

SLUTRAPPORT

TRV 2017/23647

Cykeldäck med automatisk anpassning av dubbfunktion beroende på yttertemperatur.

Författare: Martin Bohlén

Datum: 20190228

Sammanfattning

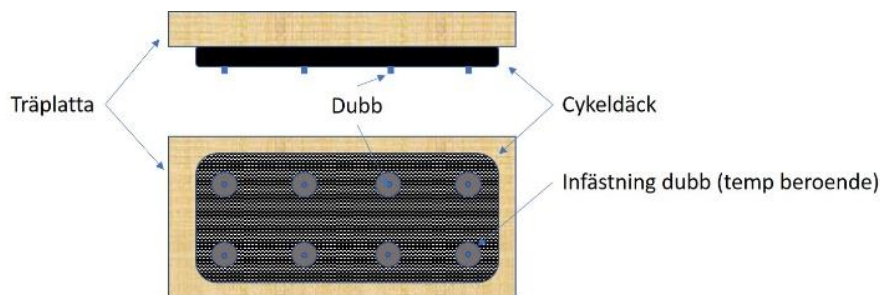
Cyklister är sedan 2008 den grupp som skadas mest i trafiken. Halka eller försämrat väggrepp är ofta en betydelsefull faktor. Antalet cykelolyckor kan potentiellt minska genom användandet av vinterdäck för cyklar. Dubbdäck ger bra fäste på is men ökar cykelns rullmotstånd. Genom att låta dubbarna vila på ett gummimaterial med kraftig variation i hårdhet/styvhet/deformerbarhet vid olika temperaturer skulle man kunna framställa dubbade cykeldäck där metalldubbarnas kontakt med underlaget ändras beroende på temperaturen. Vid minusgrader skall således dubbarnas kontakt med underlaget vara betydligt medan det vid plusgrader skall råda mindre dubbkontakt. Projektet har utvärderat ett antal gummimaterial genom mekaniska tester (ex. hårdhet vid olika temperaturer) och konceptet har demonstrerats i ett proof-of-concept där kontakt med underlag för dubb och däck har utvärderats och friktionstester har genomförts. Temperaturberoende egenskaper för dubbade däck kan erhållas men konceptet måste utvecklas ytterligare då en lägre risk för halka vid rumstemperatur jämfört med vid minusgrader kunde påvisas för samtliga prototyper.

Bakgrund

Cyklister är sedan 2008 den största gruppen som skadas i trafiken. Av de skadade har 18 % av olyckorna orsakats av halka eller försämrat väggrepp och ännu större andel för singelolyckorna. I en gemensam strategi för säkrare cykling till år 2020 bedöms potentialen för att minska cykelolyckor med hjälp av vinterdäck för cykel vara 15-20 %. För att kunna uppnå ställda klimat- och cykelmål måste antalet vintercyklister öka, samtidigt ökar andelen äldre i samhället och väderfenomen blir vanligare. Som lösning för denna negativa trend måste främst två åtgärder prioriteras; att hålla vägar halkfria samt att uppmuntra användandet av säkra däck. Dubbdäck ger bra fäste på is, men ökar cykelns rullmotstånd. Detta kan orsaka senarelagt eller uteblivet cykeldäcksbyte inför vintern. Detta i kombination med klimatförändringar som kan orsaka episoder av halka under större del av säsongen ger ökad risk för olyckor.

Resultat

Från den utförda informationsinsamlingen och inledande mekaniska utvärderingar kunde tre material utpekade som de med störst potential. Dessa material var baserade på blandningar av styren-butadien-styren kopolymer, polyetylenglykol och kimrök och benämns 246, 242 och 208 nedan. Dessa materials egenskaper och omslag av dessa sker i ett temperaturintervall som kan anses vara rimligt för den tänkta applikationen. Av de tre utpekade materialen tillverkades tre prototyper av cykeldäck försedda med 8 st dubb vardera. Prototyperna monterades på träskivor för lättare hantering och jämförande provning. En schematisk bild över hur prototyperna såg ut kan ses i *Figur 1*.



Figur 1. Prototyp av cykeldäck med temperaturberoende dubbinfästning.

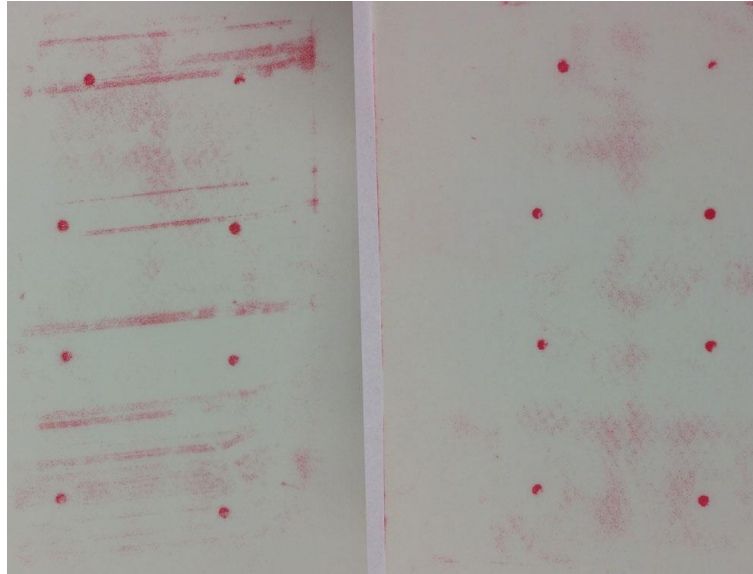
Kontakt och hårdhetsmätningar

Testerna genomfördes vid två temperaturer, $+23^{\circ}\text{C}$ och ca -1°C . Däckets och dubbarnas kontakt med underlaget studerades genom att använda sig av ett tryckkänsligt papper. En belastning av upp till 80 kg (785N) valdes då detta vid tidigare prov bedömdes vara ungefär vad som krävdes för att få åtta dubbar att få kontakt med underlaget på ett verkligt cykeldäck. Det tryckkänsliga pappret har även möjligheten att framkallas och på så sätt erhålla numeriska värden på tryckkrafterna men detta bedömdes inte tillföra relevant information och det kunde ändå kvalitativt utläsas hur kontakten med underlaget ändras med de olika materialen och vid de två temperaturerna.

Prototyperna komprimerades mellan plana stålplattor och med en hastighet av 10 mm/min i en Zwick Z100 drag/tryckprovsmaskin. Kompressionen genomfördes först vid $+23^{\circ}\text{C}$. Därefter lades prototyperna i frys vid -2°C under 5 timmar. Kompressionstesterna vid den lägre temperaturen startades sedan inom 10 sekunder från det att proverna tagits ut ur frysen.

De erhållna tryckkänsliga papperna och kurvor som visar applicerad kraft och deformation kan ses nedan.

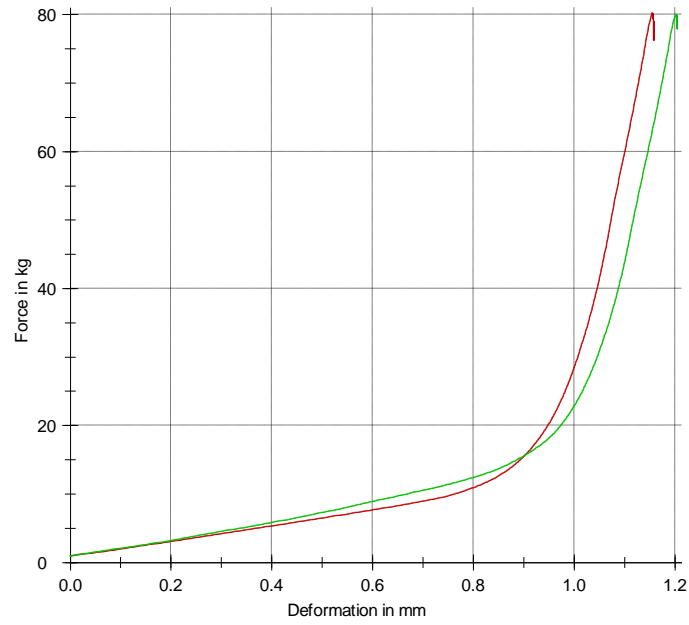
För dubbinfästningsmaterialet 246 såg det tryckkänsliga pappret efter kompression ut enligt *Figur 2* nedan.



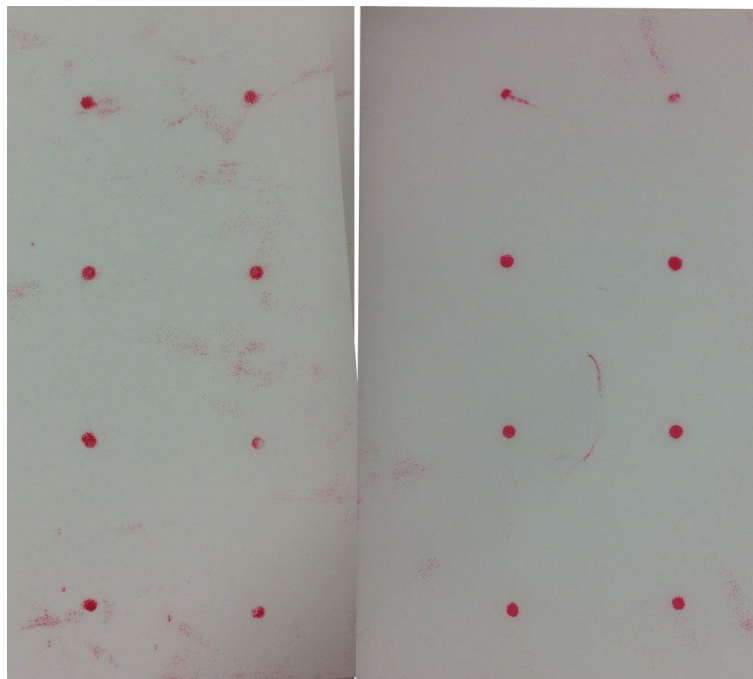
Figur 2. Kontakt med underlag för prototyp 246. Till vänster i rumstemp. Till höger vid ca -1°C .

Som kan ses i *Figur 2* fick cykeldäcksmaterialet förhållandevis stor kontakt med underlaget vid både $+23^{\circ}\text{C}$ (vänster) som vid -1°C (höger). 246 var alltså mjukt vid båda temperaturer och dubbarna trycktes in i däckets markant. Kraft-deformationskurvan (*Figur 3*) visar på att det krävdes aningen mer kraft för att trycka in dubbarna vid den lägre temperaturen. Man ser på båda kurvorna en markant knäck vid ca 15kg då det är mer än dubbarna som kommer i kontakt med underlaget och börjar ta kraft. Vid den lägre temperaturen sker denna knäck vid något högre kraft vilket också är ett tecken på prototypens temperaturberoende egenskaper (mindre mjukt vid lägre temperaturer). Intressant att notera är hur mjukt 246 är, dvs det krävs liten kraft för en relativt stor deformation att ske (en deformation på 0,5 mm uppnås vid belastningar på 6 och 7 kg för $+23$ respektive -1°C).

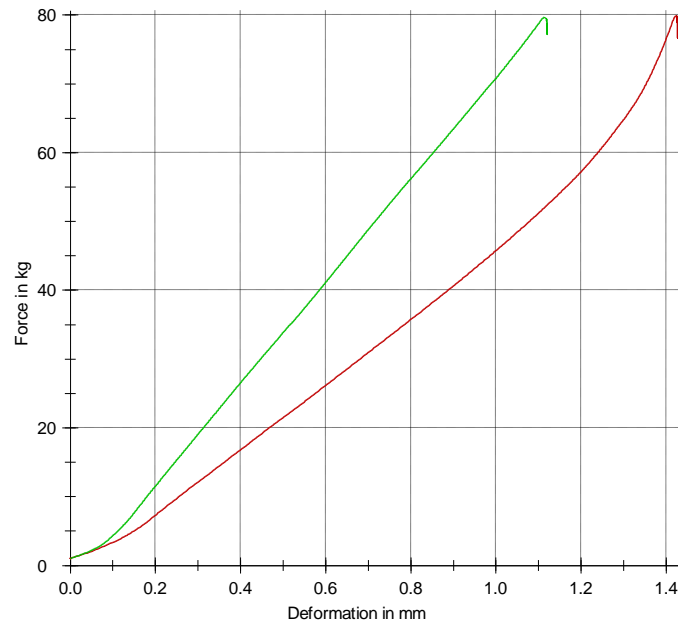
För prototypen 242 ser resultaten annorlunda ut. Det tryck känsliga pappret (*Figur 4*) avslöjar däckkontakt vid $+23^{\circ}\text{C}$ men nästintill endast kontakt med underlaget via dubbarna vid den lägre temperaturen (vad som ser ut som kontakt på pappret är resultatet av en olyckshändelse). Kurvorna i *Figur 5* nedan visar på samma resultat. Det är endast kurvan som visar på kraft-deformationsförhållandet vid $+23^{\circ}\text{C}$ som har den karaktäristiska knäcken som representerar stadiet där även däckets börjar ta upp belastningen (mer kraft krävs för att deformera prototypen). Denna knäck kan ses vid krafter runt 60 kg. Kurvan som motsvarar den lägre temperaturen uppvisar inte denna form vilket tyder på att endast dubbarna tar upp belastningen. 242 uppvisar större skillnader i temperaturberoende egenskaper än vad 246 gör.



Figur 3. Kraft-deformationsförhållande vid de två temperaturerna och för 246. Röd kurva är vid 23°C och grön kurva vid -1°C.

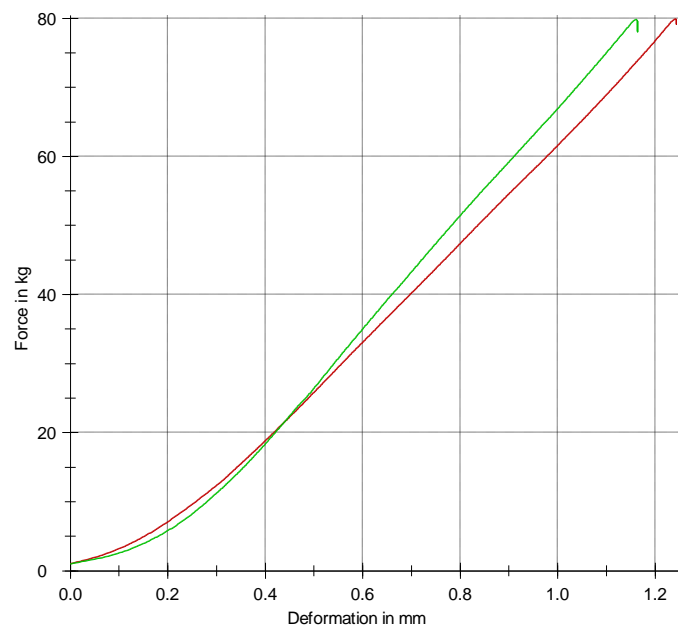


Figur 1. Kontakt med underlag för prototyp 242. Till vänster i rumstemp. Till höger vid ca -1°C.

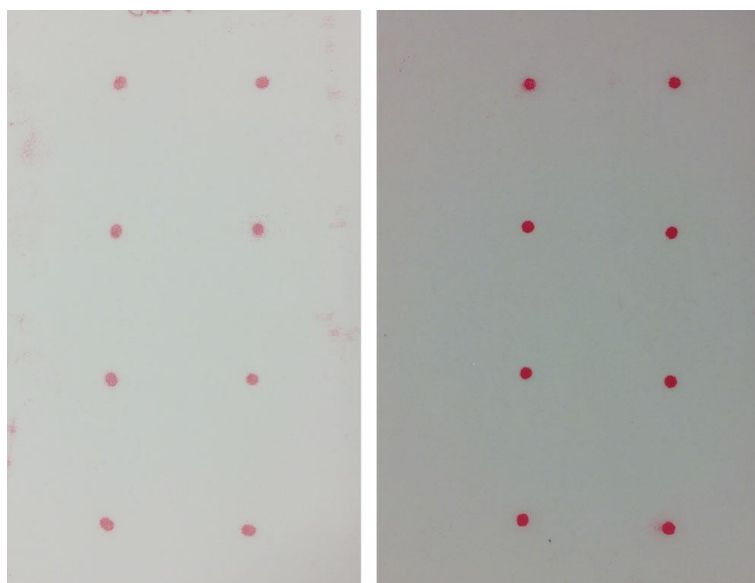


Figur 5. Kraft-deformationsförhållande vid de två temperaturerna och för 242. Röd kurva är vid 23°C och grön kurva vid -1°C.

För prototypen 208 kunde inga påtagliga skillnader mellan de två temperaturerna noteras vilket kan ses från kraft-deformationsförhållandet vid de två temperaturerna i *Figur 6* nedan. Från det tryckkänsliga pappret (*Figur 7*) och med hänsyn till likheten mellan kraft-deformationskurvorna vid de två temperaturerna så kan det konstateras att det endast var dubbarna som tog upp all belastning upp till 80 kg.



Figur 6. Kraft-deformationsförhållande vid de två temperaturerna och för 208. Röd kurva är vid 23°C och grön kurva vid -1°C.



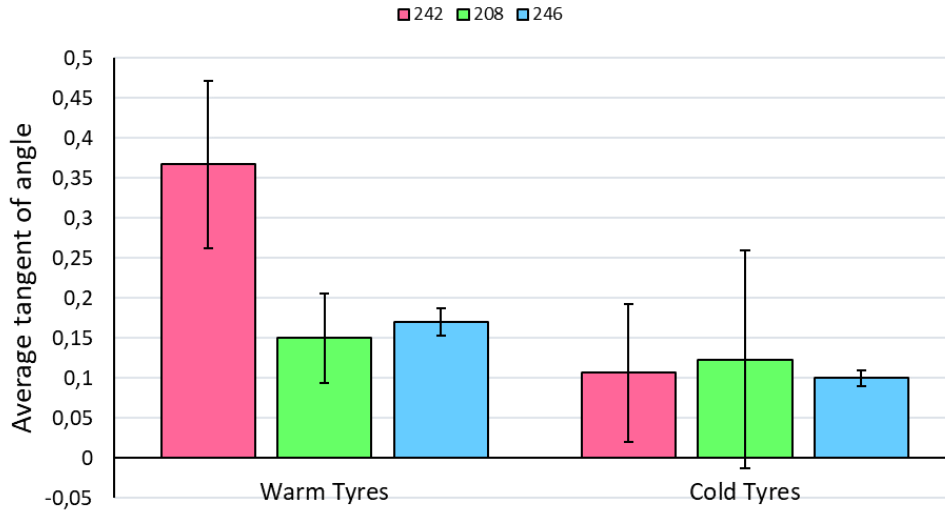
Figur 7. Kontakt med underlag för prototyp 208. Till vänster i rumstemp. Till höger vid ca -1°C .

Friktionsmätningar

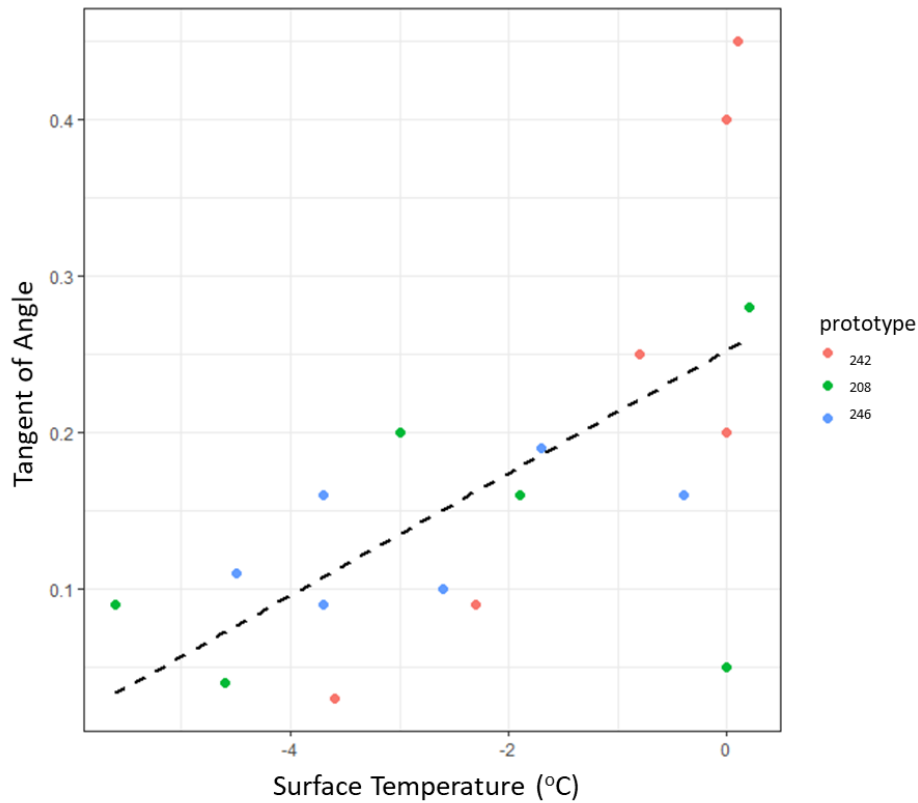
En tribometer som mäter vinkeln där en fot kommer halka på en viss yta användes för att ge en indikation på hur de tre prototyperna kan halka när de rörs på isbelagd betong. Prototyperna mättes upp tre gånger var på isbelagd betong både när de var varma (medeltemperatur = 22°C) och när de var kalla (medeltemperatur = -4.4°C). Instrumentet visar vinkelns tangent där ett lägre värde betyder större risk för halkning. I varje test mättes också yttemperaturen på själva betongen. Yttemperaturen på betongen varierade pga issmältning och dessa värden inkluderades i analysen.

Vinkelns tangent analyserades med en statistisk metod (ANCOVA) där faktorer var prototyp (246, 242 och 208) och prototyptemperatur (varmt/kallt) med temperaturen på betongen som en kovariabel. Analysen indikerar att det inte är någon skillnad i halkrisk mellan prototyperna. Temperaturen på prototyperna verkar dock påverka risken för halka, $F(1, 11) = 10.287$, $p = .008$, medelskillnad = 0.106, där en kallare yta ger högre halkrisk (Figur 8). Detta visas genom en lägre tangent på vinkeln. Intressant var också att yttemperaturen på betongen korrelerar positivt med vinkelns tangent, som indikerar att en lägre temperatur på underlaget ger högre risk för halka, $r = .636$, $p = .005$ (Figur 9). I och med att betongen var isbelagd är detta resultat är kanske ingen stor överraskning, då risk för halka blir mindre när isen börjar smälta. Men det är fortfarande intressant då resultatet visar att det är viktigt att undersöka inte bara prototyperna men även miljön där de används.

Resultaten från dessa mätningar visar ingen skillnad mellan prototyperna men att alla prototyperna har lägre halkrisk när de är varma. Även yttemperaturen visade sig påverka halkrisken med lägre halkrisk vid högre yttemperatur.



Figur 8. Medelvärde vinkelns tangent för alla prototyper när de var varma och kalla.



Figur 9. Korrelation mellan yttemperaturen och vinkelns tangent. Färgerna visar prototyperna.

Slutsats

Av de genomförda kontakt och kompressionstesterna var det endast en prototyp som uppvisade stora skillnader i egenskaper vid de två temperaturerna (242). Dock påvisades inga skillnader i

halkegenskaper mellan prototyperna vid de genomförda friktionstesterna. Alla prototyper påvisade lägre risk för halka då de var varma vilket är motsatsen till vad som ville uppnås.

Det kan konstateras att konceptet med temperaturberoende egenskaper hos cykeldäck fungerar men att mer arbete krävs för att erhålla önskad effekt (lägre risk för halkning då däcken är kalla).