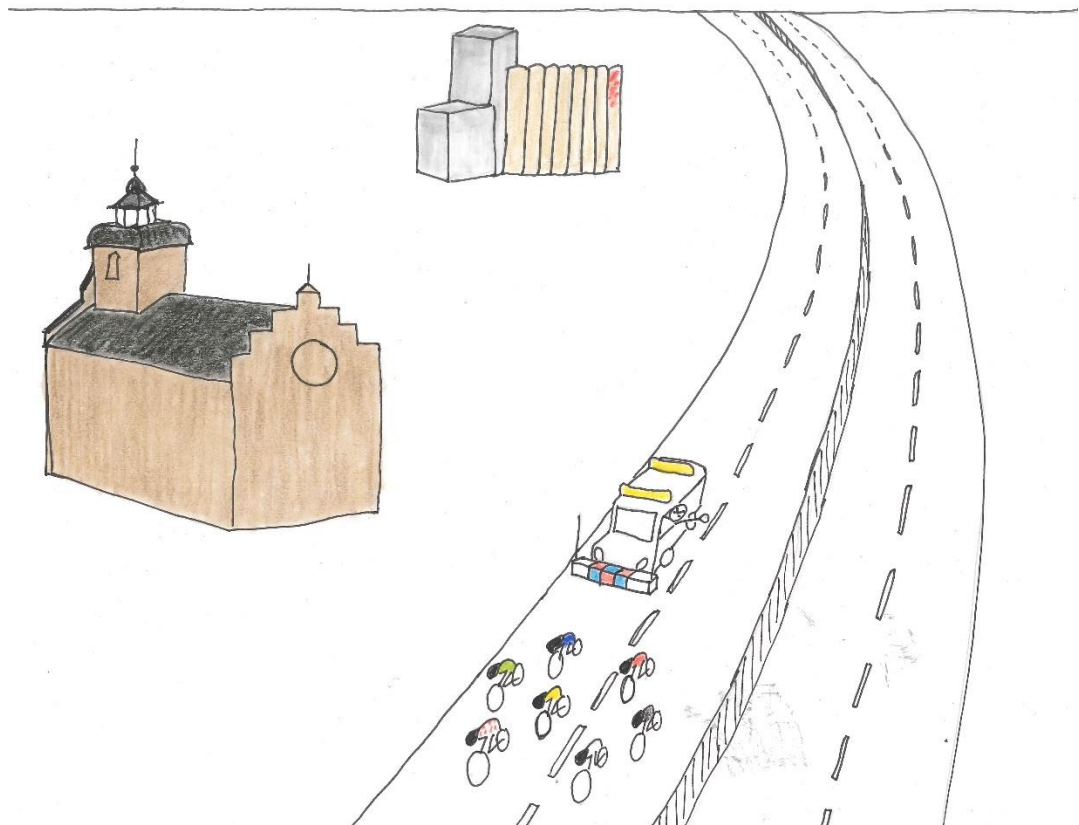


Provväg Skänninge

3: Vägytans jämnhet efter 6 år



Jonas Ekblad
Robert Lundström

NCC Rapport maj 2021
SBUF 13404

Förord

Detta forsknings- och utvecklingsprojekt har utförts inom ramen för totalentreprenaden väg 50 Mjölby–Motala och denna rapport utgör den 3:e, avslutande och viktigaste delen: uppföljning av trafikerad väg. Den sammanhållna redovisningen består av 3 rapporter:

Provväg Skänninge

- 1: Planering och utförande**
- 2: Inledande mätningar, material och vägyta**
- 3: Vägytans jämnhet efter 6 år.**

Finansieringen av provvägen delades i planerings- och byggnadsfasen mellan NCC Roads (nu NCC Industry) och Nynas AB. Mät- och uppföljningsfasen delades i 2 delar. I den 1:a redovisades provvägens initial status och då bidrog Trafikverket (via BVFF) och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), tillsammans med NCC och Nynas. Nu i den längre uppföljningsfasen har huvudsakligen NCC och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) bidragit med medel.

Och tack till Marit Boman för framsidans illustration.

Robert Lundström
Risk and R&D Manager
NCC Industry

Sammanfattning

Provväg Skänninge byggdes som ett faktoriellt fältexperiment för att undersöka förbättringar av vägens jämnhet, främst reducerat spår djup, genom att använda högpresterande modifierade bindemedel.

Sammanlagt utfördes 8 provsträckor i vilka slit-, bind- och bärlager varierades avseende bindemedel i asfalten. Under uppföljningens 6 år har vägytans jämnhet mätts och inför avslut mättes även trafikmängd och sidlägesfördelning. Till detta har även miljöpåverkan och monetära kostnader beräknats och jämförts.

Från analys av spårbildningen är slutsatsen att det inte finns några skillnader mellan beläggningstyperna med standard- respektive högpresterande bindemedel. Laboratorieprovning av delmaterial indikerar dock förbättrad prestanda avseende spårbildning, något som inte återspeglas i fältförsöket. Den kompletterande utredningen visar att utsläpp av växthusgaser, koldioxidekvivalenter, ökar med ökande mängd polymermodifierad beläggning. Så gör även de monetära kostnaderna.

INNEHÅLL

1. INTRODUKTION	5
2. FÖRSÖKSPLANERING	5
3. MÄTNINGAR	6
3.1. VÄGYTEMÄTNING	6
3.2. TRAFIKMÄTNING	7
4. RESULTAT	7
4.1. STÖRVIABLER	8
4.1.1. Längsgående jämnhet	8
4.1.2. Trafikmätning.....	10
4.1.3. Jämnhet i K2	15
4.2. PROVVÄGENS JÄMNHET.....	16
4.2.1. Spårdjupsutveckling.....	16
4.2.2. Vinter- sommarspårbildning.....	21
4.2.3. Jämnhet i längsled	22
4.3. JÄMFÖRELSE MED LABORATORIEPROVNING	23
4.4. MILJÖPÅVERKAN, CO ₂ eq	24
4.5. MONETÄRA KOSTNADER	26
4.6. BELÄGGNINGSPROVNING.....	26
5. DISKUSSION	29
REFERENSER	32

1. INTRODUKTION

Detta är den 3:e och avslutande rapporten kring Provväg Skänninge: Vägytans jämnhet efter 6 år. Redovisningen omfattar även tidigare rapporter:

- 1: Planering och utförande
- 2: Inledande mätningar, material och vägyta.

Rapporterna utgör en helhet även om de i delar kan läsas separat. Somlig information återkommer i flera rapporter där det underlättar läsningen medan annat refererar till tidigare rapporter.

Syftet med denna provväg var att jämföra vägytans jämnhet för asfalt med polymermodifierade bindemedel visavi standardutförandet med huvudsakligen penetrationsbitumen.

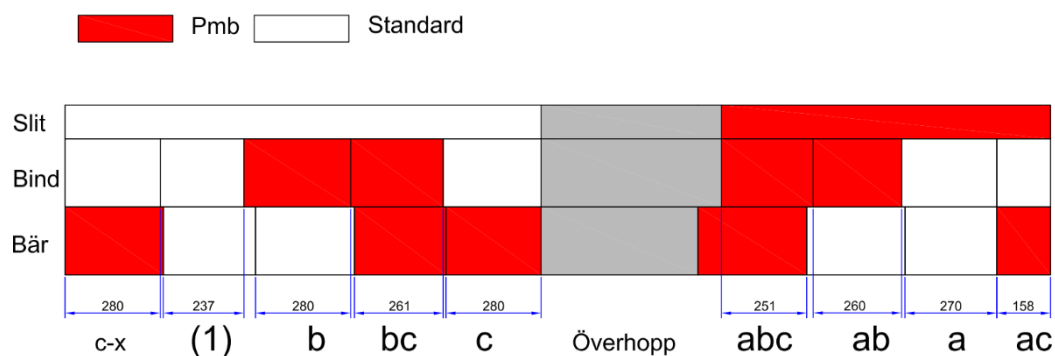
Undersökningen i denna rapport omfattar 3 aspekter:

- teknisk kvalitet d.v.s. vägens jämnhet
- miljöpåverkan vid byggande
- monetära kostnader vid byggande.

Vägytans jämnhet har mätts minst 2 gånger om året i 6 år (2013–2019). Miljöpåverkan och kostnader bestäms vid tiden för rapporteringen d.v.s. år 2021. Vid tidpunkten för slutanalys, 2019, borrades även prover från vägen för bestämning av materialegenskaper.

2. FÖRSÖKSPLANERING

Försöksplaneringen beskrivs detaljerat i rapport 1 men sammanfattas även här. Fältförsöket är faktoriellt med 3 faktorer (3 beläggningsslager) och 2 nivåer för varje faktor (bindemedelstyp) vilket ger ett 2^3 -faktoriellt försök med totalt 8 provsträckor enligt Figur 1.



Figur 1. Provsräckor: lagerföljder och sträcklängder(c-x i söder och längd i m).

Sträckbenämningen baseras på aktiva faktorer i respektive provcell: vi benämner lagren uppifrån **a**, **b** och **c** och definierar pmb som aktiv nivå. Benämningen **ac** betyder då pmb i lager **a** och **c** (slit- och bärlager). I figurer uttrycks detta även visuellt som 3 lager uppifrån med röd cell som aktiv faktor d.v.s. pmb:



betyder pmb i slitlager och bärlager (**ac**).

Huvudprincipen var att för varje enskilt lager utföra 2 varianter: dels den ordinarie beläggningen för entreprenaden i sin helhet, benämnd (1) (Referens eller standard), dels ett alternativ med högpresterande bindemedel valt för respektive lager. Utförda beläggningslager, tjocklek och bindemedelstyp, sammanfattas i Tabell 1.

Tabell 1. Beläggningslager och bindemedel

Beläggningslager	Massatyp	Bindemedel	
		Referens	Pmb
Slitlager 35 mm	Viacogrip	Qmb 45/80-50*	Nypol 76-28
Bindlager 50 mm	ABb 16	50/70	Z3**
Bärlager 65 mm	AG 22	70/100	Nynas Endura F1

* För slitlagret var standardlösningen pmb men med lägre modifieringsgrad än pmb-alternativet

** Benämns Z3 då det i vissa avseenden var något för mjukt givet specifikationen för Endura Z3

Försöksplaneringen (Figur 1) kan uttryckas med den statistiska modellen:

$$y = \mu + \alpha + \beta + \gamma + \alpha\beta + \alpha\gamma + \beta\gamma + \varepsilon \quad 1$$

där y är den undersökta parametern (responsvariabel), μ är gemensamt medelvärde, α är effekt av pmb i slitlager, β effekt i bindlager, γ effekt i bärlager och sedan samverkans effekter mellan slit- och bindlager $\alpha\beta$, slit- och bärlager $\alpha\gamma$, bind- och bärlager $\beta\gamma$, och slutligen ε är felterm. Den tredje samverkansfaktorn ($\alpha\beta\gamma$), antas obetydlig och används för felskattning vid analys.

3. MÄTNINGAR

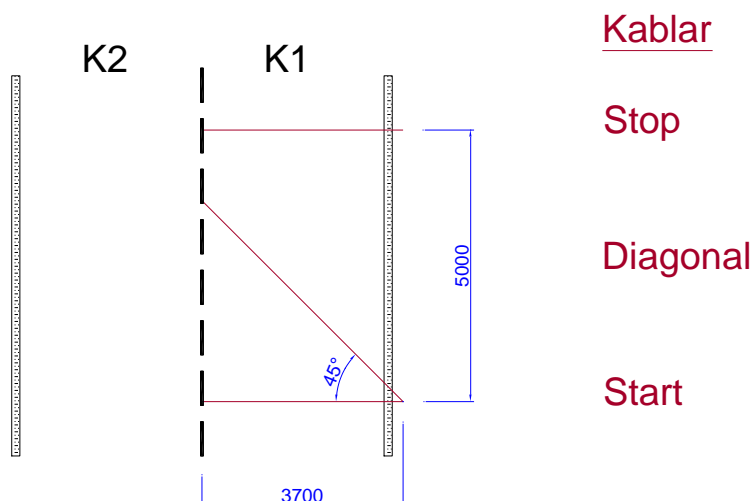
3.1. VÄGYTEMÄTNING

Vägytans jämnhet mäts med NCC:s vägytemätbil huvudsakligen enligt Trafikverkets metodbeskrivning för objektmätning (TDOK, 2014a) tillsammans med beskrivningen av mätstorheter (TDOK, 2014b).

Som redovisats i den 1:a rapporten är det i praktiken främst 2 vägytemått som utvärderas: längsgående- och tvärgående ojämnheter d.v.s. IRI (International Roughness Index) och spårdjup. Längsgående IRI mäts i höger hjulspår enligt sedan länge standardiserad modell, och körfältens bredd ger att spårdjup bestäms för 2,6 m mätbredd. Vägytemätningar har utförts minst 2 gånger per år, höst och vår.

3.2. TRAFIKMÄTNING

Med anledning av att vägens linjeföring skiljer något mellan delsträckorna, har trafikens sidläges placering mätts av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Vid VTI har trafikens körmönster mätts sedan 1980-talet (se t.ex. Lundkvist, 1988 och McGarvey, 2016) och mätprincipen illustreras i Figur 2.



Figur 2. Mätprincip för bestämning av sidläges fordonsplacering, mätkablar
placering (mått i mm).

De 2 tvärgående mätkablar (start och stop), kompletteras med en diagonaldragen mittkabel. Baserat på tidsförskjutningar i de olika kablarna kan en mängd trafikdata, bl.a. sidlägesplaceringen, beräknas. Redovisade mått i denna rapport utgår från högra kantlinjens vänstra kant samt däckets högra kant d.v.s. angivet mått är däckhögerkantens avstånd till kantlinjen. Detaljer kring provvägens mätningar ges i avsnitt 4.1.2.

4. RESULTAT

I de statistiska analyserna är nollhypotesen (H_0) i samtliga fall att ingen skillnad mellan medelvärden föreligger. Vald signifikansnivån (α) är 5 % dvs. vi förkastar nollhypotesen om $p < 0,05$ och konstaterar att det föreligger skillnad. De använda statistiska metoderna är variansanalys (ANOVA) och linjär regression.

Redovisningen börjar med att beskriva eventuella störningar som kan påverka den följande analysen av provvägens jämnhet. Dessa avsnitt följs sedan av beräkningar av miljöpåverkan och anläggningskostnader för att avslutas med redovisning av materialundersökningen vid observationsperiodens slut, 2019.

4.1. STÖRVARIABLER

När man utför fältförsök finns det en mängd faktorer man inte kan kontrollera som t.ex. faktisk trafik eller väder. En del störande faktorer kan dock mätas och man kan då använda dessa i analysen, antingen direkt eller som kvalitativa förklaringar.

Försöksplanering medför dessutom en rad målkonflikter. I detta försök ville vi ha längre försökssträckor för att nå stabila produktionsförhållanden utan alltför många korta produktionsserier och många byten. Även mätningarnas precision kan ökas genom längre medelvärdesbildning och mindre inverkan av övergångar mellan provsträckor. Detta innebär dock att provvägen blir längre och eventuellt mer känslig för varierande förhållanden avseende t.ex. terrassmaterial och vattenrörelser. Som framgår av försöksplaneringen delas provvägen i 2 delar då ett parti i mitten avvek vad avser bärigheten mätt på obundet lager. Denna del uteslöts från provvägen. Den norra delen svänger sedan svagt åt vänster medan den södra ligger på en raka (se Figur 5).

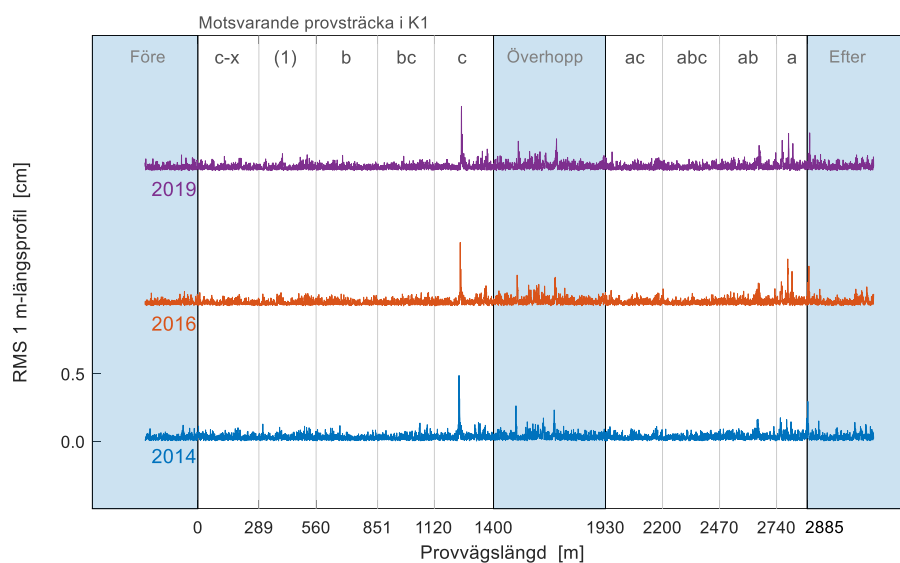
För att bedöma inverkan av störvariabler genomfördes därför även några kompletterande mätningar. En viktig faktor för spårdjupet är trafikens placering i tvärled: koncentrerad trafik ger djupt spår medan utbredd trafik ger grundare. Vi kompletterar därför analysen med mätningar av trafikens fördelning i tvärled på den södra rakan och den norra kurvan. VTI har utfört dessa mätningar enligt under lång tid utvecklad metodik. Vägytemätningar har även omfattat mätningar i K2 och mätningar i båda körfälten i södergående riktning.

Bedömningen av störande faktorer omfattar 3 delar. Den 1:a undersöker långsgående jämnhet för att bedöma provvägens homogenitet, huruvida det finns påverkan som inte är trafikrelaterad och om den varierar över provvägen. Den 2:a delen analyserar mätningar av trafikens sidlägesplacering. I den 3:e delen analyseras vägytemätningar i K2 för att bedöma trafikflöden i K1 visavi K2 men även för kompletterande bedömning av årstidsinverkan på vägkroppen.

4.1.1. LÄNGSGÅENDE JÄMNHET

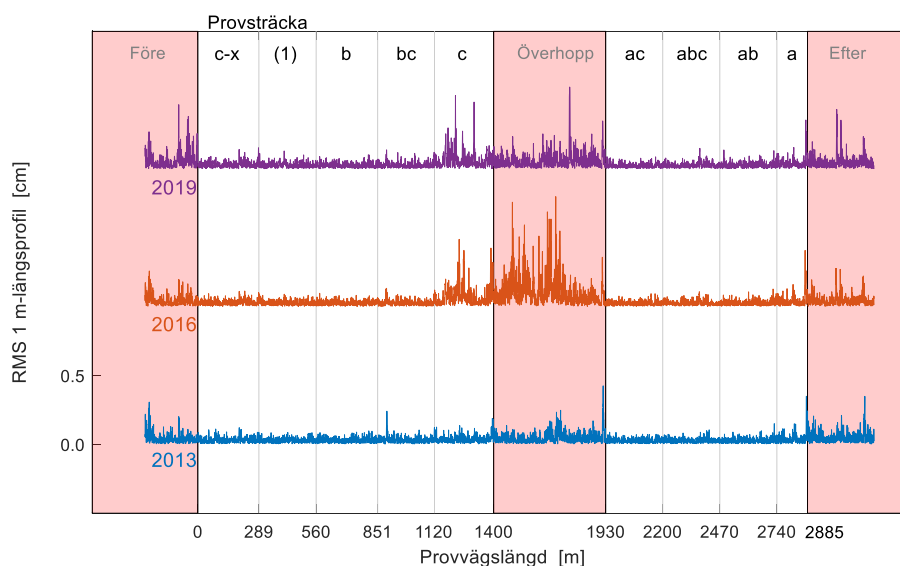
För att bedöma inverkan av trafik, terrass och klimat (väder och vatten) på de skilda provsträckorna analyseras och jämförs uppmätta längsprofiler för K1 och K2 vid olika tidpunkter. Vägytemätbilar mäter långsgående höjd för våglängder mellan ungefär 2 mm till 100 m. Den uppmätta längsprofilen, genomsnittlig höjd var 5:e cm, filtreras¹ sedan så att den innehåller våglängder mellan 1–10 m varefter Root Mean Square beräknas för varje meter (RMS, eller kvadratisk medelvärde). Figur 3 visar filtrerade längsprofiler i norrgående K2 för delar motsvarande provsträckorna i K1. Till skillnad mot IRI-värden som är simulerade, innebär filtreringen ingen längsförskjutning av ojämnheter.

¹ Butterworth (6:e ordningen) bandpass 1-10 m, Root Mean Square (rms) av 0,5 m-medelvärde (20 mätpunkter/meter).



Figur 3. Våglängdsfiltrerad längsprofil i K2 (RMS av 1 m-värden).

Längsprofilen i K2 är i det närmaste helt oförändrad; varken trafik eller årstider (6 år) har påverkat längsgående jämnhet. Även beräknade IRI-värden är närmast helt opåverkade (se avsnitt 4.1.3). I Figur 4 sammanfattas filtrerade längsprofiler mätta i K1 vid samma tidpunkter d.v.s. början, mitten och slutet av undersökningsperioden.



Figur 4. Våglängdsfiltrerad längsprofil (RMS av 1 m-värden).

I K1 syns däremot tämligen stor påverkan på längsprofilen i vissa partier. Det gäller främst överhoppdelen som hade känt sämre bärighet, därav exkluderingen vid planering. Vi kan också notera att sträcka c är starkt påverkad av den nedsatta bärigheten. Övriga provsträckor är överlag opåverkade. Den påverkan som syns i

längsprofilen är precis före provvägens start, överhoppdelen och i någon mån strax efter.

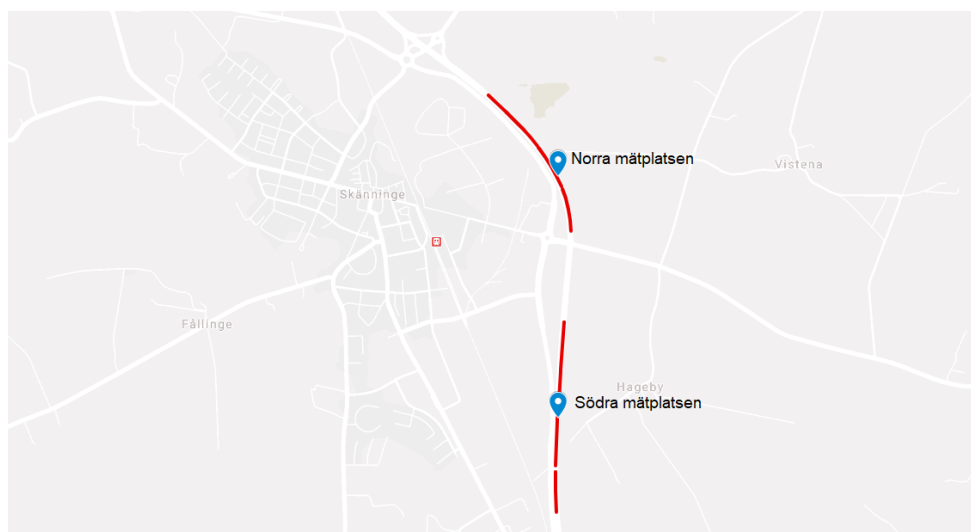
Sammanfattningsvis visar mätningarna att K2 är närmast opåverkad och då trafikmängden är förmodat mycket låg, framförallt avseende tung trafik, indikerar detta att vägen i sig inte starkt påverkas av årstidsväxlingar. Motsvarande analys av K1 visar att huvuddelen av provvägen inte heller starkt påverkas (skadas) av trafik avseende långsgående jämnhet med undantag av sträcka c som då utgår ur analysen. Däremot synes trafiken starkt påverka delar som undantogs provvägen. I perspektivet långsgående jämnhet är provvägen homogen när vi undantar sträcka c (polymerbindemedel i bärlagret). Samma konstruktion återfinns dock i sträcka c-x.

4.1.2. TRAFIKMÄTNING

Den avgjort viktigaste faktorn för en vägs livslängd och funktion är trafiken. Analysen av långsgående jämnhet i föregående avsnitt visar att så är fallet även för provvägen. När det gäller undersökningar av det här slaget är det viktigt att trafiken inte skiljer mellan provsträckor då vi inte enkelt kan korrigera för detta. Provvägen är belägen mellan trafikplatser vilket innebär att totalmängden fordon inte skiljer. Vidare kan vi på goda grunder anta att mängden trafik i K2 är begränsad vilket stöds av de mätningar som gjorts (se avsnitt 4.1.1 och 4.1.3).

Undersökningen riktas främst mot spårdjupsutveckling vilket både speglar funktion och är ett av de viktigaste kontraktskraven som ofta avgör när underhållsåtgärd krävs. Spårbildningen påverkas av trafikens sidläges fördelning: utbredd trafik ger grunda breda spår medan kanaliserad trafik ger djupare och smalare spår. Spårbildningen orsakas dessutom av 2 olika trafikslag: slitagespår från dubbdäckstrafik (personbilar) och deformationsspår från den tunga trafiken. För att i någon mån kontrollera för denna påverkan mättes trafikens sidlägesfördelning vid 2 platser. Trafikmätningen genomfördes i slutet av september 2019³ vid 2 mätplatser enligt Figur 5. Sammanlagt för de båda provplatserna registrerades drygt 40 000 fordonspassager. Bortfallet var kring 5 %. Genomsnittlig dygnstrafik för mätperioden var 3 450 fordon/dygn varav 20 % tung trafik. Medelhastigheten för personbilar var 105 km/h och för lastbilar 89 km/h. Trafikverkets senaste trafikräkning (2018) visar årsdygnstrafik (ÅDT) 3 920 fordon per dygn varav 19 % lastbilar. Trafikverkets mätning är korrigerad för årliga variationer och summerar båda körfälten varför mätningarna inte är enkelt jämförbara.

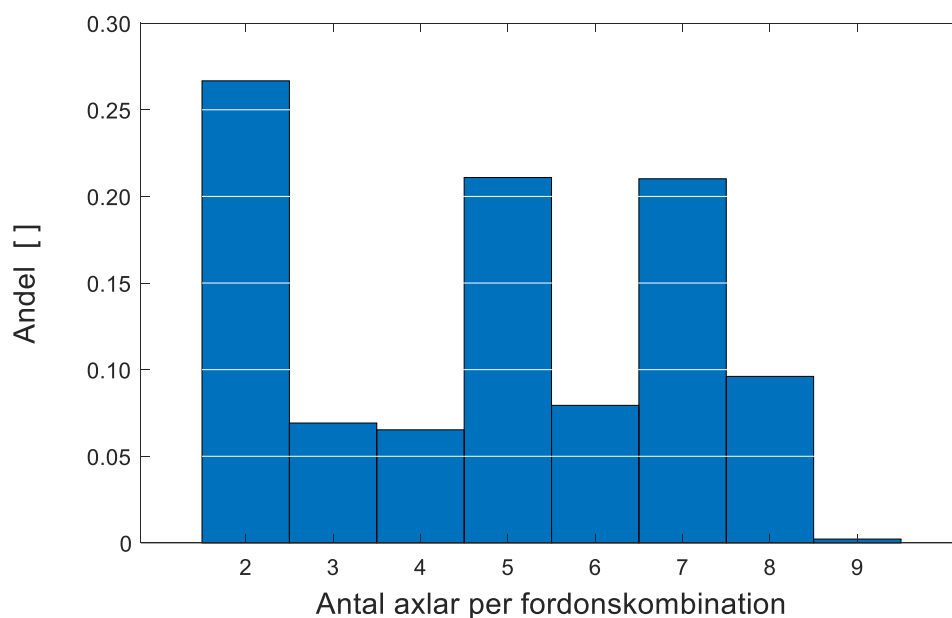
³ tisdag 24–måndag 30 sep



Figur 5. Placering av mätplatser för trafikmängd och fordonens sidlägesplacering.

Vid den södra mätplatsen är vägen i stort sett helt rak medan den norra ligger i en vänsterkurva med en kurvradie kring 1 000 m. Vägen är mittseparerad och ligger i övrigt öppen terräng.

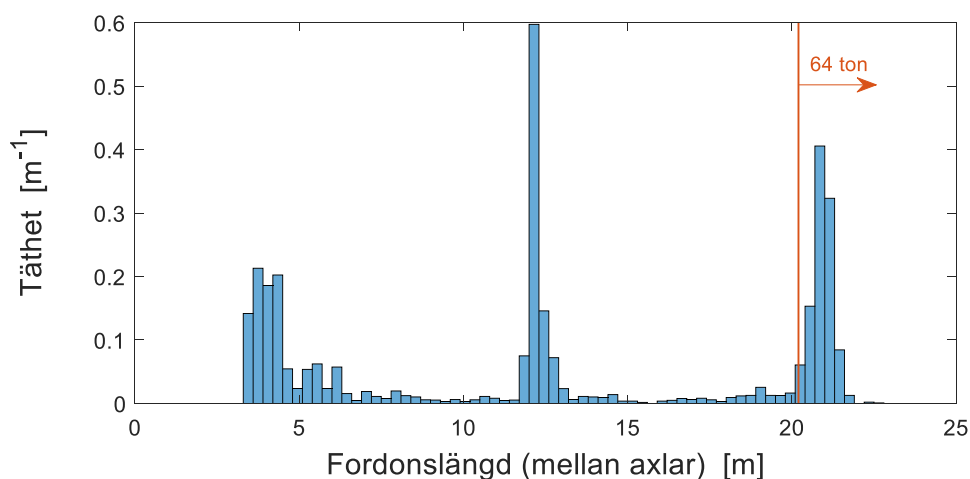
Lastbilar utgör ca 20 % av antalet fordonspassager. I Figur 6 sammanfattas lastbilstrafiken efter antal axlar på fordonen.



Figur 6. Antal axlar för lastbilar och lastbils kombinationer.

Lastbilar med sammanlagt 2, 5 och 7 axlar svarar för ungefär 70 % av trafiken: 5-axliga fordon är främst 2 axlar på bil och 3 på släp, och 7-axliga flest 3 axlar på bil och 4 på släp. Knappt 70 % (67) av lastbilstrafiken utgörs av lastbilar med släp.

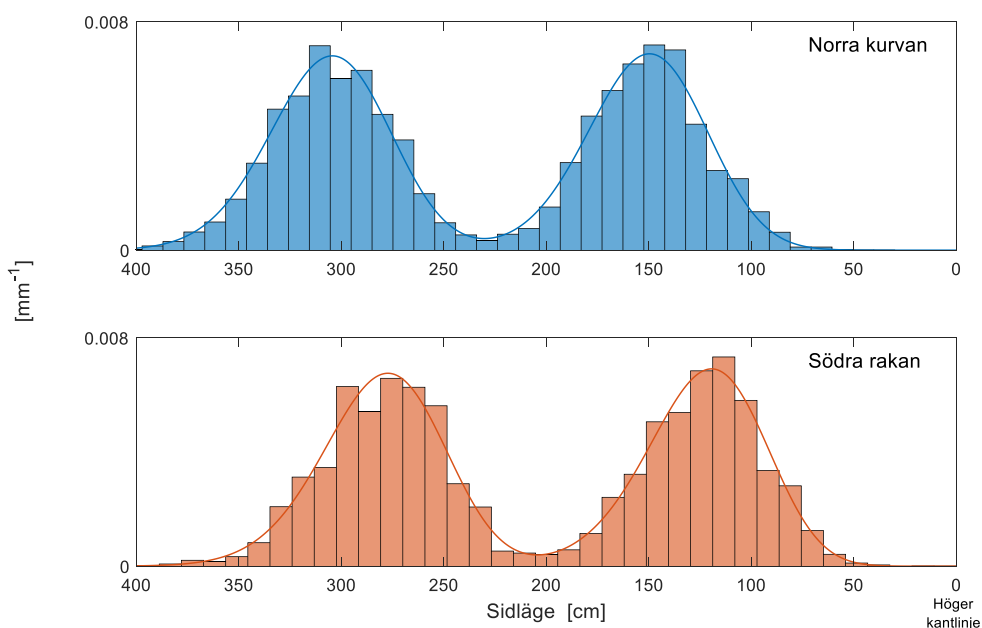
Under provvägens observationstid höjdes tillåtna bruttovikter för lastbilar. 2015 höjdes vikterna inom den då tyngsta bärighetsklassen (BK1) för fordon mellan 4,4–6,4 m och fordon över 18,5 m. Den högsta bruttovikten höjdes från maximalt 60 ton till 64 ton för fordon över 20,2 m axelavstånd. Axelavstånd för lastbilar sammanfattas i Figur 7.



Figur 7. Fordonslängd (1:a och sista axeln) för lastbilar och lastbilskombinationer.

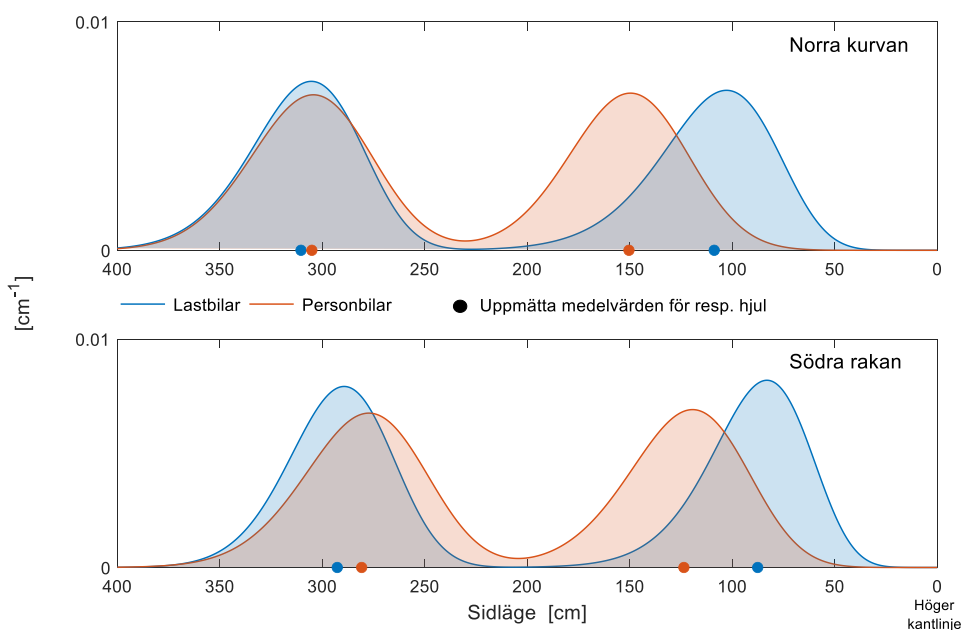
Lastbilar delas översiktligt in i 3 grupper med fordonslängder kring 5 m, 12 m samt en grupp med längder över 20 m. Gruppen med längder över 20,2 m d.v.s. med presumtiv maximal bruttolast på 64 t utgör drygt 30 % (31). Dryga 2 veckor innan sista mätningen i denna undersökning omklassades väg 50 till den nu högsta bärighetsklassen (BK4) som medger bruttovikter upp till 74 t och innebär höjda tillåtna bruttovikter för en lång rad fordon med längder över 6,4 m. Sista mätningen utfördes 4:e december 2019 och omklassningen trädde i kraft 15:e november.

Som tidigare nämnts påverkas spårdjupet av trafikens sidlägesfördelning. Figur 8 sammanfattar personbilarnas fördelning vid respektive mätplats.



Figur 8. Sidlägesfördelning för personbilar (högerkant respektive däck); mätningar som histogram med passade täthetsfördelningar.

Fördelningarna i respektive spår är hyggligt normalfördelade men lite skeva åt vänster d.v.s. trafiken sprider lite mer åt vänster. Det är också tydligt att personbilstrafiken förskjuts något åt vänster i den norra vänsterkurvan. Motsvarande passning av täthetsfunktioner genomfördes även för lastbilstrafiken. Det generella mönstret var snarlikt personbilarnas men generellt bredare då lastbilar har större axelbredd. Mätningarna för både person- och lastbilar sammanfattas i Figur 9 för de båda mätplatserna. Figuren visar de passade täthetsfunktionerna (se Figur 8) för respektive fordonskategori. I figuren indikeras även den genomsnittliga placeringen i respektive spår för de båda fordonskategorierna.



Figur 9. Sidlägesfördelning för lastbilar och personbilar (normaliserad täthetsfunktion, pdf) (högerkant respektive hjul).

Det bör poängteras att körmönstret i Figur 9 inte nödvändigtvis motsvarar spårbildning. Vi känner t.ex. inte de inbördes relationerna mellan dubbslitage och deformationsspår. Varje kategori är normaliserad d.v.s. hela ytans area är 1: de blåa och rosa ytornas areor är var för sig 1. Figuren visualiserar inbördes placering för respektive trafikslag och hur de skiljer mellan mätplatserna. I den norra kurvan förefaller trafiken förflyttas åt vänster och båda fordonskategoriernas vänsterhjulsfördelning sammanfaller medan högerspåret är mer utspritt beroende på större axelbredder för lastbilar. Dessutom skiljer axelbredden inom lastbils-kategorin: 2-axliga lastbilar har ett medelvärde kring 180 cm medan lastbilar med fler axlar har medelvärde kring 210 cm. I figuren ovan har båda kategorierna slagits samman vilket bidrar något till spridningsbilden, framförallt i högerspåret då vänsterkanten hålls. På den södra rakan ser trafiken mer kanaliserad ut med högre toppar som följd. Tabell 2 sammanfattar några beskrivande mått för de uppmätta fördelningarna.

Tabell 2. Sidlägesplacering, standardavvikelse och medelvärde (cm) för vänster och höger spår

Kategori	Plats	Standardavvikelse		Medelvärde	
		Vänster	Höger	Vänster	Höger
Personbil	Norra	29	29	305	150
	Södra	30	29	281	124
Lastbil	Norra	28	30	310	109
	Södra	25	26	293	88

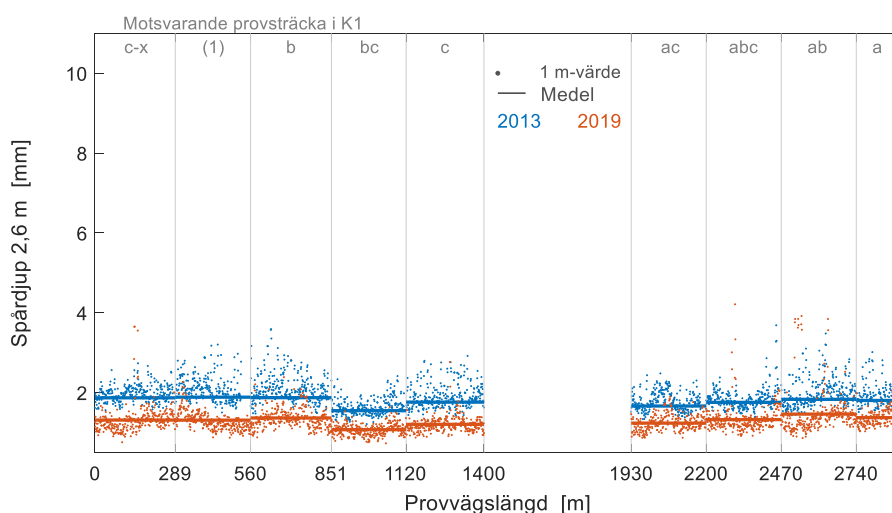
Spårdjupet påverkas till stor del av trafikens sidlägesspridning, standardavvikelsen. För personbilar är standardavvikelsen tämligen lika mellan södra rakan och norra kurvan medan det för lastbilar är större spridning i den norra kurvan d.v.s. spårbildningen blir mer utbredd och ger då upphov till mindre djupa deformationsspår. Medelvärden för fordonsplaceringen visar störst samstämmigheten i det vänstra spåret i den norra kurva. En komplicerande faktor vid tolkningen är att det som mäts är däckens högraste kant medan däcksbredd och antal däck inte är känt. Framförallt lastbilar kan ha breda däckskonfigurationer med breda och flera däck.

Sammanfattningsvis visar mätningarna skillnader mellan mätplatserna, framförallt för lastbilar som sprider något mer i sidled i den norra kurvan. Även om mätningarna i sig är noggranna och precisa kan de inte lätt översättas till faktisk spårbildning. De kan däremot användas kvalitativt vid tolkning av de spårdjupsmätningar som analyseras i avsnitt 4.2.1.

4.1.3. JÄMNHET I K2

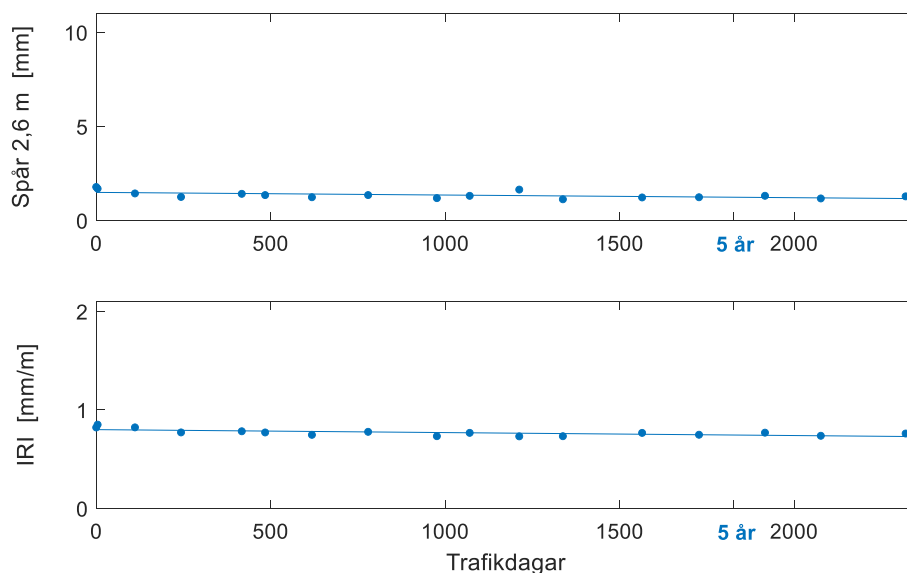
Vi har tidigare analyserat längsprofilen i K2 för att bedöma påverkan av störvariabler i K1. I detta avsnitt redovisas spårdjupsmätningarna i K2 för att undersöka om tiden i sig påverkat provvägen och hur mycket trafik som går i K2. Analysen av längsprofilen indikerar att K2 är i stort sett opåverkad. Det finns en mindre avvikelse mellan den trafik som mättes vid sidlägesfördelningsmätningarna och Trafikverkets ordinarie trafikräkning. Vid den riktade trafikmätningen i denna undersökning mättes endast K1 och en något lägre trafikmängd uppmättes. Det bör poängteras att Trafikverkets ordinarie mätning korrigeras baserat på trafikmodellering varför en direkt jämförelse inte är lämplig.

Figur 10 visar spårdjupsmätningar i K2 före trafikpåsläpp 2013 samt sista mätningen 2019. Figuren visar 1 m-värden och medelvärden för delar som motsvarar provsträckorna i K1.



Figur 10. Spårdjup längs provvägen i norrgående K2: 2013 och 2019 (ingen sträckdelning i K2, samma beläggning genomgående).

Provsträckan benämnd **c** exkluderas sedan i analysen av K1 men för K2 är den opåverkad varför den inkluderas. Vi kan se att K2 kan anses oskadad då spårdjupet faktisk minskat något. Figur 11 sammanfattar utvecklingen av K2:s jämnhet som årliga medelvärden för spårdjup och IRI. K2 har mätts sammanlagt 17 gånger under observationsperiodens 6 år.



Figur 11. Medelvärden av spår och IRI i K2 över mätperioden.

Diagrammen är skalade efter totalentreprenadens kravnivåer. Både spårdjup och IRI är statistiskt (linjär regression) signifikant sjunkande: spårdjupet sjönk i genomsnitt ungefär 1 400 Ångström per dag. Makrotexturen (Mean Profile Depth, MPD) har varit oförändrad kring medelvärdet 1,62 mm.

Sammanfattningsvis är K2 i stort sett helt oförändrad vilket i sin tur indikerar begränsad eller ingen inverkan av årstidsväxlingar och mycket begränsad trafikmängd.

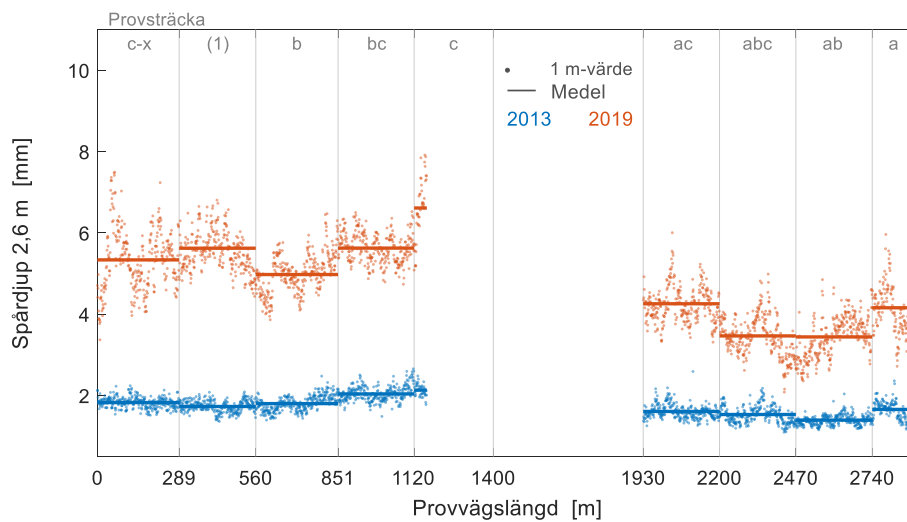
4.2. PROVVÄGENS JÄMNHET

4.2.1. SPÅRDJUPSUTVECKLING

Vid läggningen av bärlagret noterade en möjlig avvikelse för provcell **c** varför den sträckan benämndes **c-x** och provcellen repeterades sedan även efter sträckan **bc** (se Figur 1). Analysen av längsprofilen i ovanstående avsnitt 4.1.1 visar att sträcka **c** då hamnade alltför nära överhopsdelen och har påverkats av bärighetsbrister. Sträcka **c** exkluderas därför. Analys av mätresultat från återvunnet bindemedel och borrade provkroppar från sträcka **c-x** visar ingen skillnad, se t.ex. Figur 7 i rapport 2, där bindemedlets elastiska återgång är densamma som prover från sträcka **c**. Provningar av styvhetsmodul antyder att bärlagret på sträckan **c-x** var marginellt styvare än på **c** men fortfarande avsevärt mindre styvt än

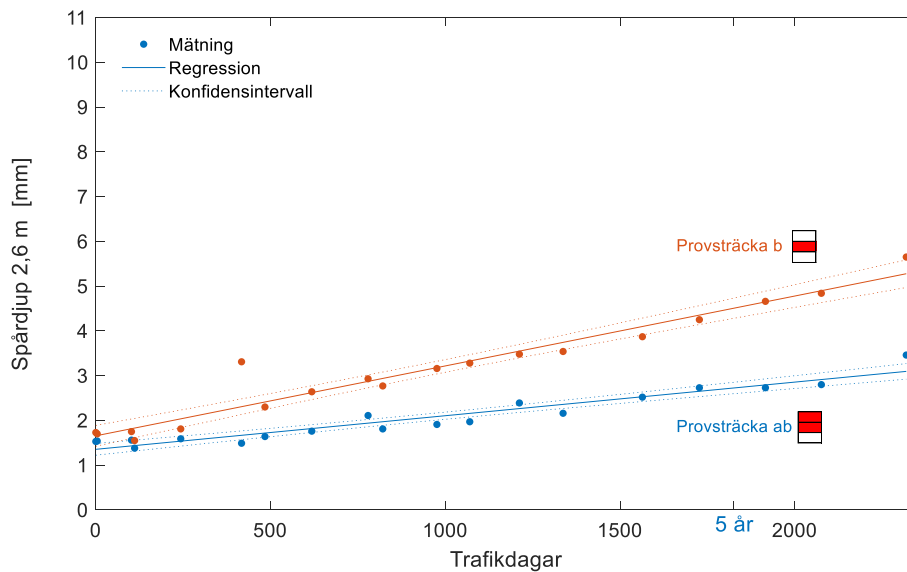
Referensbärlagret. Provschemat var inte utformat för att studera skillnader mellan provsträckor för respektive massatyp utan för att generellt skilja beläggningstyperna på hela provvägen. Det går inte att notera några skillnader mellan sträcka c-x och c från den materialprovning som gjordes men c exkluderas p.g.a. noterade bärighetsbrister. Detta medför inte något bortfall från försöksplaneringen.

Analysen baseras främst på årlig spårdjupsutveckling. Figur 12 jämför provvägens tvärgående ojämnheter, spårdjup, direkt efter läggning samt vid sista mätningen efter dryga 6 år, hösten 2019. I figuren visas mätningens 1 m-värden samt beräknade medelvärden för respektive provsträcka.



Figur 12. Spårdjup längs provvägen i norrgående K1: 2013 och 2019.

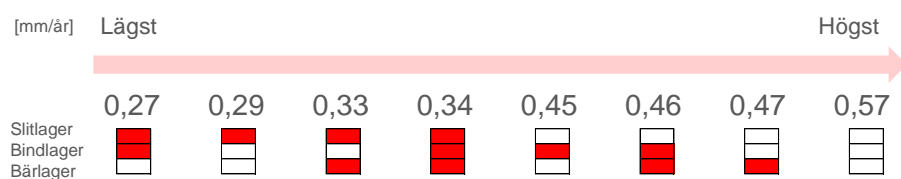
Spårdjupet har ökat måttligt, framförallt på delen efter 1930 m (norra delen) som synbarligen har lägre spårdjup vid båda mätningarna. Effektanalysen enligt ekvation 1 baseras på årlig spårdjupsutveckling d.v.s. linjens lutning i Figur 13 som visar spårdjupsutveckling för den provsträcka med högst och lägst spårbildningshastighet. Vägytemätningar utfördes minst varje höst och vår samt vid flera tillfällen däremellan, sammanlagt 19 mätningar under 6 år.



Figur 13. Bestämning av årlig spår djupsökning, bästa och sämsta sträckan: linjär regression med linjens konfidensintervall (95 %).

Vi kan tydligt se att regressionslinjerna är statistiskt starka d.v.s. med relativt smala konfidensintervall. Detta innebär att vi kan dra slutsatser även om skillnaderna i absoluta mått är tämligen små och i praktiken av mindre betydelse; vi har många och precisa mätningar vilket ger statistiskt signifikanta lutningar även vid låga absolutnivåer. Detta innebär i sin tur att vi, med viss försiktighet, kan dra slutsatser även för större trafikmängder.

Spår djupsutvecklingen för samtliga sträckor sammanfattas och rangordnas i Figur 14 efter ökande spår bildning.



Figur 14. Årlig spår djupsökning (mm/år) för resp., sträcka i ökande ordning (röd fyllning indikerar aktiv faktor d.v.s. modifierat bindemedel).

Den egentliga analysen baseras på den faktoriella försöksplaneringen sammanfattad i ekvation 1 med huvudfaktorer och samverkansfaktorer. Analys sker i flera steg med början i den fulla modellen som sedan reduceras baserat på signifikanta faktorer och effektens storlek. Tabell 3 sammanfattar utvärderingen av hela modellen. Redovisade parametrar är p -värde d.v.s. sannolikheten för att den skillnad vi noterar uppkommit genom slumpfel (givet att nollhypotesen är sann)

och eta-kvadrat som är ett mått på hur mycket av skillnaderna vi ser som förklaras av just den faktorn (skillnader från medelvärdet).

Tabell 3. Statistisk utvärdering av spårdjupsutveckling med samtliga faktorer i försöksmodellen (fet blå indikerar signifikans)

Faktor	eta-kvadrat (η^2)	p-värde
Medelvärde		0,02
Huvudfaktor		
Slitlager	0,84	0,08
Bindlager	0,03	0,38
Bärlager	0,00	0,86
Samverkan		
Slit/bind	0,02	0,43
Slit/bär	0,06	0,28
Bind/bär	0,03	0,36

I det 1:a steget är det bara det gemensamma medelvärdet som är signifikant och samtidigt den klart starkast bidragande faktorn, den största delen av spårbildningen är gemensam för alla provsträckor. Av de mindre skillnader vi ser svarar slitlagerfaktorn för 84 % ($\eta^2 = 0,84$) medan övriga huvudfaktorer och samverkansfaktorerna är i det närmaste helt betydelselösa. I nästa steg förenklar vi modellen genom att ta bort alla samverkansfaktorer och bara behålla huvudfaktorerna d.v.s. de olika beläggningslagren var för sig. Resultatet sammanfattas i Tabell 4.

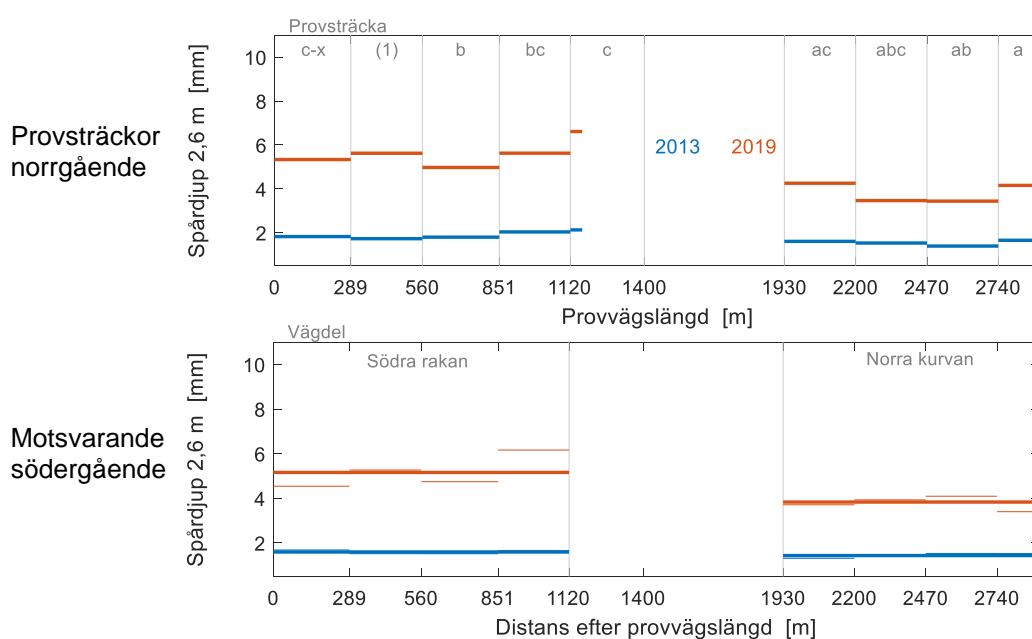
Tabell 4. Statistisk utvärdering av huvudfaktorer i försöksmodell (reducerad modell, fet blå indikerar signifikant effekt)

Faktor	eta-kvadrat (η^2)	p-värde
Medelvärde		0,00
Huvudfaktor		
Slitlager	0,84	0,01
Bindlager	0,03	0,40
Bärlager	0,00	0,90

Det som visuellt antydde i Figur 12 syns nu som en signifikant effekt: p-värdet för slitlager är mindre än 0,05 varför vi drar slutsatsen att det föreligger skillnad mellan slitlagertyperna. I avsnitt 4.1.2 kring trafikmönster noterade vi dock att det finns en potentiell påverkan av skillnader mellan rakan och kurvan. Och, även om en faktor är statistiskt signifikant, behöver den inte vara betydelsefull; effekten kan var så liten att den saknar praktisk betydelse. Skattningen av medelvärdet för hela

provvägen är 0,30 mm/år. För referensslitlager tillkommer 0,18 mm/år. (faktorn för $pmb = 0$ mm/år).

Från genomgången av trafikmönstret kan vi endast kvalitativt skatta effekterna. Lastbilarna visade t.ex. bredare spridning i den norra kurvan. De går däremot inte att översätta till faktisk spårdjupsutveckling. För att försöka skatta effektens storlek har även södergående körfält mätts vid samtliga mättillfällen. I södergående riktning är konstruktionen ensartad och den samma som provvägens sträcka (1) d.v.s. normalkonstruktionen. Trafikmängden vid Trafikverkets mätning 2018 var i stort sett den samma i båda riktningarna (väl inom felskattningen). Spårdjupsmätningar i de olika riktningarna jämförs i Figur 15.



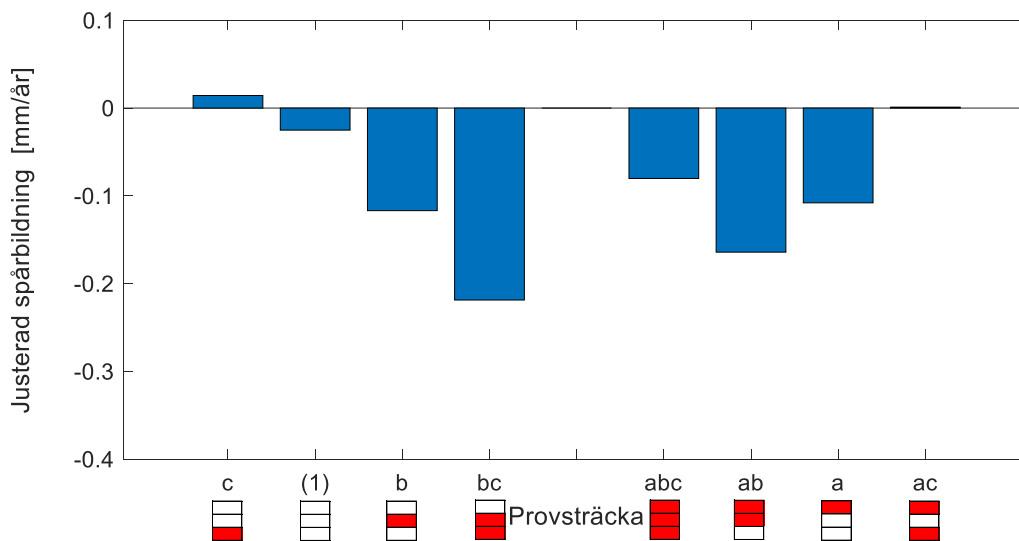
Figur 15. Provsträckornas medelspårdjup jämfört med motsvarande delar i södergående riktning: 2013 och 2019.

Redan det visuella intrycket av mätningarna i södergående riktning antyder samma skillnad mellan den södra rakan och norra kurvan som i provvägens norrgående riktning. Södergående riktning kan delas i 2, södra rakan och norra kurvan. I övrigt finns det inga kända faktorer, beläggningen är densamma och vägkroppen i övrigt bedöms homogen (oförändrad längsprofil). Jämför vi dessa 2 delar är basvärdet för hela sträckan något högre jämfört med norrgående del, 0,4 mm/år, och på södra rakan tillkommer 0,18 mm/år högre d.v.s. numerärt precis samma som slitlagereffekten på norrgående provsträckor. Den statistiska utvärderingen av provvägen kan inte skilja mellan eventuell inverkan av slitlagertyp och inverkan av trafikmönster i kurvan: vi kan bara konstatera en effekt. Utvärderingen av södergående riktning indikerar att det finns en skillnad mellan rakan och kurvan i samma storleksordning som faktoreffekten av slitlager.

Ett annat sätt att försöka hantera störvariabler är att undersöka skillnaden mellan norrgående provsträckor och motsvarande delar i södergående enligt:

$$\text{nettospår}_i = \text{spår}_{\text{norri}} - \text{spår}_{\text{söderi}} \quad 2$$

där spår är spårdjupsutveckling för respektive provsträcka, i . Antagandet är att den ökända trafikfördelningen och ökända omständigheter i övrigt, påverkar varje sida av vägen på samma sätt. Ett exempel är kurvans inverkan genom trafikfördelningen som finns på båda sidorna för de provsträckor som ligger i den norra rakan och försvinner från nettospåret uttryckt i ekvation 2. Vi undersöker sedan skillnaden (nettospåret) som beror på respektive provsträckas inverkan. Beräkningarna sammanfattas i Figur 16.



Figur 16. Provsträckornas nettospårbildning (nettojusterad spårbildning), differens mellan norrgående och södergående K1 för respektive provsträcka.

Variansanalys av nettospårbildningen visar att ingen faktor är signifikant (ekvation 1); de skillnader som finns kan bero på slumpfel. Det finns ingen påvisbar skillnad mellan beläggningstyperna i de enskilda lagren. I detta fall svarar bindlagret för den största delen av variansen d.v.s. den mest inflytelserika faktorn medan effekten från slit- och bärlager är helt obetydliga. Pmb i bindlager sänker spårbildningen med 0,1 mm/år jämfört med referensbärlaget. Det bör poängteras att effekten inte är signifikant utan kan bero på slumpfel, och oaktat detta en mycket blygsam effekt utan praktisk betydelse.

4.2.2. VINTER- SOMMARSPÅRBILDNING

För att om möjligt skatta orsaken till spårbildningen, dubbslitage eller deformationer, mättes provsträckorna varje höst respektive vår. Utvärderingen förutsätter att spårbildning som mäts under vintern beror på dubbslitage och att konstruktionen är så styv att inga permanenta deformationer ackumuleras. Under

sommartid orsakas spåret endast av den tunga trafiken. Sommar- respektive vinterspårbildning (y) bestäms enligt:

$$\Delta y_{vinter_i} = y_{vår_{i+1}} - y_{höst_i} \quad 3$$

$$\Delta y_{sommar_i} = y_{höst_i} - y_{vår_i} \quad 4$$

där i är kalenderår. En inledande variansanalys ger ingen signifikans för vare sig provsträckor eller körriktning. Säsongsmedelvärden, delat efter körriktning, sammanställs i Tabell 5.

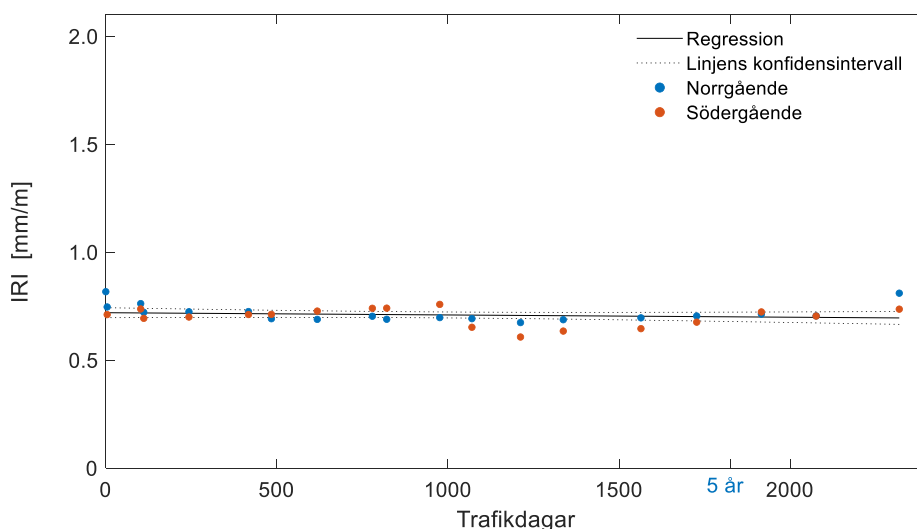
Tabell 5. Säsongsvis spårbildning (mm per årstid)

Körriktning	Vinterspår	Sommarspår
Norrgående	0,17	0,34
Södergående	0,18	0,34

Resultaten i Tabell 5 kan sammanfattas som att under sommaren är spårbildningen i genomsnitt 0,16 mm per kalenderår högre än vinterspårbildningen. ($0,16 \pm 0,19$ mm/kalenderår, t -test 95 % säkerhet): 2/3 av spårbildningen sker sommartid. Notera att variationen är tämligen stor varför resultaten är något osäkra.

4.2.3. JÄMNHET I LÄNGSLED

Utvecklingen av längsgående jämnhet i K1 är lik den i K2, svagt sjunkande IRI. Figur 17 sammanfattar de årliga mätningarna i båda riktningarna.



Figur 17. Jämnhet i längsled, IRI, för provvägen (norrgående) under observationsperioden.

Den norrgående provvägens längsgående jämnhet är närmast helt opåverkad. Så även motsvarande delar i södergående riktning. Resultaten i Figur 17 förstärker den

tidigare bilden, längsprofilen i Figur 4, av att de delar som ingår i provvägen är intakta.

4.3. JÄMFÖRELSE MED LABORATORIEPROVNING

Den huvudsakliga tolkningen av resultat från provvägen är att pmb-modifiering inte medför reducerad spårbildning. Det blir därför svårt att meningsfullt jämföra med den laboratoriebaserade materialprovningen som genomfördes i samband med byggandet och som redovisas i rapport 2.

Provning av bindemedel pekar tydligt och samfällt mot avgjort bättre motstånd mot permanenta deformationer i asfaltbeläggningarna. Jämfört med referensbitumen ger pmb-varianterna:

- mycket högre mjukpunkter (>30 °C)
- mycket högre benämningstemperaturer på varmsidan i pg-klassning (performance grade, >20 °C)
- mer elastiskt uppträdande vid kryp-återgångsprovning (Multiple Stress Creep Recovery, MSCR).

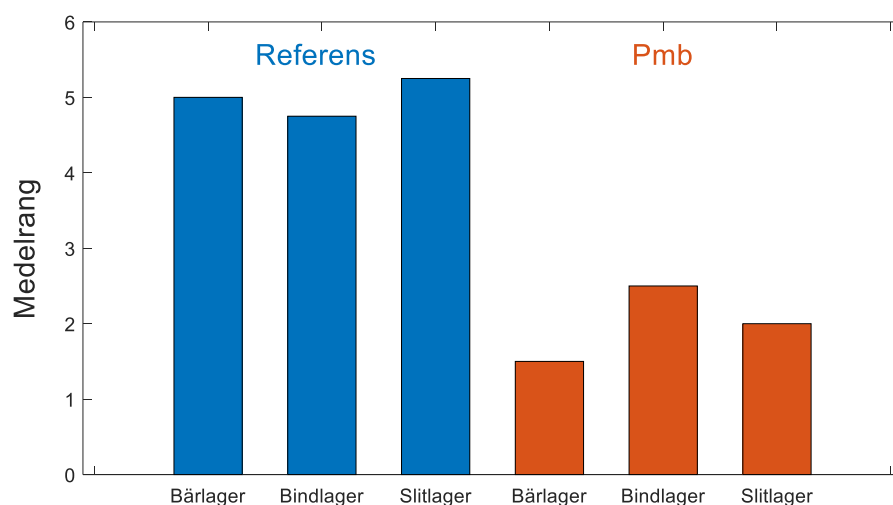
Till detta kommer oscillerande skjuvprovning uttryckta i masterkurvor som dock inte lätt låter sig relateras till prestanda avseende de skador på beläggning som normalt är avgörande, spår- och sprickbildning.

Beläggningsprovningen är mindre tydligt i favör för pmb-asfalt:

- provning av permanenta deformationer visar små skillnader med några fall av förbättrade prestanda med pmb
- slitlagret med pmb (pg 76–28) motstår slitage bättre än referensslitlagret (Prall).

Mätning av styvhetsmodul visar att standardbeläggningarna var styvare i alla lager och i bärlagret mycket styvare jämfört med motsvarande pmb-beläggning. Det är dock, likt masterkurvorna för bindemedel, svårt att relatera styvhetsmodul till skada då egenskapen i sig inte omfattar permanent deformation.

I rapport 2 sammanfattades materialprovningen i rangordningar av bindemedel och beläggning inom respektive provmetod. Samtliga rangordningar avseende motstånd mot permanenta deformationer summerades och sammanställdes i en figur som för tydlighets skull även visas i denna rapport (Figur 18). I rangordningen är 1 bäst och 6 sämst d.v.s. bättre prestanda med lägre medelrang.



Figur 18. Genomsnittlig rangordning för de olika beläggningstyperna med avseende på motstånd mot permanent deformation: 1 bäst och 6 sämst (efter figur 22 i rapport 2).

Rangordningen diskuteras mer omfattande i rapport 2 men slutsatsen är att den laboratoriebaserad materialprovningen tydligt indikerar att pmb-asfalt bör prestera bättre, framför allt är det bitumenprovningen som visar stora skillnader. I fältundersökningen kan vi sedan inte se några egentliga skillnader.

4.4. Miljöpåverkan, CO₂eq

Miljöprestanda och miljöpåverkan för asfaltbeläggningar kan bedömas på ett flertal sätt. Generellt är det viktigt att modeller, metoder och antaganden redovisas transparent och förståeligt. I större vägbyggnadsentreprenader använder Trafikverket sedan 2015 *Klimatkalkyl*⁴ för miljöpåverkansberäkningar. Klimatkalkyl har sedan succesivt förts in i upphandlingar och används i dag regelmässigt. Grunden i Klimatkalkyl utgörs bl.a. av miljövarudeklarationer (EPD, Environmental Product Declaration). Miljövarudeklarationer efterfrågas i dag av Trafikverket i såväl underhålls- som investeringsentreprenader och det finns etablerade standarder kring framtagandet.

Miljövarudeklarationer baseras på livscykelanalyser som omfattar produktens olika faser. Den övergripande delningen i livscykelanalysen är: byggande, användning och slutligen utskrotning (avveckling, end-of-life). I det här fallet undersöker vi byggandet (betecknas övergripande med A) som delas in i delmoduler enligt Figur 19.

⁴ <https://klimatkalkyl-pub.ea.trafikverket.se/Klimatkalkyl/>



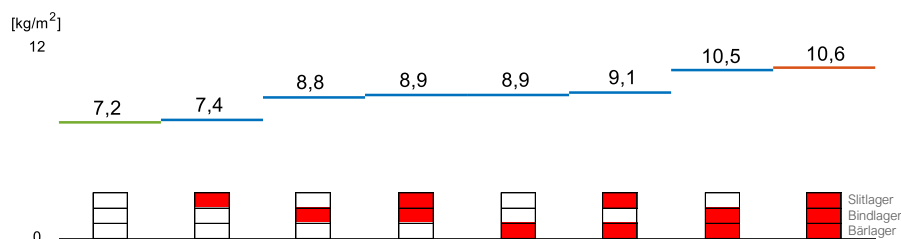
Figur 19. Delmoduler i en miljövarudeklaration för byggandefasen.

Analysen i den här rapporten omfattar vad som brukar kallas vaggan till grind (cradle to gate), delmoduler A1–A3, produktion av asfaltmassa. Beräkningarna har utförts med NCC:s tredjepartscertifierade process för miljövarudeklarationer⁵. Undantaget från processen är publiceringen av de fullständiga miljövarudeklarationerna. Resultatet avseende utsläpp av koldioxidekvivalenter (CO₂eq) redovisas i denna rapport.

Massatyper och sammansättning är givna i rapport 1, avsnitt 6. Asfalttillverkning har förändrats sedan provvägen byggdes och den största skillnaden är att i dag används huvudsakligen biobränslen för uppvärmningen. Således baseras beräkningarna på asfalttillverkning 2021. De viktigaste villkoren för LCA-beräkningen är:

- biobränsle för torktrumma
- stenmaterial finns vid asfaltverket
- kvalitetssten i slitlager, transportavstånd 20 km
- stenmaterial är krossat i eldriven anläggning
- sammansättning enligt redovisning i rapport 1, Figur 5 och Tabell 3.

Miljöpåverkan beräknades som växthusgasutsläpp per producerat ton asfaltmassa (A1–A3). I det här fallet jämför vi 8 konstruktioner med olika uppbyggnad d.v.s. skilda lagertjocklekar och massatyper. Utgående från utsläpp per ton, kända densiteter och lagertjocklekar beräknas utsläpp per yta för respektive konstruktion (kg CO₂eq per m²) omfattande tillverkningen av asfaltmassa, exklusive transport och utläggning. Resultaten sammanfattas i Figur 20.



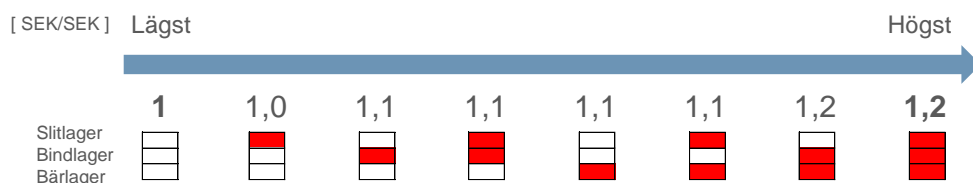
Figur 20. Miljöpåverkan vid tillverkning av asfaltmassa för respektive konstruktionstyp (kg CO₂eq per m²).

⁵ I enlighet med EN 15804:2012+A2:2019 och Product Category Rules, PCR 2019:14 Construction products version 1.11 (2021-02-05)..

Resultatet är förväntat med stigande utsläpp av CO₂eq med ökande grad av modifiering. Då slitlagret i referensalternativet redan är modifierat (till en lägre grad) är skillnaden mot det högmodifierade alternativet liten. Skillnaden beror på en liten mängd återvinning i referensalternativet. De stora skillnaderna inträffar vid modifiering av bind- och bärlager. De är tjockare och alternativen är standardbitumen. Den största marginalökningen ges av att använda modifierat bindemedel i bärlagret då det är det tjockaste lagret.

4.5. MONETÄRA KOSTNADER

Den 3:e aspekten i undersökningen rör kostnader för de olika beläggningarna. Generellt gäller att pmb-modifiering ger högre asfaltkostnader. Asfaltsarbeten är ofta platsspecifika varför kostnaderna kan variera: geografi, mängder, ställkostnader m.m. påverkar i varierande grad. För jämförelse har vi gjort en kostnadsskattning för respektive konstruktionstyp. Kalkyler kan göras med olika omfattning t.ex. omfatta periodiserade finansieringskostnader över längre bygg- och kontraktstider, och priser för insatsvaror varierar över tid och geografi. Skattningarna omfattar utlagd yta för respektive konstruktion: tillverkning, transport och utläggning av de 3 lagren. Asfalttyper är de specifika i detta fall och som finns redovisade avsnitt 6 i rapport 1. Arbetet antas bedrivet under fortfarande, d.v.s. flera hela skift för varje konstruktionstyp och alltså inte just de knappa 300 m som utfördes. Figur 21 åskådliggör relativa kostnader i stigande ordning där standardlösningen är billigast och till vilka övriga relateras.



Figur 21. Relativa schablonkostnader för de olika konstruktionerna.

Kostnaden ökar som förväntat med ökande andel pmb-asfalt. Störst inverkan har pmb i bärlager då det dels är tjockast, dels medför modifieringen av bärlagret den relativt högsta kostnadsökningen jämfört med standardlösningen. Modifiering av bara bindlagret (sträcka **b**) innebär en fördyring kring 10 % medan de båda slitlagervarianterna är tämligen likakostande.

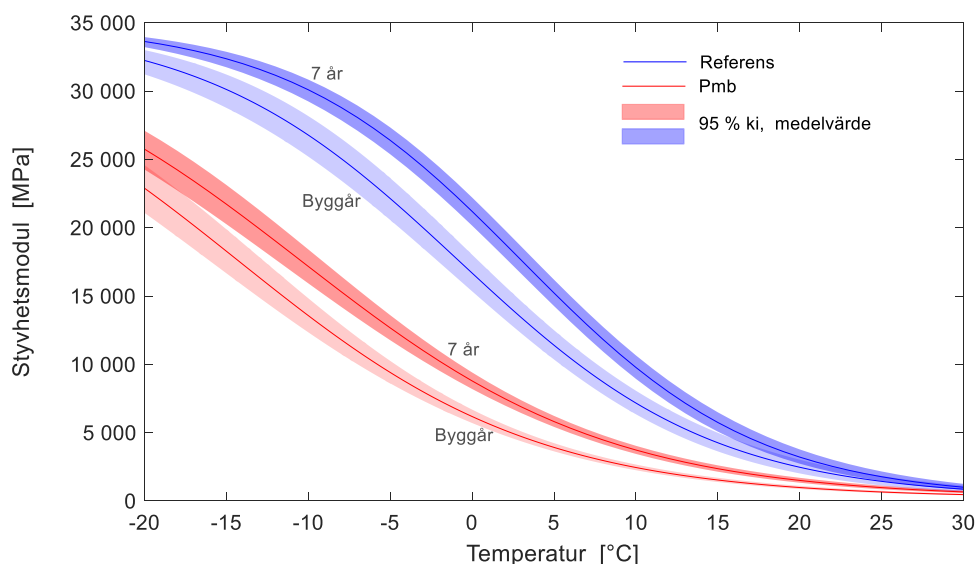
4.6. BELÄGGNINGSPROVNING

I samband med avslutandet borrades ett antal prover för analys av asfaltens och sedan det återvunna bindemedlets egenskaper. Redovisningen i denna rapport är just mest bara det, redovisning, av beskrivande och dokumenterande skäl. Materialegenskaperna har inget egenvärde utan endast genom koppling till uppmätt skada, spårbildning, kan de användas för utvärdering och i förlängningen

prediktion. Mätningarna från provvägen visar ingen skillnad mellan provsträckorna.

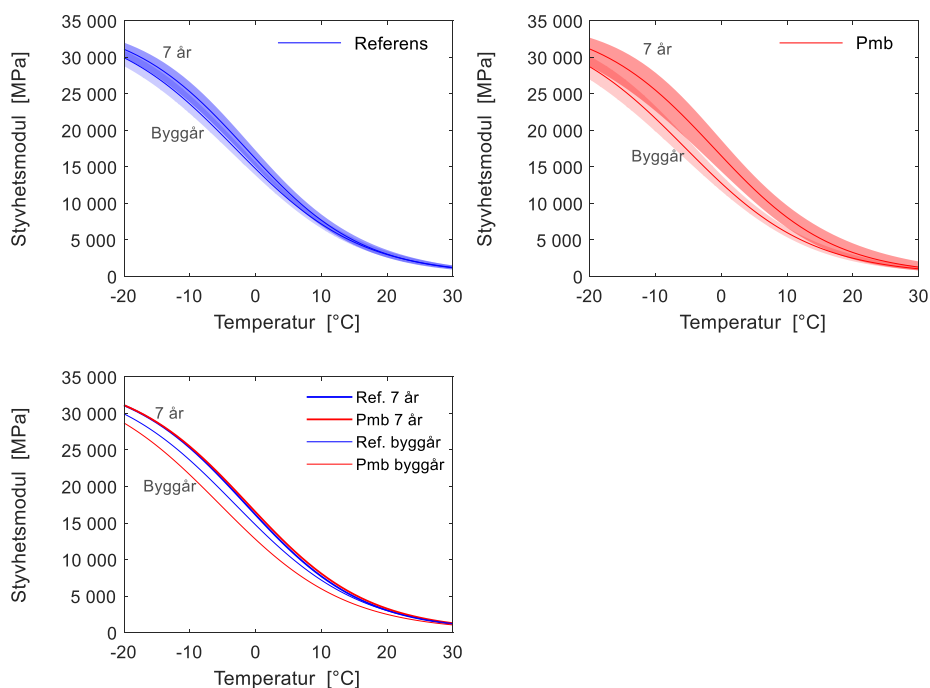
Provtagningen i denna fas av projektet var något förenklad jämfört med provborrningen vid byggandet. Prov borrades vid 2 platser valda så att alla olika beläggningstyper provtogs, 5 borrprov av varje beläggningstyp. Vid byggandet slumpades provtagningen över hela provvägen för respektive beläggningstyp. På borrproverna mättes styvhetsmodul enligt samma metodik som beskrivs i rapport 2. Efter avslutad provning återvanns bindemedlet för vidare analyser. Styvhetsmodulprovning utfördes inte på slitlagret då borrproverna bedömdes alltför tunna och heterogena. Däremot återvanns bindemedlet även från slitlagret.

I figurerna för styvhetsmodul jämförs styvheten på borrade provkroppar efter 6 år (7 för bind- och bärlager) med resultatet vid byggandet. Figur 22 visar bärlagerprovning som är det lager som förändrats mest. Någon försiktighet bör iakttas vid tolkningen då, som nämnts, provtagningsmetodikerna inte var lika rigörös vid provtagningen 2019 på väg i bruk.



Figur 22. Styvhetsmodul för bärlager (metodik enligt rapport 2 med linjens konfidensintervall, ki).

Redan från början var referensen tydligt styvare än pmb-bärlagret. Den skillnaden kvarstår då båda typerna förefaller ha förstyvats i ungefär samma utsträckning. Provning av bindlager sammanfattas i Figur 23.



Figur 23. Styvhetsmodul för bindlager (metodik enligt rapport 2 med linjens konfidensintervall, ki).

I figuren särskiljs referens- och pmb-beläggningen i delfigurerna som visar spridningsbilden då de dels var snarlika från början dels förändrats i samma utsträckning och en sammanlagd figur hade blivit gyttrig. I den undre delfiguren visas de små skillnader som finns men som ryms inom normalspridningen. Slutsatsen är att de båda varianterna var och har förblivit tämligen lika och oförändrade med tid.

Det återvunna bindemedlets egenskaper sammanställs i Tabell 6 och jämförs med provningen av återvunnet bindemedel vid byggandet.

Tabell 6. Bindemedelsprovning vid byggnation samt efter 6 alternativt 7 år

Lager	Bindemedel	Tidpunkt	Penetration* [dmm]	Mjukpunkt** [°C]	Elastisk återgång*** [%]	
Slit-	Ref	QMB 45/80-50	Byggår	68	51,6	
			6 år	34	60,4	50
	Pmb	Nypol 76-28	Byggår	67	84,0	
			6 år	41	76,2	73
Bind-	Ref	50/70	Byggår	55	48,8	
			7 år	28	60,6	
	Pmb	Z3	Byggår	46	90,0	
			7 år	24	86,0	58
Bär-	Ref	70/100	Byggår	84	45,8	
			7 år	36	58,1	
	Pmb	Endura F1	Byggår	93	90,5	
			7 år	52	85,5	80

* SS-EN 1426:2015. Bestämning av penetration. 25 °C.

** SS-EN 1427:2015. Bestämning av mjukpunkt. Kula och ringmetoden.

*** SS-EN 13398:2017. Bestämning av elastisk återgång för modifierat bitumen. 10 °C.

De huvudsakliga förändringarna är tämligen förväntade. Standardbitumen har förstyvats och mjukpunkten har ökat medan för pmb-varianterna sjunker mjukpunkten. Penetrationsbitumen och pmb förändras inte på samma sätt. Detta är inte trivialt att översätta till skada på åldrande vägar.

5. DISKUSSION

Nackdelen med fältförsök är förstås tidsutdräkten. Och att det är svårt att kontrollera faktorer och i många fall även att mäta variabler som kan påverka samtidigt som vi inte har tillräckligt skarpa modeller för att skatta inverkan, inte kvantitativt men inte heller alltid kvalitativt. Även om vi kan mäta t.ex. temperaturer och vattenfördelningar kan vi bara göra det mycket isolerat och inte på ett säkert sätt prediktera skadeutvecklingen. Ändå utgör fältförsöken historiskt ett av de främsta verktygen för att avgöra olika konstruktioners och materials prestanda. Trots att det är svårt att generalisera från enskilda fältförsök är det ändå lättare än att generalisera från frikopplad laboratorieprovning. Laboratorieprovning och kravställning baserad på laboratorieresultat kräver stöttande fälterfarenheter.

Analysen av spårbildningen skedde i flera steg. Först baserat på den statistiska försöksplaneringen men sedan också med kompletterande mätningar för att försöka beakta de störningar vi inte kunde kontrollera men mäta eller mäta och kvalitativt bedöma. Den statistiska analysen visar effekt av slitlagerval, pmb-beläggningen har

något mindre spårbildning. Kompletterande information, sidlägesmätningar, visar att trafikmönstret skiljer mellan delar med standardslitlager och delar med pmb-slitlager; lastbilar sprider mer i sidled på pmb-delen, vilket ger grundare spår. Den kompletterande analysen av spårbildningens orsaker, last- kontra personbilar, gav ingen stark signifikans men antyder att huvuddelen av spårbildningen orsakas av den tunga trafiken sommartid. Analys av mätningar i motgående riktning visar på samma minskade spårbildning i kurvan som konstaterades på provvägens pmb-slitlager. Sammantaget, ser vi det som troligt att det inte är en effekt av slitlagret i sig utan av skillnader i trafikmönster. Slutsatsen att vi inte kan konstatera skillnader är rimlig.

Den 1:a rapporten diskuterade hur vägentreprenader krävstalls, främst i perspektivet totalentreprenader. I totalentreprenader rör man sig uppåt i kravhierarkin, mot vägytan från materialspecifikationer. Hela projektet har omfattat mätningar från funktionsrelaterad provning av ingående material, sten och bitumen, över funktionsbaserade egenskaper hos beläggningen och slutligen vägens funktion, vägytans jämnhet. Provnings av material, sten, bitumen och beläggning pekar på klara förbättringar med pmb jämfört med standarbitumen. Framförallt, den funktionsrelaterade (nivå 5) bindemedelsprovningen visar fördelar med pmb. Beläggningsprovningen (nivå 4) är inte lika tydlig men även den indikerar förbättringar. Funktionsprovning (nivå 2) visar dock inga skillnader efter 6 års trafikering.

I denna undersökning var det tydligt hur materialprovningen visade förbättrade prestanda som sedan inte bekräftas i fältförsöket. För svenska förhållanden är detta inte första gången. Oscarsson (2016) undersökte ett tidigare större fältförsök (E6 Uddevalla) som bl.a. innehöll sträckor med pmb-modifierade asfaltlager. Efter 9 års trafikering fanns det över huvud taget inga skillnader mellan standardreferens och olika kombinationer av pmb-modifierade beläggningsslag avseende spårbildning. Oscarsson konstaterar också att en styvhetsmodulsbaserad beräkningsmodell grovt felkattar spårdjupsutvecklingen. Även för provväg E6 hade materialprovningen, främst bindemedelsanalyser, indikerat förbättrade egenskaper avseende motstånd mot permanenta deformationer (Stenberg, 2007).

Redovisningen i denna avslutande rapport omfattar 3 aspekter: teknisk prestanda samt miljö- och monetära kostnader. Försöksplaneringen utformades för att undersöka vägytans jämnhet d.v.s. teknisk prestanda. Denna aspekt redovisas och analyseras ingående i rapporten. De lika viktiga aspekterna, miljö och pengar, är mer av informativ karaktär och mer översiktligt bestämda och redovisade.

Baserat på undersökningar redovisade i denna och tidigare rapporter kan följande slutsatser dras:

Från rapport 2

- provning som genomförts med syfte att bedöma motstånd mot permanenta deformationer visar att pmb-beläggningarna förväntas prestera bättre än referensbeläggningarna
- vattenkänsligheten är likvärdig mellan beläggningstyperna
- slitlagret med pmb visar signifikant lägre nötning bestämd enligt Prall

denna rapport (3)

- analys av spårjupsmätningar på provväg Skänninge har inte kunnat visa förbättringar genom att använda högpresterande polymermodifierade bindemedel
- kostnadskattningen visar att pmb är dyrare vid byggandet
- EPD-baserad beräkning av miljöpåverkan visar att miljökostnaderna är högre.

Det är svårt att motivera pmb-beläggningar. Vi vill dock betona att det finns nedbrytningsmekanismer som inte studerats, annat än indikativt i materialprovningen, då de normalt framträder i avsevärt längre tidsperspektiv än de 6 år som detta fältförsök omfattar, nämligen beständighet och eventuell sprickbildning.

REFERENSER

- McGarvey, T. 2016. *Vehicle lateral position depending on road type and lane width*. VTI Rapport 892A. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Lundkvist, S-O. 1988. *Sidolägesmätning på väg målad med heldragen kantlinje*. VTI notat TF 55-09. Statens väg- och trafikinstitut.
- Oscarsson, E. 2016. *Uppföljning av provväg E6 med polymermodifierade bundna lager*. Svenska byggbranschens utvecklingsfond, SBUF 12484.
- Stenberg, N. 2007. *PMB-inverkan på asfaltbelägningens funktionella egenskaper*. Svenska byggbranschens utvecklingsfond, SBUF 11692.
- TDOK. 2014a. *Vägytemätning Objekt*. Trafikverket TDOK 2014:0005.
- TDOK. 2014b. *Vägytemätning Mätstorheter*. Trafikverket TDOK 2014:0003.