

## Isfria Skor

### Sammanfattning

Rapporten är framtagen med ekonomiskt bidrag från Trafikverkets skyltfond. Ståndpunkter och slutsatser i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter och slutsatser inom rapportens ämnesområde.

Snö ackumuleras övervägande i liten mönstring med räta skårar samt runt dubbar. Sulornas material är genomgående hydrofoba, med något mindre hydrofobicitet för SBS/SIS än för butadien-/isopren-/naturgummi och även EVA. Vägsmuts bildar skikt på sulorna och hydrofilicerar dem. Skiktets struktur beror på ytornas mikrostruktur, där en jämnt grövre stryktur verkar få ett jämnare skikt än en slät struktur med oregelbundet spridda strukturer. Ett oregelbundet smutsskikt kan vara en orsak till heterogena kontaktvinkelvärden samt vätsketransport.

Studien visar att lite mönstringsstorlek som tidigare visats vara fördelaktig ur friktionssynpunkt kan bidra till ökad snöaffinitet. Detta kan undvikas genom att minska andelen räta skårar samt genom att öka mikrostrukturens oregelbundenhet.

### Syftet med projektet

I STRADA finns många exempel på fotgängare som trots dubbar eller grova sulor halkar. En del av dessa anger att skorna blev hala på grund av att snö eller is hade fastnat under skorna och gjort dubb och/eller mönstring obrukbara. I detta projekt har is- och snöaffinitet på sulor och dubbar undersökts för att hitta de material på vilka minst is och snö fastnar.

### Bakgrund

Under åren 2010 till 2012 skadade sig i genomsnitt drygt 25 000 fotgängare per år i halkolyckor till följd av snö och is. Med skada menas här att skadan varit så allvarlig att vederbörande uppsökt en akutmottagning. Av de skadade var drygt 15 000 kvinnor [1].

En faktor som bestämmer materials affinitet för is är dess vätning. Vätning kan studeras med hjälp av kontaktvinkelmätningar vid vilka en droppe vätska påläggs en yta och dess utbredning på ytan mäts. En rund droppform karakteriserar ett material som inte passar ihop med droppen, detta ger ett högt värde på kontaktvinkeln. En mer utbredd droppe karakteriserar ett material som droppen väter, detta ger ett lågt värde på kontaktvinkeln. Om man använder vatten som vätska säger man att en yta som inte väts av vatten är hydrofob om kontaktvinkeln är över 90°. En yta som ger en kontaktvinkel under 90° benämns hydrofil. Även ytans ytråhet grovhet har betydelse för dess vätning. Förenklat kan man säga att för en ytgråhet förstärker ytans karaktär,

så exv. hydrofoba ytor blir mer hydrofoba om ytan görs ytrå. Vi speciell ytråhet, t.ex. en kombinerad nano-och mikrostruktur på en hydrofob yta kan s.k. superhydrofobicitet uppnås. Vattendroppar blir då helt runda och rullar av ytorna. Detta fenomen förekommer på flera ställen i naturen; det mest kända är lotusblomman vars vaxiga blad kläs med dessa strukturer, vilket hjälper den att hålla sig ren då vattendropparna som rullar av tar med sig damm och andra orenheter. Studier har visat att hydrofobicitet och isofobicitet är starkt sammanlänkade och att även det senare kan förutsägas med kontaktvinkelmätningar.

Inom andra projekt undersökts skosulors komposition. De flesta sulor består av gummiblandningar av olika typer. Gummi ligger ofta runt 90° i kontaktvinkel, så det förekommer både hydrofoba och hydrofila varianter. För dubbar så är de ofta tillverkade i en hydrofil metall, vars hydrofilitet dessutom kan öka ytterligare vid korrosion.

## Metod och material

### *Material*

Under ett tidigare projekt utfört av Glenn Berggård vid LTU i samarbete med FiOH har ett urval av skor, de flesta anpassade för vinterbruk, köpts in från reguljära återförsäljare [4]. Dessa skor har sedan använts vid paneltester på is och packad snö (LTU) samt för friktionstester på is och hårdhetstester (FiOH). Skorna som undersöktes var 60% damskor i storlek 38 och 40% herrskor i storlek 42. Urvalet täckte in olika typer av skor som används under vintersäsongen exempelvis: vinterkängor, curlingkängor, sneakers, skor med inbyggda utfällbara halkskydd, vinterskor som är populära samt tunnelbaneskor.

En lista över de undersökta skorna presenteras i Tabell 1.

**Tabell 1 Undersökta skor.**

Nr	Märke	Modell	Herr/Dam
1	Clarks	Originals Jez Ice	Dam
2	Ecco	Expedition II	Dam
3	Pomarfin		Dam
4	Timberland	Authentic	Dam
5	Rieker	Eike	Dam
6	Din Sko	Sneakers	Dam
7	Eskimo	Quebec Brown	Dam
8	Vagabond	Elba	Dam
9	Taupage		Dam
10	Anna Field		Dam
11	Ten Points	Bella	Dam
12	Canada	Snow Quebec Premium	Dam
13	Clarks	Originals Jez Ice	Herr
14	Ecco	Expedition II	Herr
15	Pomarfin		Herr
16	Timberland	6 in Premium	Herr
17	DC	Ignite 2	Herr
18	Vagabond	Davy	Herr
19	Canada	Snow Quebec Premium	Herr
20	Crispi	Summit	Herr

För att studera nedsmutsningens effekt har en ett standardrecept av vägsnits använts. I denna ingår komponenter enligt Tabell 2 som tidigare visats spegla förhållandet på nordiska vägar [2].

**Tabell 2 Modellsammansättning vägsnuts.**

Innehåll	Viktsprocent
Stenmaterial, filler med partikelstorlek <0,075	27,4
Asfalt, B180	1,8
Däckgummi <0,2 mm	0,5
Natriumklorid	5,0
Stearinsyra	0,03
Palmsyra	0,07
Vatten	65,2

### Avtryck

Avtryck av sulorna i snö utfördes och både snö och sula dokumenterades för att undersöka hur snö fastnar. Snön tillverkades genom omfrysning och finfördelning av is och användes vid ett djup på 10-15 mm och en temperatur på ca -10 °C i rum vid 5°C där också skorna konditionerats innan mätning. Bilder togs i rumstemperatur i fotostativ med LED-lampor för att avge så lite värme som möjligt.

### Kontaktvinklar

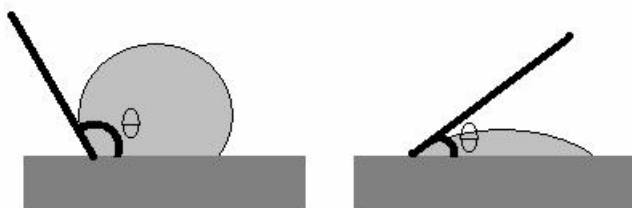
En droppe i kontakt med en fast yta uppvisar en kontaktvinkel, vilket visas i Figur 1. Vinkeln är ett mått på interaktionen mellan vätskan, ytan och den omgivande gasfasen, vilket beskrivs i Youngs ekvation:

$$\gamma_{sv} = \gamma_{lv} \cos\theta + \gamma_{sl}$$

Där

- $\gamma_{sv}$  fri ytenergi av ytan i kontakt med gasen
- $\gamma_{lv}$  fri ytenergi av vätskan i kontakt med gasen
- $\gamma_{sl}$  fri ytenergi av ytan i kontakt med vätskan

En vattendroppe på en hydrofil yta i luft kommer att uppvisa en låg kontaktvinkel, där den lägsta möjliga är 0° och representerar total vätning. En liknande droppe på en väldigt hydrofob yta kommer att vara nästan sfärisk, och uppvisa en kontaktvinkel på upp till nära 180°. Figur 2 visar skillnaden mellan två sådana fall.



**Figur 1. En vattendroppes kontaktvinkel på olika ytor i luft. Vänster: hydrofob yta. Höger: hydrofil yta [3].**

Ekvationer som beskriver kontaktvinklar antar normalt att droppen innehåller vätskan och att angränsande gas är mättad med ånga. Eftersom de tre faserna involverade vid bildandet av en

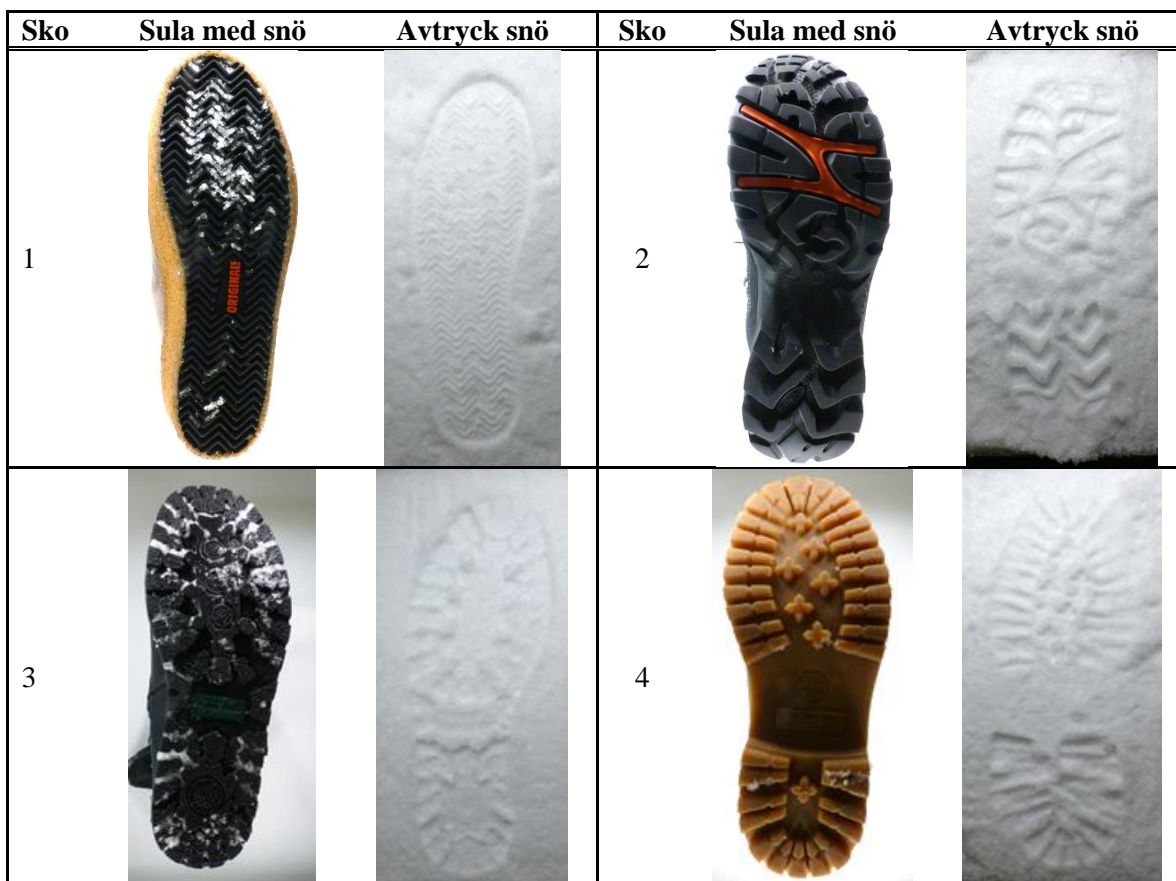
kontaktvinkel kan vara valfria icke-blandbara substanser, är det viktigt att bära detta i åtanke när man undersöker andra system. Till exempel, vid fallet av en luftbubbla på en hydrofob yta nedsänkt i en vätska är vätskefasen det omgivande mediet och ångfasen ”droppen”.

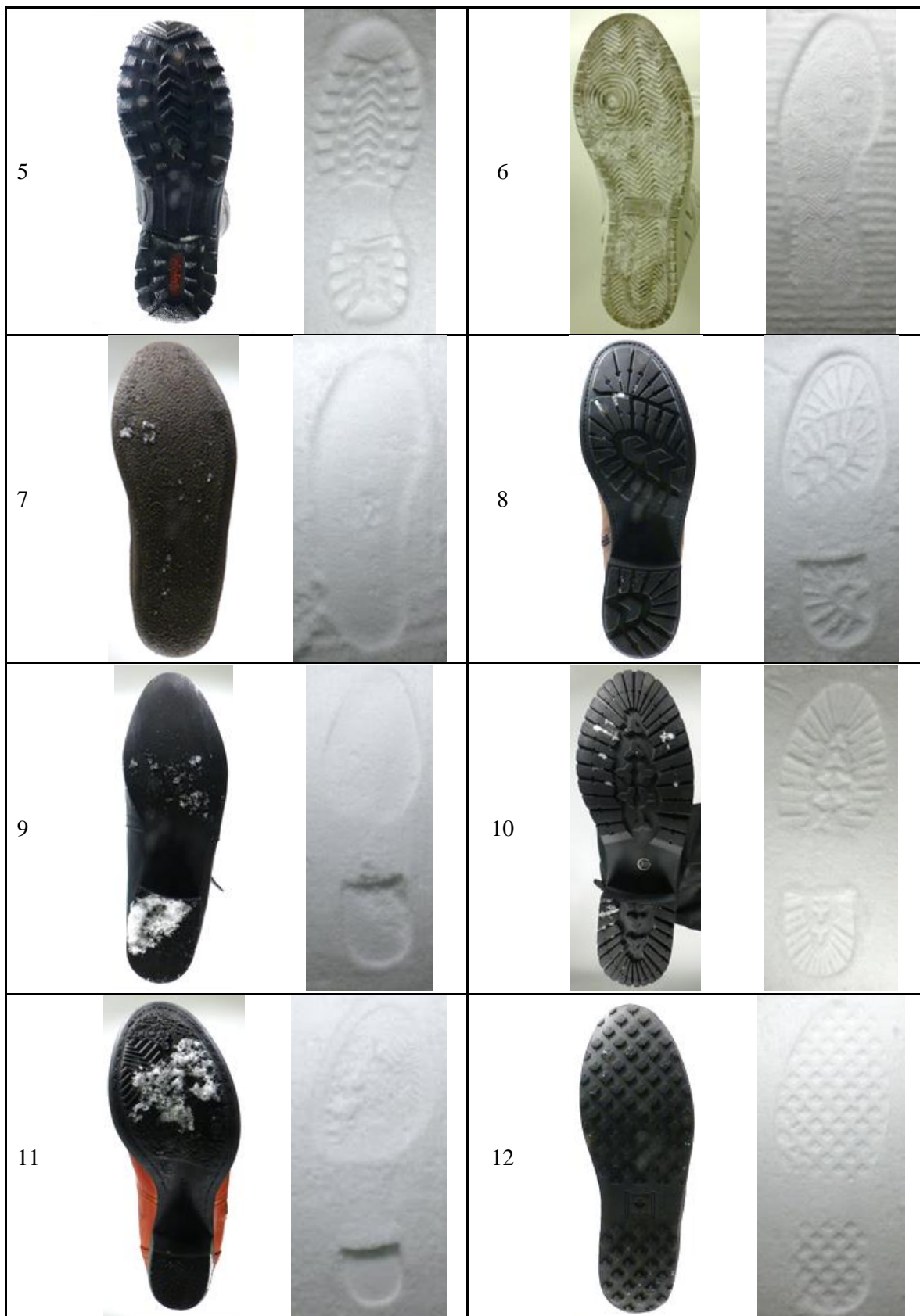
I denna studie uppmättes kontaktvinkeln med en FibroDAT 1100 från FibroSystems, Sweden. I vilken en droppe av en specificerad volym appliceras på en yta med en automatiserad mikropipett. Droppens yta mäts med en höghastighetskamera som en funktion av tiden. Kontaktvinkeln beräknas som medelvärdet mellan den högra och vänstra projicerade vinkeln.

## Resultat

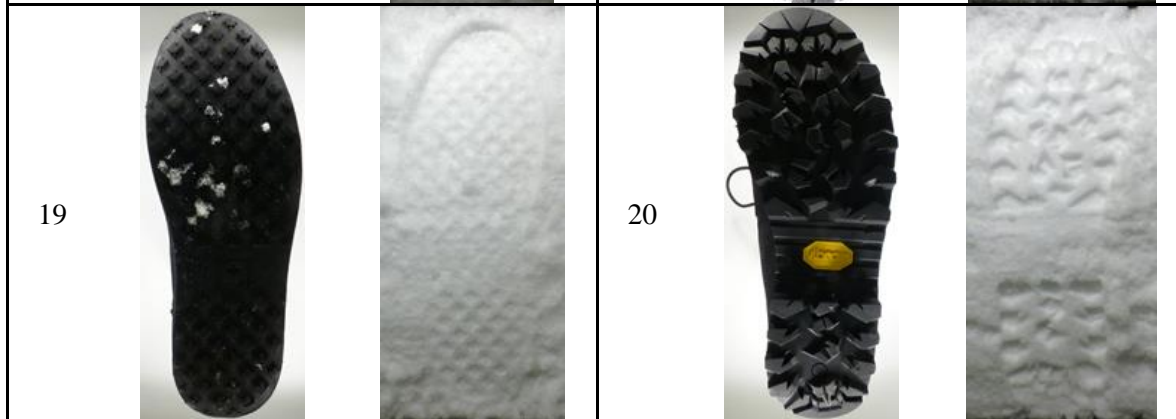
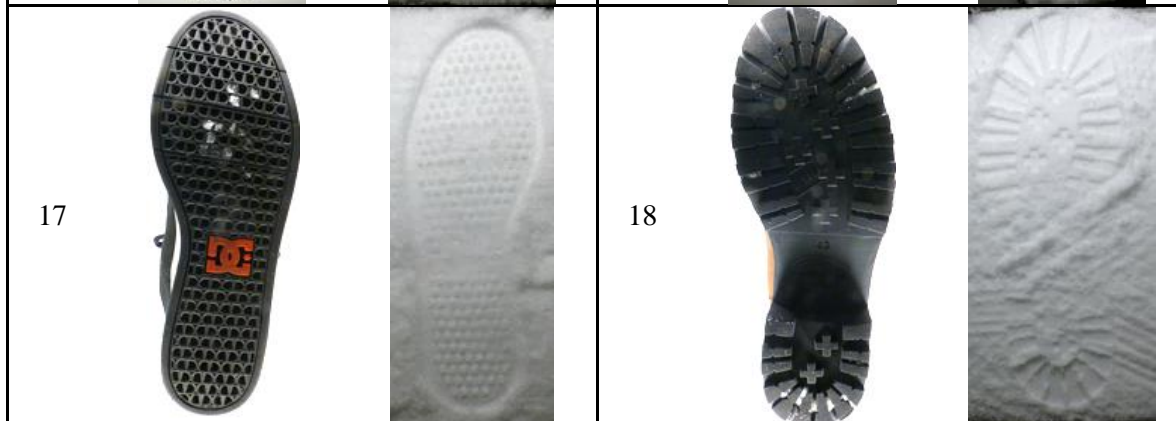
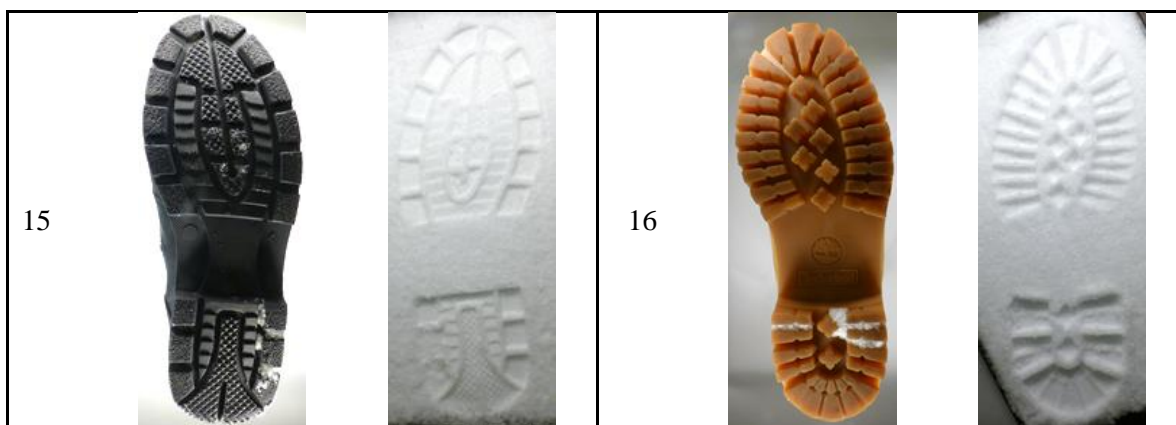
### Avtryck

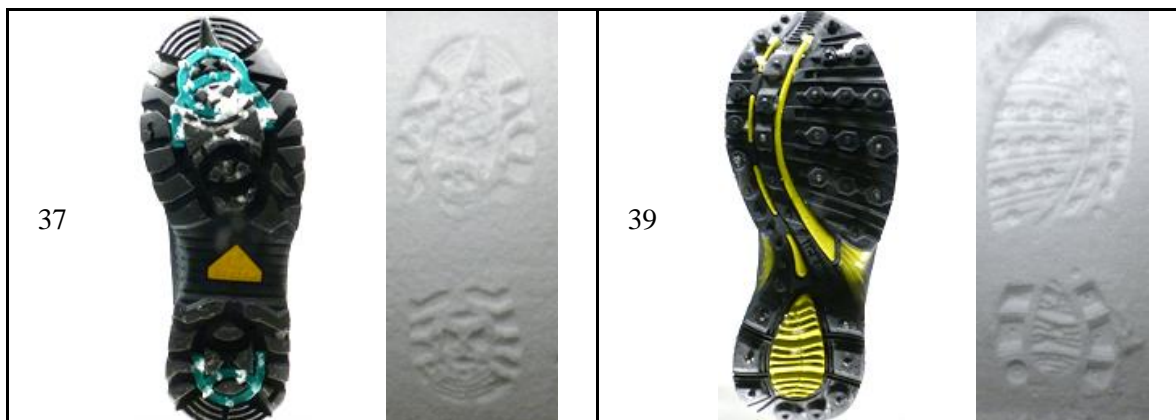
Skosulornas utseende efter avtryck i snö, samt snöytans utseende visas i Figur 2.







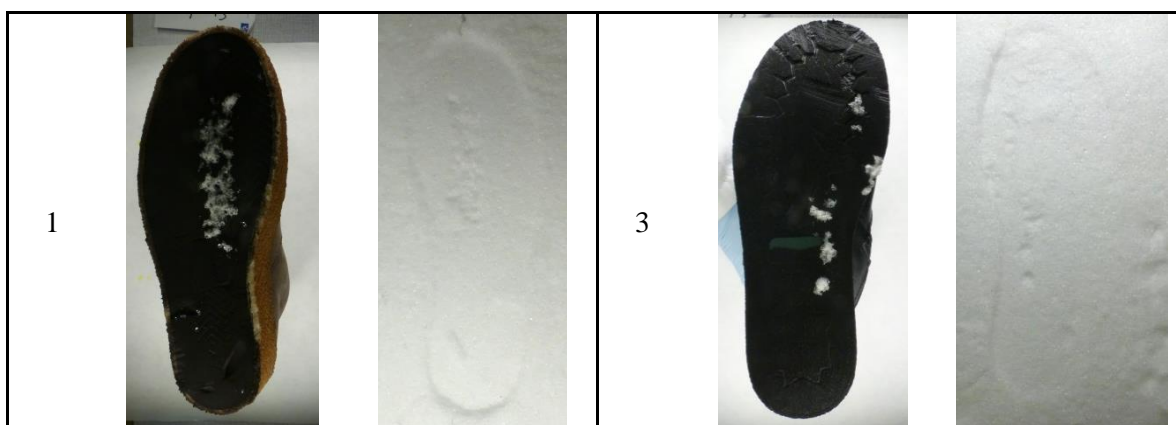


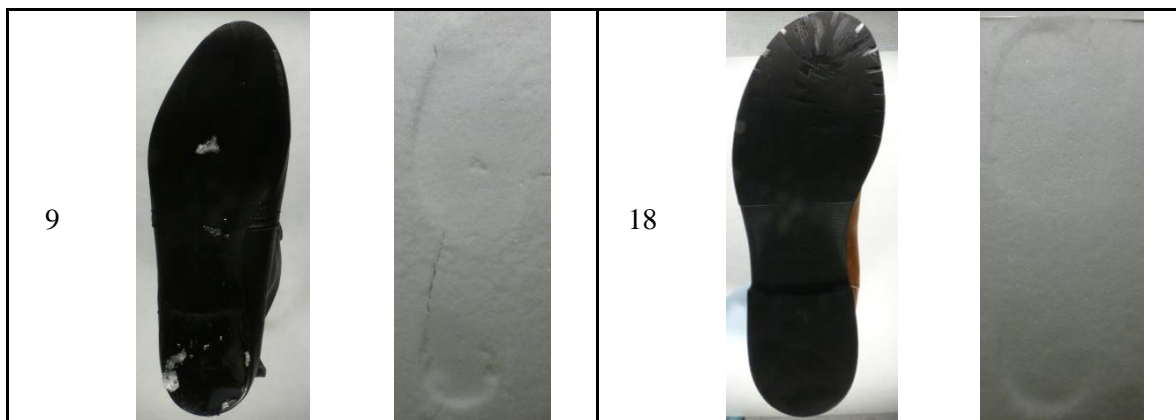


**Figur 2** Bilder på skor och avtryck.

I Figur 2 kan man se att inga av dessa skor samlade på sig några stora mängder av snö, men att det som fastnade generellt fäst på småmönstrade skor och då mest i räta skårar. Några undantag finns dock, exempelvis sko 9 som har en slät klack där ändå en del snö fastnar. Vid en tidigare studie TRV2014/16680 har denna sula visats ha en annan komposition än övriga, vilket kan vara en orsak till dess höga affinitet trots slätheten. För sko nr 37 kan noteras att snö fastnar runt dubbarna, vilket bekräftar noteringar i STRADA. Vid jämförelse mellan utfallet på dam- respektive herrmodellerna kan noteras att 1-13 har en liknande täckning medan 12-19, 4-16 och 2-14 samtliga har något med snö för herrmodellen, vilket delvis kan förklaras av herrmodellens större yta.

För att vidare undersöka ifall det är de fina strukturerna i mönstringen som orsakar adhesionen gjordes försöken för fyra av sulorna även på slipade sulor där mönstringen avlägsnats. Figur 3 visar bilderna från detta försök.



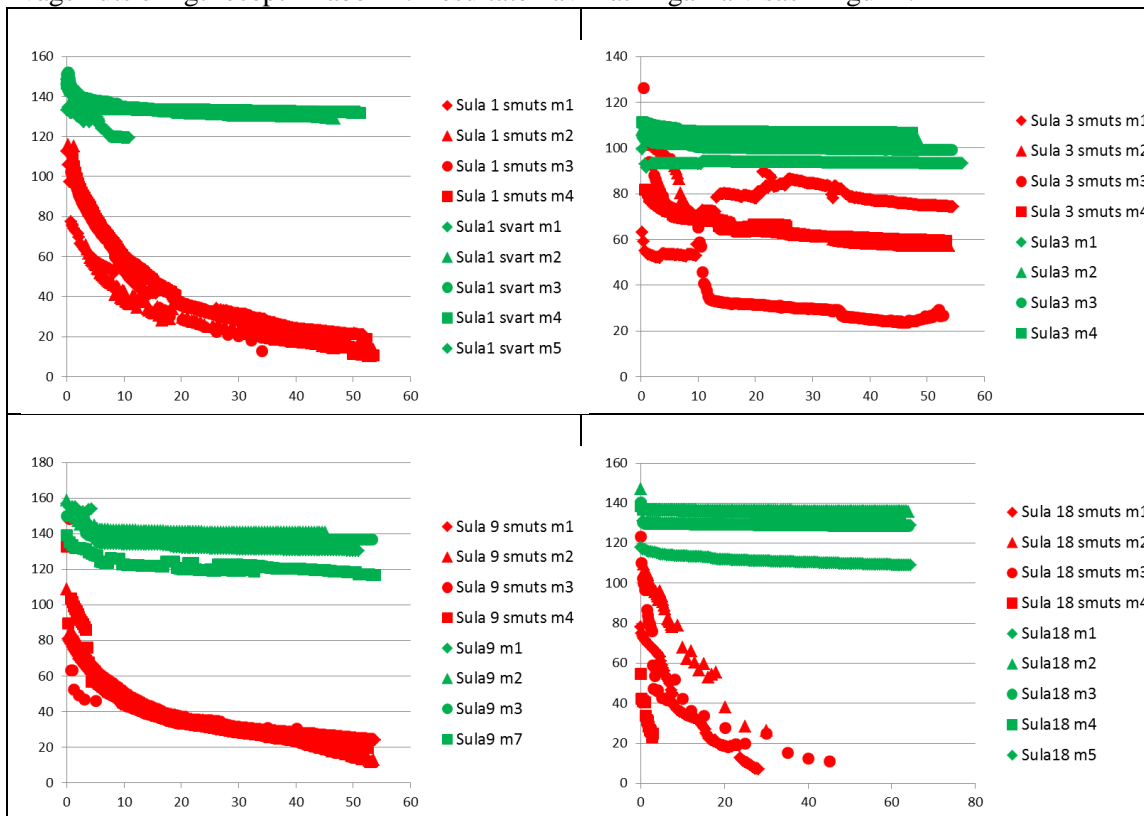


Figur 3 Bilder på slipade skor och avtryck.

Som man kan se i bilden minskar sulornas affinitet för snön vid slipningen. Men försvinner inte helt förutom för 18. Denna sula innehåller liksom nr 1 butadien-/isopren-/naturgummi, men skillnaden är att sula 18 något hårdare än 1, har en något högre fyllmedelshalt samt att 1 innehåller SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub> och kimrök medan 18 innehåller endast SiO<sub>2</sub> och kimrök.

### Kontaktvinklar

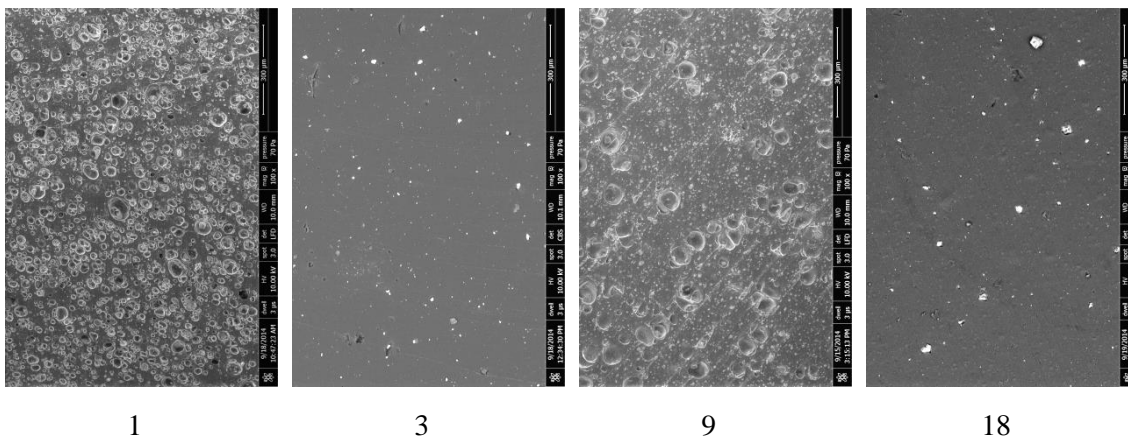
Kontaktvinklar uppmättes för fyra sulor med vatten på slipade ytor, rena eller behandlade med vägsmutts enligt recept i Tabell 2. Resultaten av mätningarna visas i Figur 4.



Figur 4 Kontaktvinkel (°) mot tid (s) vid vatten på rena och smutsade sulor .



I Figuren framgår att sulorna när de är rena alla är hydrofoba och att hydrofobiciteten för sula 1, 9 samt alla mätningar utom en för 18 ligger mellan ca 120° och 160°, medan sula 3 ligger lägre med värden på mellan 90° och 110°. Figur 5 visar bilder på ytornas mikrostruktur från TRV2014/16680, i vilken framgår att sulornas grovkornighet har utseendet  $3 < 18 < 9 < 1$ , men att både sula 3 och 9 innehåller spridda ojämnheter. Enligt Wenzels teori från 1936 kommer ytråhet att förstärka vätningsegenskaperna så att en hydrofob yta blir mer hydrofob och en hydrofil yta blir mer hydrofil vid ökning av ytråheten [4]. Eftersom samtliga sulor i rent tillstånd är hydrofoba kommer ytråhet att öka deras kontaktvinkel. Vi kan därför dra slutsatsen att SBS/SIS sulan är något mer hydrofil än butadien-/isopren-/naturgummi och även EVA. Dock kommer sulan ofta i användning vara täckt av ett smutsskikt, så sulans affinitet för smuts kommer också att spela in. I Figuren 4 kan utläsas att även denna skiljer mellan sulorna. Sula 1 och 9 verkar få ett relativt jämt smutsskikt som hydrofilicerar sulan till vinklar på under 20°. Sula 3 har mycket oregelbundet utseende på vätningen, vilket tyder på ojämn upplösning/förändring av smutsskiktet på vilken droppen vilar. Dock är medelvärdet för denna sula högre och landar runt 60°. Sula 18 har försvinnande droppe, vilket kan tyda på komplett vätning eller att vattnet sprids genom sprickor i smutsskiktet. Denna kan klassas som den sula som har lägst kontaktvinkel vid smutsbehandling. Sammantaget med utseendet i Figur 5 kan man dra slutsatsen att den grövre mikrostrukturen får ett jämnare smutsskikt än den finare, men det kan också vara den finare ytans spridda strukturer som orsakar uppbyggnaden av skiktet.



Figur 5. SEM bilder på sulor.

## Slutsatser

Snö ackumuleras övervägande i liten mönstring med räta skårer samt runt dubbar. Sulornas material är genomgående hydrofoba, med något mindre hydrofobicitet för SBS/SIS än för butadien-/isopren-/naturgummi och även EVA. Vägsmutts bildar skikt på sulorna och hydrofilicerar dem. Skiktets struktur beror på ytornas mikrostruktur, där en jämnt grövre stryktur verkar få ett jämnare skikt än en slät struktur med oregelbundet spridda strukturer. Ett oregelbundet smutsskikt kan vara en orsak till heterogena kontaktvinkelvärden samt vätsketransport.

Studien visar att lite mönstringsstorlek som tidigare visats vara fördelaktig ur friktionssynpunkt kan bidra till ökad snöaffinitet. Detta kan undvikas genom att minska andelen räta skårer samt genom att öka mikrostrukturens oregelbundenhet.

## Ekonomisk redovisning

Vid rapporteringsdatumet har i detta projekt förbrukats:

Provning: 246538 kr

Projektledning: 53212 kr

Resor, logi, frakt och material: 0 kr

Summa: 299750 kr

## Referenser

1. Schyllander, J., *Fotgängare och halkolyckor*. 2013, MSB myndigeten för samhällsskydd och beredskap.
2. Asplund, D., M. Sporrang, and A. Bäckman, *Easyclean*. 2010: Vehicle Research Program (FFP)
3. Wallqvist, V., *Interactions between non-polar surfaces in water: Focus on talc, pitch and surface roughness effects*, in *Chemical Science and Engineering*. 2009, Royal Institute of Technology.
4. Wenzel, R.N., *Resistance of solid surfaces to wetting by water*. *Industrial and engineering chemistry*, 1936. 28: p. 988.