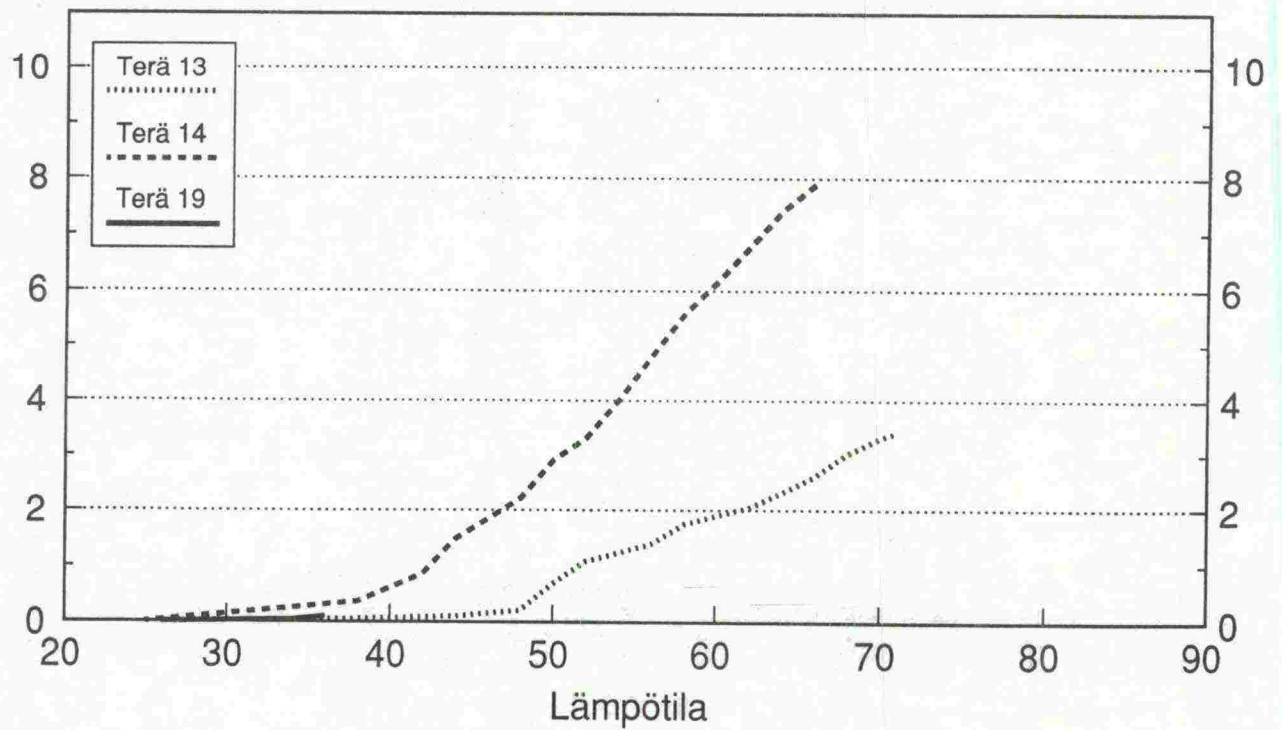
Kuivatesti/Polyuretaanit  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

Kuluma mm



Kuivatesti/Kerrosrakenteiset  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

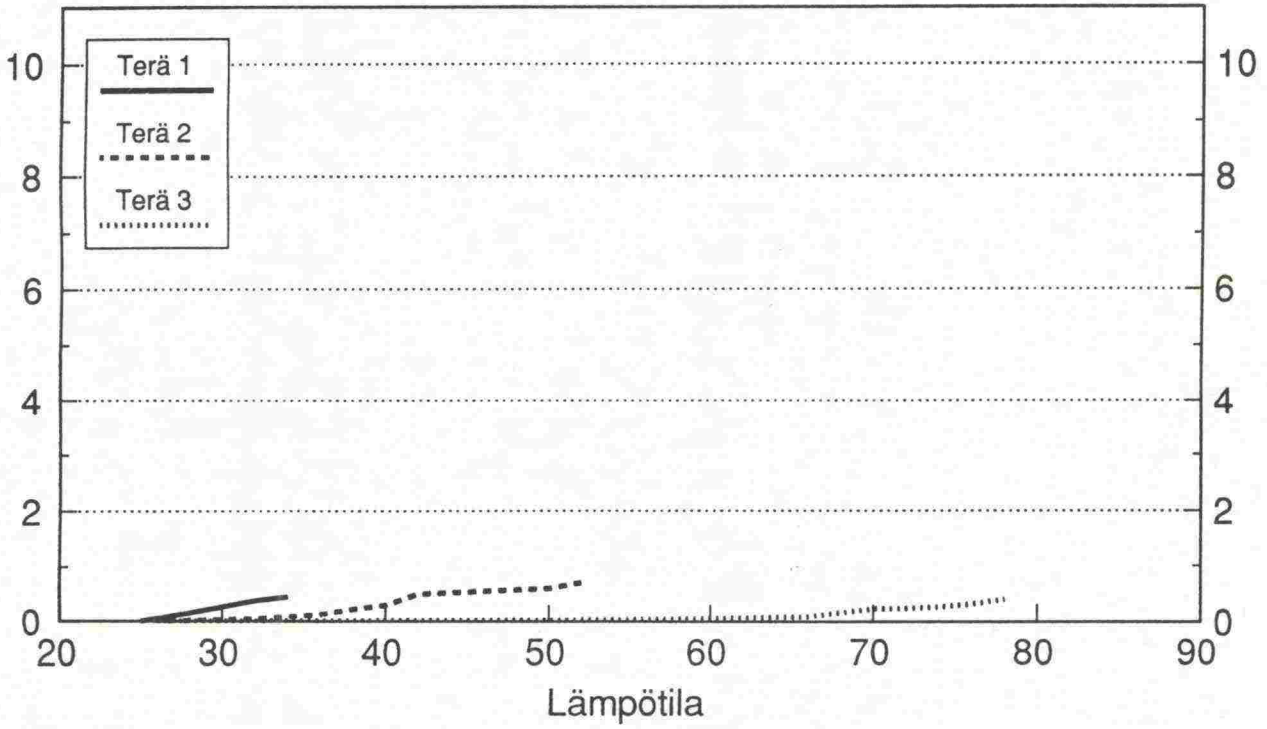
Kuluma mm





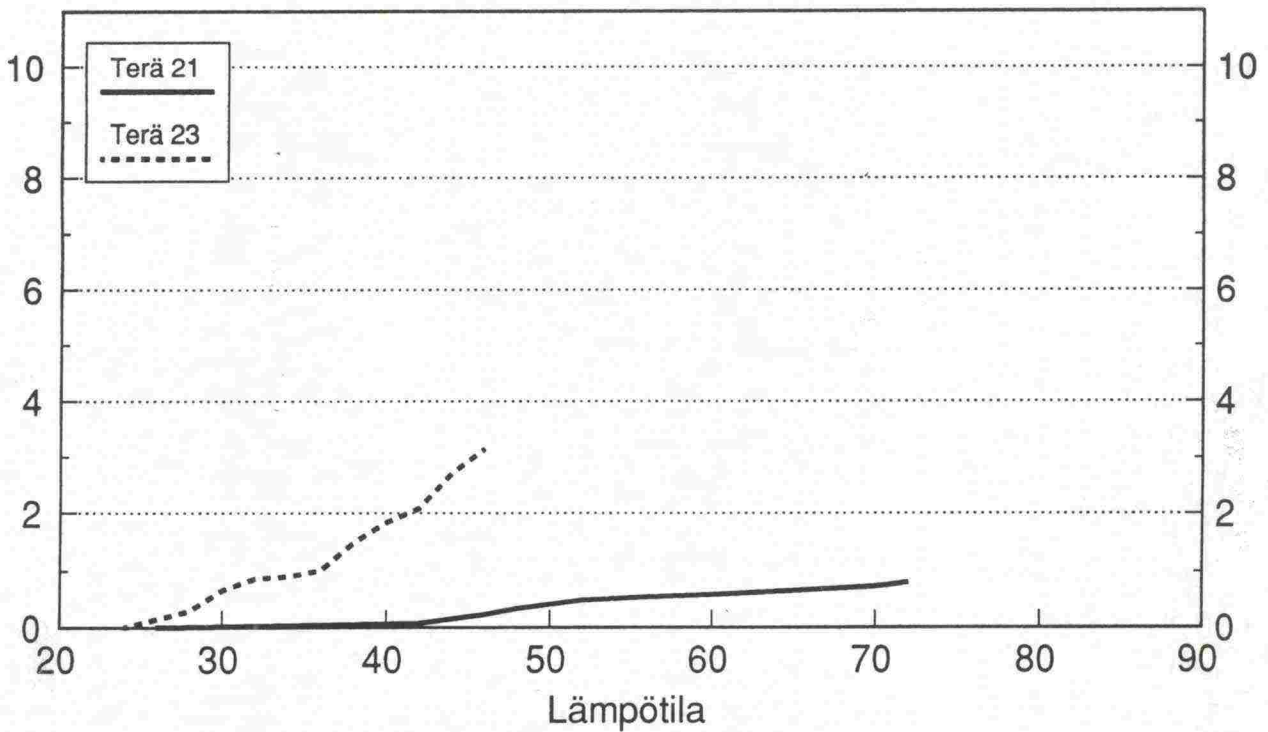
Kuivatesti/Vanhat leikatut autonrenkaat  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

Kuluma mm



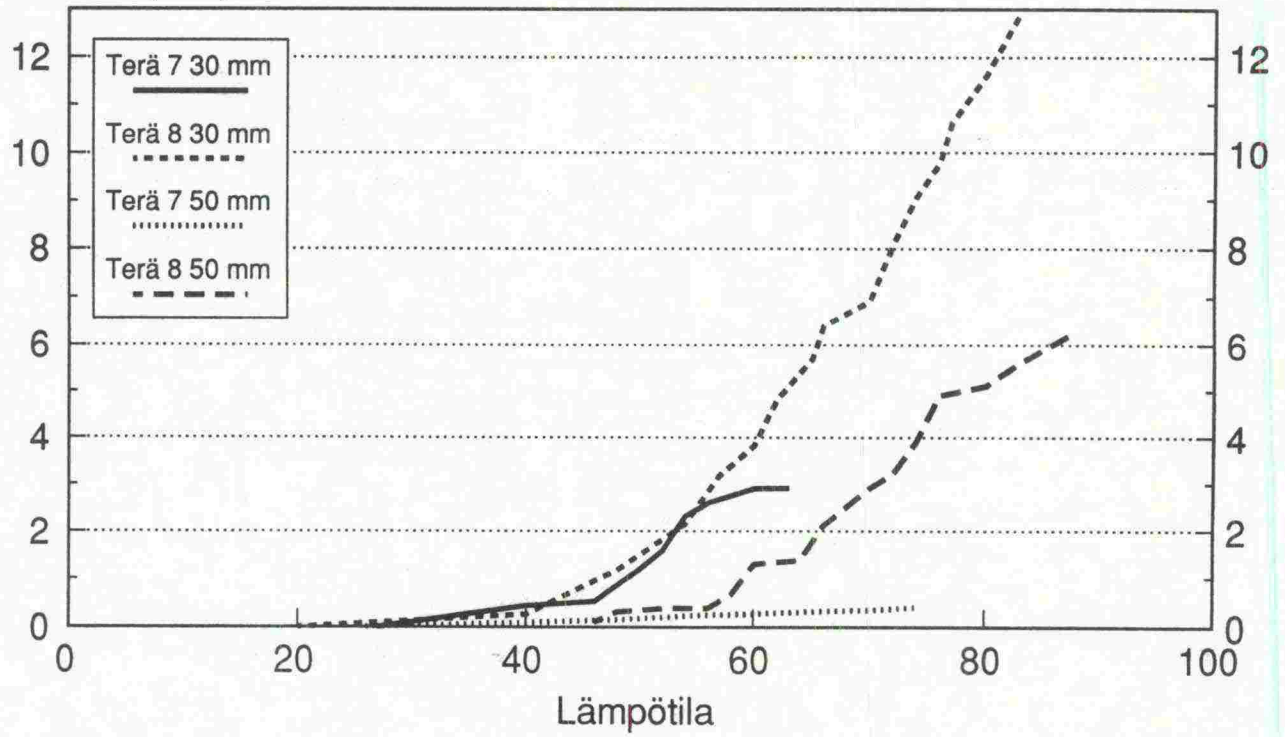
Kuivatesti/Vahvikkeiset kulutuskumit  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

Kuluma mm



Kuivakulutus  
Lämpötilan vaikutus kulumaan

Kuluma (mm)



#### TIEHALLITUKSEN SISÄISIÄ JULKAISUJA

- 46/1992 Tielaitoksen liiketaloudelliset laskelmat; Tilinpäätösanalyysi ja ennakoiva tulossuunnitelma, yleisohje. Talous- ja tietotuki
- 47/1992 Liikenneympäristön tilaselvitys, melu. Kehittämiskeskus
- 48/1992 Tieliikenneonnettomuudet eri nopeusrajoituksilla vuonna 1991. TIEL 4001828-92
- 49/1992 Pyöräkuormaajien ja traktorien seurantatutkimus. TIEL 4000024
- 50/1992 Liuoslevittimien käyttökokeilu. TIEL 4000025
- 51/1992 Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen, väliraportti III: Materiaalitutkimuksia jalostetuista teollisuuden sivutuotteista. Kuopion tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 52/1992 Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen, väliraportti IV: Koerakenteet. Kuopion tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 53/1993 Tieterien pinnoitteet ja kovametalliset terät lumiauroissa. Kuopion tuotantotekninen kehitysyksikkö

#### TIELAITOKSEN SISÄISIÄ JULKAISUJA

- 1/1993 Liuossuolan ja kostutetun suolan kenttäkokeita; ennakkosuolaus, suolan leviäminen ja pysyvyys. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 2/1993 Työjärjestys. Keskushallinto
- 3/1993 Liuoksen kuljetussäiliöt, runko- ja jalkarakenteet; Vaihtoehdot 1.1.1993. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö.
- 4/1993 Tulohajauksen kehittäminen kohti tuotantosopimusmenettelyä. TIEL 4000026
- 5/1993 Tielaitoksen henkilöstö 1992. Keskushallinto/yrityshallinto
- 6/1993 Yleisjohdon neuvottelupäivät, Helsinki 19.-20.1.1993, kokousmuistio.
- 7/1993 Yleissuunnittelun pilottiraportti; Länsiväylä välillä Kivenlahti - Suomenoja. Keskushallinto/tiehallinto
- 8/1993 Matkakertomus Ruotsiin ja Norjaan suuntautuneelta talvikunnossapito-matkalta 13.-19.12.1992. Tuotannon palvelukeskus, Tampere
- 9/1993 Ympäristövaikutusten arviointi, kokeilu tiehankkeissa 1. TIEL 4000027
- 10/1993 Päälystetyn tieverkon kuntomittaukset ja hallintajärjestelmät. TIEL 4000028
- 11/1993 Tuloraportti 1992. TIEL 4000029
- 12/1993 Yleisten teiden ympäristön tilan selvitys. Luonto, maisema, kulttuurihistoria. TIEL 4000030