



Ska vi tjära vår nya plastbåt?



Mittuniversitetet

MID SWEDEN UNIVERSITY

Leonid Kuzmin



Skidbelaget är redan fulländat?

Vi tjärar inte våra plastbåtar, men vi paraffinerar våra plastskidor. Kan glidvallor tillföra någonting?



Total glidfriktion (μ)

- Om vi simplificerar och antar att friktionskomponenter är oberoende av varandra (Colbeck, 1992):

$$\mu = \mu_{plow} + \mu_{dry} + \mu_{lub} + \mu_{cap} + \mu_{dirt}$$

plow – plowing;

dry – solid deformation;

lub – water lubrication;

cap – capillarity attraction;

dirt – surface contamination;

Abstraherad glidfriktion (μ)

- Just nu diskuterar vi inte viktfordelningen på skidor (spannet), därför kan vi förenkla ekvationen lite:

$$\mu = \mu_{dry} + \mu_{lub} + \mu_{cap} + \mu_{dirt}$$

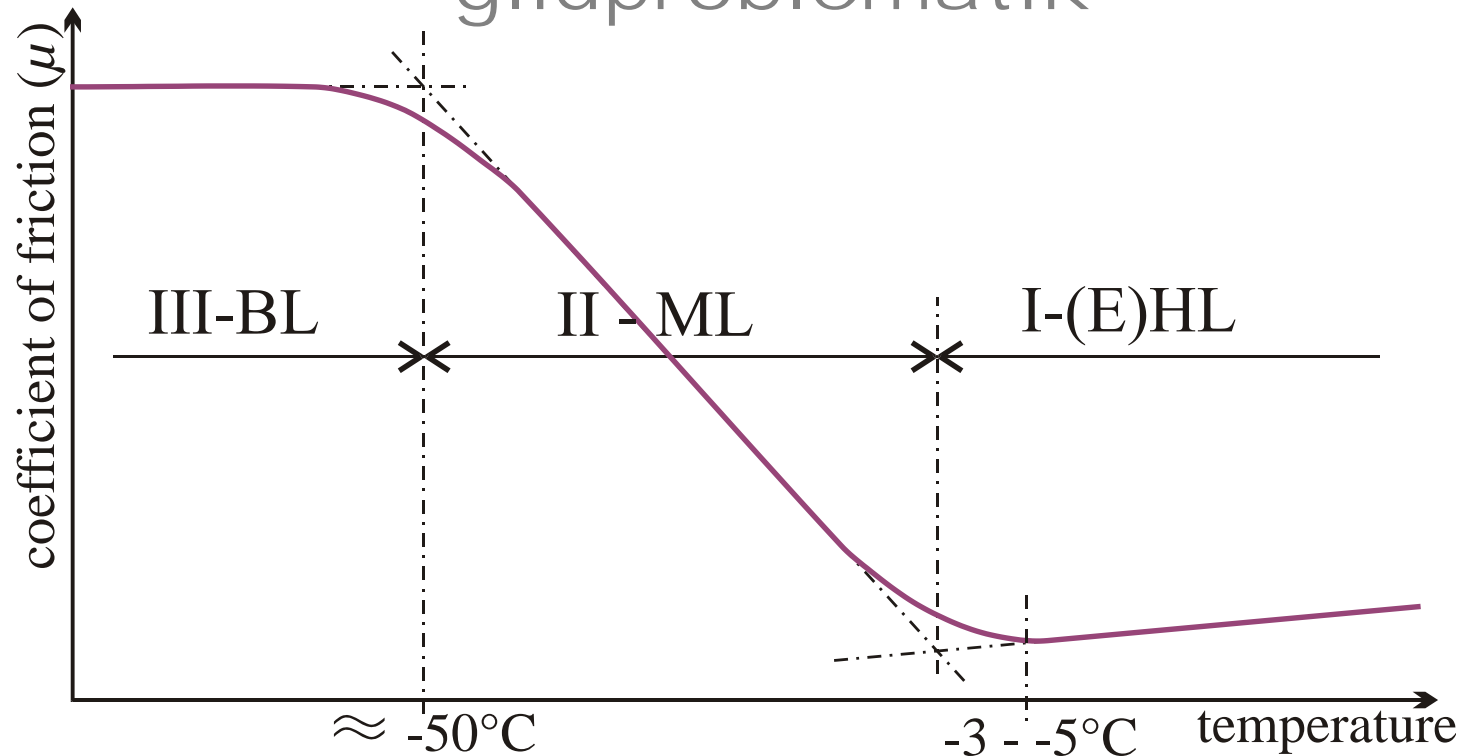
dry – solid deformation;

lub – water lubrication;

cap – capillarity attraction;

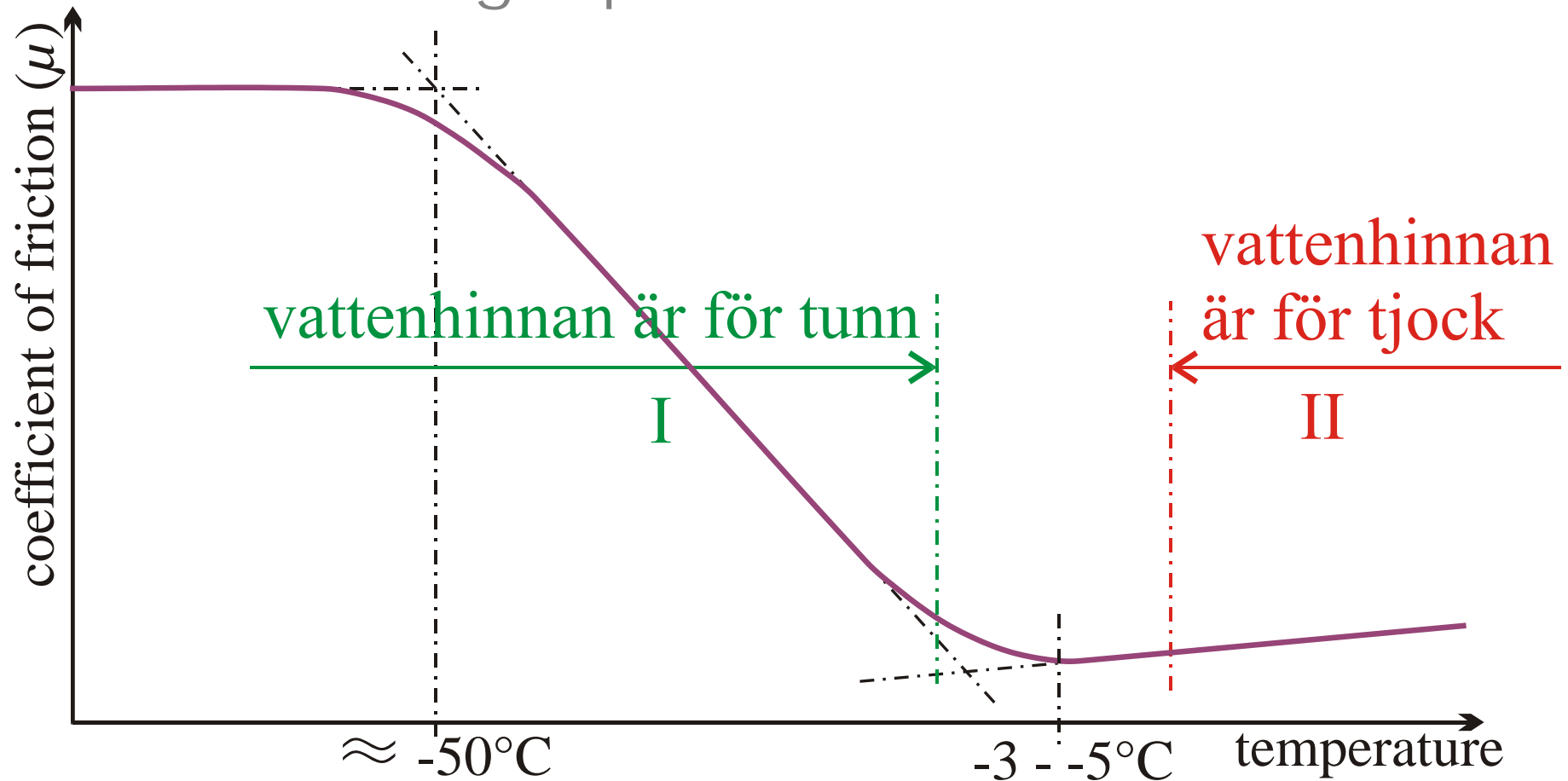
dirt – surface contamination;

En klassisk interpretation av lika klassisk glidproblematik



Generalized Stribeck curve (Schipper, 1988) . I : Full-film lubrication (E)HL. II : Mixed lubrication ML. III : Boundary lubrication BL

Och en tillämpad interpretation av glidproblematiken



Vattenfilmen är för tunn

- Vi befinner oss i zon I. Därför kan vi negligera både kapillärdrag smutsabsorbering. Våra tester visar väldigt liten smutsbeläggning under riktigt kalla förhållandena.

$$\mu = \mu_{dry} + \mu_{lub}$$

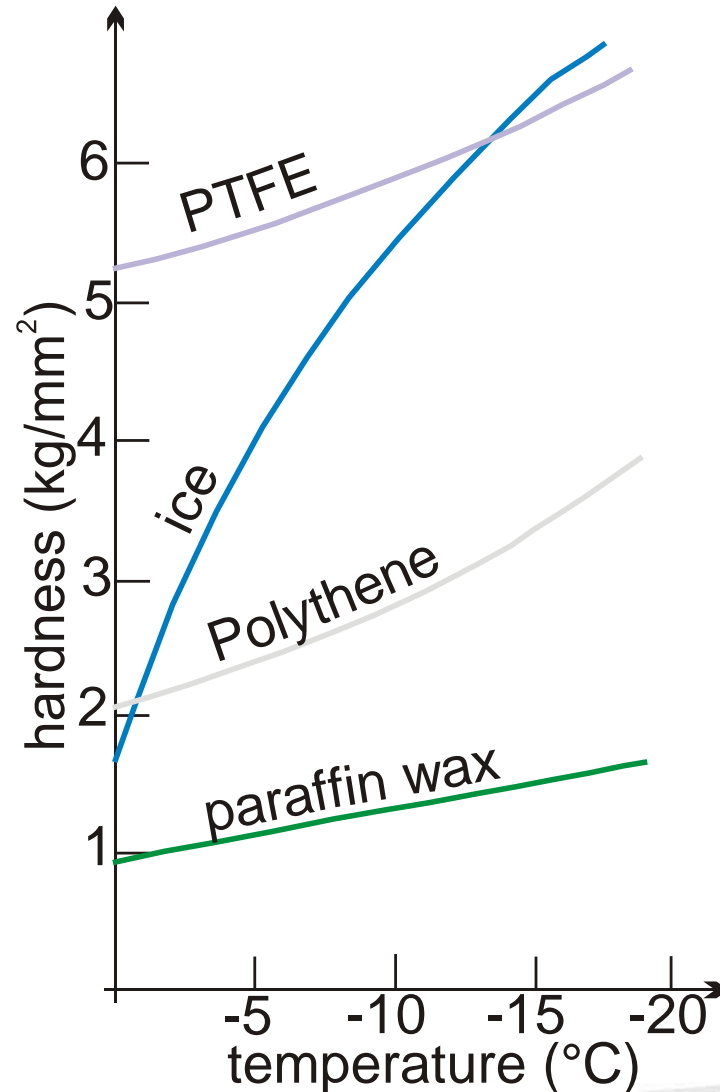
$$\text{och } \mu_{dry} \geq \mu_{lub}, \text{ eller } \mu_{dry} \gg \mu_{lub}$$

Med andra ord, under dessa förhållanden, är minskning av torrfriktion det effektivaste sättet att minska total friktion.

Torrfriktion dominerar

- Vi befinner oss i zon I och vi vill minska torrfriktionen. Adhesion är redan försumbar (Colbeck, 1992), därför ska vi koncentrera oss på skidbelagets hårdhet.

Ut ur (Bowden, 1953) - Influence of temperature on hardness (2 s loading time).



SWIX egen artikel

- Ut ur (Karlöf et al., 2005): "Since ice is harder than PE in most temperatures and has a larger change in hardness as well one of the purposes of wax is to adjust the hardness of the sliding surface to match the hardness of the snow"

Det är inte lätt att härda ett hårdare material med ett mjukare.

	Hardness - Shore D
STAR Ski Wax (NA):	
0°/-4°C	13,90
-2°/-6°C	28,40
-4°/-12°C	40,10
-8°/-20°C	48,60
SWIX LF4 -10°C/-20°C	45,80
Vauhti graphite antistatic Hard -7°...-25°C	44,70
TOKO Dibloc LF blue -10°C to -30°C	44,90
P-Tex® 2000	64,20
P-Tex® 4000	67,30
P-Tex® 5000	68,60

Kan ett mjukare material härda ett hårdare material?

- Men med tanke på att man många gånger ska "mätta" sina skidor;
- Med tanke på olika värmelådor;



Vi bestämde oss
att genomföra ett
enkelt experiment

Ett simpelt experiment

Soft glide wax
STAR NA
0 - -4°C

Melted by
106°C



Hard glide wax
STAR NA
-8 - -20°C

Melted by
128°C

Ett simpelt experiment

- P-Tex[®] 2000 prover från den mjukglidvalla badet och Shore[®] S1 Portable Digital Durometer



Visuellt resultat

After 22 hours in soft glide wax
STAR NA 0 - -4°C melted by
 106°C



After 22 hours in hard glide wax
STAR NA -8 - -20°C melted by
 128°C



Parametriska resultat

	Hard glide wax STAR NA -8 - -20°C		Soft glide wax STAR NA 0 - -4°C	
	After 15 s		After 15 s	
Base	Hardness Shore D		Hardness Shore D	Weight [g]
Graphite	64,0		64,8	5,806
Transparent	62,2		62,0	5,467
	After 22 h		After 22 h	
Graphite	47,3		44,1	12,038
Transparent	47,0		57,2	7,012

Belaget blev mjukare och samtidigt väldigt skört.
Materialet blev helt obrukbart som skidbelag.

Inget nytt under solen!

- Ut ur (Slotfeldt-Ellingsen and Torgersen, 1982):

Det er imidlertid

viktig å merke seg at hvis man i stor grad smelter materialet og "fyller det" med parafinvoks, vil de mekaniske egenskapene (slitestykke o.a.) bli drastisk redusert.

- Inte nog med det – ut ur (Shimbo, 1972): "Paraffins were found to come off almost completely from the sliding surfaces after running several hundred meters over granular summer snow"

SWIX egen artikel

- Ut ur (Karlöf et al., 2005): "During sliding, first the thin wax layer at the surface wears off, then the "stored" wax in the base is "sweating" due to a reversed diffusion process and supplies the gliding interface with lubricating material"

Detta betyder att skidbelaget har lagrat glidvalla, som spenderas under loppet.

En enkel beräkning

Distance covered $D = 10 \text{ km} = 10^4 \text{ m}$

Ski breadth $b = 40 \text{ mm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$

Glide wax thickness $h = 10 \mu\text{m} = 10^{-5} \text{ m}$

Glide wax volume $D \times h \times l = 0,004 \text{ m}^3 = 4 \text{ l}$

Vi behöver 4 liter glidvaxa per skida för att ordna en $10 \mu\text{m}$ tjock paraffinhinna mellan skidbelag och snö. Är detta möjligt?



Inget nytt under solen!

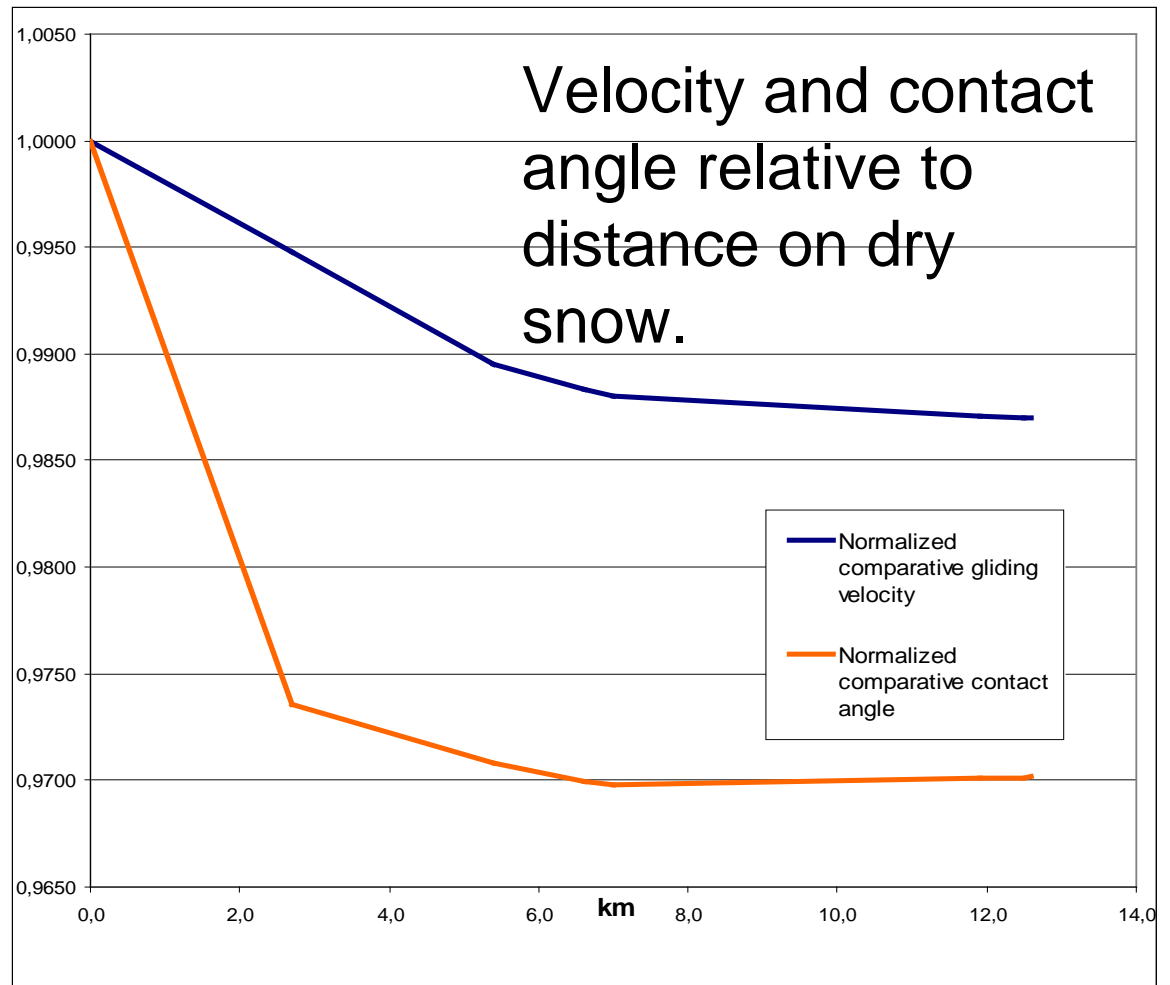
- Ut ur (Slotfeldt-Ellingsen and Torgersen, 1982):

Man tror at graden og hastigheten av denne "utsvettingen" har betydning for glien når det ytre vokslaget er slitt vekk. Da sikre undersøkelser om disse forhold ikke er utført, er man imidlertid henvist til spekulasjoner på dette punkt.

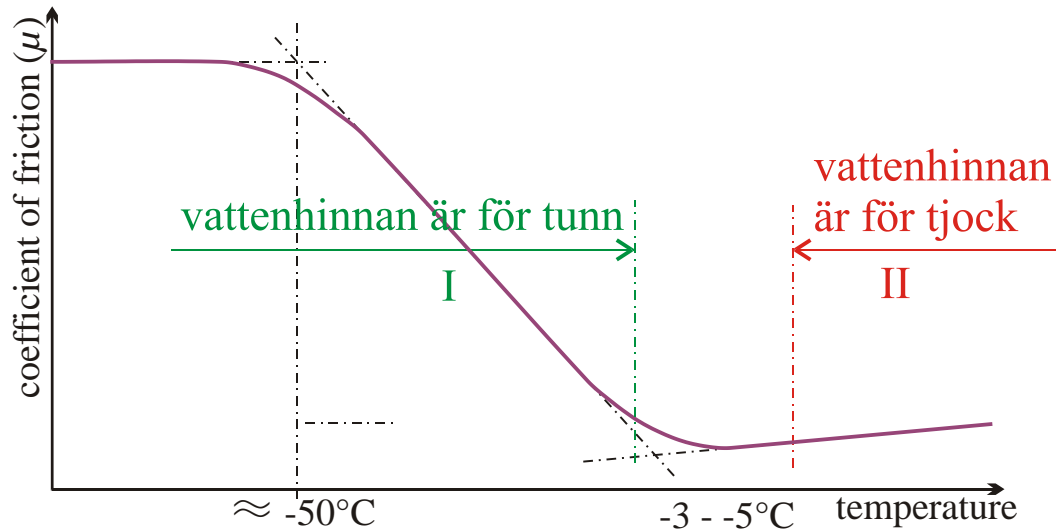
- Inte nog med det – ut ur (Traverso, 1986):
"Therefore, the original hypothesis of a slow and continuous migration of the wax from the internal to the external part of the insole is not valid"

Ur vårt eget experiment

Jämförelse mellan stålsicklade och glidvallade skidor (värdet < 1 , paraffinerade skidor försämras snabbare)



UHMWPE skidbelag är ett fulländat material för kalltföre



- Paraffineringen kan inte tillföra något positivt under kalla och torra förhållandena (i den gröna zonen I).

Vattenfilmen är för tjock

- Vi befinner oss i zon II. Därför kan vi negligera torrfriktionen. Däremot, våra tester visar väldigt stor smutsbeläggning under blöta förhållandena.

$$\mu = \mu_{lub} + \mu_{cap} + \mu_{dirt}$$

$$\text{och } \mu_{dirt} \geq \mu_{lub}, \text{ eller } \mu_{dirt} \gg \mu_{lub}$$

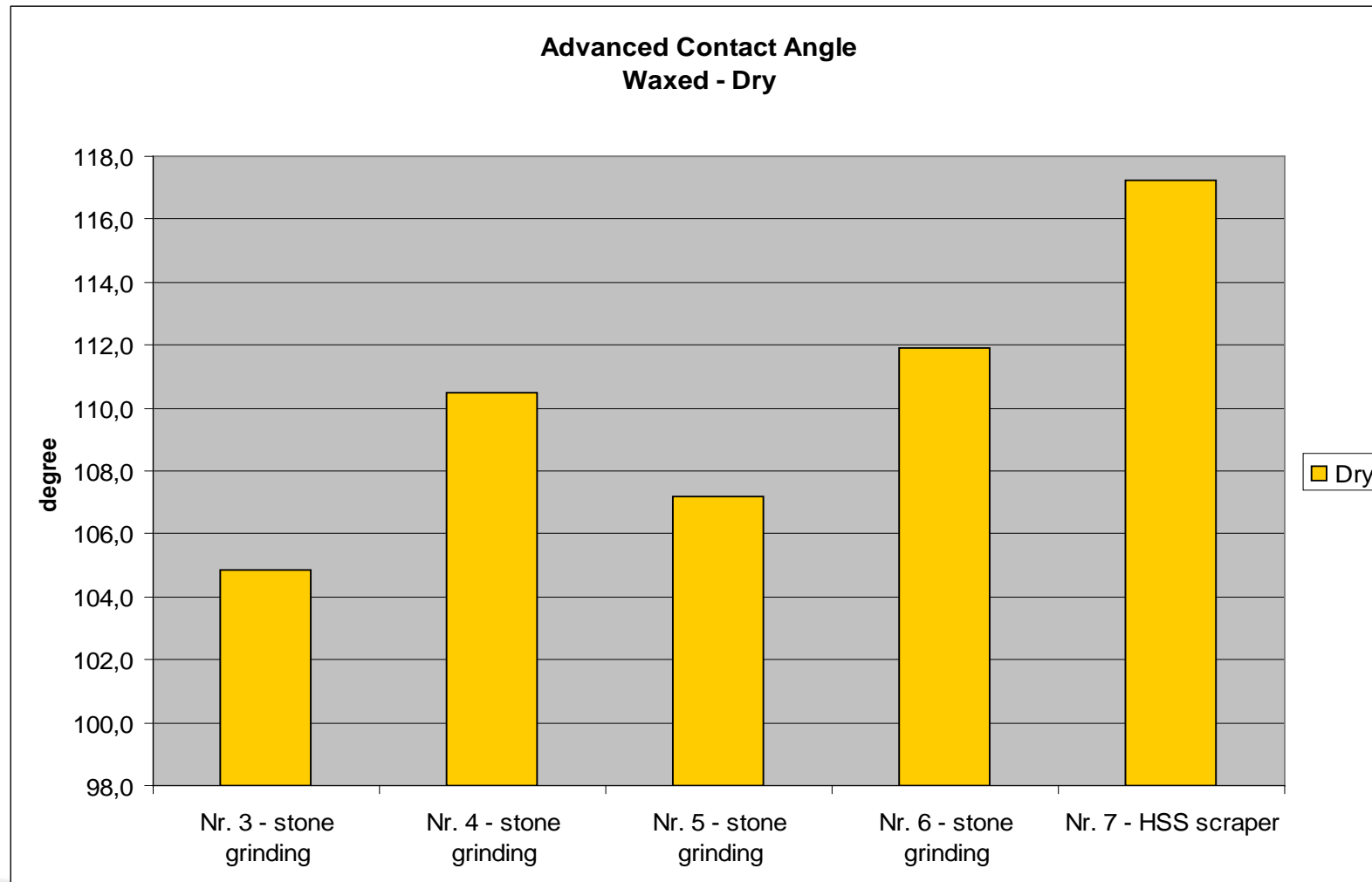
Med andra ord; under dessa förhållanden är kapillärdrag och smutsbeläggningens minskning det effektivaste sättet att minska total friktion. Speciellt med tanke på att smutsbeläggning ökar kapillärdrag.

SWIX egen artikel

- Ut ur (Karlöf et al., 2005):
"The purpose of ski wax is to reduce adhesion forces, to reduce surface tension.
Further, by making the surface more hydrophobic, adhesion is reduced at the contact points."

Med andra ord, vi måste göra allt för att öka glidytans hydrofobisitet

Ett stålsicklade skidbelag är extremt vattenavvisande utan någon glidvalla.



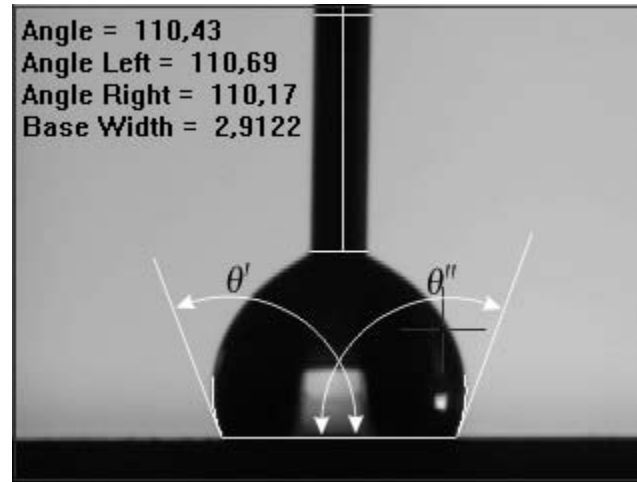
Ett stålsicklat belag är inte blankt.

Ski and kind of treatment	Contact Angle	Ra	Rq	Rz	Rt
Nr. 3 Stone grinding - pattern 1A. Dry.	104,83	3,66	4,52	31,69	41,33
Nr. 3 Stone grinding - pattern 1A, CH8.	113,14	3,19	4,13	28,79	33,80
Nr. 4 Stone grinding - pattern 1B. Dry.	110,48	4,75	5,72	31,46	35,26
Nr. 4 Stone grinding - pattern 1B, CH8.	113,14	4,78	6,08	35,08	36,84
Nr. 5 Stone grinding - pattern 2A. Dry.	107,18	2,76	3,51	26,10	31,62
Nr. 5 Stone grinding - pattern 2A, CH8.	115,88	2,73	3,49	23,94	26,50
Nr. 6 Stone grinding - pattern 2B. Dry.	111,92	3,12	4,02	27,48	30,14
Nr. 6 Stone grinding - pattern 2B CH8.	112,15	3,07	3,89	24,78	29,63
Nr. 7 Treated with HSS scraper. Dry.	117,26	4,60	5,71	32,11	34,69
Nr. 7 Treated with HSS scraper, CH8.	115,17	3,75	4,64	28,91	33,03

- Ra is the average roughness, Rq is the root-mean-squared roughness, Rt is the peak-to-valley difference, and Rz is the average of the ten greatest peak-to-valley separations on the sample.

SWIX egen artikel

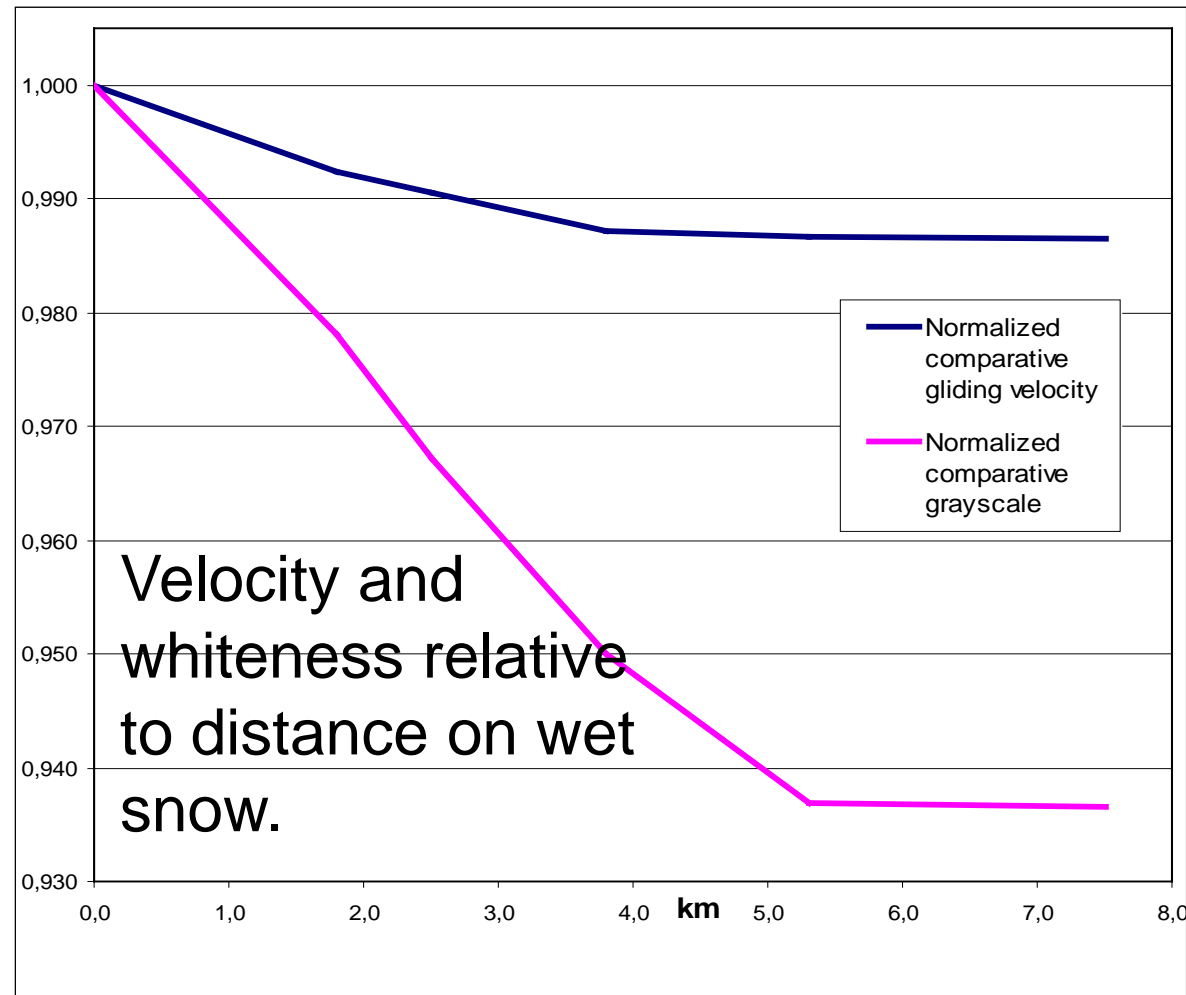
- Ut ur (Karlöf et al., 2005): "In fact, PE is one of the polymeric materials having the lowest surface energy (more hydrophobic). Only fluor-polymers have lower surface energy"



Detta betyder att bara högfluor-glidvallor kan öka skidbelags vattenavvisande egenskaper. Stämmer väldigt bra med vår resultat (Kuzmin and Tinnsten, 2005).

Ur vårt eget experiment

Jämförelse mellan stålsicklade och glidvallade skidor (värdet < 1 , paraffinerade skidor försämras snabbare)



Ett exempel av extremt snabb försämring av glidet.

Number of 100 m descent	Time of descent [sec]	
	Nr. 60 - Do not waxed	Nr. 59 - SG and CH8
1	9,567	9,529
2	9,573	9,716
3	9,623	9,778

Stone grinded skis waxed with Swix CH8 after 5,3 km. Air temperature +7,7°C.



Inget nytt under solen!

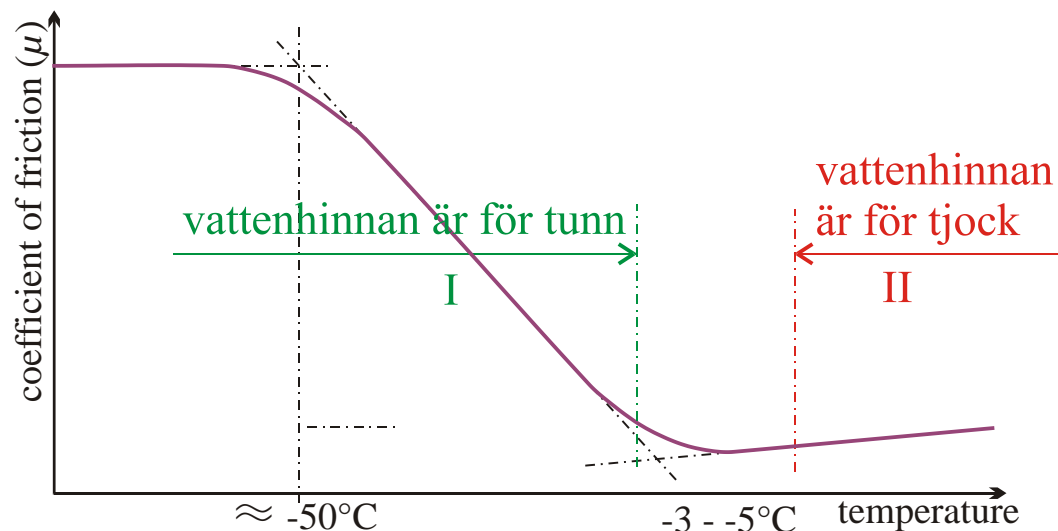
- Ut ur (Slotfeldt-Ellingsen and Torgersen, 1982):

Vi har studert hvordan smuss fester seg på gliflaten på en normalt vokset for- og bakski.

Undersøkelsen viste at smusset fester seg i ujevnheter på skisålen (hakk, groper, riper, hår, ruglete flater osv.). Våtføreskiene bør derfor under forhold med mye smuss overflatebehandles på en måte som gir en mest mulig glatt flate. Sålen bør være hard og slitesterk.

Stämmer väldigt bra med vårt resultat (Kuzmin and Tinnsten, 2006).

UHMWPE skidbelag är ett fulländat material även för blötföre



- Paraffineringen kan inte tillföra något positivt under varma och blöta förhållanden (i den röda zonen II).

Hälsaspekten är mindre optimistisk

Exposure to Ski-Wax Smoke and Health Effects in Ski Waxers

M. Dahlqvist,^A R. Alexandersson,^A B. Andersson,^B K. Andersson,^B B. Kolmodin-Hedman,^C and H. Malker^D

^ADepartment of Work Science, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden; ^BNational Institute of Occupational Health, Research Department in Umeå, Analytical Chemistry Division, Umeå, Sweden; ^CDepartment of Occupational Medicine at the Karolinska Institute, Huddinge Hospital, Huddinge, Sweden; ^DNational Board of Occupational Safety and Health, Solna, Sweden

Downhill as well as cross-country skis have undergone revolutionary technical development in recent decades. Parallel with innovations in ski bottoms, new types of ski

mainly of tar has been replaced with waxes of paraffin supplemented by polytetrafluoroethylene (PTFE), silicone, and graphite. The method of application has also changed from common use nowadays

ly designed irons either out 130°C or adjustable to

good a glide in the track style—to get the skis to losing the glide. In Sweden 10 subjects are occupational. An intense smoke is applied to the skis. The iron temperatures. Usual waxing iron, leading to

egun to complain about of the eyes, nose, and was to study the influence. The study was carried out in the championships for juniors for one week in Feb-

ze male professional 1. Three were non-smokers and one was a pipe smoker

Foto: ERIK BERGLUND

per day, and one was a pipe smoker



Smoke and Health Effects in Ski Waxers. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 7(10):689-693; 1992.

Paraffin wax (fume)

(CAS No: 8002-74-2)

Health-based Reassessment of Administrative Occupational Exposure Limits

Committee on Updating of Occupational Exposure Limits, a committee of the Health Council of the Netherlands



Pergamon

0021-8502(95)00552-8

J. Aerosol Sci., Vol. 27, No. 2, pp. 339-344, 1996
Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd
Printed in Great Britain. All rights reserved
0021-8502/96 \$15.00 + 0.00

TECHNICAL NOTE

FORMATION OF RESPIRABLE PARTICLES DURING SKI WAXING

Kaarle Hämeri, Pasi Aalto, Markku Kulmala, Esko Sammaljärvi, Erik Spring and Pekka Pihkala

University of Helsinki, Department of Physics, P.O. Box 9, FIN-00014 University of Helsinki, Finland

(First received 30 December 1994; and in final form 22 September 1995)

Abstract—The formation processes and the final size distributions of airborne particles produced by ski waxing with fluor-powder were investigated. For the present study the flow system for controlled production of inhalable particles from ski wax was constructed. The particle formation was studied as a function of time and temperature. The particle size distributions were obtained using both electrical (DMA) and optical method (OPC). The mean diameter of particles was some hundred nanometers and the mass concentration was found to be tens of milligrams per m³ in maximum.



Går det att hitta någon materielinnebörd av betydelse i dagens glidpreparering?



nr. 62 ROM Antal Zolt is in the lead



nr. 62 is caught up



abt 1 min. of descent



1'15'' of descent, but nr. 62 is still in the lead

Why 24 technicians and 8 millions NOK can not outperform one poor Romanian wax expert?

Resumé

- Tyvärr, med tanke på allt ovannämnda fakta har vi inte så många alternativ för att få våra skidor att glida bra. Men lyckligtvis är det resterande alternativet enkelt att utföra.



Så mycket belag går bort vid stålsicklingen

Ski base density $\rho = 1,0 \text{ mg/mm}^3$

Waste weight $w = 2812 \text{ mg}$

Waste volume $\frac{w}{\rho} = 2,812 \text{ cm}^3 = 2812 \text{ mm}^3$

Treated surface length $l = 1830 \text{ mm}$

Treated surface breadth $b = \frac{w}{l} = 40 \text{ mm}$

Surface skim thickness $x = \frac{\rho}{bl} = \frac{w}{\rho bl} = 3,8415 \times 10^{-2} \text{ mm} = 0,038415 \text{ mm}$

Så mycket (0,0384 mm) går bort vid första stålsicklingen på ca. 15 minuter. Ska man fräscha upp, då tar man bort bara ca. 0,001 mm.

Credits

- Aftenposten
<http://www.aftenposten.no/nyheter/sport/langrenn/article1195443.ece>
- Toko USA http://www.tokous.com/thermo_bag.htm
- SWIX www.swix.no
- Föreningen Skellefteå Allmogebåtar
<http://allmogebatar.skelleftea.org/>
- Norra Västerbotten
http://www.norran.se/bild_arkiv/58/00000452158.jpg Foto:
ROINE SANDLÉN

References

- BOWDEN, F. P. (1953) Friction on snow and ice. *Proceedings of the Royal Society of London*, 462-478.
- COLBECK, S. C. (1992) *A Review of the Processes That Control Snow Friction*, Hanover, NH, US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory.
- KARLÖF, L., TORGERSEN, L. & SLOTFELDT-ELLINGSEN, D. (2005) Why is ice and snow slippery? The Tribo-physics of skiing. Oslo, Swix Sport AS.
- KUZMIN, L. & TINNSTEN, M. (2005) *Contact angles on the running surfaces of cross-country skis*, Asia-Pacific Congress on Sports Technology - APCST 2005, Tokyo, September 2005, Australasian Sports Technology Alliance Pty Ltd.
- KUZMIN, L. & TINNSTEN, M. (2006) Dirt absorption on the ski running surface - quantification and influence on the gliding ability. *Sports Engineering*, 9, 137-146.
- SCHIPPER, D. J. (1988) Transitions in the Lubrication of Concentrated Contacts. Enschede, The Netherlands, University of Twente.
- SHIMBO, M. (1972) Friction on Snow of Ski Soles, Unwaxed and Waxed. IN SCIENCE, T. S. O. S. (Ed.) *Scientific Study of Skiing in Japan*. Tokyo, Japan, Hitachi, Ltd.
- SLOTFELDT-ELLINGSEN, D. & TORGERSEN, L. (1982) Glienskaper til skisåler av polyetylen. Oslo, SINTEF.
- TRAVERSO, E. (1986) Synthesis of perfluoroalkane mixtures and their application as sliding agents for skis. *Chemistry and Industry*, 523-525.

Tack för visat intresse



Mittuniversitetet

MID SWEDEN UNIVERSITY

