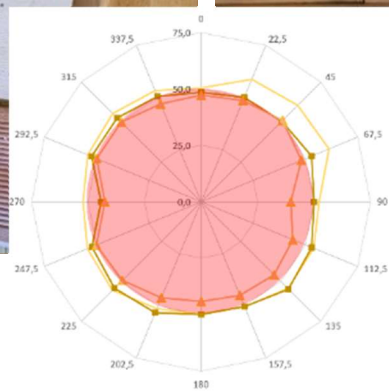
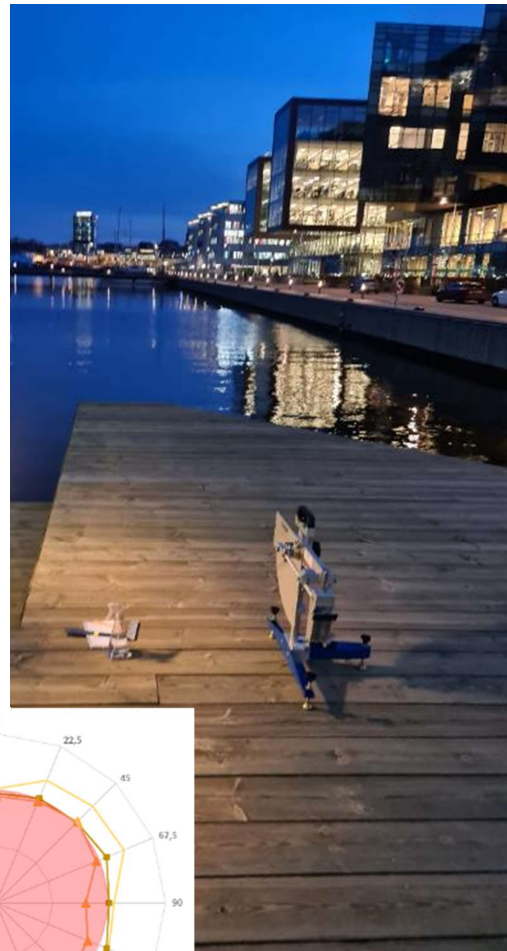


Skyltfonden – TRV 2021/21799 – Slutrapport

Praktiska friktionskoefficienter mellan trävägar och oskyddade trafikanter



Dokumentinformation

Titel: Praktiska friktionskoefficienter mellan trävägar och oskyddade trafikanter

Projektnummer: TRV 2021/21799

Författare: Jean Huvelle (Modular Cycling)

Dokumenthistorik: version 1.0

Datum: 22-02-2022

Förord

Vi redovisar nedan slutresultaten på vårt projekt ”Praktiska friktionskoefficienter mellan trävägar och oskyddade trafikanter”.

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverket Skyltfonden. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

ModC Networks AB (Modular Cycling) utvecklar modulära cykelvägar i trä. Under företagets produktutvecklingen har det framkommit många frågor kring friktion på trä som inte gick att besvara med den tillgängliga litteraturen. Arbetet som presenteras nedan är ett steg mot ett bättre förståelse av det vetenskapliga området och ett försök att bidra till bättre trafiksäkerhet för oskyddade trafikanter.

Sammanfattning av projektet

Vi har, med stöd av Skyltfonden, utforskat olika träunderlags egenskaper vad gäller friktion i en gång- och cykelsammanhäng.

Vi har utvecklat en ny metod som, trots begränsningar angående främst arbetsmiljön har levererat nyttig information och bevisat att cykeldäck har bra friktionsegenskaper på halt underlag tvärs färdriktningen.

Vi har valt att använda en British Pendulum Test, eller Skid Resistance Tester (SRT), en etablerad metod för mätning av friktion mellan gummidäck och olika beläggningar, för att utvärdera de valda underlag.

Vi har utfört ca 1500 manuella mätningar som ger en komplex bild av träunderlagens friktionsegenskaperna och banar vägen för ytterligare forskning kring och utveckling av ”träbeläggningar”.

Fiberriktningsberoenden av träunderlagen bekräftas och sätts i en ny ljus då dagens huvudriktningar visar sig ha den sämsta friktion av alla vinklar i många fall.

Den traditionella viktiga aspekten för konstruktiv utformning av trästrukturer att begränsa träets fuktinnehåll främst av beständighets skäll förstärks av observationen att fuktkvoten även påverkar friktion i negativ omfattning. Därför är fukthanteringen av allt träbeläggning en viktig förutsättning för en säker GC-väg i trä.

Arbetet har också inneburit att nya mätmetoder har teoretiserats fram. Ett nytt sätt att mäta friktionsvärden i sidled för cykelhjulen presenteras nedan, medan ett sätt att göra mätningar vid olika vinklar mer pålitlig och effektiv har testats med en 3D-utskrivna skiva.

Överallt har projektet levererat den förväntade data och öppnat för nya forskningsmöjligheter. Den insamlade data presenteras i bilaga, och i excel form på vår webbsida och kommer på så sätt att bidra till bättre utformning av träinfrastruktur.

Innehållsförteckning

1. Erhållen trafiksäkerhetsnytta	6
2. Bakgrund	7
3. Syftet med projektet	11
4. Beskrivning av metod och material.....	12
5. Resultatredovisning.....	15
6. Slutsatser	27
7. Spridning och implementering.....	28
8. Litteratur.....	29
Bilaga A – Mätvärden SRT-tal	31

1. Erhållen trafiksäkerhetsnytta

Projektet har uppfyllt sin ambition att utforska friktionsegenskaperna av trä i cykel- och gångtrafiks sammanhang. Detta leder till en bättre förståelse av halkrisken på träbelagda vägar och gångtor och hjälper, på sikt, att minska trafik- och halkolyckor relaterade till väglag.

Vi föreslår vidare ett nytt sätt att kontinuerligt mäta en cykelvägsbeläggnings kapacitet att bidra med tillräcklig friktion för att motverka ett hjuls sidorörelse. Detta har potentialen att hjälpa säkerställa trafiksäkerhet på cykelvägar under ett bred val av underlag.

Slutligen, kan en bättre förståelse av trä som vägbeläggingsmaterial leda till nya sätt att bygga infrastruktur som kan vara billigare och ha mindre klimatpåverkan. På så sätt kan detta underlätta utbyggnation av säker GC-infrastruktur och följaktligen bidra till en ökad trafiksäkerhet, främst för oskyddade trafikanter då separerad infrastruktur är den åtgärd som ger mest trafiksäkerhetstillskott.

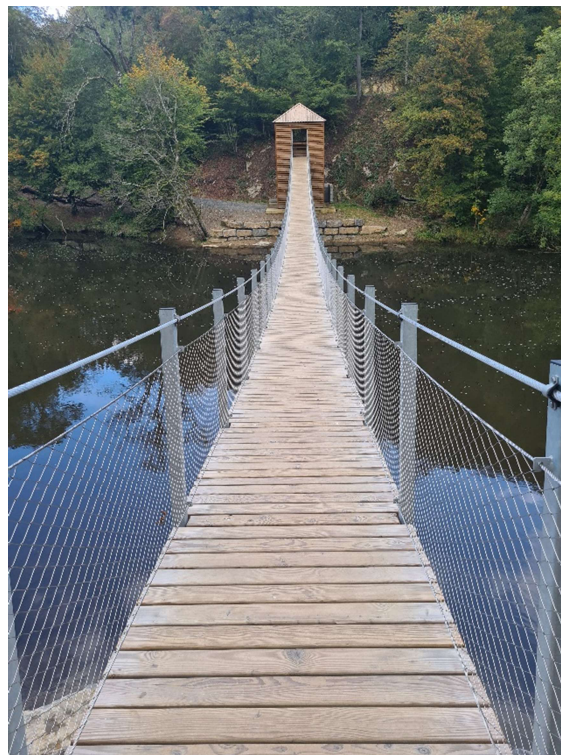
2. Bakgrund

Bakgrundskunskapen i Sverige beskrivs bäst i VTI rapport 952, 980 och 993. Även [5], [16] och andra referenser ger bra information angående ämnet. Därin framkommer tydligt att det idag saknas särskilda standard för friktion samt friktionsmätning för GC-vägar i Sverige. Det påpekas även att det är svart att utföra sådana tester.

Även [14] visar att det vetenskapligt underlaget för att förklara friktion mellan en gummidäck och en yta inte är helt fastställt och att det finns otrolig många parametrar som spelar en roll, b.a. väg och däcktemperatur, mängd vatten och/eller föroreningar, typ av gummi och mönster, lufttryck, dynamiska effekter, slitage...

När vi introducerar trä, i stället för asfalt som är väl utträtt i sammanhanget, kompliceras läget ytterligare, främst på grund av 3 saker. Först har trä olika egenskaper beroende på vilken riktning man tittar på (anisotropi). Sedan är trä hygroskopiskt, dvs den interagerar aktivt med vatten både i flyttande och ångform och detta påverkar både sin utformning och sina egenskaper. Slutligen, trä har ett mindre naturligt motstånd mot påväxt av olika alger och växter som utvecklar sig över tid över vilken yta som helst, men som kan leda till försämrad friktion i samband med vatten.

Vi har inte sett att det finns allmän tillgänglig information angående friktionsegenskaper av trä i ett trafiksäkerhets sammanhang. Trots att trä används mycket som underlag för altaner, GC-broar mm, har trä ett dåligt rykte vad gäller friktionsprestanda. Rapporten presenterar en del resultat som börjar att svara på sådana frågeställningar.



Friktionsmätningar vid 100% slip

Vanligtvis, fokuserar de flesta mätningarna på friktionsområdet med 15% slip där maximum friktion sker. Det är dock friktion vid 100% slip som mest bestämmer när en cykel ska tappa kontroll och börja köra omkull.

Därför har vi försökt att utveckla en teknik för att mäta friktion i detta område under realistiska förhållanden. Under arbetets gång har vi dock upptäckt att den nya metoden var farlig att använda (en 20 kg vikt i fri fall innehåller mycket energi) samt att friktionskraften var egentligen mycket hög vad innebär att, även med släta däck på underlag med låg friktion (slätt betong, blött, SRT-tal ca 30) var friktionskraften mycket stark och innebar att konstruktionens styvhet ledde till periodisk slip ej representativ av det vi ville studera.

A4.1.1 Friktion vid barmarksförhållande

För en vägbana, gångbana eller cykelbana med bundet slitlager skall medelvärdet av friktionstalet på en 20 m sträcka överstiga 0,5. Friktionstalet skall bestämmas enligt VVMB 104, "Bestämning av friktion på belagd väg", alternativ 2.

Alternativt skall för sådana ytor **SRT**-värdet överstiga 50 bestämt enligt VVMB 82, "Bestämning av friktion", alternativ 1.

För delytor av vägbanor, gångbanor eller cykelbanor med bundet slitlager, i detta fall yta < 2,0 m², samt vägmarkering, skall friktionstalet överstiga 0,45 bestämt enligt VVMB 82, "Bestämning av friktion", alternativ 2. Kravet avser medelvärde mätt på minst 1,0 m längd.

Friktionen i sidled bör inte variera med mer än 0,25.

Alternativt skall för sådana ytor **SRT**-värdet överstiga 45 bestämt enligt VVMB 82, "Bestämning av friktion", alternativ 1.

Kravet på delytor avser även ytor där friktionen inte kan mätas enligt VVMB 104 "Bestämning av friktion på belagd väg".

Figur 1: Trafikverket, ATB väg 2003 s10.

Av den anledning har vi valt att fortsätta arbeta med en etablerad metod, den British Pendulum Test, eller Skid resistance Test (SRT¹), som är en väl beprövad metod samt har använts länge i Sverige, och är fortsatt tillämpad b.a. vi mätning av friktion på vägmarkeringar (Trafikverket [18], Vägverket [12]) där SRT-talet måste överskrida 50 (tidigare 45), se Figur 1. Detta värde använder vi vidare som minimum krav för SRT-talet.

SRT är också en metod som tittar på friktion vid 100% slip då en gummi platta svings mot ytan som mäts och pressas ner mot den med hjälp av en fjädring. Den är portabel och kan användas både i fält och i en labb. Dessutom är systemet ofarlig då vikten i rörelse är mycket begränsad.

Mätytan på 125x75mm är tillräcklig små för att kunna mäta på vanliga trallar och träkomponenter.

¹ http://www.kelid1.ir/FilesUp/ASTM_STANDARS_971222/E303.PDF

Friktion för cyklar

De flesta friktionsmätningarna som utförs idag är utformade främst för motortrafiken, dvs stora, snabba fyrhjulingar som cirkulerar på asfalterade ytor.

Det är väl känt att friktionsegenskaperna varierar med slipsmängden, och de flesta mätningar görs där friktionskoefficienten närmare sin maximum, dvs 15%-slip området.

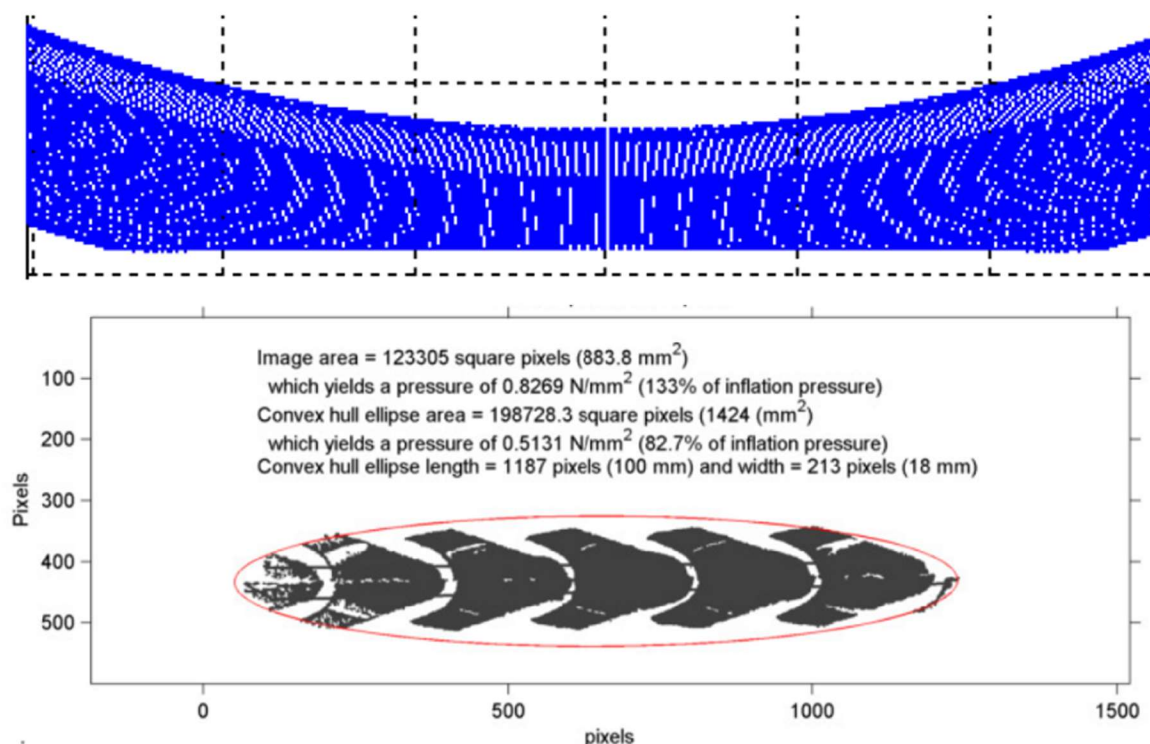
Även gående-specifik mätningar görs, främst i samband med golvbeläggnings utveckling och kontroll. Cykling kräver en tredje synvinkel på friktionsegenskaperna av olika anledningar:

- Som tvåhjuling är friktionsegenskaperna i sidled avgörande då en överskridning av den maximal tillåten sidokraft leder nästa systematiskt till en omkullkörning (en bil förblir stabil även med tappad styrningsförmåga, och kan dessutom använda motorkraft för att förbättra styrning).
- Kontaktytan mellan cykeldäcket och vägytan är mindre och annorlunda då cykeldäcket är en torus vs en mer cylindrisk bildäck. Däcktrycket är också vanligtvis större i en cykeldäck.
- På grund av cyklistens lägre hastighet och låg totalvikt är bromsningsproblematik sekundär, styrningen och lateral stabilitet blir de viktigaste parametrar. Dem avgörs av den tillgängliga friktion i sidled.

Tidigare forskning från b.a Dressel [10] har visat till komplexiteten av kontaktytan mellan en cykeldäck och ett plant underlag, samt till hur kan dessa parametrar variera (Se nedan).

Figuren nedan visar att cykelns ellips-formad kontaktyta har liknande dimensioner till SRTs gummi plattan i sidled.

Detta innebär att det är inte möjligt att entydigt beskriva det komplexa samspelet som friktion innebär. Men det går att skapa ett ram för att förstå det sannolika beteendet i praktiken och understödja utvecklingen av trafiksäkra GC-vägar.



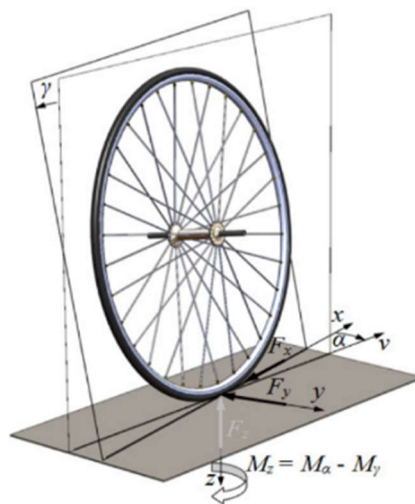
Figur 2: Topp: Torus-formad cykeldäck vid kontakt med vägen. Botten: Typisk kontaktyta mellan en cykeldäck och en plan yta. Båda från [10] med sitt tillstånd.

Styrvinkel påverkan på friktionsvinkel

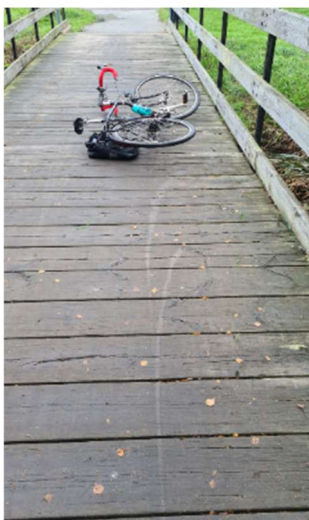
Det är etablerad att en cykel behöver friktion i främst två riktningar, som för de praktiska förhållanden och hastigheter sammanfaller med en vägs huvudriktningar (långsgående och tvärsående).

Samtidig innebär styrningen och den permanenta balansövningen som cyklingen kräver att styrvinkeln (vinkel mellan framhjulets plan och cykelns vertikal plan) varierar permanent och påverkar därför vinkeln mellan cykeldäcket och träfibrerna av ett trä underlag.

Moore[28] har undersökt flera parametrar av verkliga cyklister, b.a styrvinkeln. Resultatet visar att för hastigheter ovan 5 km/h är styrvinkeln vanligtvis under 3 grader. Det innebär att vi kan anta att om ett träunderlag byggs med en viss vinkel gentemot färdriktningen, den överväldigande majoriteten av friktionsinteraktionerna kommer att ske inom några grader från de två huvudriktningar och att en optimering av trallarnas vinkel kan leda till påtagliga förbättringar av de praktiska friktionsegenskaperna för en cyklist.



Figur 3: Dynamisk modell av en framcykelhjul med friktionskraften F_x och F_y [10].



Figur 4: Exempel på hjulspår vid hard bromsning på halt underlag.

Vänster: Ej dubbad däck på ej sopat, vått trä.

Höger: Dubbdäck på is.

Inledningsvist verkar friktionskraften mot cykelns färdriktning, men när cyklisten försöker styra och balansera bort från frifallet trycks hjulet i sidled och ekipaget ramlar ner.

Vid ren borttappad styrningsförmåga skulle hjulspåret se annorlunda ut, detta är dock farligare att experimentera med.

3. Syftet med projektet

I grunden, handlar projektet om två saker:

- a. Minska halk-relaterade olyckor på träbelagda ytor genom att höja kunskapsläget
- b. Genom förbättrade förståelse av friktion på trä-underlag, möjliggöra en mer utbredd byggnation av träbelagda infrastruktur, vad förväntas medföra vinster både vad gäller trafiksäkerhet (separerad infrastruktur) och klimat.

Projektets syfte är att bevisa att det är trafiksäkert och nyttigt att bygga Gång- och Cykelvägar i trä, under de rätta förhållanden. Cyklister och oskyddade trafikanter tillhör idag det mest utsatta gruppen ut i trafiken. Deras andel i antalet skadade i trafik har ökat, och dem har inte gynnats av den allmänna ökningen i trafiksäkerhet som Sverige har sett det sista decenniet.

Trots detta, är det viktigt att antalet gående och cyklister ökar för att uppnå Sveriges Klimatmål. Detta förenas även med stora hälsofördelar, och bidrar till ett mer attraktivt stadsmiljö, då det skapar mer interaktioner mellan människa, större efterfrågan för det lokala handel, och trevligare trafikkonfiguration med bättre luftkvalitet mm.

En central del i att skydda gående och cyklister är att leverera vägar med bra friktionsegenskaper under alla väderlag.

Det finns många parametrar som spelar en roll, och därför är det svårt att fastställa ett visst friktionsvärde. Men det finns en allmän brist på friktion data som stöd till trafiksäkerhet, i synnerhet vad gäller oskyddade trafikanter och träunderlag.

Som en konsekvens av detta, är den mest förekommande olycka för både fotgängare och cyklister singelolycka, med brist på friktion med vägen som huvudorsak.

Därför har vi utfört projektet för att titta på hur kan man mäta realistiskt friktion för olika slag oskyddade trafikanter samt börja skaffa en databas av sådana parametrar under olika förhållanden.

4. Beskrivning av metod och material

a. Utveckling av en ny metod

En ny metod har utvecklats för att mäta friktion av cykeldäck tvärs färdriktningen. Medan metoden har visat sig vara för farlig att använda extensivt, den har levererat intressant data. Inte minst ett bevis att cykeldäcken har utmärkta friktionsegenskaper i den riktningen e.g. det kräver bara ett lågt friktionstal för att kunna styra en cykel, antagligen lägre än det befintliga kravet på friktionstal.

b. Förslag för en annan metod för löpande mätning av halkrisk i en cykel sammanhäng

Efter att det blev tydligt att den tilltänkta mätmetoden (a.) inte gick att använda för att generera den önskade data, har vi tittat på olika alternativ.

Medan vi utförde mätningarna genom användning av SRT (c.), vi vill även presentera här ett förslag till ny mätmetod anpassat till cyklisters behov och som teoretiskt skulle kunna användas på ett liknande sätt som etablerade metoder (rosanne-project.eu deliverable D3.4 med mera).

Flera mätmetoder för friktion av asfalt över längre sträckor består idag av ett system där ett kalibrerat hjul drags bakom ett fordon där hjulet vrids runt en vertikal axel ca 15 grader. Genom att kontinuerligt mäta vridningsmomenten som uppstår kan friktionstalet tas fram. Metoden är pålitlig och levererar bra data över längre sträckor. Däremot är mätningen utformat för att återspegla fyrhjuls motorfordons dimensioner och hastigheter.

Vi föreslår att utveckla en liknande metod där en eller två cykelhjul dras bakom en fordon i lägre hastighet (15 – 25 km/h). I stället för att vrida hjulet runt en vertikal axel vill vi vrida cykelhjulet runt den horisontella, längsgående axeln så att hjulet lutar på ett liknande sätt som en svängande cykel. Hjulet kan bromsas för att uppnå en viss slip ratio om så önskas. Tillförsel av vatten kan göras i likhet med etablerade metoder.

Cykelhjulet trycks ner mot vägytan med en kontrollerad vertikal kraft representativ av en verklig situation.

Mätningen kan sedan göras på två olika sätt:

- Genom att mäta den horisontella kraften som uppstår på grund av grundreaktionen kan ett friktionstal tas fram
- Genom att kalibrera hjulets vinkeln och övriga geometriska parametrar samt vertikal kraft kan vi skapa ett system som kommer att börja glida i sidled vid ett bestämt friktionstal. Då kan systemet ge en väldigt tydlig indikation av sträckor där friktionstalet är för lågt för styrningen av en cykel. Inställningen skulle göras konservativ.

Fördelen är att få kontinuerliga värden, anpassade till cykeltrafikens egenskaper. Dessutom, har den andra optionen potentialen att fånga de verkliga förhållanden när lateral friktion räcker inte och andra mätsystem är begränsade, såsom underlag med grov makrotextur eller lös grus...

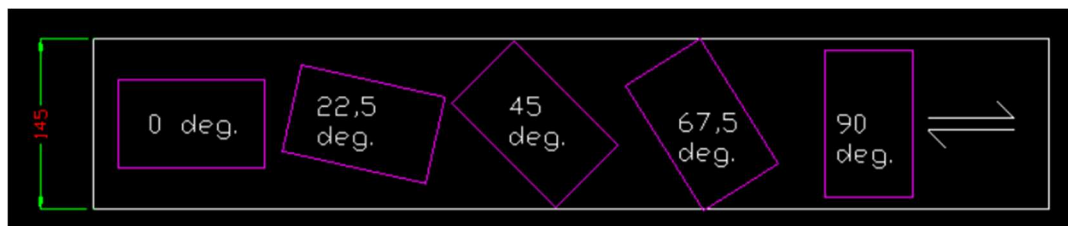
Vidareutveckling av konceptet ingår inte i projektets omfattning och är krävande. Författaren välkomnar kontaktförfrågan från aktörer intresserade att samarbeta på möjligheten.

c. Skid resistance tester

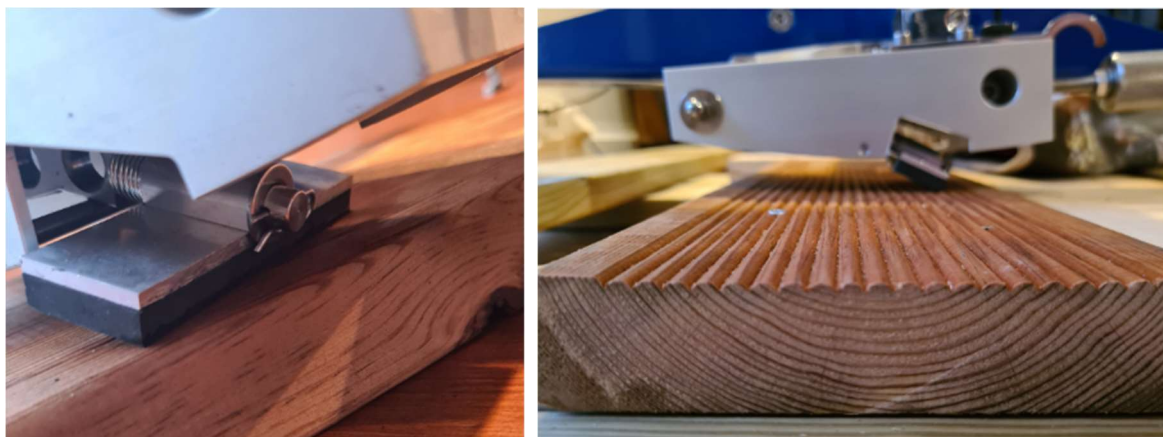
Syftet med projektet var från början att generera friktion data som är representativ av verkliga förhållanden mellan cykeldäck eller skor och olika trä underlag. Av den anledning har vi undersökt flera möjliga etablerade lösningar som skulle kunna leverera sådan information i komplement eller, som det har blivit, i stället för vår egenutvecklade metod.

Vi har valt den väl-etablerad metod Skid Resistance Tester – SRT (C. G. Giles B. E. Sabey K. H. F. Cardew, 1965) som bygger på att en gummiplatta rörs mot underlaget som mäts genom en pendelrörelse. Metoden är enkel, har studerat och jämfört många gånger och det finns även krav från Trafikverket kopplad till den.

Konceptet där gummiplattan rör sig mot underlaget innebär att vi mäter vid 100% slip vad var vår ambition från början (se ansökan) och i ett hastighetsområde lägre än andra metoder.



Figur 5: Illustration av mätningssytan på en trall med 145 mm bredd. Avrundade hörn och toleranser innebär i praktisk att 45 och 67,5 grader vinklar ofta saknar en mindre bit i hörnet. Fiberdirektionen illustreras av pilarna.



Figur 6: Illustration av kontaktlinjen mellan gummiplatta och trall (Vänster) och med en rillad trall (Höger)

Medan vi utforskar ett antal olika parametrar, det finns en viktig aspekt som är avgörande för friktion på träunderlag och som inte ingår i det här arbetet. Det är väl känt att påväxt på träunderlag i samband med våta kan leda till ett väldigt halt underlag. Detta är något som sker över tid och är mycket beroende på det lokala klimatet, väderexponering, träslag och val av träbehandling samt mekanisk slitage (trafik). Det finns olika sätt att motverka tillväxten av påväxten, och det säkraste sättet att säkerställa bra friktion över tid är att sopa bort hela beläggningen ett par gånger om året. Detta kan göras med fördel i samband med löv- resp. grusupptagning och behöver därför inte medföra en merkostnad för väghållaren.

På grund av tiden det tar för påväxten att påverka friktionen har aspekten inte kunnat tas med i projektet. Vi har däremot mätt ett antal befintliga underlag och kommer att fortsätta göra så för att generera mer information ang. effekten.

SRT för att mäta trä

Det finns flera specifika eller begränsningar kopplade till att använda SRT för att mäta ett trä underlag:

- I. Storleken på ytan som mäts begränsas till 75x125mm. Detta är väldigt positivt då många trallar är bara 120mm eller 145mm breda. Däremot krävs det en bredare trall när vi börjar mäta för friktion vid vinklar mellan 0 och 90 grader, se nedan. Av den anledning har mätningarna fokuserat på trallar med 145mm bredd, även om vissa trallar på 120mm har mätts. I så fall kan resultat för de inblandade vinklarna ha påverkats. Vi har alltid försökt att ställa in mätningen så att den första kontaktlinjen var helt på trallen, vad innebär att den saknande ytan fanns i slutet av mätningen och innebär därför ett värde mindre än vad det skulle bli om hela ytan hade mätts. Se Figur 5.
- II. Mätningen innebär upprepade rubbningar på samma ytan, som sprejas med vatten varje gång. Detta innebär att ytan kan påverkas (slitas bort) samt att träet tar in vatten vad kan påverka mätningarna. Denna observation ledde till att vi gjorde mätningar under olika fuktinnehåll. Vi valde också att utöka antalet "set-up runs" (svängningar utan att mätningen intecknas) från 3 till 7. Effekten har observerats i vår test med en 3D-skriven yta, se nedan.
- III. Trä är mindre uniform än andra beläggingsmaterialer på grund av kvistar mm. Geometrisk begränsning innebär att det är inte alltid exakt samma ytan som mäts. Medan vi har försökt undvika särskild avvikande ytor (kåda, kvist, spricka...) det är sannolikt att en del av variationerna i mätningarna härstammar därifrån. Det kan förklara vissa otydliga trender i data.

Övriga relevanta aspekter som diskuteras inte här:

- Variationer i mätlängder pga ej vågrätt underlag, sliten gummiplatta, ej plan underlag, fel vid uppställning, rörelse av anordningen
- Effekt av temperaturvariationer av anordningen, trallen och atmosfären
- Mängd vatten ökar med antal mätningar
- Noggrannhet av vinkelinställningen

Slutligen, kan det observeras att SRTs gummiplattan ger bra och repeterbara resultat, men att deras tolkning i både cykel- och gående- sammanhang måste tolkas mht cykeldäcket och skornas egenskaper. B.a. har den bred och lineär kontaktklinjen en helt annan teoretisk beteende än en ellips-formad kontaktyta typisk av en cykeldäck. Detta kan i synnerhet påverka mätningarna vid 0 och 90 grader. Även cykeldäckets mönster och lufttryck kommer att påverka friktionen i troligtvis större omfattning än själva fiberriktningen.

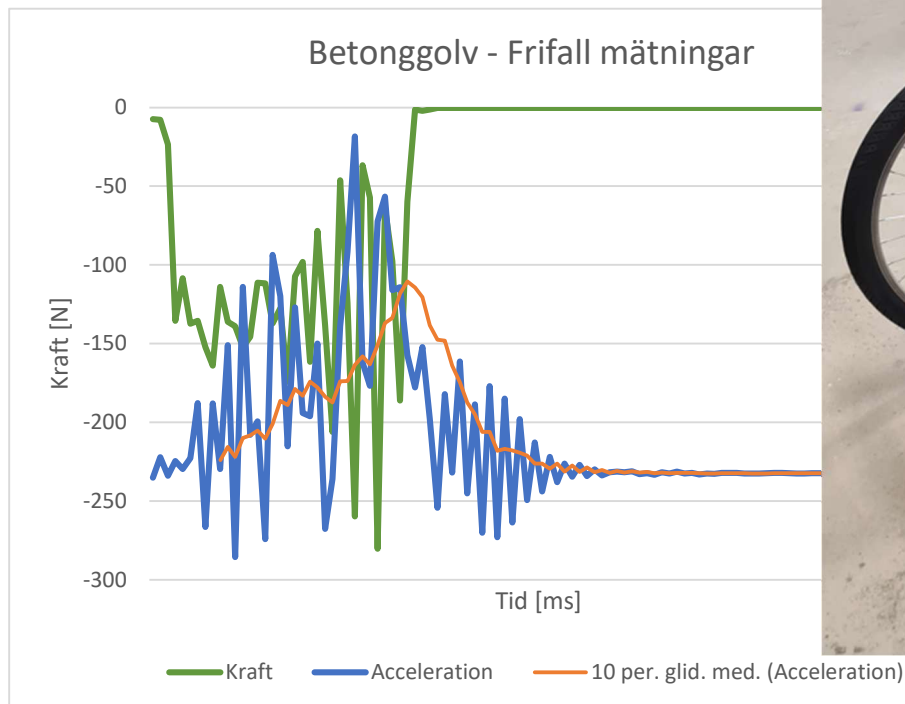
I teori, det bör vara möjligt att kombinera sådana mätningar med simuleringar för att kunna ge en mer rättvisande bild av friktionsegenskaperna för cykeldäck och skor, se f.e. [27].

5. Resultatredovisning

a. Ny mätmetod

En ny metod har utvecklats för att mäta friktion av cykeldäck tvärs färdriktningen. Medan metoden har visat sig vara för farlig att använda extensivt, den har levererat data, inte minst ett bevis att en cykeldäck har utmärkt friktionsegenskaper i den riktningen e.g. det kräver bara ett lågt friktionstal för att kunna styra en cykel, antagligen lägre än det befintliga kravet på friktionstal.

Metoden innebar mätningar med både en accelerometer och en kraftmätare. Resultatet av en test run på en slätt betongyta (förrådgolv, SRT-tal blött: ca 30) visas nedan. Däcktryck: 4 bar.



Som framkommer tydligt från de (ofiltrerade) resultat, är hjularnas beteendet väldigt cykliskt och innebär en "stick-and-slip" fenomen. Detta styrs mest av förhållanden mellan hjulssystemets styvhet och den tillgängliga friktionen. Mättiden är ca 1,6s, motsvarande 1m fallhöjd.

Utifrån den data vi har kan vi ta fram ett värde för friktionstalet.

Baserad på den uppmätt horisontella kraften är det genomsnittliga friktionskoefficient ca 60%.

Utifrån accelerationen kan vi antyda ett värde på ca 15%.

Det är tydligt att de dynamiska effekterna som präglar mätningen har en alldeles för hög påverkan på resultaten och därför kan inget bra värde tas fram.

Medan det hade varit möjligt att förbättra anordningen för att göra det styvare och mindre känsligt för svängningar, andra aspekter, främst arbetsmiljöfrågor kopplade till säkerheten att arbeta i närheten av en frifallande vikt på 20 kg innebar att det tordes bättre att fokusera på den etablerade metod SRT. Således har flera mätningar med metoden inte utförts.

Arbetet har ändå bevisat att lateralfriktion av en cykeldäck är väldigt hög då trots det låga friktionsvärdet av underlaget har beteendet präglats främst av högfriktionsmotstånd följt av snabba friktionslösa glidningar som teoriserar härleda från momenten där den närmaste hjulen lyfts upp dynamiskt och flyger fram förrän den kommer i kontakt med underlaget igen och stannar.

b. Mätningar med Skid Resistance Tester

Ett brett antal underlag har valts och mäts med SRT. Mätningarna kan delas i tre kategorier:

- I. Mätningar av trä underlag med fokus på fiberriktnings påverkan
- II. Mätningar av träunderlag med fokus på fuktkvot effekt
- III. Mätningar av andra underlag som referens

Inledningsvist har vi fokuserat på mätningar i tre vinklar (0, 45 och 90 grader) men i både torr och våt konfiguration.

Sedermera har vi valt att mäta varje 22,5 grader (II/8) och bara i våt konfiguration då de torra mätningarna bekräftade att friktion på trä aldrig är ett bekymmer när det är inte blött och de sliter mycket på gummiplattan. Då har vi även standardiserat mättningsarbetet genom att, för varje mätkonfiguration, utföra 7 stuk set-up runs förrän att 4 mätningar intecknas.

Vi har tagit fram olika sätt att visualisera resultaten, och har fastnat på främst en ”friktionsrosa” som visar det genomsnittliga mätvärdet för varje fibervinkel.

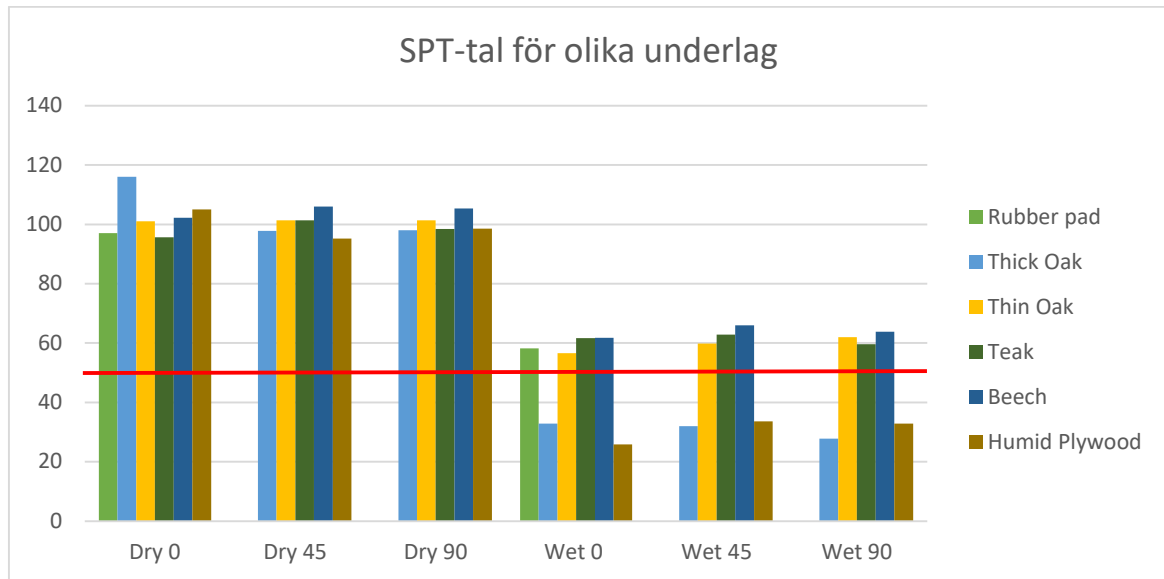
I resultaten motsvarar 0 grader en rörelse av plattan parallellt med träets fiberriktning. Under mätningarnas gång har emellertid kommit fram vissa indikationer att även vinkeln med hänsyn till fiberdirektion (dvs 0 eller 180 grader) har betydelse för friktionstalet. Detta stämmer bra med allmän snickerikunskap ang. hyvlingsdirektion mm. Däremot introducerar detta ytterligare variabel då effekten är annorlunda beroende på om mätytan har sågats mot kärnsidan eller utsidan av stammen vad är inte alltid lätt att fastställa. Av den anledning skiljer vi inte på aspekten i våra resultat.

Alla mätvärden (medel av 4 mätningar) redovisas i bilaga A och ska publiceras i excel form på webbsidan <http://modularcycling.eu> efter att rapporten godkänns av Skyltfonden.

Grafiskt representeras Trafikverkets gräns på 50 med en röd linje eller en röd cirkel (friktionsrosa).

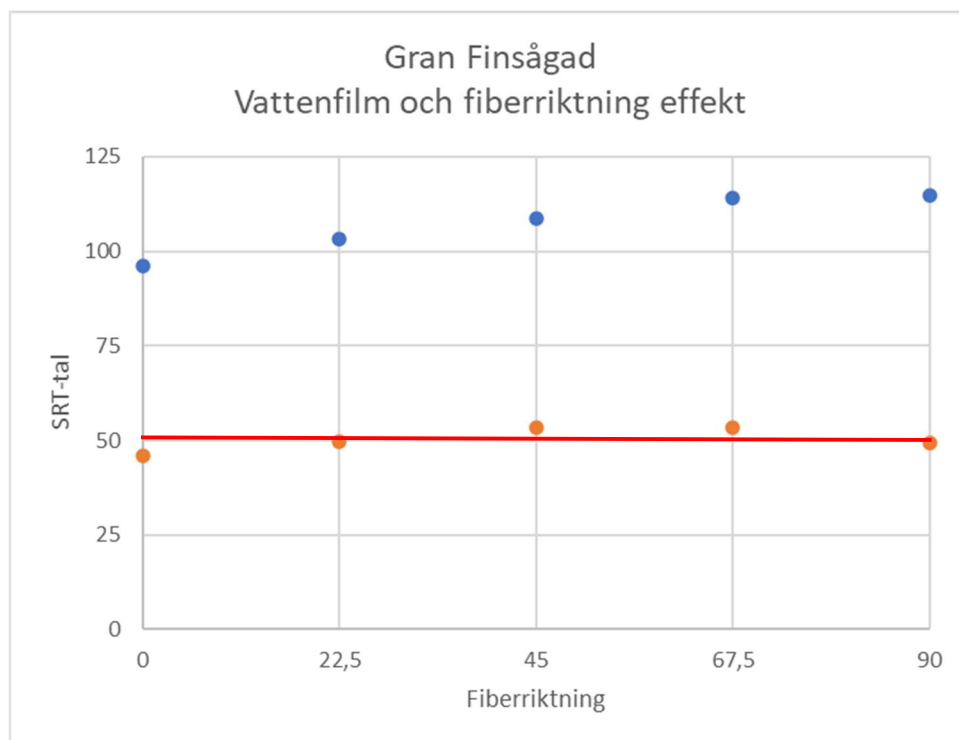
Torr vs våt

Inledningsvist har SRT mätningar utförts både i torr och i våt konfiguration för att uppskatta påverkan av ett vått underlag på friktionstalet.



Figur 7: Effekt av vattenfilm och vinkel på olika underlag. Låga värde för ek och plywood länkas till en kontaminerad yta.

Som syns tydligt, även kontaminerade ytor levererar tillräcklig friktion i torrt förhållanden. Däremot har vattenfilmen en avgörande effekt och minskar friktionstalet för de illustrerade materialen med i genomsnitt ca 50%.



Figur 8: Effekt av vattenfilm och vinkel för finsågad gran

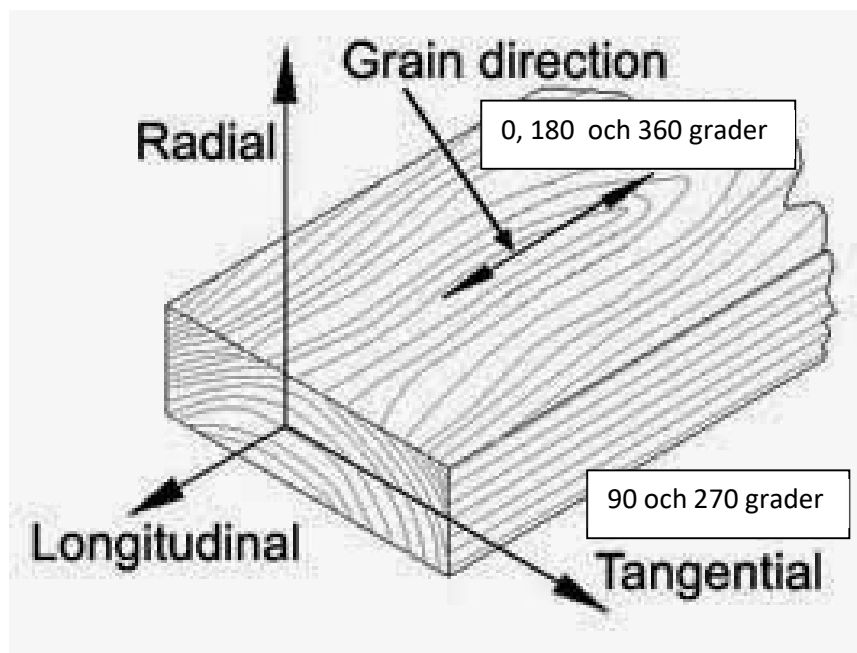
Träets fiberriktningen

Vid arbetets början, var antaganden att friktion på träunderlag var stark anisotropisk och att friktionstalet skulle bli högre tvärs fibrerna (90/270 grader vinkel) än längs med fibrerna (0/180/360 grader).

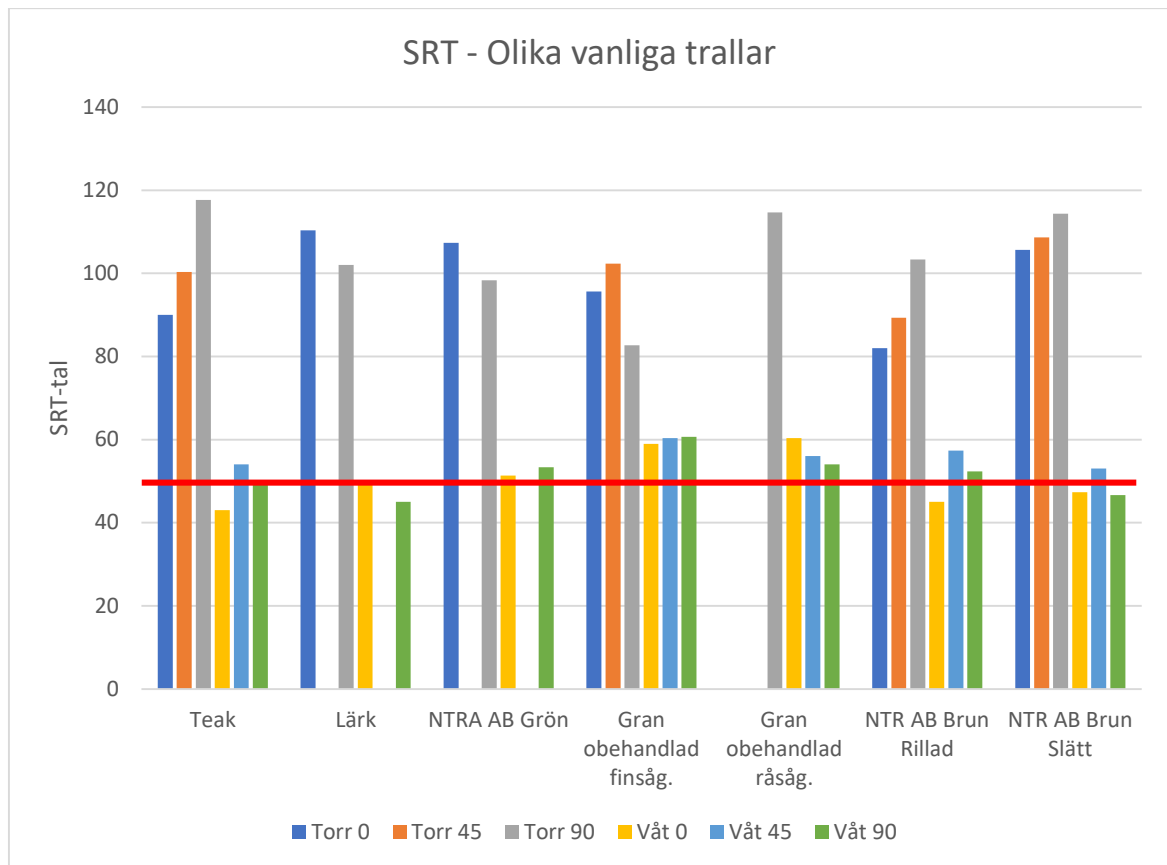
Resultaten visar en mycket mer komplex bild och det främsta resultatet är att mellanvinklarna (x fjärdedelar eller åttondedelar av π med x udda) visar till högsta friktionspotential i de flesta fall, i synnerhet när vi tar hänsyn till behovet av både styrning och hastighetskontroll som agerar vinkelrätt med varandra.

Vi har valt ett antal olika underlag för att försöka visa en så bredd bild som möjlig av friktion på träunderlag. En del var material som vi hade tillgänglig i vår verkstad, en del köptes från vanliga brädgårdar på Hisingen.

Som förklarades ovan, kan bredden på trallarna vara för små för att ge tillräcklig bra mätningar vid vissa mätvinklar. Dessutom var mättingsförhållanden inte alltid fullt kontrollerade, i synnerhet i början då påverkan av vissa effekter (fukthinnehåll, antal test runs, ...) var inte kartlagt. Vi anser ändå att trots dessa begränsningar har data ett bra vetenskapligt värde och kan ge stöd till vidareutveckling.



Figur 9: Fiberriktningsförklaring. Utöver den aspekten finns även skillnader i längdriktningen beroende på vinkeln mellan fibrerna och sågplanen (se Cota [26])

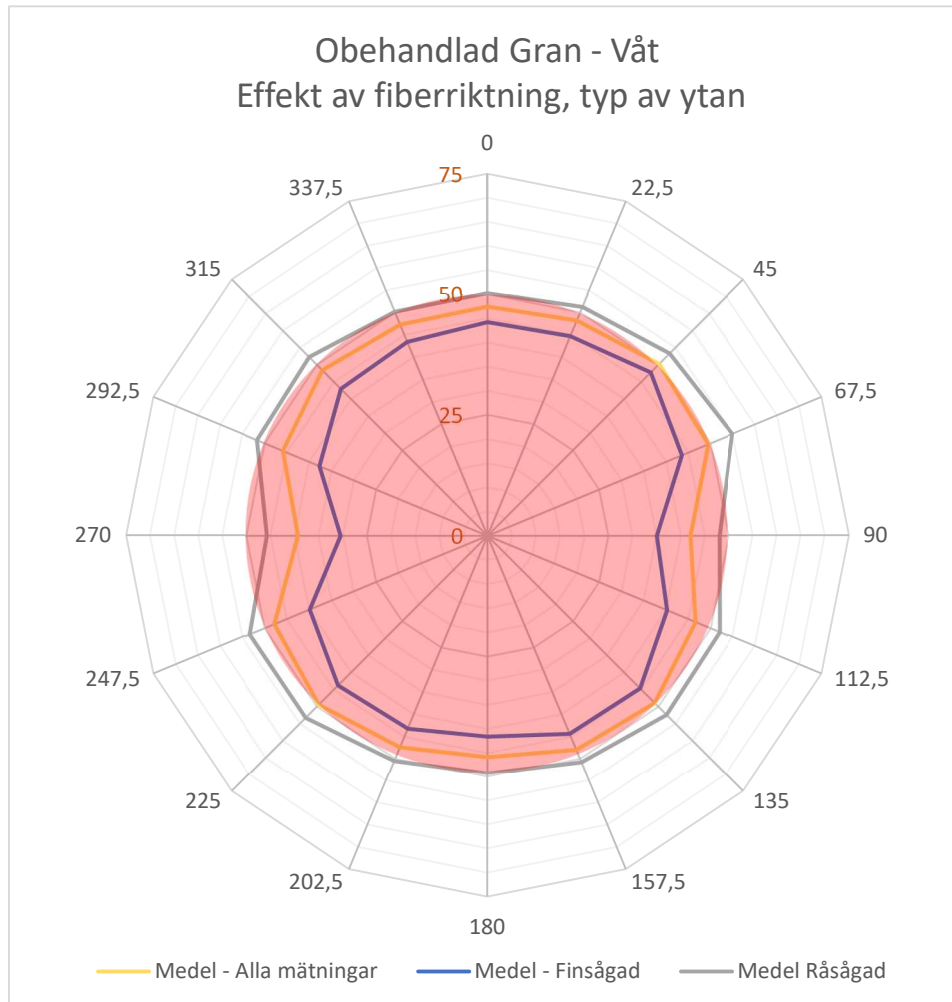


Figur 10: SRT-tal för olika vanliga trallar och fiberriktning under torr resp. våt förhållanden

Som syns i Figur 10, har träets fiberriktning en viktig påverkan, även om den är mindre än vattens smörjningseffekten. Effekten är däremot viktig i våt förhållanden då den kan avgöra om SRT-talet hamnar under kravet på 50. Resultaten ovan ger ingen entydig bild av fibrerna påverkan, och vissa trallar kunde inte mätas vid 45 grader på grund av deras mått. Bland annat har gran en motsatt beteende om vi mäter den råsågad sidan eller den finsågade (samma bräda). Beteendet är också inte nödvändigtvis detsamma i våt eller torrt förhållanden. I enlighet med tidigare slutsatsen att torr friktion inte var ett problem för trä, har vi fokuserat närmare på de våta förhållanden. Slutsatsen som dras vidare ang. effekt av fiberriktningen måste således kopplas till våt friktion och området där det är mest kritiskt att uppnå högre friktionstal.

Av den anledning har vi valt att göra mer omfattande mätningar med trallen av obehandlad gran och NTR AB Brun som är rillad och därför kan vara intressant att utvärdera närmare.

Figur 11 visar först fiberriktningens påverkan på friktionstalet. Förvånandesvis är mätningarna i riktningen tvärs fiberriktningen tydligt lägre (vinkel 0 och 270). Detta bekräftas av ljudet som ges ut vid mätningar i den riktningen, och kan förklaras av begränsningarna av mätmetoden där gummiplattan är parallellt med fibrerna och kan således påverkas på ett ej representativt sätt i den konfigurationen.



Figur 11: Friktionsrosa för Gran - Medelvärde av flera mätningsruns vid olika fuktnnehåll.

Sedan, visas också tydligt att ytans ytstruktur (råsågad vs finsågad) är av stor betydelse för friktionstalet.

Slutligen, kan vi se tydligt att det högsta friktionstalet uppnås i en 45 grader vinkel mot fiberriktningen, även om detaljerade resultaten visar att även området 22,5-67,5 grader kan uppnå det bästa friktionstalet för mätserien.

I det här fallet hade sådana trallar, placerade med den råsågad ytan uppåt, och förslagsvist med en vinkel av 45 grader mot färdriktningen uppnått Trafikverkets krav för ett SRT-tal högre än 50. Marginalen är dock små och då trallen är obehandlad kan den i praktik inte användas för strukturer utomhus utan vidare träskyddsbehandling som kommer även att påverka sina friktionegenskaper.

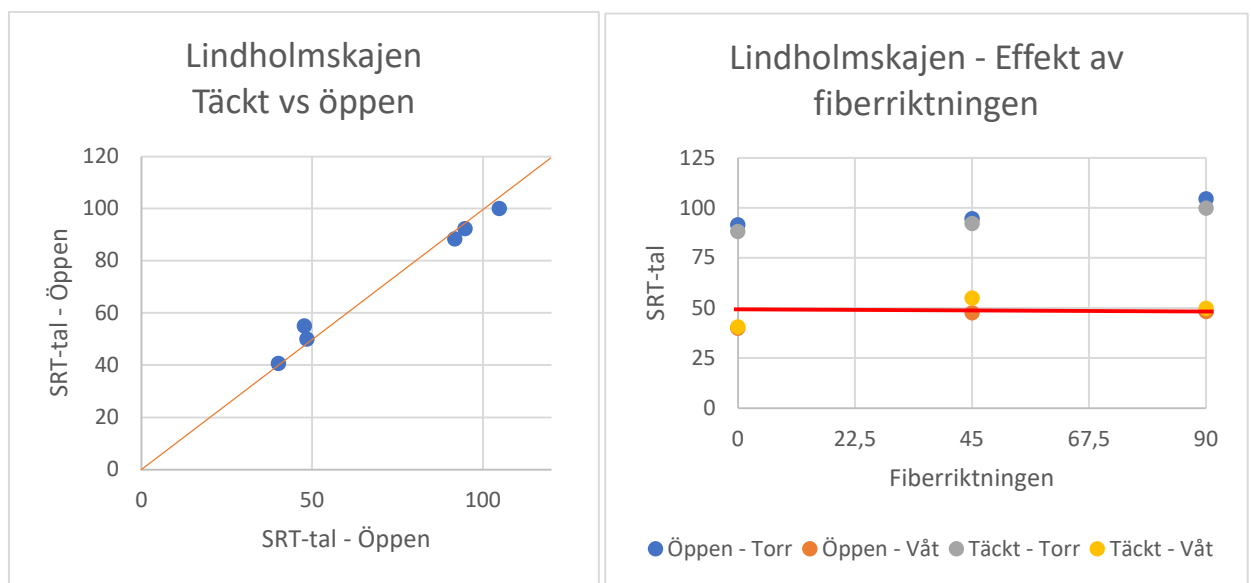
Det är även viktig att titta på de praktiska förväntade förhållanden för trallarna då trä som mäts efter att ha lagrats inomhus kan bevisa annorlunda friktionsegenskaper än trallen som står ute.

Mätningar av befintligt underlag utomhus

En sak som är avgörande för friktion på trä är om det finns påväxt på grund av bristande underhåll. Påväxt har potentialen att försämra friktionsegenskaperna av de flesta underlag, men av trä i synnerhet, genom att kombinera med vatten för att bygga en smörjande film som försämrar friktionen mycket mer än vatten ensam gör det.

Medan utvärderingen av den effekten är inte en del av det här arbetet, har vi valt att mäta två träunderlag i verkliga förhållanden. Det första är en balkongbeläggning målad med en slätt ytbehandling. Den andra är en brygga i närheten av Lindholmens Sience Park på Hisingen, Göteborg. Anledningen att ytan valdes var att den var lättillgänglig, bredd så att arbetet skulle inte hindra trafikanter och att det fanns delar av bryggan som var täckta av en byggnad, varför påverkan av den effekten kunde studeras. Både ytor visade inga tydliga tecken av påväxt, vad kan innebära pågående underhåll.

Båda objekten installerades år 2008.



Figur 12: Lindholmskajens resultat. Prickar ovanför den orangea linjen innebär att det täckta värdet är högre.
Mätvärden: 0, 45 och 90 grader

Figur 12 visar att beteendet är olika i våt eller torr konfiguration. Medan den täckta delen presterar bättre när blöt, den får lägre värde torr. Detta kan bero på att den får mindre påväxt (och därför mindre smörjning), men också slitas mindre vad orsakar en grövre ytstruktur som kan förbättra friktion när materialet är torrt. Skillnaderna är dock små.

Tillfälligtvis visar även mätningarna till metoden bra repeterbarhet.

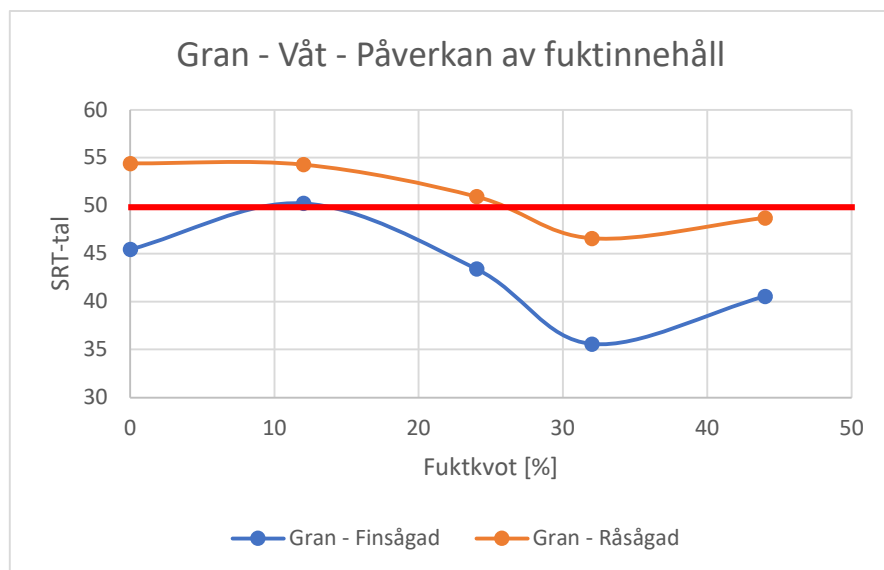
Resultatet av mätningarna på balkongen visar främst att vatteninnehållet i brädorna samt typ av ytbehandling påverkar SRT-talet.

Effekt av fuktkvot

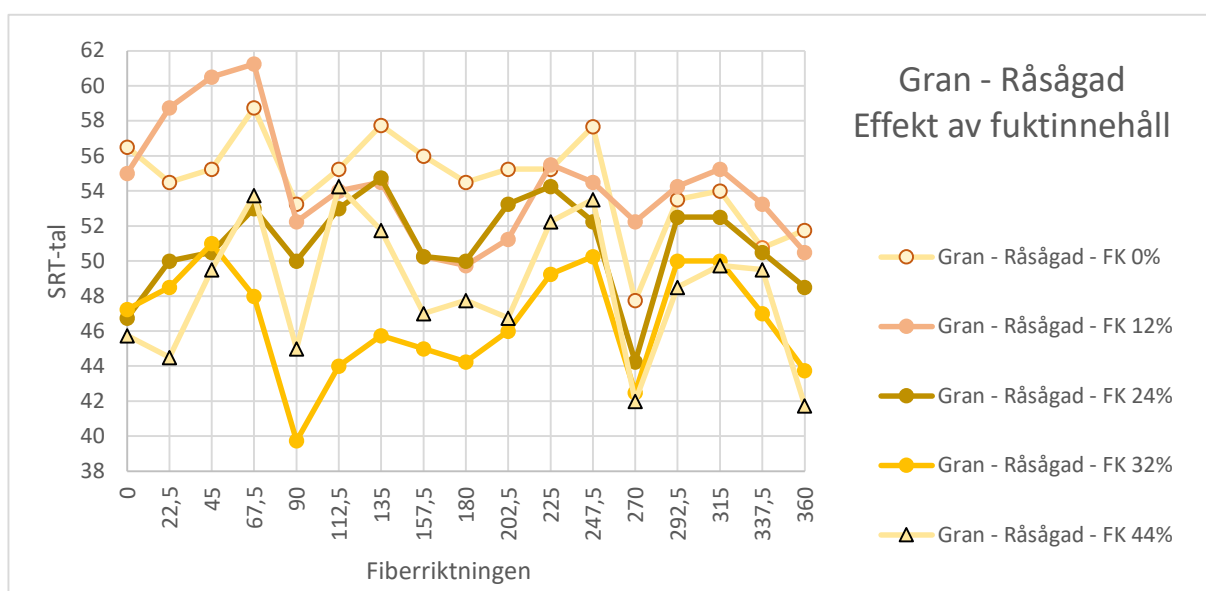
Horisontella trallar som exponeras utomhus utan vattentäta ytbehandling har i Sverige en fuktkvot på toppsidan mellan 20 och 40% (egna observationer) beroende på årstid, tid sedan och typ av sista nederbörd, träslag, torkningsförhållanden.

Därför har vi tittat på den aspekten för två produkten. Först samma trallen av obehandlad gran och sedan en impregnerad trall NTR AB brun med en rillad sida.

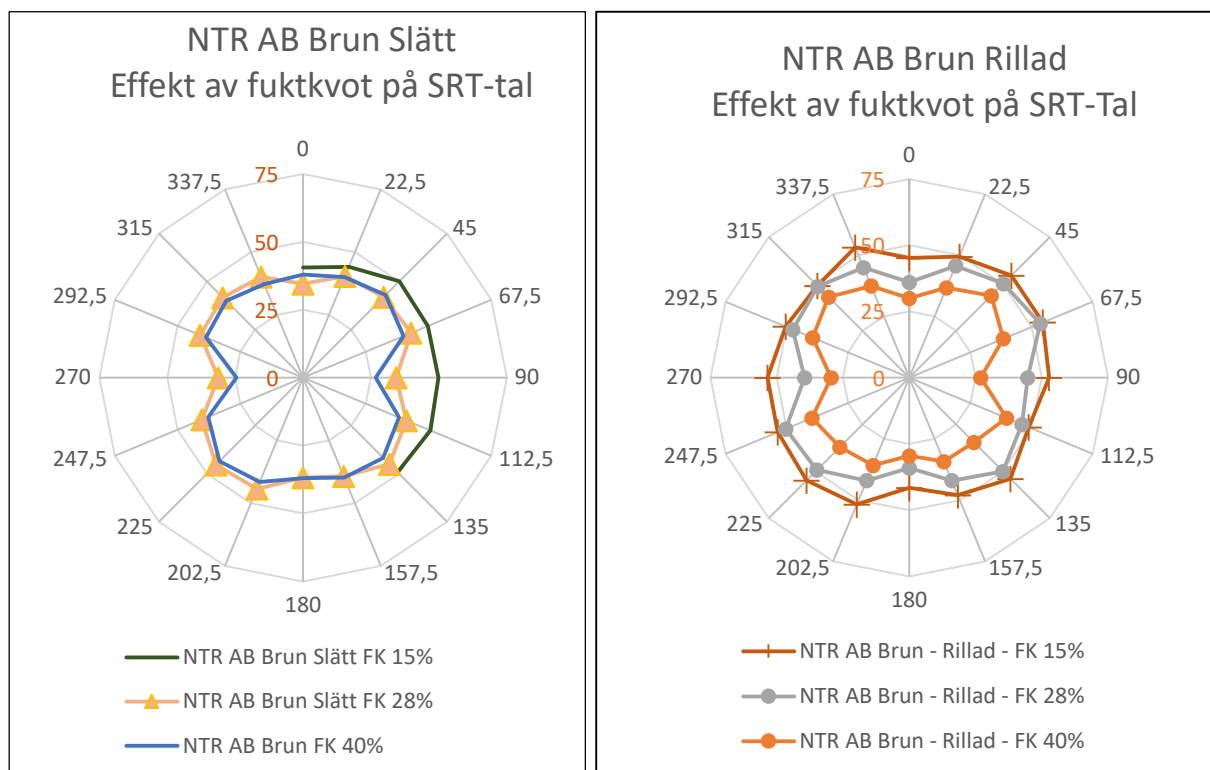
För gran, vi ser att den bästa friktionen (medel av alla riktningar) sker vid 12% fuktkvot medan den värsta infaller vid 32%. Data är begränsad för att dra slutsatser men trenden är tydlig och bör räknas med vid projektering av träbeläggningar.



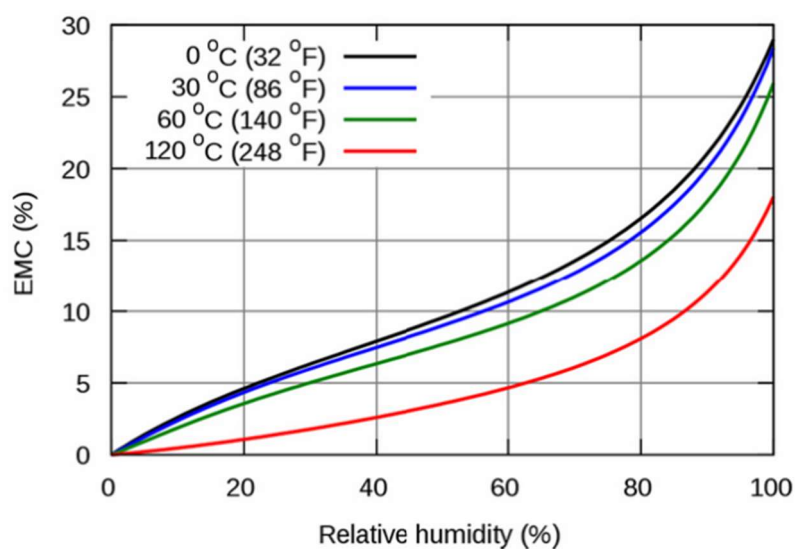
Figur 13: Genomsnittlig SRT-tal för samma gran trall beroende på fuktkvot och sidan



Vad gäller tryckimpregnerad furu, har vi bara kunnat utföra tre test per sida, med 15%, 28% resp. 40% fuktkvot. Resultaten visar även där att fuktiga trallar har betydlig lägre friktion än när torra. Vi har inte kontrollerat om detta kan förklaras med påväxt eller smuts som skulle ha deponerats på mätytan i samband med fuktintagning.

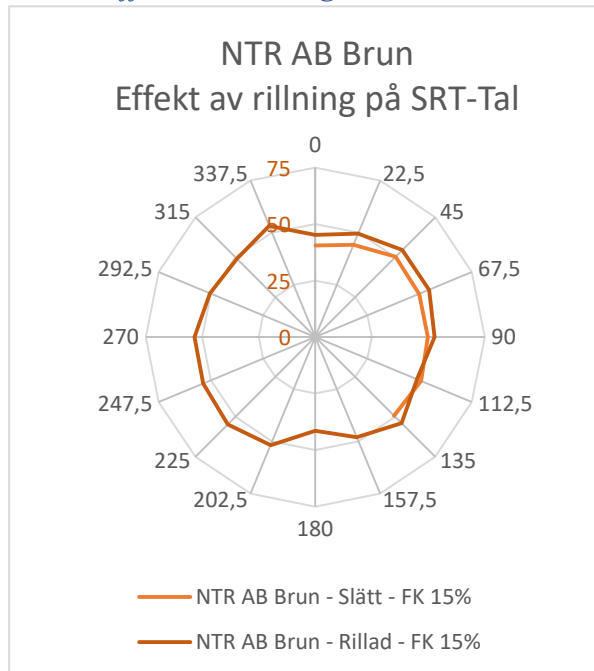


Figur 14: Jämnviktsfuktkvot (EMC) för trä i kontakt med luft med olika temperatur och fukthåll²



² <https://www.core77.com/posts/25000/wood-movement-why-does-wood-move-25000>

Effekt av rillningen



En av trallen som köptes var av typen tryckimpregnerad furu (NTR AB Brun), troligtvis hyvlad, med en rillad sidan (se Figur 6).

Många sådana produkten säljs med argumenten att rillningen förbättrar friktion och motverkar fallrisk, främst för gående och när våt.

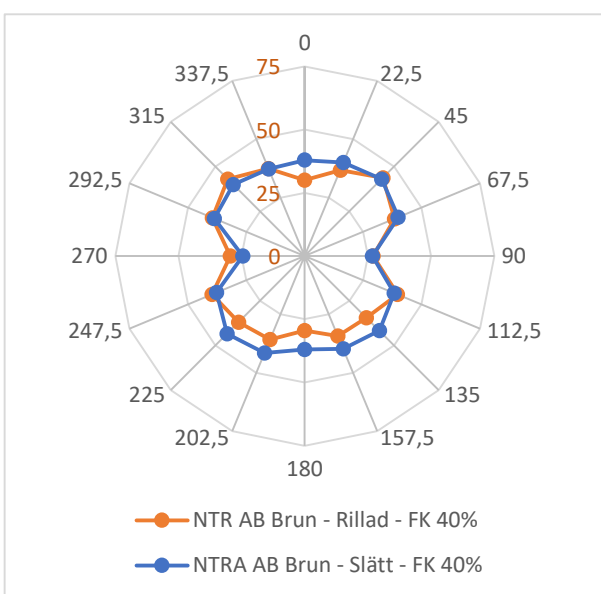
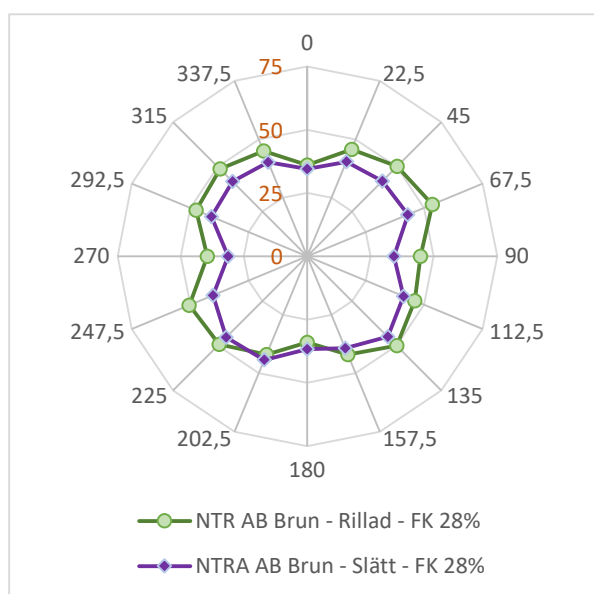
För att testa detta har vi utfört mätningar av trallen. Det finns dock starka begränsningar med att mäta en sådan grov ytstruktur med SRT, och Trafikverket har av den anledning förbjudit användning av SRT för vägmärkningar med rillad struktur.

Det är troligt att mätvärden för vinklar 90 och 270 grader inte är representativa för cyklister då parallellismen mellan kontaktlinjen och rillningen skapar ej representativa dynamiska beteende.

Dessutom kan i teorin gummimönstret i däckets eller skor amplifiera effekten av rillningen (motståndseffekt) och därför leda till en mycket bättre förbättring av friktionen i svåra förhållanden än vad visas med SRT. Att utforska detta är dock inte en del av det här arbetet.

Resultaten nedan visar att rillningen har olika effekter beroende på fuktkvoten och att effekten vid 90/270 grader är inte särskilt bra, iaktta dock begränsningen ovan. Anledningen kan vara att kontaktytan minskar och vara kopplade till den valda profilen som är rundad och därför inte tillför mycket motstånd. Profilen används mer för altaner där folk ofta vistas barfotad.

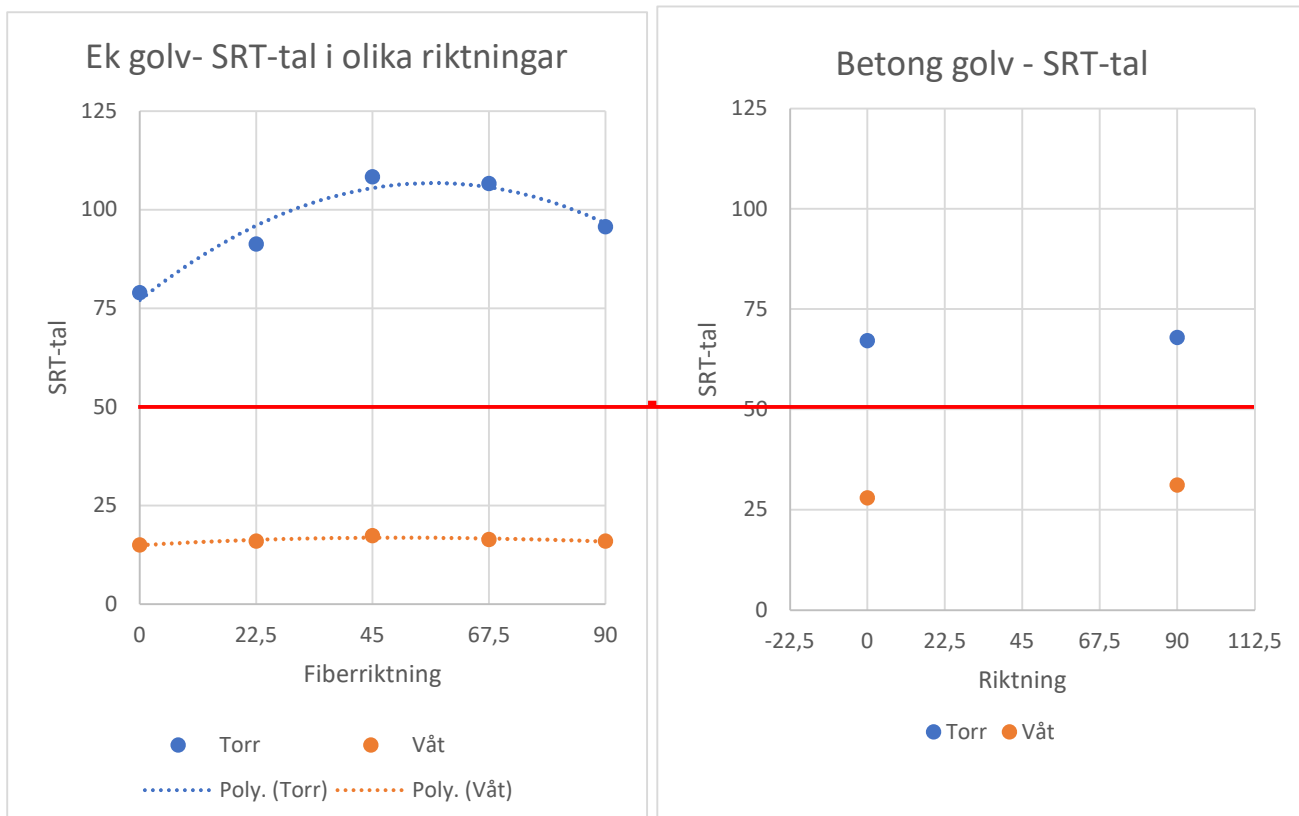
Det är troligt att andra rillningsprofiler kan leda till helt andra resultaten, och antaganden är att 3D-modellering med FEM kan vara det bästa sättet att utvärdera detta för en verklig interaktion då SRT är för begränsad för mätningen av grova och periodiska makrostruktur.



Jämförelseobjekt

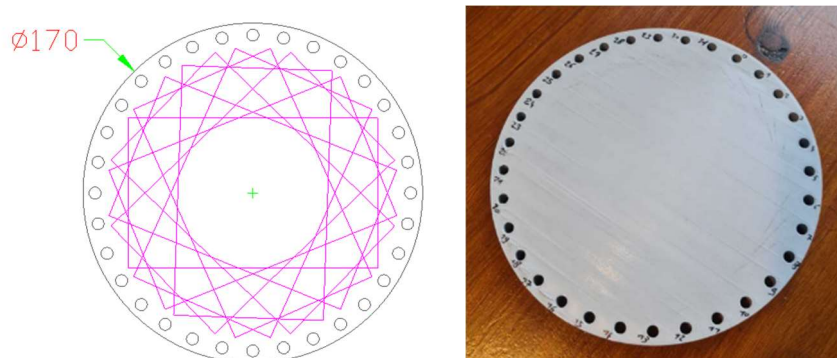
För att kunna ge perspektiv till mätningarna av träunderlagen, har vi utfört några mätningar av underlag som är vanlig förekommande. Resultaten redovisas nedan.

- Ek golv
Ett vanligt förekommande parkettgolv i lackerad ek (installerad 2008) har mäts. Resultat bekräftar att sådant underlag har mycket låg friktion i våt förhållanden.
- Slätt betong golv (förrådsgolv 2008)
Typiskt slätt betonggolv (samma som har mätts med egenutvecklad metod) visar låga friktionsvärde och ingen riktning beroende



Test med en 3D-utskrivna skiva

För att göra arbetet med mätning av friktion på trä i olika riktningar mer effektivt och noggrant har vi tagit fram en skiva med 32 stuk hål med jämna mellanrum (vinkel på $\pi/16$). Skivan kan lätt sättas ner på en jig och vridas för mätning vid varje vinkel utan vidare inställningar.

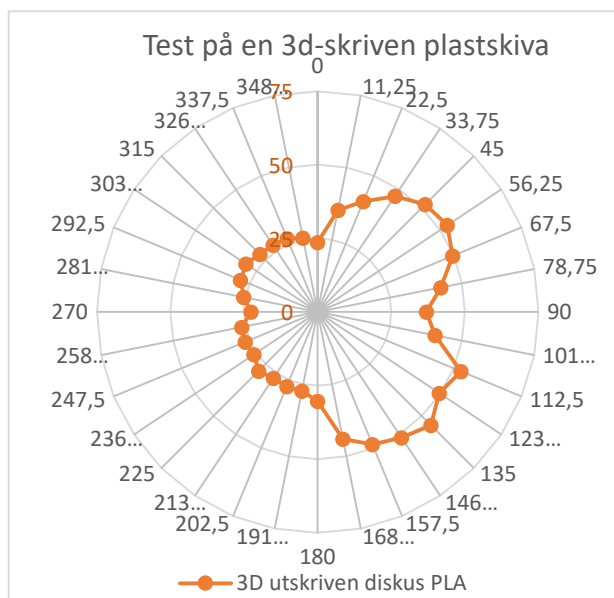
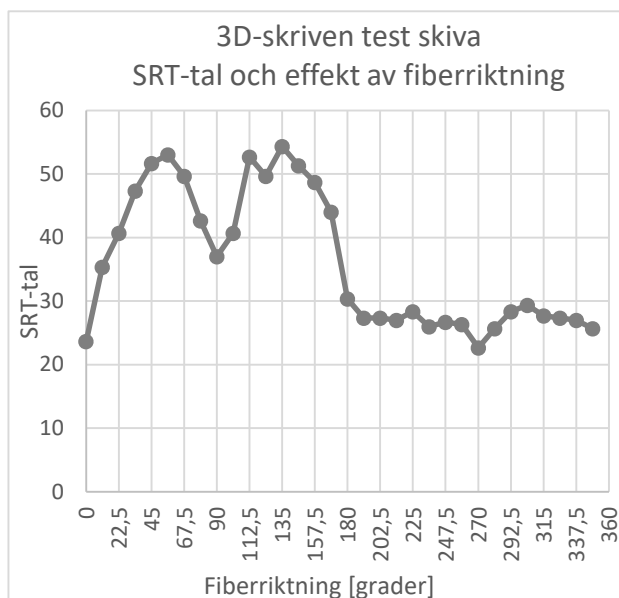


Figur 15: Skiva i grått med mätningssyta för hälften av vinklarna i magenta.

Ett träprov som ska mätas kan sedan fästas till skivan och på så sätt mätas med större noggrannhet och repeterbarhet.

Vi har 3D-utskrivit en testskiva av den föreslagna typen. Då 3D-skrivning med PLA ger en fiberliknande ytstruktur till skivan hopades vi att kunna se ett teoretiskt mönster för fiberriktningsberoenden av SRT-talet. Som grafen nedan visar, så är fallet för den första hälften av mätningarna. Ytstrukturen slits dock bort efteråt och vinkel-effekten försvinner för andra hälften med undantag vid 270 grader vinkel där gummiplattan är parallell med "fiberriktningen".

Från första hälften ser vi en tydlig M-formad kurva där friktion är lägst vid 0 och 180 grader (fiberriktning) samt 90 grader (tvärs) och högst mellan 45 och 60 grader från fiberriktningen. Uppföljningsmätningar på ett mer beständigt underlag har potentialen att ge en mer komplett bild av effekten.



6. Slutsatser

Vi har utvecklat en ny metod för att mäta friktion tvärs färdriktningen. Medan metoden har visat sig vara för farlig att använda och data har för mycket brus, den har visat cykeldäckens bra friktionsegenskaper i sidled, och de komplexa dynamiska förhållanden mellan systemets olika parametrar som styr effektiv friktion och gör den så svar att mäta på ett pålitligt sätt, i synnerhet i en cykelsammanhang.

Arbetet har även lett till att teorisera ett nytt sätt att mäta sidofriktion för cykelhjul som, om teorin bekräftas genom utveckling, har potentialen att stödja arbetet med att vidmakthålla tillräcklig friktion i praktiska förhållanden för cyklister.

Projektets största ambition var att mäta olika träunderlag under olika fiberriktningar för att börja generera friktionsdata som bli allmänna tillgängliga. Därför redovisas alla mätvärden i bilaga, samt i form av en excel fil på vår Webbsida.

Mätningarna gjordes med den väl-etablerade metoden Skidd Resistance Tester (SRT) och ett antal intressanta tendenser har identifierats:

- Friktion på träunderlag är stark beroende på vinkeln mellan friktionskraften och fibrerna
- Många parametrar bidrar till variationen och vissa kan ha en starkare effekt än fiberriktningen (vattenfilm, kontaminerad yta, ytstruktur, ytbehandling)
- Något förvånande blev friktion högst vid vinklar ca 45 grader mot friktionskraftens riktning.
- Träets fuktkvot verkar ha en avgörande effekt för friktionstalet mellan 15 och 40% FK.
- Den rillade trallen som mätts visar en komplex påverkan av rillningen på friktionstalet. Det är osäkert att lösningen leder till en pålitlig förbättring av friktionsegenskaperna av trallen.
- För att komma bort från SRTs begränsningar, i synnerhet den lineära kontaktyta vore det möjligt att kombinera med FEM modellering för att kunna ta ut det mesta från data och överkomma svårigheten med att representera en cykeldäcks komplex kontaktyta med beläggningen.

Sammanfattningsvis visar vi att trä har potentialen att uppfylla Trafikverkets krav på friktionstal över 50, förutsatt att utformningen görs rätt vad gäller val av art, ytstruktur, ytbehandling och placering.

Vi rekommenderar att trallar som kommer att användas som underlag för gång- och cykeltrafik mäts med SRT under kontrollerade förhållanden för att ge vägprojektörer tillräckligt med information för att kunna utforma en sådan infrastruktur på det säkraste möjliga sättet. Mätförhållanden måste vara representativa av träunderlagets egenskaper i sin förväntad konfiguration, i synnerhet vad gäller fuktkvot och ytstruktur.

7. Spridning och implementering

Projektresultatet ska, utöver spridningen som sker inom Skyltfondens regi, publiceras på vår webbsida tillsammans med en excel fil med de uppmätta värden.

Det är sannolikt att projektresultatet kommer att presenteras vid åtminstone en konferens.

Rapporten kommer även att skickas till ett antal forskare inom ämnet som har varit inblandad i arbetet.

Fortsättningsvist kommer data och metoden som utvecklats här vara en del av vårt utvecklingsarbete och bidra till att projektera och bygga säkrare Gång- och Cykelinfrastruktur i trä.

8. Litteratur

- [1] Niska, A., Blomqvist, G. & Hjort, M. 2018. Cykelvägars friktion. VTI rapport 993. www.vti.se.
- [2] Lundberg, T., Ekblad, J., Göransson, N.-G., Sjögren, L. & Arvidsson, A. 2015. Makrotexturens möjlighet att identifiera låg friktion -Tillståndsmätning av vägytan. VTI rapport 877.
- [3] Arvidsson Anna K., Lundberg Thomas, Kalman Björn, Ekström Camilla, Cruz del Aguila Fernando, Eriksson Olle. 2019 Friktions- och texturutveckling på nya beläggningar VTI rapport 992.
- [4] Sjögren, L., Niska, A., Hjort, M., Andrén, P. & Lundberg, T. 2019. Krav på belagda väg-, cykel- och gångbanors friktionsegenskaper vid barmarksförhållanden; underlag och rekommendationer. VTI rapport 980.
- [5] Dressel, A. E. 2013. Measuring and Modeling the Mechanical Properties of Bicycle Tires. University of Wisconsin Milwaukee
- [6] Mobiel Vlaanderen, 2017. Vademecum Fietsvoorzieningen
- [7] Flintsch, G. W. et al, 2012. The little book of tire pavement friction. Pavement Surface Properties Consortium
- [8] SKL 2010. Gcm-handbok: Utformning, drift och underhåll med gång-, cykel- och mopedtrafik i fokus Sveriges Kommuner och Landsting.
- [9] CEREMA 2021, 8 recommandations pour réussir votre piste cyclable. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/8-recommandations-reussir-votre-piste-cyclable>
- [10] Dressel, A. E., 2013. Measuring and Modeling the Mechanical Properties of Bicycle Tires. Theses and Dissertations. 386. <https://dc.uwm.edu/etd/386>
- [11] Giles, C. & Sabey, B. & Cardew, K.. (1965). Development and Performance of the Portable Skid Resistance Tester. Rubber Chemistry and Technology. 38. 840-862.
- [12] Vägverket, 1987. Bestämning av Friktion, Metodbeskrivning 82:1983
- [13] Rekilä, K-P., Klein-Paste, A. 2016. Measuring Bicycle Braking Friction in Winter conditions
- [14] Kanafi, M. 2017, Rocky road – surface roughness impacts on rubber friction. Aalto University
- [15] Gustafson, K. 1981. Road icing on different pavement structures. VTI Rapport 216A
- [16] Collaborative Project FP7-SST-2013-RTD-1 “Rosanne”, rosanne-project.eu
- [17] Trafikverket, 2020. Bestämning av friktion på väg, version 3.0. TDOK 2014:0134
- [18] Trafikverket, 2014. Handhållen kontroll av vägmarkering 1.0. TDOK 2013:0462
- [19] Trafikverket, Nationella cykelrådet 2021. Temarapport cykelplanering i Sverige
- [20] ASTM, 1998. E 303 -93 Standard test method for measuring frictional properties using the British Pendulum Tester.
- [21] ISO, 2005. ISO-15113-2005 – Rubber – Determination of frictional properties

- [22] Koubek, R, Dedicova, K, 2014. Friction of wood on steel. Linnaeus University.
- [23] Florkova, Z, Pepucha, L. Microtexture Diagnostics of Asphalt Pavement Surfaces
- [24] Flintesh, G, McGhee, K, Izeppi, E, Najafi, S, 2012. The little book of tire pavement friction 1.0
- [25] Begrström, A. 2000. Cykeltrafik – En litteraturstudie med inriktning mot drift och underhåll. VTI meddelande 883:2000
- [26] Cota, H. & D, Ajdinaj & Habipi, Besnik. 2017. The influence of machining process on wood surface roughness. Agricultural Sciences. 16. 7.
- [27] Liu, Yurong & Fwa, T. & Choo, Y.s. (2003). Finite-Element Modeling of Skid Resistance Test. Journal of Transportation Engineering
- [28] Moore, J., Hubbard, M., Schwab, A., Kooijman, J., Peterson, Dale. (2010). Statistics of Bicycle Rider Motion. Procedia Engineering. 2. 2937-2942.

Bilaga A – Mätvärden SRT-tal

Tabell A.1 Fiberriktning	Torr			Våt		
	0	45	90	0	45	90
Lindholmskajen - Öppen	91,7	94,7	104,7	40,0	47,7	48,3
Lindholmskajen - Täckt	88,3	92,3	100,0	40,7	55,0	50,0
Rubber pad	97,0			58,2		
Plywood 2	116,0	97,8	98,0	32,8	32,0	27,8
Thin Oak	101,0	101,4	101,4	56,6	59,8	62,0
Teak	95,6	101,4	98,4	61,6	62,8	59,6
Beech	102,2	106,0	105,4	61,8	66,0	63,8
Humid Plywood	105,0	95,2	98,6	25,8	33,6	32,8
Concrete	67,2		68,0	28,0		31,2
Teak	90,0	100,3	117,7	43,0	54,0	49,3
Lärk	110,3		102,0	50,0		45,0
NTRA AB Grön	107,3		98,3	51,3		53,3
Gran obehandlad slätt	95,7	102,3	82,7	59,0	60,3	60,7
Gran obehandlad råsåg.			114,7	60,3	56,0	54,0
NTR AB Brun Rillad	82,0	89,3	103,3	45,0	57,3	52,3
NTR AB Brun Slätt	105,7	108,7	114,3	47,3	53,0	46,7

Värdet är medlet av alla mätningarna som gjordes för varje mätpunkt (mellan 3 och 5).

Värde som saknas har inte uppmätts.

0/180/360 grader innebär att gummiplattan rör sig längs med fibrerna.

I Tabell A.2 presenteras data för granbrädor i finsågad resp. råsågad ytstruktur.

F eller MC står för Fuktkvot i procent.

Grannen och NTR AB trallen som redovisas i Tabell A.1 är desamma som redovisas i tabell A.2, men det handlar om olika mätningar.

Tabell A.2 Gran Sjögarad	SRT-talet för olika Fibreriktning [grader]																	Avg	MC [%]
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	360		
Fin F0%	45,5	45,5	53,0	47,0	37,5	48,3	49,0	47,8	45,8	46,3	46,5	43,8	36,0	42,5	46,0	46,3	46,3	45,5	0
Fin F14%	45,8	49,5	53,3	53,5	49,3													50,3	12
Fin F24%	49,5	45,8	48,8	45,0	34,5	40,8	45,0	45,0	40,3	44,5	45,8	42,0	34,8	39,8	45,3	45,3	46,3	43,4	24
Fin F32%	36,3	38,5	38,8	33,3	25,3	33,5	39,8	40,3	40,3	39,3	39,5	34,3	24,5	31,0	36,8	39,8	34,3	35,6	32
Fin F44%	44,0	44,3	45,0	39,0	28,8	38,5	44,8	44,5	40,0	42,8	43,5	39,5	26,5	37,5	44,0	42,5	44,5	40,6	44
Rå F0%	56,5	54,5	55,3	58,8	53,3	55,3	55,3	56,0	54,5	55,3	55,3	57,7	47,8	53,5	54,0	50,8	51,8	54,4	0
Rå F14%	55,0	58,8	60,5	61,3	52,3	54,0	54,5	50,3	49,8	51,3	55,5	54,5	52,3	54,3	55,3	53,3	50,5	54,3	12
Rå F24%	46,8	50,0	50,5	53,0	50,0	53,0	54,8	50,3	50,0	53,3	54,3	52,3	44,3	52,5	52,5	50,5	48,5	51,0	24
Rå F34%	47,3	48,5	51,0	48,0	39,8	44,0	45,8	45,0	44,3	46,0	49,3	50,3	42,5	50,0	50,0	47,0	43,8	46,6	32
Rå F44%	45,8	44,5	49,5	53,8	45,0	54,3	51,8	52,3	47,8	46,8	52,3	53,5	42,0	48,5	49,8	49,5	41,8	48,7	44
NTR AB brun	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	360	Avg	MC [%]
Slätt F14%	40,5	44,3	50,3	49,8	49,8	50,8	49,3											47,8	12
Slätt F28%	27,0	40,5	42,0	43,0	34,3	41,3	45,0	45,3	36,8	44,3	45,3	40,3	31,3	41,0	41,8	40,3	34,5	39,6	28
Slätt F40%	38,0	40,0	43,0	40,0	26,8	38,3	41,8	43,5	37,0	41,5	43,5	37,8	24,5	38,8	40,0	37,3	36,5	38,1	40
Rillad F14% #1	45,3	49,5	54,5	54,5	52,8	48,8	54,0	54,8	41,5	51,8	54,8	53,8	53,5	50,5	49,0	53,3	50,5	51,3	12
Rillad F14% #2	45,0	47,0	53,0	57,0	51,8	54,0	52,8	51,0	42,5	49,3	51,0	51,0	45,8	51,3	47,3	45,8	39,3	49,1	12
Rillad F28	36,0	45,8	50,3	53,5	44,8	46,0	50,0	49,3	34,0	42,0	49,3	50,5	39,5	47,5	48,8	45,0	36,8	45,2	28
Rillad F40%	30,0	36,8	43,8	38,5	27,0	39,8	34,5	37,0	29,5	35,8	37,0	39,8	29,5	39,5	43,0	37,5	31,5	35,9	40
Ek golv - Lackerad	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	360		
Torrt	79,0	91,3	108,3	106,7	95,7														
Vått	15,0	16,0	17,3	16,3	16,0														