



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 935–2017

Förstudie för projektet – Pilotimplementering av 74 ton

Preliminary study for the
– Pilot Implementation of 74-tonne Vehicles project

Johanna Enström, Vicor Asmoarp,
Mikael Bergkvist och Aron Davidsson



TRAFIKVERKET



SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 935-2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Förstudie för projektet
Pilotimplementering av 74 ton.

Preliminary study for the
Pilot Implementation of 74-tonne
Vehicles project,

Bildtext:

Foto: Erik Viklund, Skogforsk.

Ämnesord:

Transportteknik, 74-ton,
Bärighet, Vägar,
HCT (High Capacity Transport).

Transport technology, 74-tonnes,
Bearing capacity, Roads, HCT (High
Capacity Transport).

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Johanna Enström, civilingenjör. Kommunika-
tions- och transportsystem. Arbetar som forskare
inom programmet Värdekedjor på Skogforsk.
Framst verksam inom områdena logistik, trans-
port och terminalhantering.



Victor Asmoarp, jägmästare och forskare inom
programmet Värdekedjor på Skogforsk.
Arbetar med virkesförsörjningsfrågor och
beslutsstöd för att förbättra och effektivisera
logistiken inom virkesförsörjningskedjan.



Mikael Bergqvist, skogsingenjör. Arbetar
med vägfrågor inklusive verifiering och
tillämpning av STP, Surface Thickness
Program.



Aron Davidsson, jägmästare. Arbetar som
forskare inom programmet Värdekedjor på
Skogforsk med frågor och beslutstöd kring
virkesförsörjning, för att effektivisera och
förbättra logistiken i försörjningskedjan

Abstract

This preliminary study was carried out on behalf of the Swedish Transport Administration. The aim was to propose possible study designs for examining implementation of 74-tonne vehicles on a pilot road network, and for examining effects on the infrastructure.

Increased payloads are known to reduce the total number of axle passages on the road, as fewer vehicles are needed to transport a given quantity of goods, but there are certain indications of risk of damage on roads with thin surfaces. The Swedish Transport Administration has requested greater knowledge about, particularly, the possible effects on road surfaces of more frequent passages with triple-axle groups.

After a review of data collection and possible new ways of carrying out trials, three methods are proposed for examining the issue.

1. Measurements using sensors embedded in a selected test road, where response measurements are taken at different depths. The aim is to develop a new method for road design that better estimates road degradation linked to heavy loads. This would make a considerable contribution to research, but would be limited to a specific type of road.
2. Test vehicles fitted with instruments according to the 'defectograph' method indirectly measure the road's response to loading. This also includes measurements of a large vehicle fleet equipped with simpler response measurement systems. The method provides data for a large test area, but the data generated lacks the same precision.
3. A correlation analysis is also proposed, with the aim of analysing data that is currently being continually collected, to monitor any changes and to identify associations between factors.

Skogforsk has also surveyed study areas for the different measurements, based on the areas proposed by the Swedish Transport Administration for implementation of 74-tonne vehicles. Initially, Area 1 (Västerbotten and Norrbotten counties) is proposed as suitable for studies.

Förord

Den här studien har utförts av Skogforsk på uppdrag av Trafikverket. Ett nära samarbete mellan Skogforsk, Trafikverket, VTI, Luleå tekniska Universitet (LTU) och WSP har varit en förutsättning för genomförandet.

Vi vill tacka Johan Granlund WSP som ansvarat för Kapitel 2 i rapporten samt bidragit med metod kring instrumenterade fordon. Vi tackar även Johan Casselgren och Johan Odelius, LTU, för bidraget om instrumenterade fordon. Vi tackar Sigurdur Erlingsson, VTI för bidraget kring instrumenterad väg.

Dessutom vill vi rikta ett varmt tack till våra uppdragsgivare på Trafikverket, inklusive all personal där som hjälpt oss med information och kunskap inom sina respektive områden.

Uppsala i juli 2017

Johanna Enström, Victor Asmoarp, Mikael Bergkvist och Aron Davidsson

Innehåll

Förord.....	1
Innehåll.....	2
1. Sammanfattning.....	3
2. Inledning.....	4
3. Etablerad kunskap om vägars nedbrytning under tung trafik.....	5
4. Identifierat kunskapsbehov.....	9
5. Mättekniker, metoder och modeller.....	11
5.1 Mätningar och uppföljning som Trafikverket utför löpande.....	11
5.2 Ytterligare mätmetoder och tekniker möjliga inom forskningsprojekt.....	14
5.3 Kunskapsläge och behov kring bärighetshöjande åtgärder.....	16
6. Metod för kostnads-/nyttoanalys av 74-tons införande.....	18
6.1 Direkta faktorer.....	19
6.2 Indirekta faktorer.....	20
6.3 Övriga ej ingående faktorer.....	21
7. Övergripande studieupplägg.....	22
7.1 Övergripande försöksplan.....	22
7.2 Tidsplanering.....	23
7.3 Kostnader.....	24
7.4 Utförare.....	24
8. Värdering av möjliga delstudier.....	25
8.1 Korrelationsanalys – Zon 1.....	25
8.2 Instrumenterade fordon – Zon 2.....	27
8.3 Instrumenterad väg – Zon 3.....	28
8.4 samfördelar mellan föreslagna delstudier.....	28
9. Empiriska studieområden.....	29
9.1 Geografiska områden.....	30
9.2 Kriterier för val av studieområde.....	31
9.3 Analys av uppfyllda kriterier.....	32
9.4 Identifiering av zoner inom förstahandsvalet.....	35
10. Referenser.....	37
Bilaga 1 Projektbeskrivning Instrumenterade fordon – Utvärdering pilotimplementering 74 ton.....	39
Bilaga 2 Instrumenterad testväg – Förslag till en testväg för monitorering av vägars nedbrytning.....	43
Bilaga 3 Övergripande studieupplägg.....	55
Bilaga 4 Instrumenterad testväg – Förslag till en testväg för monitorering av vägars nedbrytning.....	69

1. Sammanfattning

Detta är en förstudie med syftet att ta fram ett studieupplägg för att studera införandet av 74 ton på ett pilotvägnät och dess effekter på infrastrukturen. Studien ska identifiera vilka resurser som behövs i form av försöksobjekt, utförare och samarbetspartners. Till att börja med har fem områden identifierats där Trafikverket upplever ett behov av ny kunskap. Områdena är:

1. Strukturella effekter i vägkroppen av trippelaxelgrupper.
2. Tidseffekter av tätare axelöverfarter.
3. Slitage p.g.a. ökade dynamiska krafter p.g.a. vägojämnheter.
4. Effekter av retardation/acceleration, t.ex. i samband med korsningar.
5. Påverkan på vägkanter.
6. ”Broeffekt” på mjuk undergrund.
7. Dimensioneringsmodeller för smarta förstärkningsåtgärder för tung trafik.

För att angripa dessa beskrivs vilka mättekniker, metoder och modeller som finns tillgängliga, både sådana som ingår i Trafikverkets löpande datainsamling, exempelvis vägytemätningar med laser, och sådana som innebär design av nya försök.

Nya studier föreslås enligt följande:

- Mätningar med nedgrävda sensorer i en testväg innebär att responsmätningar görs på olika djup i vägen på en utvald teststräcka. Detta ger goda förutsättningar att ge svar inom Kunskapsområde 1 och 2. Syftet är också att utveckla en ny metod för vägdimensionering som bättre skattar vägars nedbrytningstakt kopplat till tunga laster.
- Mätning med instrumenterade testfordon enligt den så kallade defektografimetoden mäter indirekt vägens respons vid belastning. I upplägget ingår också mätningar av en större fordonsflotta utrustad med enklare responsmätningssystem (accelerometer, GPS, kommunikationsenhet). Metoden har förutsättningar att ge svar inom Kunskapsområde 1, 2, 3 och 6.
- En korrelationsanalys föreslås också, där syftet är att analysera de data som idag samlas in tillsammans med kartor över vatten och jordarter för att följa upp eventuella förändringar och kunna upptäcka samband mellan faktorer.
- Förslaget är att låta dessa studier ingå i ett huvudprojekt samt att tillämpa resultaten från studierna i en kostnads-/nyttoanalys avseende fordonståg med 74-tons bruttovikt.
- Skogforsk har även utrett lämplig lokalisering av studieområde för de olika mätningarna, med utgångspunkt i de av Trafikverket föreslagna områdena för implementering av 74-tonsfordon.
- I första hand föreslås Område 1 – Västerbottens- och Norrbottens län som lämpligt för studier. Inom detta område föreslås Riksväg 373 mellan Abborrträsk och Piteå som lämplig för delstudien Instrumenterad väg. Analys i fält krävs för att bekräfta lämpligheten.

2. Inledning

Trafikverket förbereder för ett införande av 74 ton som maximal tillåten bruttovikt. Tidigare har bl.a. två omfattande utredningar gjorts av myndigheten som svar på regeringsuppdrag (Trafikverket 2014; Trafikverket 2015c).

Trafikverket funderar nu över vilka kunskapsluckor som finns och vilka FoI-insatser som bör göras. En särskild frågeställning rör vilka effekter 74 ton har på vägnätets nedbrytning och på behovet av vägunderhåll. Trafikverket har därför gett Skogforsk i uppdrag att genomföra en förstudie på området. Förstudien presenteras i denna rapport. Utifrån resultatet av förstudien har sedan en projektplan tagits fram (se Bilaga 3 separat bifogad pdf-fil.).

Syftet med förstudien är att ta fram ett studieupplägg för att studera införande av 74 ton på ett pilotvägnät och dess effekter på infrastrukturen. Studien ska identifiera vilka resurser som behövs i form av försöksobjekt, utförare och samarbetspartners.

En kommande huvudstudie ska i sin tur ta fram kunskap om vägnätet och hur dess skick eventuellt förändras vid införandet av 74-tons trafik under olika förutsättningar. Huvudstudien ska skapa förståelse för kostnads-/nyttorelationen kring tyngre fordon och även leda till ökad kunskap om smarta metoder för underhåll och förstärkning av vägar. Den bör också ge beslutsstöd i frågor som rör hur och i vilken omfattning Trafikverket bör upplåta olika vägar för 74-tons trafik med hänsyn till vägnätet.

Arbetet har delades in i fem arbetspaket (AP) enligt följande:

- AP1: Sammanställning av befintlig kunskap och befintliga mätmetoder, etablering av kontaktnät mellan kunskapsorganisationer inom området samt identifiering av kunskapsluckor och kunskapsbehov i samarbete med Trafikverkets experter.
- AP2: Föreslå ett vägnät för pilotimplementering på ett sådant sätt att olika grader av trafikintensitet med 74-tonsfordon kan utvärderas. Detta ska ske med utgångspunkt i det vägnät som Trafikverket avser att, i ett första steg, öppna för 74 tons bruttovikt.
- AP3: Föreslå möjliga mättekniker och metoder för att studera och kvantifiera införandets påverkan på infrastrukturen.
- AP4: Utvärdering av hur föreslagna mättekniker och metoder inom ett eller flera försöksområden kan komplettera dagens rutinmässiga uppföljning av vägstatus.
- AP5: En övergripande beskrivning av hur en kostnads- och nyttoanalys kan göras på pilotområdena, med beskrivning av vilka kostnadsparametrar som tas med.
- AP6: Utifrån resultaten av tidigare arbetspaket föreslå en försöksplan inklusive kostnadskattningar för ingående studier.

Metodbeskrivning för de olika delarna framgår i respektive avsnitt.

3. Etablerad kunskap om vägars nedbrytning under tung trafik

Detta avsnitt bygger på rapporten "Förkortad väglivslängd – Orsaker och kostnader" av Granlund och Lang (2016), vilken i sin tur är baserad på ett stort antal vägtekniska referenser.

Normalt vägslitage från tunga fordon kan sägas omfatta tre typer av slitage/skador:

1. Utmattningssprickor i hjulspåren (påverkas i hög grad även av belägningens ålder).
2. Deformationsspår: Primärspår i slitlager och bundet bärlager, samt Sekundärspår i obundna lager eller i undergrunden.
3. Ojämnhet i längsled, p.g.a. kombination av spår, sprickor eller potthål, åldrande, tjäle, sättningar i svag undergrund, fukthalt och variationer i material- och produktionskvalitet vid vägbyggandet.

Vanligtvis är ojämnheter i längsled betydligt dyrare att åtgärda beständigt, än vad spår djup är.

De tunga fordonens inverkan på de tre typerna av vägsitage tar sig olika form, beroende på faktorer som typen av däck, däckens storlek, hjulbelastning, däckens lufttryck, vägmateriell och lagertjocklek i vägens överbyggnad. År 1855 etablerade den franske elasticitetsteoretikern Jean Claude Barré de Saint-Venant-principen att "... skillnaden mellan effekterna av två olika men statistiskt ekvivalenta laster blir mycket liten vid tillräckligt stora avstånd från belastningen".

Tillämpat på lastbilars belastning av en väg bana, tolkas S:t Venant's princip av vägbyggare som att "Spänningar och töjningar nära vägytan påverkas starkt av kontaktrycket och dess fördelning över kontaktytan mellan däck och vägbeläggning, medan spänningar och töjningar på större djup under vägytan framför allt påverkas av den totala belastningen".

De flesta metoder för dimensionering av asfaltbelagda vägar runt om i världen är inriktade på att förebygga skadetyperna utmattningssprickor respektive sekundärspår i obundna lager eller i undergrunden. Dessa dimensioneringsmetoder fungerar bra för tungt trafikerade vägar, med följaktligen tjocka överbyggnadslager. En konsekvens är att på dessa vägar kan en annan skadeform, primärspår i bundna lager, komma att dominera de skador som med tidens gång framträder. Underdimensionerade vägar kan dessutom självklart även uppvisa mycket utmattningssprickor och sekundärspår, trots att målsättningen var att förebygga just dessa skadetyper. Dessa skador beror då på det faktum att den kläna (oftast lågtrafikerade) vägen inte byggts med lagertjocklek, materialkvalitet och väl utförd dränering enligt beräkningarna.

För att särskilja slitagekostnad mellan olika typer av tunga fordon (olika vikt och axelkonfiguration) används den så kallade fjärdepotensregeln, vilken säger att axellasten X orsakar en nedbrytning av vägen motsvarande $(X/Y)^4$ gånger den nedbrytning som referenslasten Y ger. Fjärdepotensen innebär till exempel att 20 procent ökad axellast ($X = 1,2 \times Y$) medför att nedbrytningen ökar med 107 procent.

Fjärdepotensregeln är baserad på mycket omfattande provvägsförsök som genomfördes av organisationen AASHO i USA i slutet av 1950-talet. Axellasten 8 ton (18 kip) användes som referens, men i Sverige och många andra länder används istället 10 ton som referens. I Sverige kallas därför en tiotons-axel för ”standardaxel” eller ”ekvivalent 10-ton standardaxel” (ESAL₁₀). Lasten på varje axel divideras med referensen 10 ton och höjs sedan upp till 4 (fjärde potensen). Resultatet från denna beräkning summeras sedan över samtliga axlar. Summan utgör fordonets antal standardaxlar, och summan visar hur många tiotonsaxlar det tunga fordonet motsvarar när det gäller nedbrytande effekt på vägkonstruktionen. Standardaxel-begreppet innebär att det anses råda ett linjärt samband mellan antalet standardaxlar och det vägslitage som olika fordon orsakar. Fjärdepotensregeln kan beskrivas genom att studera en tvåaxlad lastbil som väger 16 ton, varpå nyttolasten på flaket ökas med 4 ton. Lasten per axel ökar då från 16 ton på 2 axlar till 20 ton på 2 axlar, d.v.s. axellasten ökar med 25 procent per axel. Emellertid visar fjärdepotensregeln att det tvåaxliga fordonets nedbrytande effekt ökar mycket mer, nämligen från 0,82 ESAL₁₀ till 2,0 ESAL₁₀. Detta innebär en ökning i vägslitage på 144 procent, att jämföra med ökningen i axellast som alltså bara var 25 procent per axel¹.

Vid beräkning av vägslitage enligt fjärdepotensregeln ska axlar i axelgrupper ha axelgruppens tillåtna belastning som referens (typiskt 18 eller 24 ton), i stället för 10 ton. I flera rapporter har även axlar i axelgrupper analyserats separat. Detta kan i princip ses som ett räknefel. Konsekvensen är att beräkningsresultatet överdriver fordonets vägslitage, undantaget på mycket klena byggda vägkonstruktioner (underdimensionerade obbyggda vägar) på sträckor med undergrund av lös jord där fjärdepotensregeln inte är tillämplig. Läs mer om fjärdepotensregelns giltighetsområde nedan.

Det ekvivalenta antalet 10-ton standardaxlar för ett tungt lastbilskeppage, beroende av dess axelkonfigurationer, beräknas enligt *fjärdepotensregeln* enligt Formel X.

¹ Utgångsläge: $2 \times (8/10)^4 = 0,82$ ESAL₁₀. Med 4 ton mer på flaket: $2 \times (10/10)^4 = 2,0$ ESAL₁₀. Ökning i vägslitage: $(2 - 0,82)/0,82 = 144$ procent.

Fjärde-potensregeln för axellasters (och axeltypers) inverkan på vägslitaget:

$$ESAL_{10} = \sum_{n=1}^i \left(\frac{W_i}{10}\right)^4 * k_i$$

Där:

i = Antal axlar eller axelgrupper hos ekipaget.

W_i = Vikt för axel(grupp) nr i , [ton].

k_i = Korrektionsfaktor för axelkonfiguration hos axelgrupp nr i .

$k = 1$ för enkel axel.

$k = (10/18)^4 = 0,0952$ för boggiaxlar.

$k = (10/24)^4 = 0,0302$ för trippelaxlar.

Formeln för fjärdepotensregeln anges ovan i en version som skiljer på om lasten ligger på enkelaxel, på boggiaxelgrupp eller på trippelaxelgrupp.

S:t Venant's princip, innebär att ju fler axlar som är placerade nära varandra (axelgrupper), desto högre kan belastningen bli nere i undergrunden. Men observera att när fordon utrustas med axelgrupper, sjunker tillåten last per axel enligt trafikförordningen. Med trippelaxelgrupp tillåts alltså inte mer än 24 ton, vilket ger max 8 ton/axel. Detta kan alltså jämföras med att på enkla axlar tillåts 10 ton/axel.

Ett intressant tanke-experiment är att se en framtid där 74 tons bruttovikt tillåts, samtidigt som trippelaxlar förbjuds. För ett givet transportbehov skulle ett förbud mot trippelaxlar innebära att antalet tunga fordon på vägarna ökar, medan antalet axlar minskar och medelvikten per axel ökar. Utan möjligheten att använda trippelaxlar skulle alltså vägslitaget för det givna transportarbetet sannolikt öka, även på klena byggda vägar grundlagda på lösjord. Vägar med låg bärförmåga ska dessutom inte vara klassade för höga laster, utan ska tillhöra bärighetsklass BK2 (max 22 ton på trippelaxlar) eller t.o.m. BK3 (max 13 ton på trippelaxlar). I både Australien och i Nya Zeeland har de flesta belagda vägar bara ett mycket tunt bundet lager (många av dem är bara ytbehandlade), i likhet med många svenska lågtrafikerade vägar. Ändå går utvecklingen i dessa länder sedan flera år tydligt mot ökad användning av både trippelaxelgrupper och t.o.m. "quad axle groups", alltså fyra axlar i axelgrupp.

Formeln för fjärdepotensregeln förekommer även i en mer avancerad version som inkluderar korrektioner för hur "väg-vänligt" det aktuella fjädringssystemet är (hård bladfjädring eller skonsammare luftfjädring), samt för hur däckkonfigurationen påverkar kontaktrycket (däckets lufttryck samt typen av däck; enkelmonterade däck, parmonterade däck eller enkelmonterade breddäck). Granlund & Lang (2016) använde den mer avancerade versionen av formeln för att jämföra vägnedbrytande effekt från elva tunga fordonskombinationer. De tyngsta ekipage som studien inkluderade, var två olika 74 tons ekipage.

Resultaten visade att lägst vägslitage per ton × kilometer transportarbete fås med just 74-tonsekipage, byggda med trippelaxelgrupper.

Enligt Trafikverket har det genomsnittligt tunga ekipaget i Sverige 1,3 ESAL₁₀, d.v.s. ekipaget anses orsaka vägnedbrytning och slitagekostnad motsvarande 1,3 stycken 10-tons standardaxlar. Denna siffra etablerades efter omfattande utredning år 1989. Det verkliga värdet kan ha ändrats signifikant, exempelvis om andelen tunga fordon med släp har ökat sedan 1989.

Potensen 4 bestämdes i provvägsförsök med bara en knapp miljon axelpassager från stöttigt fjädrade lastbilar på företrädesvis klen byggda vägar i USA i slutet av 1950-talet. Endast en handfull av AASHO-provytorna kan sägas motsvara svensk bärighetsklass BK1 och i dessa fall endast för relativt låga trafikvolymmer. Senare studier har pekat på potenser i intervallet 2–8, beroende på vägkonstruktion, typ av lastbilsfjädring m.m. Det europeiska samarbetsprojektet COST334, särskiljer potenstal för olika skadetyper för permanent deformation i bitumenbundna lager, anges potensen vara i intervallet 1–2. Vid kalibrering av fjärdepotensregeln mot nordiska förhållanden (trafik, klimat, undergrund) i det s.k. STINA-projektet på 1970-talet, konstaterades att potensen typiskt ligger i intervallet 3–5. I STINA-projektet konstaterades att för vägar med klen överbyggnad, grundlagda på lera och liknande lösjord, saknas potenssambandet helt. En enda överfart med alltför tung axellast kan orsaka momentant brott i undergrunden.

Fjärdepotensregeln är en schablon för att jämföra tunga fordon med andra tunga fordon. Ibland har den använts för att jämföra personbil och tunga fordon. Detta är dock att extrapolera resultat långt utanför det område där formeln är relevant. Exempelvis beaktar fjärdepotensregeln inte nötningsslitage från dubbade personbilsdäck, vilket är den dominerande orsaken till att Trafikverket utför asfaltunderhåll på det svenska motorvägsnätet.

4. Identifierat kunskapsbehov

Trafikverket har gjort ett omfattande kunskapssammanställning som sammanfattas i underlagsrapporten *Konsekvenser av 74 ton på vägöverbyggnader, geokonstruktioner och vägutrustning* (Karlsson, 2015). Arbetet innefattar en inventering av vilka risker för vägnätet man ser vid en övergång till 74 ton.

Sammanfattningsvis nämns riskerna:

- Ökade laster långt ner i geotekniska konstruktioner som en följd av fler trippelaxlar.
- Fler axlar per tungt fordon, vilket påverkar nedbrytning kopplat till tidsberoende materialegenskaper, tex viskoelasticitet i asfalt och inverkan av vatten i fin- och mellankorniga jordar.
- Ökade dynamiska krafter och ökad påverkan i vägkonstruktionerna p.g.a. ojämnheter på vägytan.

Trafikverket ser också att ökad bruttovikt per ekipage innebär färre antal axlar totalt på vägnätet, vilket reducerar nedbrytningen av vägar. Trafikverket ställer därför frågan: är de negativa effekterna så pass stora, att de överväger de positiva effekterna? Av rapporten framgår att det i huvudsak är effekter på de låg- och medeltrafikerade belagda vägarna som anses kunna ligga i riskzonen.

För att komplettera bilden av kunskapsläget har intervjuer gjorts med Robert Karlsson, Johan Ullberg samt Kenneth Natanaelsson från Trafikverket. Dessa bekräftar slutsatserna från underlagsrapporten, samt lyfter dessutom fram följande områden:

- Retardation/acceleration i samband med korsningar och skarpa kurvor. Skjuvkrafter kan ge skador på beläggningsslagen, särskilt varma dagar, och man ser en risk i att tyngre fordon innebär mer energi ner i vägen. Vid korsningar har det också en tendens att bli skador i högerkant av vägen där man har ökad belastning och ofta klent med sidostöd från vägren. Tidigare utförd breddning och övergång mellan olika material kan ge minskad bärighet.
- Påverkan på vägkanterna på sämre byggda vägar, i synnerhet för smala vägar.
- Risker för vägar med mycket mjuk undergrund, då beläggningen i princip beter sig som en bro som tyngs ner av hela fordonet.
- Hur olika däckskonfigurationer, exempelvis singel eller parmontage, påverkar vägen togs upp av Trafikverket, men där pågår för närvarande studier och frågan lämnas därför utanför detta projekt.
- Dimensionering av vägar och anpassning av förstärkningsåtgärder för tung trafik. Det finns behov av att strukturera befintlig kunskap, men även vissa kunskapsluckor kring vilken bärighetshöjande effekt olika förstärkningsmetoder som t.ex. armering faktiskt ger. Validerade beräkningsmodeller saknas.

Kunskapsområdena sammanfattas och numreras enligt följande:

1. Strukturella effekter i väggroppen av trippelaxelgrupper.
2. Tidseffekter av tätare axelöverfarter.
3. Slitage p.g.a. ökade dynamiska krafter p.g.a. vägojämnheter.
4. Effekter av retardation/acceleration, t.ex. i samband med korsningar.
5. Påverkan på vägkanter.
6. ”Broeffekt” på mjuk undergrund.
7. Dimensioneringsmodeller för smarta förstärkningsåtgärder för tung trafik.

Samtliga punkter gäller i första hand för klen byggda vägar. Det talas ibland om obbyggda vägar, d.v.s. vägar som tillkommit långt tillbaka i tiden och som gradvis upprustats efter behov. År 1974 kom nya dimensioneringsprinciper (K. Natanaelsson, pers. medd., 2017). Svaga vägar har efter hand åtgärdats för att klara dagens laster. En farhåga är dock att man vid ytterligare höjningar av bruttovikter ska stöta på problem med vägar som är relativt klen byggda men som hittills har klarat dagens trafik.

Kunskapsområde 1 till 6 handlar alltså om risker som man med dagens tillämpbara beräkningsmetoder inte har möjlighet att kvantifiera. De grundar sig bl.a. på effekter som man i dag kan se av tung trafik, samt i några fall på studier utförda under andra förutsättningar än de svenska. Därför finns behov av strukturerad utvärdering av effekterna och validering på svenska vägar av teoretiskt framtagna beräkningsmodeller.

Viss utvärdering kan ske genom de metoder som Trafikverket redan använder för monitorering av sina vägar, medan andra frågeställningar kräver mer långtgående försök.

5. Mättekniker, metoder och modeller

5.1 MÄTNINGAR OCH UPPFÖLJNING SOM TRAFIKVERKET UTFÖR LÖPANDE

Vägytemätningar

Trafikverket genomför löpande vägytemätningar med så kallade lasermätbilar. Hela vägnätet mäts i ena riktningen i ett körfält, minst vartannat år. De större europavägarna mäts varje år. Hur mätningarna utförs, finns detaljerat beskrivet i dokumentet TDOK 2014:0003 (Trafikverket, 2015b). Vägytemätningar ger en god bild av tillståndet för vägnätet. De kan dock inte detektera strukturell nedbrytning innan den visar sig på vägytan.

En mängd vägparametrar mäts. För de flesta parametrar redovisas medelvärde över 20 meter och med rapportintervall just 20 meter. De mest använda vägparametrarna är:

- Vägytans ojämnheter i längsled, mätt som International Roughness Index (IRI). IRI anger vertikal fjädringsrörelse över ett hjul i en kvartsfordonsmodell med standardiserad fjäderstyvhet och dämpning m.m., som ”kors” i 80 kilometer per timme, oavsett vägens skyltade hastighetsgräns på vägens längdprofil. Vägens ojämnhetsprofil laserskannas i höger respektive vänster hjulspår, samt i ett yttre ”lastbilshjulspår” närmare väggkanten. För vardera av dessa tre längdprofiler beräknas IRI-värden.
- Körfältets tvärsektion mäts utifrån minst 17 punkter över 3,2 meters bredd.
- Körfältets ojämnheter i tvärlängd, redovisat som spårdjup, beräknas från tvärsektionen.
- Även körfältets tvärfall beräknas från tvärsektionen. Tvärfallet beskriver vägytans lutning i förhållande till horisonten. Tvärfall kan mätas på olika delar av tvärsektionen, t.ex. det tvärfall mellan hjulspårens spårbottnar som de flesta fordon påverkas av, eller hela körfältets ”medeltvärfall” som kan användas för att beräkna behov av asfaltjusteringsmassa.
 - Backighet (eller vertikal kurvatur).
 - (Horisontal) kurvatur.
 - Megatextur (vägskador) med 50–500 millimeters våglängd, så som potthål och tendens till ”tvättbräda”.
 - Makrotextur (ytskrovlighet) med 0–5 millimeter och med 50 millimeters våglängd.

Därutöver tas en digital stillbild av vägen var 20:e meter. Rullad längd mäts varje tiondels millimeter. Denna upplösning krävs för att ge en korrekt bestämning av vägytans makrotextur. Position med koordinaterna x, y, z redovisas var 20:e meter.

Trafikmätningar

För att beräkna trafikarbetet på vägarna används generellt slingsensorer eller slangsensorer. Dessa ger möjlighet att dela in trafiken i fordonsgrupper, exempelvis personbilar, lastbilar, lastbilar med släp o.s.v.

Slangsensorer är mobila och kan placeras ut tillfälligt, men har en livslängd på endast ett par veckor. Sensorerna räknar axelöverfarter och avstånd mellan axlar och kan på så vis särskilja upp till 15 olika fordonsklasser. De mäter även fordonens hastighet.

Slingsensorerna mäter i stället fordonslängd och hur mycket metall som passerar instrumentet. Beroende på utrustningens noggrannhet kan olika antal fordonsklasser urskiljas (generellt något färre jämfört med slangsensormätningarna). Även hastighet mäts. Då slingorna fräses ner i asfalten är de inte mobila. Däremot kan den kopplade mätutrustningen eventuellt förflyttas mellan olika slingor. Ett 80-tal mätplatser för slingmätning finns fördelade över hela riket. Dessa används bl.a. för att mäta förändringar av trafikarbetet.

På senare år har även radarsensorer kommit att användas för trafikmätning. Dessa mäter både fordonslängd- och hastighet samt loggar tidpunkt. Radarsensorn monteras antingen i diskreta små skåp eller helt maskerat, inuti en kantstolpe.

Mätningar av axellaster och trafik

För mätningar av axellaster på vägnätet används så kallade BWIM-mätningar (Bridge Weigh In Motion). Systemet kan ge detaljerad kunskap om fordonens bruttovikter, axellaster, hastigheter och axelavstånd mätt i normal trafikrytm. En utförlig beskrivning av mätningarna och tekniken finns att läsa i Trafikverkets dokument *BWIM mätningar 2004 – 2005 – Projekttrapport* samt i de fyra årliga rapporterna *BWIM-mätningar 2006 Sammanfattning* (finns även för 2007, 2008 och 2009).

Systemet bygger på att töjningsgivare monteras på undersidan av en broplatta (upp till 16 stycken beroende på bredd). De töjningar som uppstår då ett fordon passerar bron registreras av dessa. Givarna kompletteras också med axeldetektorer, två per riktning. Signalerna från sensorerna registreras av en mät dator som hanterar och lagrar dem. Systemet kalibreras först genom att ett fordon med kända värden passerar bron.

Mätningarna utförs i dag löpande på 16 platser i Sverige. Varje mätning pågår normalt under en sjudagarsperiod och utförs årligen på dessa platser. Längre mätperioder kräver normalt omkalibrering av utrustningen. Tjänsten köps i dag in av Trafikia som också äger utrustningen. Utöver de återkommande mätningarna på de 16 fasta platserna, görs ofta några regionala mätningar varje år. (T. Winnerholt, pers. medd. 2016-12-12).

Utrustningen för BWIM-mätningar är mobil. Trafikverket listar kriterier för en bra mätplats enligt följande:

- Bron skall vara av plattramstyp.
- Bron skall vara i tekniskt gott skick, inga större sprickor.
- Bron skall inte vara för kort i förhållande till sin bredd, brolängd teoretiskt acceptabel mellan 2–15 meter.
- Bron får inte vara vinklad mer än 20° mot fundamentet.
- Fritt flytande trafik, d.v.s. inga trafikljus eller korsningar nära broläget.
- Vägytan skall vara jämn före och efter bron.
- Tillgång till el vid bron. Detta krav kan släppas om fyra batterier används.
- Tillgång till brons undersida någorlunda enkel med avseende på vegetation, höjd, vatten etc.
- Sträckan kalibreringsfordonet måste färdas innan det kan vända får inte vara för lång.

(BWIM-mätningar 2004 – 2005 – Projektrapport)

Med tidsserier av flera vägytemätningar är det möjligt, att få information om hur vägen förändras över tid. Detta kräver dock mätningar under flera år och för att kunna koppla orsakssamband, krävs att ytterligare faktorer om vägen och trafiken är kända.

Mätningar av klimat

Trafikverket har väderstationer utplacerade på 775 platser i Sverige. Dessa mäter vägytans temperatur, lufttemperatur, luftfuktighet, nederbördens typ och mängd samt vindens hastighet och riktning. De flesta är också utrustade med väglagskamera. Informationen presenteras på Trafikverkets hemsida i systemet VVIS (Väg Väder Informations System). Där finns samtliga väderstationer och väglagskameror angivna.

PMSV3 samlar informationen

Samtliga mätningar av tillstånd, trafik och klimat längs de statliga belagda vägarna lagras i systemet PMSV3, som finns tillgängligt offentligt via Trafikverkets hemsida och beskrivs i dokumentet *Användarmanual PMSV3- Information om belagda vägar* (Trafikverket, 2015a). I systemet finns också uppgifter om typ av beläggning och åtgärdshistorik för varje vägavsnitt samt data över vägegenskaper, exempelvis ÅDT. Egenskaperna hämtas från NVDB. Ett tillägg till PMSV3 är möjligheten att analysera vägar utifrån den beräknade företeelsen *avvattningsbrist*. Detta bygger på en modell för att finna vägavsnitt med bristande dränering som tagits fram med hjälp av bl.a. höjdkartor kring vägarna.

5.2 YTTERLIGARE MÄTMETODER OCH TEKNIKER MÖJLIGA INOM FORSKNINGSPROJEKT

Instrumenterade fordon – Deflektions- och responsmätningar

Deflektionsmätning kan göras med olika metoder. Traditionellt har fallviktsmätningar använts. Fallviktsdeflektometern (FWD) är en automatiserad stationär stötlastmetod som nyttjas för att mäta nedböjningen i vägytan, som sedan kan användas vid beräkning av vägens bärighet. Metoden ger en hög noggrannhet, men är kostsam eftersom varje mätning tar lång tid.

En metod för kontinuerliga responsmätningar i normal trafikhastighet är TSD metoden (Traffic Speed Deflectometer), som mäter med instrumenterade tunga fordon (Flintch m.fl., 2013). Systemet mäter svikten i vägen, d.v.s. ett av flera mått på bärighet. Metoden är relativt kostsam p.g.a. dyr utrustning och hög etableringskostnad. Ingen maskin finns i dagsläget i Sverige. Men när en utrustning väl är etablerad kan den effektivt samla in data över långa vägsträckor.

En metod för att indirekt mäta vägens deformation är defektografmetoden (Granlund med m.fl., 2005). Principen för metoden är att samtidigt göra vägytemätning med en laser och en responsmätning med en accelerometer och sedan jämföra resultatet. Genom att jämföra den olastade och lastade mätningen kan man säga något om vägens deformation. Metoden ger således resultat av tre värden samtidigt: vägytemätning, responsmätning och relativ deformation. Accelerometrar kan med fördel placeras på flera lägen längs fordonsekipaget. Detta eftersom den ”globala” nedsjunktionsbassängen ackumuleras av varje axelgrupp så kommer dess maximum under sista axeln. Metoden beskrivs vidare i Bilaga 1. Det är även enkelt att mäta kropps vibrationer i hytten i samband med dessa mätningar, vilket kan vara relevant med tanke på de regelverk som finns kring dessa. Det är variationer i svikt som mäts med denna teknik, vilket kan sägas motsvara brister i bärigheten. Resultatet bör sammankopplas med information om vägens uppbyggnad, vilket lämpligen samlas in med hjälp av georadar. Metoden ger möjlighet att jämföra vägens deformation för ett 64-tons ekipage och ett 74-tons ekipage över ett relativt stort studieområde och till en relativt låg kostnad.

Georadar

Genom georadar är det möjligt att mäta väggroppens olika lager och därigenom få en god bild av uppbyggnaden. Tjocklek på slitlager, underliggande lager och material i dessa kan mätas. I kombination med relationshandlingar kan mätningar med georadar ge en mycket god bild av väggroppen.

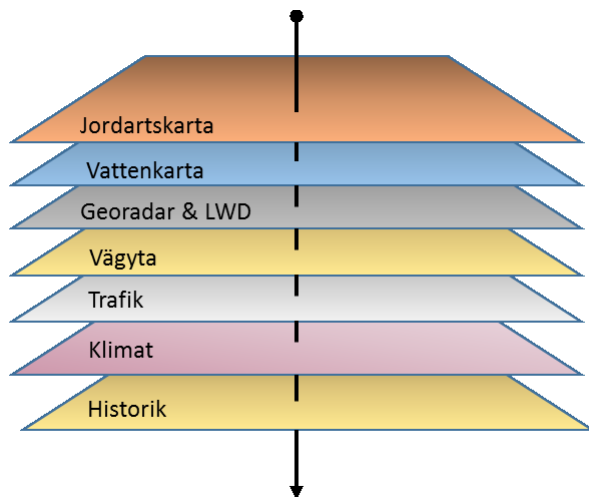
Tekniskt innebär systemet att en georadarantennen sänder ut en kort elektromagnetisk våg med radiofrekvens in i mediet. När vågen når ett elektriskt gränssnitt reflekteras en del av energin tillbaka medan den resterande delen fortsätter sin bana förbi gränssnittet. Radarsystemet mäter då den tid som förflutit mellan vågens utsändande och dess reflektion. Detta upprepas med korta tidsintervall medan antennen är i rörelse och utsignalen (scannern) visas i en följd för att ge en kontinuerlig profil av de elektriska gränssnitten i mediet (Matintupa & Herronen, 2016).

Korrelationsanalys

För att kunna särskilja påverkan av 74-tonns fordon från andra faktorer som påverkar vägslitaget är det nödvändigt att kunna bestämma så många som möjligt av dessa faktorer. Det är också viktigt att kunna göra jämförande försök under så likvärdiga förhållanden som möjligt. Genom att samla data om klimat, trafik, vägens och undergrundens förutsättningar samt förändringar i vägen är det teoretiskt möjligt att urskilja påverkan från en viss trafiktyp eller hur kombinationen av vissa förutsättningar påverkar vägslitaget. Men detta ställer stora krav på data och kan i praktiken bli ogörligt.

Trafikverket har tidigare försökt korrelera jordtyper via jordartskartor mot uppmätta vägskador (L. Moriz, pers. medd., 2016). Man har då inte kunnat se något samband, vilket antas bero på att problemvägar under årens lopp har åtgärdats. En farhåga som lyfts är dock att åtgärderna som gjorts varit anpassade upp till de bruttoviktsnivåer som varit gällande (60 ton fram till juni 2015) och att en höjning till 74 ton nu ska uppdaga problem på sämre vägar, byggda på vissa typer av jordarter. Därför finns ett incitament att fortsätta undersöka sambandet mellan jordarter (och även andra faktorer) och uppkomna vägskador inom områden där 74-tonns fordon tillåts. Metoden skulle även kunna kombineras med responsmätningar med accelerometer på en fordonsflotta för att kartlägga problem inom ett område. (Figur 1).

Det är också möjligt att välja ut studievägar där riskfaktorer föreligger och närmare analysera dessa med hjälp av georadar, fallviktsmätningar, trafikmätningar, klimatdata och relationshandlingar. Målet är att se om man kan beskriva vägskadorna via korrelation av data från dessa källor. Koordinat och tidpunkt utgör sammanlänkande parametrar.



Figur 1.
Principbild för korrelationsanalys av data.

Instrumenterad väg

För att svara på Trafikverkets frågeställningar 1) Strukturella effekter i vägkroppen av trippelaxelgrupper och 2) Tidseffekter av tätare axelöverfarter, krävs mätningar av krafter i vägkroppen på olika djup. Kunskap om dessa frågor skulle också bidra till kunskap inom övriga områden som Trafikverket lyft fram som osäkerhetsfaktorer.

För att mäta samspelet mellan de tunga lasterna, omgivningsklimatet, vägens respons och tillståndsändring (nedbrytning) krävs en instrumenterad vägsträcka. Avsikten är att utveckla en ny metod för vägdimensionering och skatta vägars nedbrytningstakt. Med den nya metoden ska man kunna optimera vägens konstruktion utifrån det lokala klimatet och förväntade lasterna.

Den nya dimensioneringsmetoden väntas kunna skatta:

- Effekten av olika axellaster d.v.s. lastbilar med olika axelkonfigurationer (däcktryck, singel vs. par monterade hjul) på nedbrytningsförloppet.
- Effekten av olika klimat (årstidsvariationer i klimat och möjligen klimatförändringar) på nedbrytningsförloppet.
- Effekter på vägars nedbrytning av olika underhållsstrategier på ett bättre sätt än tidigare.

Det är viktigt att försöket läggs upp så att den/de vägsträcka/or som studeras motsvarar de förhållanden som man på Trafikverket ser som riskfaktorer, d.v.s. siltiga jordarter i undergrunden och relativt tunn beläggning. Valda testvägar bör också ha tillräcklig mängd tung trafik då syftet är att göra mätningar i ett verkligt trafikflöde. Även responsmätningar och fallviktsmätningar kommer att krävas för försöket. Det måste också vara möjligt att göra trafikmätningar (B-WIM) i anslutning.

En försöksplan för instrumenterade testvägar bifogas i (Bilaga 2).

5.3 KUNSKAPSLÄGE OCH BEHOV KRING BÄRIGHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER

Dagens kunskapsläge

Under genomförda intervjuer har det kommit fram att mycket av kompetensen kring förstärkningsåtgärder bygger på erfaren personal hos Trafikverket men det finns också en handbok i Förstärkningsåtgärder (Trafikverket, 2012). För att göra beräkningar av förstärkningsåtgärder, t.ex. dimensioneringsberäkningar, finns verktyget PMS Objekt (trafikverket.se 2016). I Trafikverkets dokument TRVK Väg (Trafikverket, 2011b) anges de tekniska kraven vid dimensionering och konstruktiv utformning av vägöverbyggnad och avvattningssystem. Utöver TRVK Väg finns TRVR Väg där tekniska råd anges för dimensionering och utformning av vägöverbyggnad och avvattningssystem.

Handboken Förstärkningsåtgärder behandlar förstärkningsprojektering med bärighetsförbättring. Detta inkluderar också breddning av befintlig väg, t.ex. vid uppsättning av mitträcke och breddning med tillhörande flytt av befintliga körfält. I sådana projekt arbetar man oftast med åtgärder i befintlig vägsträckning och med en befintlig vägkonstruktion. Handboken är även tänkt att vara ett stöd vid denna typ av projektering. Boken ger tips kring inventering, utveckling av projektmål, formell handläggning och upphandling.

I TRVK "Alternativa material" (Trafikverket, 2011a) beskrivs möjligheten att använda masugnsslagg, krossad betong och asfaltsgranulat. Där beskrivs också olika varianter av armering för både obundna lager och beläggningslager.

Geonät kan användas för att förbättra styvheten i underkanten av obundna bärlager, eller ibland i underkant av förstärkningslagret. Även stålarmring kan användas för att förstärka obundna lager och minimera tjälsprickor. Stålarmring kan också användas i beläggningslager för att minska dragtöjningarna och på så sätt utöka beläggningsens livslängd.

Glasfiber eller kolfiber är styva produkter som används för att minska dragtöjningarna i beläggningsen och därigenom öka beläggningsens livslängd. Skillnaden mellan glasfiber och kolfiber är att kolfibern har högre dragstyrka. Syftet med dessa armeringar är att höja bärigheten samt minska tjälsprickor och spårbildning.

Det är väl känt att olika typer av armering kan ha god effekt på vägars livslängd, men det saknas modeller och metoder för att beräkna dessa effekter. Därför är det idag inte möjligt att tillgodoräkna sig effekten av armering vid beräkningar av bärighet för en väg. I handboken rekommenderas att låta leverantören av förstärkningen bevisa funktionen genom tester.

Behov kring utökat kunskapsläge

I dag finns behov att ta fram beräkningsmodeller för hur armering och alternativa material påverkar effekten på bärigheten. Detta för att kostnadseffektivt kunna besluta om rätt förstärkningsåtgärd för varje enskilt förstärkningsprojekt. Genom att ta fram standardiserade och objektivt framtagna beskrivningar för hur effekter av nya produkter kan mätas samt implementera dessa i rådande handledningar drivs utvecklingen mot effektivare metoder som möjliggör effektivare transporter till lägsta möjliga insats. Detta kan tänkas utgöra frågeställningen i ett eget forskningsprojekt.

Det finns även ett behov av att komplettera dagens handledningar, dokumentation och verktyg med redan befintlig kunskap kring förstärkningsåtgärder. Under intervjuerna har bland annat följande behov av kompletteringar identifierats:

- I PMS Objekt behövs komplettering för att kunna hantera dimensionering av tunna beläggningsslager på lågtrafikerade vägar.
- Förstärkningshandboken har hänvisningar till ett antal publiceringar, men dessa borde sammanställas i handboken. Den borde också inkludera riktlinjer för hur man beräknar effekterna av alternativa material.
- Vad gällande armeringar och alternativa material ses det som viktigt att sammanställa kunskap från tidigare tester exempelvis ”Sprickfri och bärig väg med stålarmring” (Trafikverket, 2004).

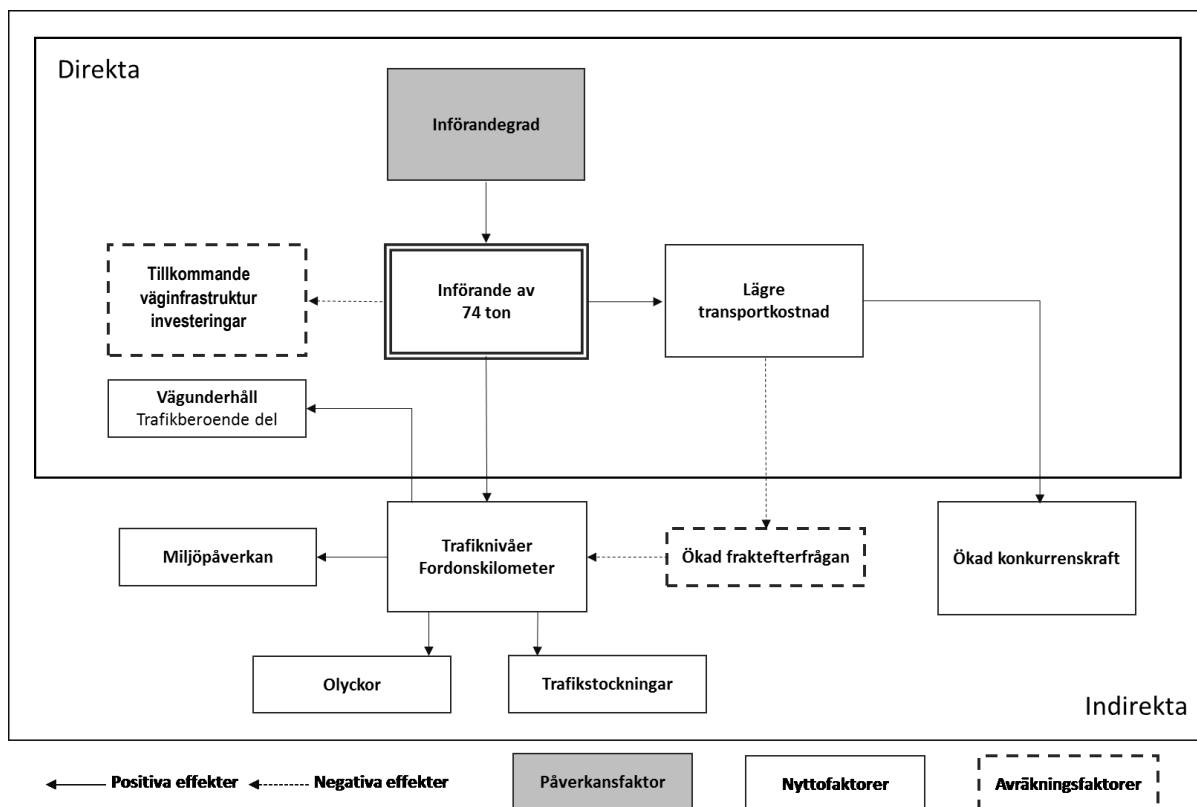
Men för att komma längre behövs komplettering med tester på vissa områden, där man kombinerar olika material och har möjlighet att skapa mätmetoder och beräkningsmodeller som kan användas för att komplettera Trafikverkets TRVK och PMS Objekt. Förslagsvis kan praktiska tester utföras i samband andra försök på en instrumenterad teststräcka där drag och tryck i vägen mäts.

6. Metod för kostnads-/nyttoanalys av 74-tons införande

I arbetet med förstudien har en övergripande beskrivning av hur en kostnads- och nyttoanalys kan göras tagits fram. Analysen skall beskriva vilka kostnadsfaktorer som tas med, exempelvis underhåll, investering och reparationer i relation till de nyttor som bruttoviktshöjningen möjliggör. Fokus för analysen, har enligt uppdraget varit nyttorna för skogsbruket, men om andra i området viktiga industrier som drar nytta av bruttoviktshöjningen kan identifieras kan även dessa inkluderas.

Effekter av införande av HCT-fordon har tidigare undersökts bl.a. av Trafikverket i rapporten ”Tyngre fordon på det allmänna vägnätet” (Trafikverket, 2014) och i regeringsuppdraget ”Fördjupade analyser av att tillåta tyngre fordon på det allmänna vägnätet” (Trafikverket, 2015c) samt av Lunds universitet i sin studie ”Systemanalys av införande av HCT på väg i Sverige” (Lunds universitet, 2016).

I dessa uppdrag behandlas olika faktorer som kan påverka kostnader och nyttor. Vi har utgått från dessa och anpassat vår modell. Modellen bygger på McKinnons, (2012) modell (Figur 2) som anpassats utifrån de faktorer som påverkar kostnad- och nyttoanalysen i de empiriska försöksområdena.



Figur 2. Schematisk bild över modellen med de nyttofaktorer och avräkningsfaktorer som uppstår vid ett införande av 74 ton.

Modellen består av en inre och en yttre ram. Den inre ramen består av faktorer som direkt påverkas av ett införande av 74 ton och relativt enkelt går att kvantifiera i kronor och ören. Den yttre ramen består av indirekta faktorer som påverkas vid ett införande men som med fördel kvantifieras i andra mått än kronor och ören.

6.1 DIREKTA FAKTORER

Införandegrad

Styr både de nyttor och kostnader som uppstår vid ett införande av 74 ton. Införandegraden beror på hur stor andel vägnät som upplåts inom ett försöksområde men även hur stor nyttjandegraden av fordon blir. Faktorn kvantifieras i procent.

Lägre transportkostnad

Användning av 74-tonsbilar innebär att man kan transportera mer per lastbil. Bränsleförbrukningen minskar med i genomsnitt fem till tio procent per transporterat ton. Det innebär att logistikkostnaderna för transportererna minskar nästan lika mycket. Kostnadsminskningen består dock inte enbart minskade bränslekostnader, utan att hela transportsystemet blir mer effektivt med tyngre fordon. Samma mängd gods kan lastas på färre lastbilar och då blir det också effektivare transporter till terminaler för överlastning till sjöfart och järnväg. Faktorn kvantifieras i kronor som sänkt transportkostnad per år för de transporter som utförs inom försöksområdet.

Tillkommande väginfrastrukturinvesteringar

En stor del av vägnätet kommer att klara belastningen för de tyngre transporterna. Främst gäller detta de större och mer högtrafikerade vägarna som oftast har robustare konstruktioner. I infrastrukturen är det i första hand broarna som utgör en begränsning för att tillåta högre axel- och bruttovikter (Trafikverket, 2014). Många av dagens broar är inte dimensionerade för HCT-fordon, särskilt inte om flera HCT-fordon skulle använda bron samtidigt. Förutom åtgärdande av svaga broar kommer tillkommande investeringar främst bestå av vägskyltning och ett eventuellt system för att övervaka 74-tonsfordonen. Faktorn kvantifieras i kronor som summan av de årliga avskrivningarna av väginfrastrukturinvesteringarna.

Kostnad för vägunderhåll

Enligt dagens metoder för beräkning av påverkan från tyngre axellaster minskar påverkan till följd av 74-tonsinförandet p.g.a. att antalet standardaxlar på vägarna minskar. En kommande huvudstudie kan komma att bekräfta eller förkasta denna tes då fler faktorer blir kända.

6.2 INDIREKTA FAKTORER

Miljöpåverkan

Det finns flera studier som visar att även om utsläppen per fordonskilometer ökar med HCT-fordon jämfört med vanliga fordon minskar utsläppen per tonkilometer, och därmed skulle HCT kunna bidra till att minska både utsläppen av luftföroreningar och koldioxid. Bränsleförbrukningen per kilometer ökar i genomsnitt med 0,4 liter för ett fordon med 74 tons bruttovikt jämfört med 64 ton (Skogforsk, 2016). Med en möjlig ökad nyttolast på cirka 5,5 ton, ger en överslagsberäkning en möjlig minskad bränsleförbrukning på ca 6,5 procent per transporterat ton. Faktorn kvantifieras i ton besparad koldioxid för det inom området utförda transporterna med 74-tonsfordon.

Olyckor

Forskningen kring 74-tonsfordon och dess trafiksäkerhet är begränsad (Lunds universitet, 2014). Den forskning som dock finns visar på högre säkerhet per fordonskilometer med HCT-fordon än konventionella, förutsatt att fordonen kör på avsett vägnät och i fordonskombinationer som är godkända. Framför allt bestäms olycksrisken med tunga fordon av förekomsten av dessa. Tyngre fordon leder till färre fordon och exponeringen minskar därmed. Krockvåldet ökar visserligen med ökad vikt, men sambandet planar ut när viktskillnaden mellan krockande fordon överskrider 1:10. I praktiken innebär det att en personbil (cirka 1,5 ton) utsätts för jämförbart krockvåld, oavsett om den krockar med en 16 tons lastbil eller ett 74 tons HCT-ekipage (Trafikverket, 2014).

Trafikstockningar

Färre lastbilar på vägarna medför att tidsfördröjning för personbilar kan minska något, vilket har en positiv effekt i och med kortare restider. Denna faktor kan kvantifieras genom att beräkna minskad kötid, antal fordon som berörs och värdet för varje persons kötid.

Ökad konkurrenskraft

Ett införande av HCT bidrar till ökad effektivitet för godstransporter på väg och sänker dess transportkostnader, vilket bidrar till en ökad konkurrenskraft för näringslivet (Lunds universitet, 2016). Nyttan beror dock på hur stor andel av vägnätet som blir tillgängligt. De fem försöksområden som pekats ut i dagsläget finns i olika regioner i Sverige och har alla olika förutsättningar för att bidra till ökad konkurrenskraft. Detta beror bland annat på omfattningen av vägnätet och dess möjlighet att låta flöden gå från skogens avlägg till industri.

Ökad fraktefterfrågan

I ”Systemanalys av införande av HCT på väg i Sverige” anges att tyngre fordon kan leda till högre fraktefterfrågan. För skogliga transporter förefaller detta inte troligt, då efterfrågan och råvaruutbudet för skogen kommer vara konstant. Den enda effekt som uppstår är att färre lastbilar behövs, för att transportera samma mängd virke.

6.3 ÖVRIGA EJ INGÅENDE FAKTORER

Överflyttningseffekter

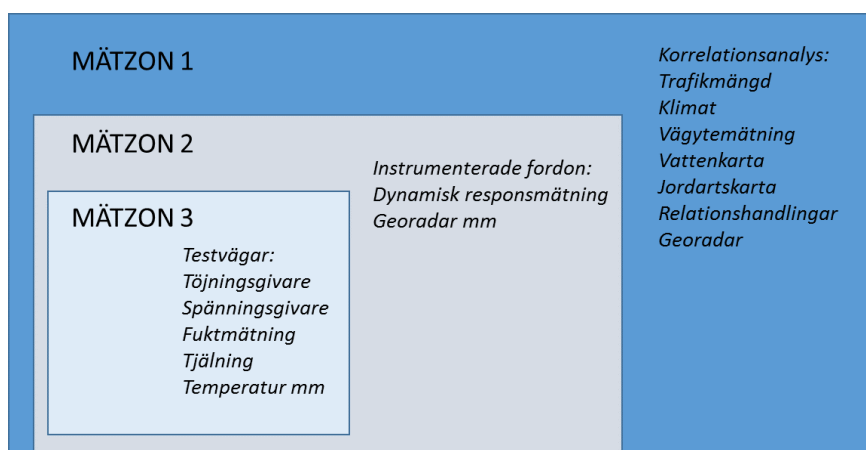
Då kostnaderna för vägtransporter minskar förändras den relativa transportkostnaden på väg gentemot järnväg och sjöfart. Denna förändring, speciellt på lång sikt, förväntas leda till att gods flyttas över från järnväg och sjöfart till väg (de Jong med m.fl., 2010). Överflyttningseffekterna varierar i olika studier beroende på geografi, järnvägsnätets utbyggnad, typ av varugrupper, tidsperspektiv och förändrad transporteffektivitet, d.v.s. vikt/volymförändringen. (Lunds universitet, 2016).

I de aktuella studieområdena förväntas inga överflyttningseffekter. Det föreslagna vägnätet konkurrerar inte med befintlig infrastruktur för järnväg och når inte några av de för skogsbrukets viktiga järnvägsterminaler. Detta kan dock i sin tur leda till att så kallade positiva överflyttningar till järnväg förhindras med nuvarande förslag.

7. Övergripande studieupplägg

För att mäta förändringar i vägarna vid införande av 74-tonsfordon, med fokus på de risker som Trafikverket ser, finns ett flertal möjliga metoder. Vissa metoder ger mycket detaljerad information om en eller ett fåtal utvalda teststräckor, medan andra ger en lägre detaljeringsgrad över ett större studieområde. Urvalet av geografiska studieområden beskrivs i Kapitel 8. I denna beskrivning av mätzoner är utgångspunkten att ett eller flera större studieområden utgör ramarna för mätningar och att en delmängd av vägarna i området väljs ut för studier på högre detaljeringsnivå.

För att få största möjliga nytta av de olika mätmetoder som används bör data från mätningarna kopplas ihop geografiskt för att kunna se om korrelation förekommer mellan olika mätresultat. Mätningar med hög detaljeringsgrad och litet geografiskt område bör därför ske inom de mätzoner som har större geografisk utbredning. Figur 3 beskriver den föreslagna indelningen översiktligt.



Figur 3.
Princip för indelningar i zoner.

7.1 ÖVERGRIPANDE FÖRSÖKSPLAN

Det övergripande försöksupplägget är helt avhängigt vilken tillgänglig budget som kan anslås. Det är fullt möjligt att välja ut separata delprojekt men då det finns synergier i att samla de delstudier som föreslagits, inom ett och samma projekt och inom samma geografiska försöksområde, föreslås här ett sådant upplägg. Planen omfattar en schematisk beskrivning av kostnads- och tidsplan för ett sådant storprojekt. I ett sådant projekt kan samtliga av Trafikverkets frågeställningar angripas och besvaras.

Benämning av delprojekt:

1. Samordning och projektledning.
2. Anpassning och koordinering av befintliga mätningar.
3. Instrumenterade fordon.
4. Instrumenterad väg.
5. Korrelationsanalys.
6. Kostnads-/nyttoanalys.

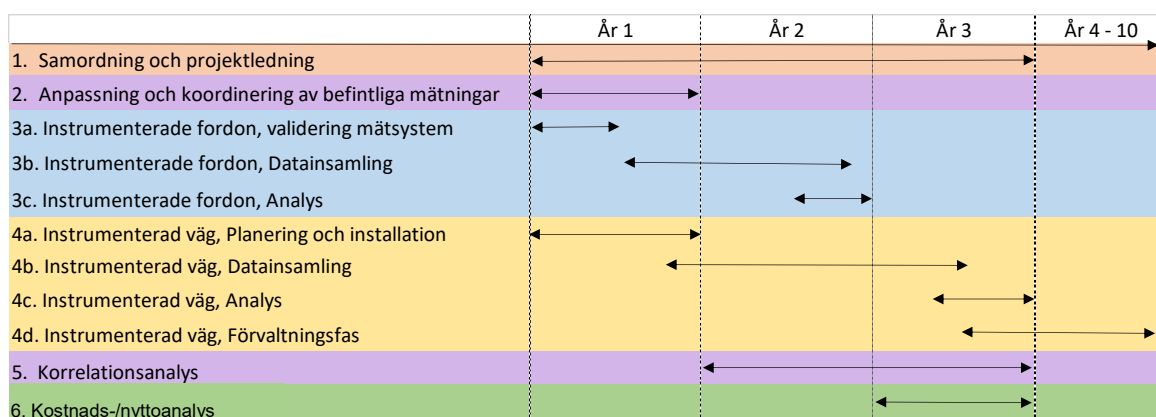
Respektive analysmetod för Delprojekten 3, 4 och 5 har beskrivits i Kapitel 4.2. Detaljerade kostnads och tidsplaner för Delprojekten: 3) Instrumenterade fordon och 4) Instrumenterad väg, återfinns även i respektive försöksplan (Bilaga 1 och Bilaga 2).

I samordningsdelen ingår att koordinera delprojekten så att de drar maximal nytta av varandra under samtliga faser av projektet. Korrelationsanalys, så som beskrivits i Kapitel 5.2.3, skulle kunna utföras av Trafikverket, möjligen kan det finnas utrymme att arbeta med frågorna inom ordinarie verksamhet. Men det kan också vara ett alternativ att överlåta dessa analyser på annan utförare. Oavsett vem som utför analysen bör den involveras i det större projekt då samverkan med andra delprojekt är viktig.

I Delprojekt 2. Anpassning och koordinering av befintliga mätningar, ingår exempelvis att säkerställa att vägytemätningar sker med tillräcklig frekvens på de vägar som studeras inom Zon 2. Det innebär att se över eventuella anpassningar av ordinarie datainsamling inför Delprojekt 3, 4 och 5.

7.2 TIDSPLANERING

För att planen ska kunna följas bör projektet starta med barmarkssäsong, annars kommer Delprojekt 4 att behöva invänta detta.



Figur 4.
Översiktlig tidsplanering för respektive delprojekt.

7.3 KOSTNADER

Nedan följer en uppskattning av kostnader för respektive delprojekt. Kostnadsuppskattningen för korrelationsanalysen (5) bygger på att data finns tillgängliga och att anpassningar har gjorts under Delprojekt 2. Skattningen för Kostnads- och nyttoanalysen bygger på att den föreslagna metoden i Kapitel 5 används och att det är ett skogligt perspektiv som avses. Om ett större perspektiv avses bör kostnaden ökas och ytterligare utförare tas in. Till Delprojekt 4 tillkommer kostnader för en eventuell förvaltningsfas (från år 4) med cirka 200 000 kronor per år för att göra mätningar och enkel sammanställning av dessa.

Tabell 1.
Kostnader uppdelade per delprojekt och år.

	År 1	År 2	År 3	Totalt
1. Samordning och projektledning	500 000	300 000	300 000	1 100 000
2. Anpassning och koordinering av befintliga mätningar	200 000			200 000
3. Instrumenterade fordon	1 360 000	695 000	0	2 055 000
4. Instrumenterad väg	1 969 000	518 000	1 269 000	3 756 000
5. Korrelationsanalys		300 000	400 000	700 000
6. Kostnads-/nyttoanalys			500 000	500 000
Summa:				8 311 000

7.4 UTFÖRARE

Under detta förprojekt har kontakter tagits med möjliga utförare. För Delprojekt 3 och 4 har dessa själva tagit fram försöksplaner i samråd med Trafikverket och Skogforsk. För samtliga delprojekt föreslås utförare enligt Tabell 2.

Tabell 2.
Förslag på utförare av respektive delprojekt.

1. Samordning och projektledning.	Skogforsk.
2. Anpassning och koordinering av befintliga mätningar.	Trafikverket och Skogforsk.
3. Instrumenterade fordon.	LTU och WSP.
4. Instrumenterad väg.	VTI.
5. Korrelationsanalys.	Skogforsk / Trafikverket.
6. Kostnads-/nyttoanalys.	Skogforsk.

Om ett bredare perspektiv än det skogliga önskas för Delstudie 6, Kostnads- och nyttoanalys, föreslås ett samarbete mellan Skogforsk och VTI. Kostnaden bör då ökas för att nå rimlig kvalitet på analysen.

Utöver dessa utförare skulle projektet kräva engagemang från ett flertal aktörer så som åkerier med instrumenterade fordon, vägentreprenörer, andra forskningsinstitut samt ett stort engagemang från Trafikverket.

8. Värdering av möjliga delstudier

Detta kapitel beskriver för- och nackdelar med de olika delstudierna samt hur respektive studie kopplar till de risker och kunskapsluckor som identifierats i Kapitel 2.

8.1 KORRELATIONSANALYS – ZON 1

Utmaningar

De löpande mätningar och den uppföljning som Trafikverket gör på hela vägnätet (beskrivet i Kapitel 5.1), ger möjlighet att över tid upptäcka förändringar i vägytans slitage. Att knyta en sådan förändring till ett införande av 74-tonstrafik är dock, av flera skäl, en forskningsmässig utmaning. Som beskrivet i Kapitel 2, beror vägars slitage på en mängd olika faktorer, varav tung trafik endast utgör en. Den tunga trafiken förändras över tid även utan beaktande införandet av 74-ton. Exempelvis kan skogstransporter på det perifera vägnätet ske intensivt under en period, då det sker avverkningar i området, för att sedan vara mindre intensivt under ett antal år. På större vägar är situationen stabilare, men Trafikverket ser en generell ökning av trafikarbetet över tid som kan väntas påverka slitaget på vägnätet. Det är inte heller rimligt att vänta sig att alla fordon övergår till att köra 74 ton då denna möjlighet öppnas på ett vägnät. Dels finns en tröghet i existerande fordonsflotta som gör att införandet tar viss tid, dels gör begränsningarna i vägnätets utbredning att bara de fordon som till övervägande del kan hålla sig inom de utpekade vägarna kan utnyttja möjligheten, eftersom deras effektivitet på övriga vägar sjunker. På grund av detta kommer fordonskonfigurationer mellan 64 och 72 ton troligen att bli vanliga då dessa inte tappar i effektivitet på samma sätt utanför 74-tonsvägnätet. Inte heller alla skogstransporter är så tunga att 74 ton är optimal bruttovikt. Det är alltså rimligt att anta att en palett av fordonskonstellationer med olika bruttovikter upp till 74 ton kommer att trafikera de utpekade områdena. Det faktum att bruttoviktsökningen från 60 till 64 ton (som även inneburit ökade axellaster) endast gällt under 1,5 år, gör också att eventuella effekter av denna ökning blir svåra att särskilja från effekter av övergången till 74 ton.

Metodens kunskapsbidrag

Genom att använda B-WIM-mätningar skulle det vara möjligt att, vid några utvalda tidpunkter, få kännedom om faktisk trafik och axellaster på några utvalda vägavsnitt inom ett försöksområde. Genom temperaturmätningar och kunskap om vägen ifrån georadar och relationshandlingar, skulle ytterligare faktorer kunna bestämmas. För att få tillräckligt statistiskt underlag för att dra slutsatser, krävs dock att en tillräcklig mängd vägar mäts och att tillräckligt många av de faktorer som påverkar vägarnas nedbrytning blir kända.

Genom denna typ av långsiktig bevakning av korrelationen mellan vägars nedbrytning, jordart och trafik, är det dock möjligt att få indikationer på om vissa typer av vägar klarar sig sämre. Det kan exempelvis vara möjligt att upptäcka en ökad nedbrytningstakt på vissa vägtyper jämfört med tidigare år. Detta kan vara viktig information i planeringssammanhang även om klara orsakssamband mellan just 74-tonstrafik och vägpåverkan kan vara svårt att fastslå.

Resultatet från en korrelationsanalys väntas ge ett visst kunskapsbidrag inom Område 3-6: Slitage p.g.a. ökade dynamiska krafter vid vägojämnheter, effekter av retardation/acceleration, påverkan på vägkanter samt ”Broeffekt” på mjuk undergrund.

Det är rekommenderat att fortsätta de analyser som hittills gjorts kring jordarter och vägsador och att komplettera dessa med vattenkartor samt med intensifierad uppföljning på särskilt intressanta sträckor. Det kan både handla om tätare mätningar av vägytan, trafikmätningar och radaranalyser av vägkroppen. För att hitta sträckor för vidare uppföljning kan ett större område kartläggas med responsmätningar på en flotta av tunga fordon.

Syftet med en sådan studie bör vara att öka kunskapen om eventuella samband mellan de olika påverkansfaktorerna: Vägkonstruktion, jordart, vatten, klimat, trafik (tung laster) och vägsitage.

Kostnadsuppskattning

Kostnaden för att fortsätta analyser och uppföljning av kartmaterial, är relativt låg och skulle eventuellt kunna antas ligga inom Trafikverkets ordinarie verksamhet. Likaså är det låga kostnader förknippade med några extra vägytemätningar inom ett begränsat studieområde.

Kostnaden för mätning och analys med georadar är cirka 3 kronor per meter väg, plus en etableringskostnad på omkring 10 000 kronor (J. Ullberg, pers. medd., 2016).

En veckas BWIM mätning kostar omkring 250 000 kronor – 300 000 kronor (pers. medd. Winnerholt, 2016). Dock har Trafikverket avtal om BWIM mätningar på 16 fasta platser, då någon av dessa utnyttjas uppstår alltså inga merkostnader.

8.2 INSTRUMENTERADE FORDON – ZON 2

Dynamiska responsmätningar kan i kombination med vägytemätning, enligt defektografmetoden, ge kunskap om vägens deflektion av tunga laster och en jämförande analys mellan olika typer av fordon med olika bruttovikt är möjlig. Informationen kommer att vara en god indikator för att identifiera svaga punkter på vägnätet. Dessa punkter kan kopplas till andra mätningar, t.ex. georadarmätningar, för att öka kunskapen nedbrytningsmodeller för tyngre fordon. En studie enligt defektografmetoden kan därför ses som ett första steg i att ta fram nya teoretiska beräkningsmodeller för beräkning av vägens påverkan av axelgrupper. Vägytemätning och responsmätning är etablerade metoder, däremot så är defektografmetoden inte validerad. Metoden har dock testats tidigare av Vägverket konsult.

Inom varje studieområde bör två fordon instrumenteras ett 64-tonsfordon och ett 74-tonsfordon för att kunna göra jämförande mätningar för hur dessa två fordonstyper påverkar vägen.

Styrkorna med metoden är att kunna jämföra mellan 64-tonsfordon och 74-tonsfordon, d.v.s. möjligheten att se signifikanta skillnader mellan fordons typer, samt möjligheten att mäta på just de typer av vägar som Trafikverket är intresserad av.

Metoden väntas ge ett kunskapsbidrag inom Område 1) Strukturella effekter i vägkroppen av trippelaxelgrupper och Område 2) Tidseffekter av tätare axelöverfarter (indikationer på samband). Inom Område 3) Slitage p.g.a. ökade dynamiska krafter p.g.a. vägojämnheter, väntas metoden ge mycket god kunskap om påverkan från 64- respektive 74-ton fordon. Eftersom metoden kan uppskatta den globala nedsjunkningsbassängen väntas den även kunna ge ett kunskapsbidrag inom Område 6) Broeffekt på mjuk undergrund, förutsatt att den kombineras med mätningar med markradar och kontroll via jordartskartor. En större instrumenterad fordonsflotta som också ingår i det föreslagna studieupplägget, skulle möjligen också ge kunskap inom Område 4) Effekter av acceleration och retardation. Även detta förutsätter kombinationer med andra mättekniker så som exempelvis vägytemätningar.

Kostnadsuppskattning

Utrustningen för studien är relativt okomplicerad och har budgeterats till 250 000 kronor per defektografssystem. Däremot väntas studien vara krävande personalmässigt och lönekostnaderna har därför budgeterats till 1 300 000 för ett försök över cirka 3 års tid.

8.3 INSTRUMENTERAD VÄG – ZON 3

Testvägar med sensorer i vägkroppen som mäter dragtöjning och spänningar vid olika kända laster är den metod som säkrast adresserar frågeställningarna 1) Strukturella effekter i vägkroppen av trippelaxelgrupper och 2) Tidseffekter av tätare axelöverfarter. En ny validerad metod för vägdimensionering och skattning av vägars nedbrytningstakt, som bättre beskriver effekten av axelgrupper, skulle kunna ge stora effektiviseringsvinster vid implementering hos Trafikverket. Den väntas också kunna ge svar på den övergripande frågan hur 74-tonsfordon påverkar nedbrytningen hos klent byggda vägar.

En begränsning med metoden som sådan är att det bara är möjligt att instrumentera ett fåtal korta vägavsnitt. I försöksplanen föreslås en väg med två närliggande försökssträckor. Det görs att man i detta fall inkluderar maximalt två typer av jordarter i studien. Förhoppningen är att man genom att välja rätt teststräcka ska finna just de förhållanden som bedöms utgöra de största riskfaktorerna, men det finns svårigheter i detta. Svårigheterna kopplar dels till bristande kunskap om vilka markförhållanden som utgör störst risker och dels till eventuella svårigheter i fält att hitta just de förutsättningar man söker.

Enligt den föreslagna metoden ska sensorer grävas ner i en befintlig väg som sedan fylls igen med samma material som den övriga vägen och packas väl. Den här metoden är ny i Sverige och har inte tidigare testats av VTI (den tänkta utföraren av delstudien), vilket utgör en riskfaktor. Metoden har dock testats på andra håll i världen. Fördelarna med det nya planerade tillväggångssättet är stora kostnadsfördelar. Försökstekniskt finns också stora fördelar i det att man testar just det som Trafikverket frågar efter, d.v.s. påverkan på en befintlig väg och inte en nybyggd.

Kostnadsuppskattning

Kostnaden för ett försök över tre år är beräknad till 3,76 miljoner konor. Se bifogad försöksplan och kostnadssammanställning i Bilaga 2. Det är ur forskningssynpunkt rimligt att efter projektiden fortsätta med uppföljning av vägens nedbrytning under en normal beläggningstidslängd, d.v.s. omkring 10 år. För detta tillkommer en årlig kostnad på omkring 200 000 kronor. Kostnaden är dock beroende av hur frekvent fallviktsmätningar ska utföras.

8.4 SAMFÖRDELAR MELLAN FÖRESLAGNA DELSTUDIER

Som beskrivet i Kapitel 6 finns stora fördelar med att förlägga platsspecifika studier av hög detaljeringsgrad inom ett område som också studeras med andra mer generella tekniker. Tydligast är detta rörande studier med instrumenterade testfordon och de instrumenterade testvägarna.

De båda studierna är förvisso fullt möjliga att genomföra var för sig, men för responsmätningar på en instrumenterad teststräcka, är det nödvändigt att också mäta överfarter där fordonens konfigurationer och axelvikter är kända. Detta får man med sig om man också har instrumenterade fordon som frekvent trafikerar försökssträckan. Likaså blir det möjligt att jämföra och validera data från respektive försök mot varandra, vilket ger mervärden eftersom det ökar säkerheten i det dataunderlag som de instrumenterade fordonen ger. Eftersom

dessa trafikerar ett mycket större vägnät än den specifika teststräckan är säkra data från dem viktigt, för att kunna dra slutsatser som gäller fler typer av vägar. Att kombinera sådan data med analyser av vatten- och jordartskartor, kända avvattningsbrister samt i viss utsträckning undersökningar med markradar ger mycket goda förutsättningar för att dra slutsatser inom samtliga av Trafikverkets frågeställningar 1–6.

9. Empiriska studieområden

För att kunna genomföra studierna enligt förslaget i Kapitel 5 har ett första- och ett andra handsval av empiriskt studieområden pekats ut.

Vid ett införande av BK4-vägnät kan en kombination av två olika principer för upplåtande vara tänkbart. Den första är ett generellt införande och den andra är någon form av koncessionstillstånd. Exempel på koncessionstrafik finns bl.a. i Estland, där försök pågår med maximal bruttovikt på 52 ton som tillåts om vägarna har minst 0,5 meter tjäle. Man kan även få koncessionstillstånd på ett begränsat vägnät för skogstransporter om man använder sig av elektroniska transportordrar och tillåter en viss form av övervakning i ett system som kallas VELUB. I Sverige finns redan i dag en form av teknisk koncession där tyngre bruttovikter tillåts på BK2 om CTI-utrustning används, med undantag för BK2-broar.

- **Generellt införande**

Inom ett område med generellt införande öppnas merparten av dagens BK1-vägnät upp till BK4. Alla fordon som uppfyller de tekniska kraven för att få köra med bruttovikter upp till 74 ton tillåts på dessa områden.

- **Koncessionstillstånd**

- **Tidsbegränsad**

Ett tidsbegränsat koncessionstillstånd kan man ansöka om ifall man under en begränsad tidsperiod kommer att genomföra ett stort antal transporter med 74 ton på ett enskilt vägavsnitt. Detta tillstånd kan nyttjas vid exempelvis vägbyggnation eller större skogsavverkningar. Koncessionen är allmän och gäller alla fordon godkända för 74 ton.

- **Vinterkoncession (årsvis dynamisk koncession)**

Då vinterförhållande eller torra perioder under sommaren råder (vägen är tjälad eller ovanligt torr) kan vägghållaren tillfälligt upplåta en BK1 väg för 74-tonstrafik. Koncessionen är allmän och gäller alla fordon godkända för 74 ton.

- **Fordonsspecifik koncession**

Ett fordon som har teknisk utrustning för att vara extra skonad mot vägen kan få ett generellt BK4-tillstånd på ett större vägnät. Exempel på teknisk utrustning som skonar vägen är variabelt däcktryck (även kallat CTI), fordonsägaren måste då säkerställa att den tekniska utrustningen används för att skona vägen i så stor grad som möjligt. Fordonsägaren söker som fordonsspecifikt tillstånd från vägghållaren.

9.1 GEOGRAFISKA OMRÅDEN

För studien föreslås två geografiska områden, ett förstahandsval och ett andrahandsval. De geografiska områdena har valts ut från de fem områden som pekats ut i rapporten Statliga vägar som Trafikverket kan upplåta för en ny Bärighetsklass 4 (Natanaelsson & Ngo, 2016). Vid behov föreslås även en utvidgning av dessa vägnät för att bättre uppfylla de krav som ställts på utpekade områden.

De fem områdena är:

Område 1 – Västerbotten och Norrbottens län (mellan Piteå och Skellefteå).

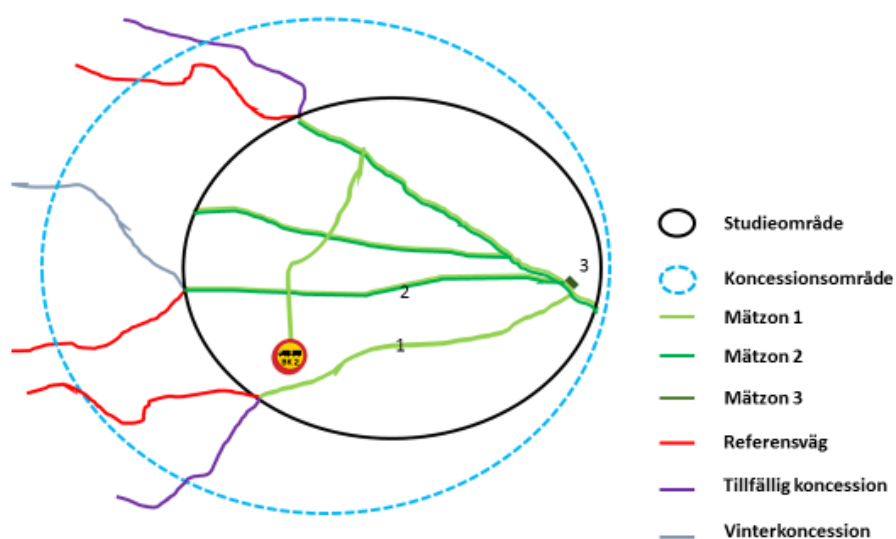
Område 2 – Jämtlands län (främst runt Storsjön och öster/väster om Storsjön).

Område 3 – Gävleborg- och Dalarnas län (området mellan Gävle, Sandviken, Falun, Avesta).

Område 4 – Värmlands län (främst runt Karlstad men mellan Kristinehamn och Arvika).

Område 5 – Kronberg och Kalmar län (främst runt Växjö och Lessebo med vissa vägar till Mönsterås).

Det är inom de utpekade studieområdena som de vägtekniska försöken kommer göras och det är inom studieområdena som Mätzonerna 1–3 kommer att placeras. Men för att möjliggöra jämförelser med 64-tonstrafik kan referensvägar utanför studieområdet utses för att möjliggöra jämförelser med hjälp av Trafikverkets vanliga mätningar på dessa. Koncessionsområdena ligger utanför studieområdena och möjliggör för en ökad trafikintensitet in i studieområdet där mätningarna sker. På grund av det befaras låga trafikintensiteten av 74-tonsfordon i koncessionsområdena är det inte lönt att förlägga några mätningar här. Däremot bör trafikarbetet av 74-tonsfordon som kör i koncessionsområdena registreras för att få en uppfattning om nyttan med att utfärda någon av de specificerade koncessionerna. (Figur 5).



Figur 5.
Konceptuell bild på hur ett studieområde designas med Zon 1–3 inom studieområdet.

9.2 KRITERIER FÖR VAL AV STUDIEOMRÅDE

Sju kriterier har formulerats för att välja ut förstahandsområde och andrahandsområde av de fem utpekade områdena som lämpar sig bäst i försöket. Kriterierna har delats upp i kategorierna affärsmässigt och studietekniskt. Affärsmässigt syftar till att beskriva områdets förutsättningar för att det ska uppkomma trafik med 74-tonsfordon inom pilotområdet (en förutsättning för studier). I kategorin Studietekniskt har kriterier formulerats som beskriver områdenas lämplighet för att kunna genomföra bra mätningar.

- **Affärsmässigt**
 - Tillräckligt stort för att åkerier ska våga investera i 74-tonsfordon.
 - Detta bedöms utifrån vägnätets längd i respektive område. Detta kriterium anses som mycket viktigt.
 - Vägnätet måste knyta ihop start och stopp för det inom området specifika godset. Detta bedöms utifrån hur många fordon som kan sysselsättas med transportuppdrag inom respektive område. Detta anses som mycket viktigt.
 - Sammanhängande vägnät som ansluter till viktiga industrier. Detta bedöms genom hur många industrier som går att nå inom respektive område. Avdrag görs om viktiga vägsträckor saknas inom området. Detta bedöms som viktigt.
 - Hur många HCT-demonstratorer det finns inom området i dag. Detta bedöms som mindre viktigt.
- **Studietekniskt**
 - God kännedom om transport och trafikarbetet som sker på utvalt vägnät.
 - Permanenta mätstationer. Detta bedöms som viktigt.
 - Inom studieområdet finns det vägar av olika standarder och vägklasser. Sammanvägning av funktionell vägklass, vägens beläggning, broar med en teoretisk längd inom 2 till 15 meter, vägar byggda på sämre jordart som torv eller silt. Detta bedöms som mycket viktigt.

Kriterierna har bedömts som mycket viktiga, viktiga och mindre viktiga med 3, 2 respektive 1 viktpoäng. För varje område har förutsättningarna att uppnå kriterierna sedan bedömts enligt Mycket goda förutsättningar, goda förutsättningar, små förutsättningar, inga förutsättningar, med poäng på en skala från 4 till 0. För varje område har sedan poängen viktats och summerats ihop så att en slutpoäng har fått fram.

9.3 ANALYS AV UPPFYLLDA KRITERIER

En analys har gjorts för hur de olika områdena uppfyller satta kriterier. Utpekade områden bör öppnas upp enligt principen om Generellt tillstånd. Områden och vägar för Koncessionstillstånd pekas inte ut. Utan detta bör Trafikverket göra för varje specifikt fall. (Tabell 3).

Tabell 3.

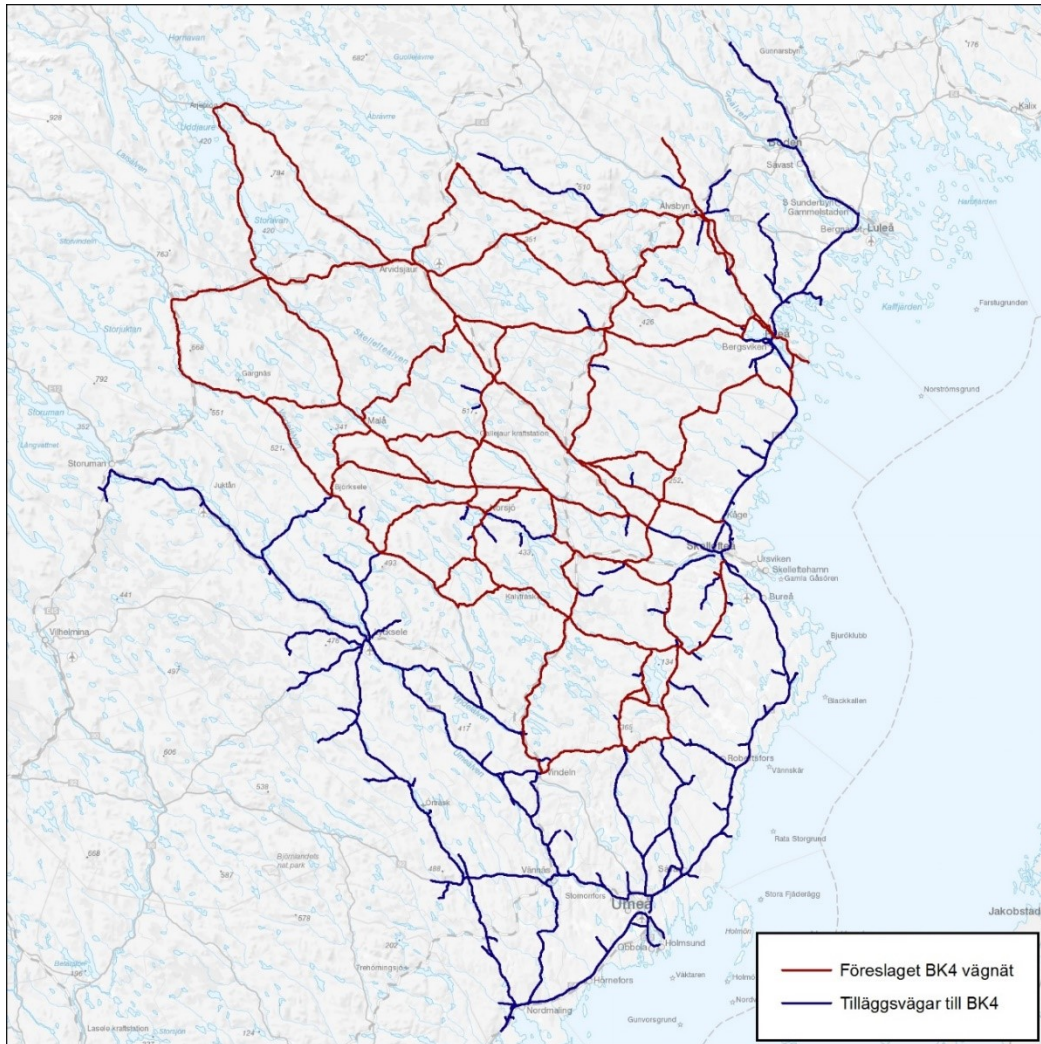
Bedömning enligt uppsatta kriterier. Skalan är 1–3, där 3 är viktigast.

	Analys av hur områdena uppfyller uppsatta kriterier	Kriteriets vikt (1–3)	Västerbottens och Norrbottens län	Jämtlands län	Gävleborgs- och Dalarnas län	Värmlands län	Kronbergs och Kalmars län
Acfärsmässigt	Tillräckligt stort för att åkerier ska våga investera i 74-tonsfordon.	3	3	3	2	1	2
	Vägnätet måste knyta ihop start och stopp för det inom området specifika godset.	3	3	2	2	1	1
	Sammanhängande vägnät	2	2	2	3	1	3
	Finns det HCT-demonstratorer inom området i dag	1	1	0	1	2	2
Studietekniskt	God kännedom om transport och trafikarbetet som sker på utvalt vägnät.	3	2	2	2	2	2
	Permanenta mätstationer, B-WIM och liknande	2	Ottillräckligt underlag				
	Inom studieområdet finns det vägar av olika standarder och vägklasser	3	2	2	2	2	1
	Sammanvägning:		35	31	31	22	26

Analysen i Tabell 1 visar att Område 1 – Västerbottens och Norrbottens län har fått flest poäng medan Område 2 – Jämtlands län och Område 3 – Gävleborg och Dalarnas län har fått lika många poäng enligt uppsatta kriterier, men en inbördes bedömning av områdena gör att Område 3 bedöms ha bäst studietekniska förutsättningar i kategorin permanenta mätstationer och B-WIM. Gällande permanenta mätstationer har ingen fullständig analys gjorts, men genom intervjuer med Trafikverkets personal vet vi att det inom område 1 finns goda förutsättningar just gällande B-WIM.

Förstahandsval område 1

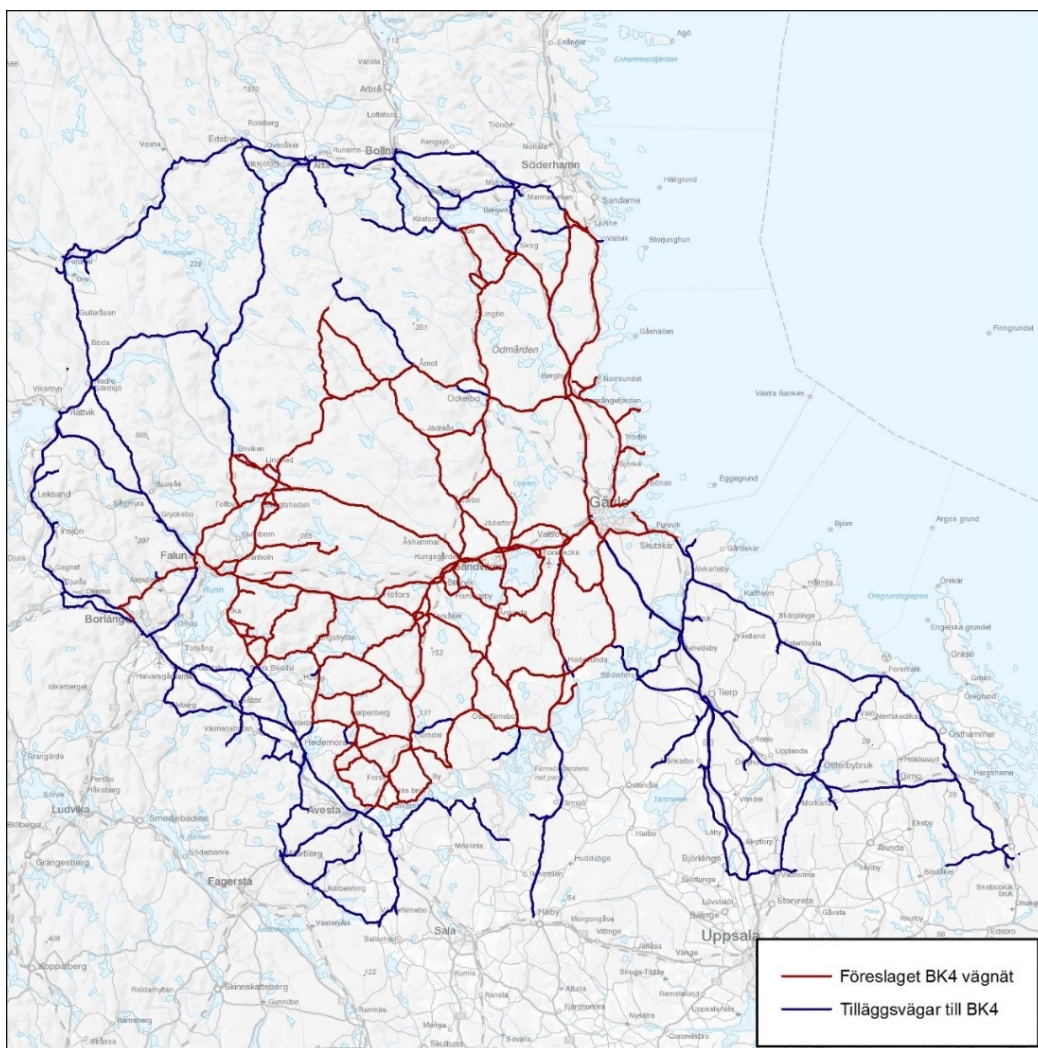
Inom området finns det möjligheter att transportera med tyngre fordon än 64 ton. Analysen har visat att det på Trafikverkets förslag till BK4 i område ett, skulle vara möjligt att sysselsätta upp till 20 stycken 70–74 tons skogliga fordon under förutsättning att även det kommunala och privata vägnätet i anslutning till utpekade BK4-vägnät öppnas. I tillägg till detta transporteras det redan idag malm med 72-tonsfordon längs väg 95 från Boliden ut till kusten, vilket skulle kunna utgöra en lämplig sträcka för mer detaljerade mätningar. En analys har gjorts av vilka andra viktiga vägar för främst skogsindustrin som skulle behöva kompletteras för att kunna öka antalet fordon i området. Kompletteringen föreslår både ett utökat område samt ett förtätande av vägnätet inom det redan utpekade BK4-vägnätet (se Figur 6). Ett ökat antal 74-tonsfordon i området ökar sannolikheten att upptäcka eventuella samband mellan 74-tonsfordon och vägars nedbrytning. Detta har framför allt betydelse för den korrelationsanalys som föreslås. Det är dock möjligt att genomföra en studie enligt planen (Kapitel 6) inom det vägnät som Trafikverket föreslagit.



Figur 6.
För område 1, Norr- och Västerbotten har ett tilläggsvägnät till Trafikverkets förslag om BK4 vägnät föreslagits för att säkerställa bra studieförutsättningar.

Andrahandsval område 3

Inom område syd är möjligheterna att transportera med tyngre fordon än 64 ton något mindre än för område Norr, analysen har visat det på Trafikverkets förslag till BK4 i området skulle vara möjligt att sysselsätta upp till 10 stycken 70–74 tons skogliga fordon under förutsättning att även det kommunala och privata vägnätet i anslutning till utpekade BK4-vägnät öppnas. Väg E16 är en viktig länk inom området där mycket tungt gods transporteras mellan industrier i Borlänge – Falun – Sandviken och Gävle. En analys har gjorts av vilka andra viktiga vägar för främst skogsindustrin som skulle behöva kompletteras för att kunna öka antalet fordon i området så att det säkerställs en mätbar effekt av 74 tonsfordon i området. Kompletteringen föreslår främst ett utökande av det redan utpekade BK-4 vägnätet se (Figur 7).



Figur 7.

För område 3, Gävleborg har ett tilläggsvägnät till Trafikverkets förslag om BK4 vägnät föreslagits för att säkerställa bra studieförutsättningar.

9.4 IDENTIFIERING AV ZONER INOM FÖRSTAHANDSVALET

Kriterierna för förstahandsval och andrahandsval av studieområde bygger på en översiktlig kvantitativ analys som behöver kompletteras med en grundligare inspektion i samband med fastslagande av zoner inom området och då speciellt Zon 3. I Figur 1 beskrivs på ett konceptuellt sätt hur zonerna fördelats inom studieområdet.

Zon 1 identifieras som hela BK4-vägnätet inom studieområdet.

Zon 2 bör sträcka sig över minst ca 15–20 procent av vägnätet i Zon 1. För identifiering av Zon 2 måste först stationeringsort för fordonen identifieras. Zon 2 utgörs sedan av det vägnät som mätfordonen trafikerar d.v.s. att Zon 2 är dynamiskt och anpassas så att den möjliggör ett fördelaktigt läge för Zon 3 se nedan.

Zon 3 är en testväg och skall ligga inom Zon 2. Kriterier för testvägens placering:

- Vägen ska vara av karaktär ”obyggd väg”.
- Närhet till klimatstation.
- På samma vägsträcka som en möjlig placering av BWIM-utrustning, allra helst en befintlig mätpunkt.
- Möjlighet till trafikintensitetsmätning med ex. slangmätning.
- Längs testvägen ska det finnas vägavsnitt byggda på olika jordarter, där minst ett avsnitt ska vara byggt på siltigt material.

En detaljerad analys av de kriterier som ställts upp för Zon 3 kräver dels tillgång till data samt analys av denna, dels praktiska besök i fält under barmarkssäsong för att bekräfta de fysiska förutsättningarna.

Men tack vare den kunskap om vägar och mättekniska förutsättningar som finns hos Trafikverkets personal har ett förslag till instrumenterad teststräcka (Zon 3) kunnat tas fram grundat på intervjuer.

Den valda sträckan är väg 373 mellan Piteå (E4:an) och Abborrträsk (Väg 95). Trots att vägen är del av det utpekade 74-tonsvägnätet bedöms den vara tillräckligt klen byggd för att vara intressant för studien (beläggning av mjukt oljegrus) och det bör finnas goda förutsättningar att hitta de jordtyper man letar efter då vägen går över några älvdalar. Här finns också tillgång till B-WIM-mätning. Vägen är en typisk ”timmerränna” med mycket tung trafik i främst östlig riktning. Förutsättningarna antas därför vara goda för att få 74-ton trafik på den aktuella sträckan. Trafikverket har tidigare gjort en översiktlig bärighetsutredning på vägen.

10. Referenser

- Effects of Wide Single Tyres and Dual Tyres. European Commission Directorate General Transport. COST 334.
<http://www.comt.ca/english/programs/trucking/Pavements/European%20Commission%20COST%20334%20Study%20%20Effects%20of%20Wide%20Single%20Tyres%20and%20Dual%20Tires%202001.pdf> Besökt 2016-12-20.
- Flintsch G., Katicha S., Bryce J., Ferne B., Nell S., Diefenderfer B. 2013. Assessment of Continuous Pavement Deflection Measuring Technologies. SHRP 2 Report. Issue Number: S2-R06F-RW-1. Transportation Research Board. United States.
www.trb.org/Main/Blurbs/167283.aspx. Nedladdad 2016-12-08.
- Forsberg M., Frisk M. & Rönnqvist M. 2005. FlowOpt – A decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry, International Journal of Forest Engineering, Vol. 16, No. 2, pp. 101–114, July 2005.
- Granlund, J. & Lang, J. (2016). Förkortad väglivslängd – Orsaker och kostnader.
http://www.akeri.se/sites/default/files/uploaded_files/forkortad_vaglivslangd_-_orsaker_och_kostnader.pdf Besökt 2016-12-21:
- Granlund, J., Lenngren, C., Lindström, F., and Mårtensson, B. 2005. Measuring Pavement Deflection Variance at Highway Speeds. 7th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields 2005.
- Karlsson R. 2015. Underlagsrapport – Konsekvenser av 74 ton på vägöverbyggnader, geokonstruktioner och vägutrustning. Trafikverket. Ärendenummer: TRV 2015/40563. Version: 1.0.
- Lunds universitet 2016. Systemanalys av införande av HCT på väg i Sverige. Redovisning av ett forskningsprojekt. Rapport nr. 95 Miljö- och energisystem Institutionen för teknik och samhälle. Lunds universitet. ISBN 978-91-86961-21-3.
- Löf, M. 2015. En systemanalys av tyngre lastbilars påverkan på tågtransporter. Examensarbete Nr 161. SLU.
- Marginalkostnader inom vägtransportsektorn. Vägverket 2000.
Internet 2016-12-21: http://trafa.se/globalassets/sika/sika-rapport/sr_2000_10_u01.pdf
- Matintupa A. & Herronen T. 2016. Sillviksvägarna – Lagertjocklekar och planering av förstärkning enligt ROADDEX metoden.
http://www.sillviksvagarna.se/media/3477/Handling-137-Rapport-georadar-Sillviksv%C3%91garna_Roadscanners.pdf Nedladdad 2016-12-16.
- McKinnon, A. 2012 Improving the Sustainability of Road Freight Transport by Relaxing Truck Size and Weight Restrictions. I Supply Chain Innovation for Competing in Highly Dynamic Markets: Challenges and Solutions edited by Evangelista, P., McKinnon, A.C., Sweeney, E and Esposito, E. (reds.), IGI, Hershey PA. 2012, s 185–198.
- Natanaelsson, K. & Ngo, P. 2016. Statliga vägar som kan anses lämpade för en ny bärighetsklass 4. Trafikverket. Dokumentbeteckning 2016:141.
- Road wear from heavy vehicles. Nordiskt Vägforum. NVF rapport 08/2008.
Internet 2016-12-20: <http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=261>
- Saint-Venant, A.J.C.B. (1855). Mémoire sur la Torsion des Prismes. Mem. Divers Savants, 14, pp. 233–560.
- Samarbetsprojekt för tillämpning i Norden av AASHO-undersökningen ”STINA”. Slutrapport. (1977). Nordiska utredningar, A 1977:2.
- The AASHO Road Test. Report 5: Pavement Research. (1962). Highway Research Board. Special Report 61E. Washington D.C.

- Trafikförordning (1998:1276). http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/trafikforordning-19981276_sfs-1998-1276 Besökt 2016-12-21.
- Trafikverket 2015a. Användarmanual PMSV3 – Information om belagda vägar. Version 3.1. www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/Information-om-belagda-vagar-verktyget-PMSv3/. Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2015b. Vägytemätning Mätstorheter. DokumentID TDOK 2014:0003. Version 1.0. <http://trvdokument.trafikverket.se/>. Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2015c. Fördjupade analyser av att tillåta tyngre fordon på det allmänna vägnätet. Dokumentbeteckning: 2015:207 <https://trafikverket.ineko.se/en/tv000304>. Nedladdad 2016-12-01
- Trafikverket 2014. Tyngre fordon på det allmänna vägnätet. Rapport. Dokumentbeteckning: 2014:102 <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17742>. Nedladdad 2016-12-01
- Trafikverket 2012. Förstärkningsåtgärder. Publikationsnummer: 2012:090 ISBN: 978-91-7467-288-6.
- Trafikverket 2011a. TRVK Alternativa material – Trafikverkets tekniska krav för alternativa material i vägkonstruktioner. Dokumentbeteckning TRV 2011:060.
- Trafikverket 2011b. TRVK Väg – Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion. Dokumentbeteckning: 2011:072. TDOK 2011:264. <https://trafikverket.ineko.se/se/trvk-v-%c3%a4g> Nedladdad 2016-12-01.
- Trafikverket 2011c. TRVR Väg – Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion. Dokumentbeteckning: 2011:073.
- Trafikverket 2006. BWIM mätningar 2004 – 2005 – Projektrapport. Dokumentbeteckning: 2006:136. ISSN 1401 – 9612. <https://trafikverket.ineko.se/se/tv15611> Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2007. BWIM-mätningar 2006 Sammanfattning. Publikation: 2007:12. ISSN 1401-9612. <https://trafikverket.ineko.se/se/tv15767> Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2008. BWIM-mätningar 2007 Sammanfattning. Publikation: 2008:28. ISSN 1401-9612. <https://trafikverket.ineko.se/se/tv15766>. Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2009. BWIM-mätningar 2008 Sammanfattning. Publikation: 2009:25. ISSN 1401-9612. <https://trafikverket.ineko.se/se/tv16082>. Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2010. BWIM-mätningar 2009. Publikation: 2010:9. ISSN 1401-9612. <https://trafikverket.ineko.se/se/tv16446>. Nedladdad 2016-12-08.
- Trafikverket 2004. Sprickfri och bärig väg med stålarmering. Dokumentbeteckning 2004:160.
- Websida: VVIS www.trafikverket.se/tjanster/trafiktjanster/vvis/ Besökt 2016-12-12.
- Websida: PMS Objekt <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/Tekniska-dokument/Vagteknik/PMS-Objekt/> Besökt 2016-12-08.

Personliga meddelanden

Kenneth, N. 2016. Trafikverket.

Moriz, L. 2016. Trafikverket.

Winnerholt, T. 2016. Trafikverket.

Ullberg, J. 2016. Trafikverket.

Bilaga 1

Projektbeskrivning Instrumenterade fordon – Utvärdering pilotimplementering 74 ton

Johan Odelius

Drift och underhåll, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser,
Luleå tekniska universitet, johan.odelius@ltu.se, 0920-493031

Johan Casselgren

Experimentell dynamik, Institutionen för teknikvetenskap och matematik,
Luleå tekniska universitet, johan.casselgren@ltu.se, 0920-491409

Johan Granlund

Teknikchef vägteknik, WSP Samhällsbyggnad, WSP Sverige AB,
johan.granlund@wspgroup.se, 010-7225719

Bakgrund

Tyngre fordon har flera effekter på vägytan och vägkroppen. Kunskapen och det empiriska underlaget för hur vägbanan påverkas av tyngre fordon (74 ton) är begränsad (Trafikverket, 2014; Hjort et al, 2008). Syftet med detta projekt är att genomföra en omfattande och unik datainsamling för att generera ny kunskap för implementeringen av 74 ton. Deformation i vägkroppen (vägens strukturella tillstånd) på grund av ökad last resulterar i geometriska förändringar på vägytan, så som längsgående och tvärgående ojämnheter (vägens funktionella tillstånd). Längsgående vägojämnheter uttrycks ofta med måttet International Roughness Index (IRI; Sayers, 1995). IRI är en viktig kvalitetsindikator och till IRI finns väl utvecklade effektsamband exempelvis bränsleförbrukning, däckslitage och reservdelsförbrukning.

Årliga vägytemätningar med lasermätfordon används idag för kontinuerlig tillståndsovervakning av det belagda vägnätet. Utifrån vägytans längsprofil och tvärsektion beräknas bl.a. IRI, spår djup och tvärfall. IRI [mm/m] beskriver den vertikala rörelsen [mm] i en standardiserad hjulupphängning för varje färdad meter i 80 kilometer per timme. IRI kan därför mätas också genom responsmätning, då man mäter rörelsen i hjulupphängningen och sedan justerar för skillnaden i dynamik hos mätfordonets hjulupphängning mot den standardiserade hjulupphängningen. Detta möjliggör att enklare mätteknik kan användas installerad på en hel fordonsflotta, vilken kan monitorera vägytan oftare, över större yta samt fungerar även på grusväg och vid vinterväglag. Ett exempel är smartphone applikationen Roadroid (Forslöf & Jones, 2015). Telefonen monteras på lämplig plats i fordonen och applikationen utnyttjar de inbyggda sensorerna för att uppskatta IRI. Roadroid uppskattar IRI genom att dels använda en kvartsbilsmodell som beskriver fordonets dynamik och dels genom

en analys av toppvärden och rms-värde i vibrationssignalen. Den senare metoden kompenserar för hastighet och kan därför användas för hastigheter mellan 20–100 kilometer per timme.

Till skillnad från en vägytemätning så mäter en responsmätning på en väggkropp som är exciterad av fordonets tyngd. Det vill säga en laser placerad framför ett mätfordon mäter vägprofilen innan trafiklasten (fordonets egentyngd via ett framhjul) passerar över vägbanan. Responsmätningen däremot, den mäter vägytan medan vägen är belastad. För personbil är skillnaden oftast obefintlig, men för tunga fordon kan skillnaden vara stor. På tidigare Vägverket Konsult tog Johan Granlund fram en mätmetod som kallas Defektografmetoden (Granlund med m.fl., 2005). Principen för metoden är att samtidigt göra både vägytemätning med en laser och responsmätning med en accelerometer och sedan jämföra skillnaden. Genom att jämföra den ”olastade” och ”lastade” mätningen kan man utläsa förändringar i vägens deformation. Defektografmetoden ger således resultat från tre mätningar samtidigt: vägytemätning, responsmätning och relativ deformationsmätning. Accelerometrar kan fördelaktigen placeras på flera lägen (på efterföljande hjulaxlar) längs fordonsekipaget. Detta eftersom den ”globala” nedsjunkningsbassängen ackumuleras av varje axel/-grupp, så att dess maximum kommer under sista axeln.

Syfte

Syftet med projektet är att kartlägga skillnader i belastning och nedbrytning av vägnätet mellan fordon på 64-ton och 74-ton. Effekterna av belastningen skattas på basis av den relativa deformationen av väggkroppen. Informationen kommer vara en god indikator för fortsatt arbete kring att studera nedbrytningsmodeller för tyngre fordon.

Metod

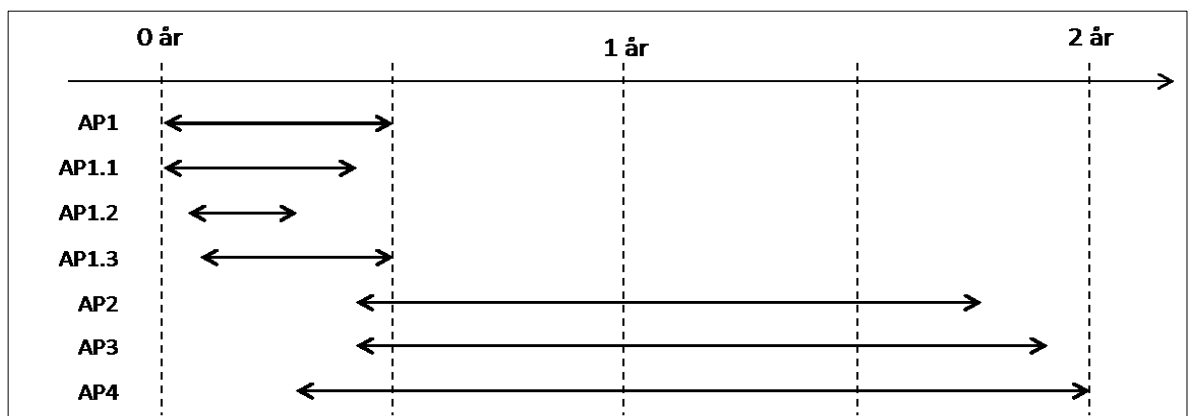
- Den relativa deformationen mäts genom att jämföra en standard vägytemätning med laser (olastad vägbanan) och en responsmätning med en accelerometer (lastad vägbanan). Mätningen kommer att genomföras på ett 64-tons och ett 74-tons fordon.
- Den funktionella tillståndsförändringen kommer att mätas på en större fordonsflotta med hjälp av responsmätning.
- Utgångspunkten är att mäta direkt på fordonen för att kunna få ett större empiriskt underlag jämför med punktmätning på vissa vägnivåer. Data från responsmätning och mätning med defektografmetod kommer med fördel att korreleras mot andra studier som genomför punktmätningar av väggkroppen med nedgrävda sensorer (t.ex. Percostationsystemet).

Försöksplan

Arbetspaket

1. Mätssystem och datahantering

- 1.1. Validera mätssystem för Defektografmetoden. Portabelt vägprofils-mätssystem med en laser, accelerometer/tröghetsenhet på lasern, odometer och GPS. En eller flera accelerometrar på det tunga mätekipagets hjulaxlar.
 - 1.2. Validera responsmätssystem som skall installeras på fordonsflotta. Portabelt system med accelerometer, GPS och kommunikationsenhet. Föreslagen metod är smartphone applikationen Roadroid. Roadroid har fördelar i att det erbjuder en färdigtutvecklad lösning till relativt lågt pris. Placering och montering av sensorn kommer vara av vikt. Vid låg validitet kommer även andra responsmät-system att beaktas i arbetspaketet.
 - 1.3. Fungerande datainfrastruktur för att hantera den omfattande insamlingen av data.
2. Instrumentering och mätning med Defektografmetoden på ett 74-tons och ett 64-tons fordon. Stor vikt kommer att läggas på att hitta tunga fordon som trafikerar lämpligt vägavsnitt.
 3. Instrumentering och mätning med responsmätssystem på fordonsflotta med varierande bruttovikter som täcker ett större område och med varierande vägkategorier.
 4. Kunskap och resultatspridning.



Figur 8.
Tidsplan. Preliminär projektstart 2016-03-01.

Referenser

- Forslöf, L., & Jones, H. 2015. Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9:485-496.
- Granlund, J., Lenngren, C., Lindström, F. & Mårtensson, B. 2005. Measuring Pavement Deflection Variance at Highway Speeds. 7th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields.
- Hjort, M., Haraldsson, M. & Jansen, J. M. 2008. Road Wear from Heavy Vehicles – an overview. Rapport 08/2008, NVF committee Vehicles and Transports, Borlänge, Sverige.
- Sayers, M.W. 1995. On the calculation of IRI from longitudinal road profile. Transport Research Board Paper No. 950842, Washington, DC.
- Trafikverket 2014. Tyngre fordon på det allmänna vägnätet – rapportering av regeringsuppdrag. TRV 2014:101, Trafikverket, Sverige.

Bilaga 2

Instrumenterad testväg – Förslag till en testväg för monitorering av vägars nedbrytning

Sigurdur Erlinsson, VTI

Professor. Område: Pavement Technology. sigurdur.erlingsson@vti.se

Bakgrund

Vägar bryts ner av den kombinerade effekten av tunga laster som trafikerar vägen samt det omgivande klimatet som vägen befinner sig i.

En vägkonstruktion har många nedbrytningsformer (e. distress modes) varav spårutveckling och utmattningssprickor är de två mest betydelsefulla strukturella mekanismerna. Vägytans ojämnhet (IRI) är en annan funktionell nedbrytning som är kopplad till trafikantens komfort och säkerhet att färdas längs vägen samt vägens rullmotstånd. Alla dessa tre nedbrytningsformer är starkt beroende av den tunga trafiken samt klimatet. Ytterligare nedbrytningsformer som kan nämnas är tvärgående samt tjäl-sprickor där klimatet är den principiella belastningsparametern samt stensläpp, polering och dubbdäckslitage där den lätta trafiken också bidrar till tillståndsförändringen.

Dessa olika nedbrytningsformer gör att vägars nedbrytning är svår att modellera och kräver egentligen detaljerad information om både trafiken och klimatet samt hur de varierar i tiden och interaktion dem emellan, t.ex. kommer en väg att brytas ner på ett annat sätt om den befinner sig i norra Sverige i förhållande till om den befann sig i södra Sverige även om både vägkonstruktionen och trafik är identiska.

Det dimensioneringsförfarande av flexibla vägar som används i Sverige har sina rötter i ASSHO försöken som gjordes i USA för över 50 år sedan. Trots att försöken var mycket omfattande hade de stora begränsningar, som att *i)* försöken gjordes endast i en enda klimatzon, *ii)* endast ett set av vägmateriäl (bärlager, förstärkningslager, terrass etc.) användes, *iii)* låga däcktryck (ringtryck) användes i lastbilarna samt att *iv)* provet var accelererat utan någon klimatkontroll.

I dag har lastbilar andra fjädergenskaper, däcken har utvecklats, stora framsteg har gjorts angående vägbyggnadsmaterial, samt det maskineri som används för vägbyggnation är mycket kraftfullare än förr. Trots detta använts i Sverige i dag ett verktyg för vägdimensionering (och som ingår i beräkningsverktyget PMS Objekt) som bygger på ASSHO försöken. Där görs all tung trafik om till standardaxlar och två empiriska kriterier (i underkant asfaltbunden del samt i överkant terrass) används för att beräkna vägens livslängd. Vid beräkningarna delas Sverige i fem klimatzoner där året delas i tidsperioder med olika materialegenskaper för att ta hänsyn till klimatpåverkningen av materialegenskaperna.

Syfte

En instrumenterad vägtteststräcka som är en del av det nationella vägnätet behövs för att samla in information om samspelet mellan de tunga lasterna, omgivningsklimatet och vägens respons och tillståndsförändring (nedbrytning). Det övergripande syftet är att öka kunskapen om effektsamband mellan tung last, klimat och vägnedbrytning med avsikt att utveckla en ny metod för vägdimensionering och skatta vägars nedbrytningstakt. Med den nya metoden ska man kunna optimera vägens konstruktion utifrån det lokala klimatet och förväntade lasterna.

Nytta

Nyttan av teststräckorna kan anses som:

- Bättre information om kopplingen mellan tung rörlig last, lokalt klimat och vägens nedbrytning.
- Utveckling av en ny dimensioneringsmetod med bättre optimering av vägars funktion samt ökad livslängd som leder till kostnadsreducering av vägens drift och underhåll, samt mindre störningar och trängsel.
- Den nya dimensioneringsmetoden kommer att kunna skatta
 - Effekten av olika axellaster (lastbilar med olika axelkonfigurationer (däcktryck, singel vs. par monterade hjul) på nedbrytningsförloppet.
 - Effekten av olika klimat (årstidsvariationer i klimat och möjligen klimatförändringar) på nedbrytningsförloppet.
 - Bättre skattning av effekter på vägars nedbrytning av olika underhållsstrategier.
- Bättre utnyttjanden av ”lite sämre” lokalt material i stället för att transportera ”bättre material” långa sträckor.

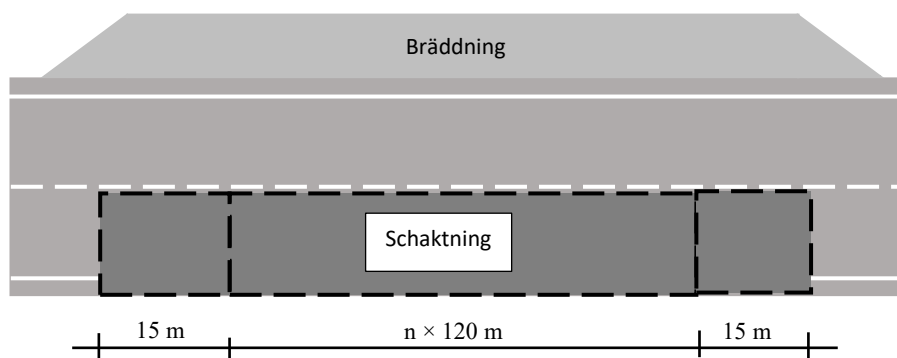
Beskrivning av teststräcka/sträckor

Här förutsätts det att den valda testvägen har tillräckligt med mängd tung trafik, är väl dokumenterad (typ av undergrund, lagertjocklekar, material-egenskaper, grundvattensytaslåge m.m.), BWIM station i närheten samt tillgång till el. Om vägen ej är dokumenterad får detta göras vid urgrävningen och/eller vid en separat undersökning.

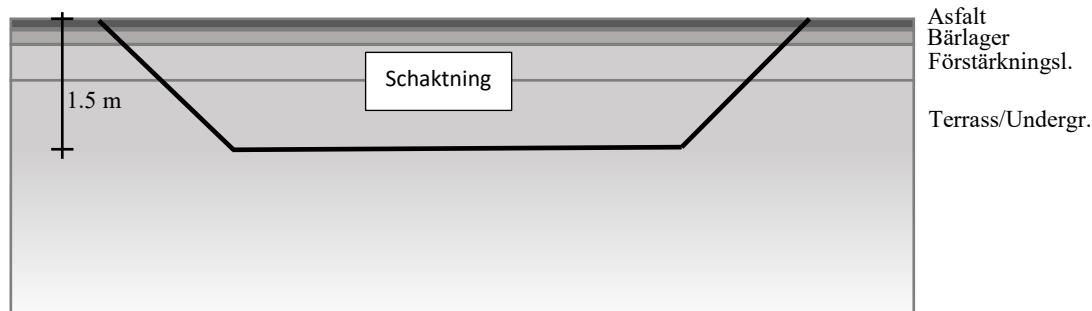
Alternativ 1

Den ena körfältet (som utgör teststräckan) grävs ut ner till 1,5 meters djup. Längden av utgrävningen är beroende av hur många teststräckor som skall byggas. Varje teststräcka måste vara 120 meter lång. Vägkonstruktionen byggs upp igen och vägtekniska samt klimatgivare installeras i samband med uppbyggnaden.

Plan



Tvärsektion



Figur 9.
Planfigur och tvärsektion av uppbyggnaden av en teststräcka.

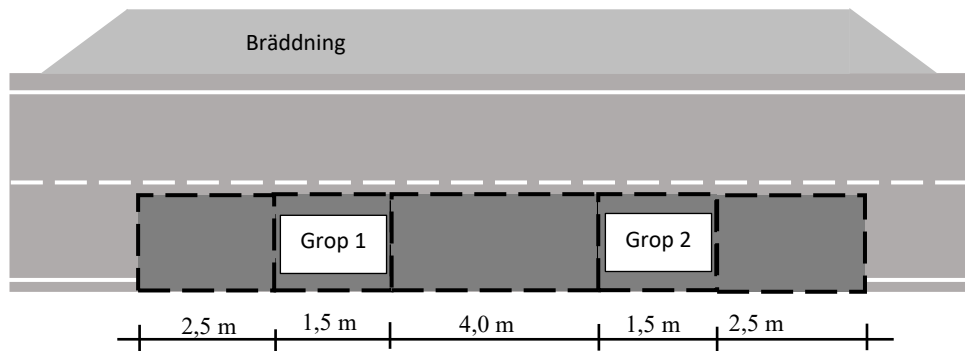
Vägtekniska givare består av vertikala spänningsgivare och vertikala och horisontella töjningsgivare. Spänningsgivarna installeras på 3–4 djupnivåer. Vertikala töjningsgivare installeras över varje lager (i över och underkant för att ge deformationen över respektive lager). Horisontella töjningsgivare installeras i underkant asfaltbeläggning för att ge längsgående samt tvärgående dragtöjningen i underkant bitumenbunden del av strukturen. De vägtekniska mätgivarna placeras motsvarande position för höger (yttre) hjulspår.

Klimatgivarna består av 2 meter lång tjälstav samt 2 meter lång fuktstav samt temperatursensorer som installeras i asfaltbeläggningen. Dessutom måste en väderstation befinnas i närheten.

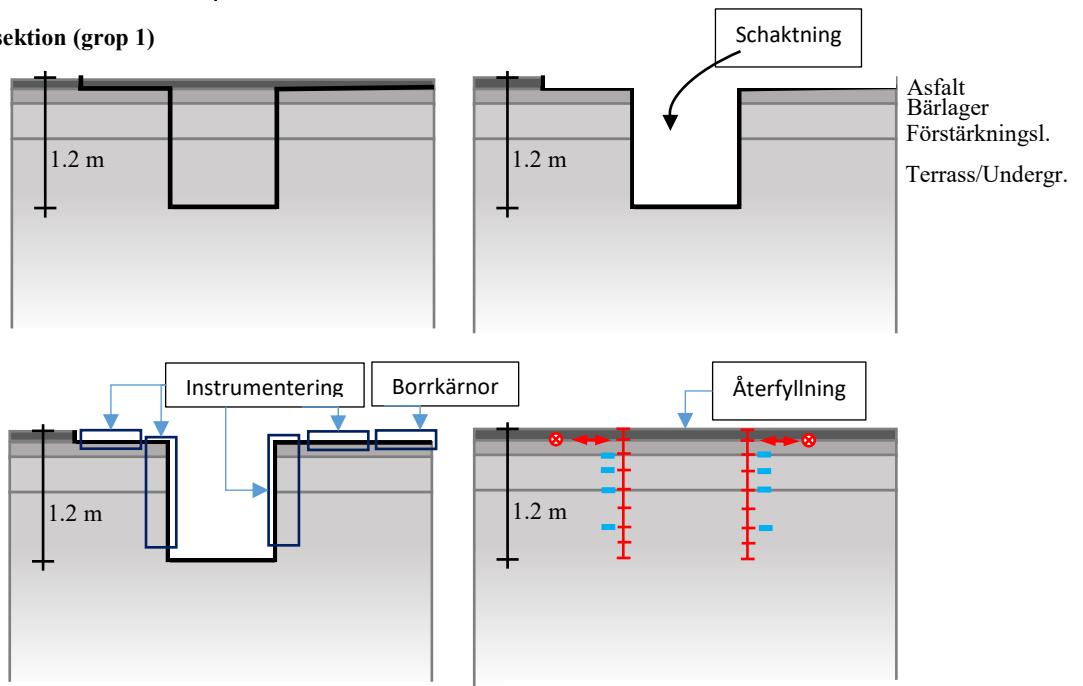
Alternativ 2

Ett annat alternativ för att minska ingreppet i vägen är att gräva två relativt smala gropar igenom vägen med vertikala sidor och installera instrumenteringen i det gamla vägsnittet och återfylla med samma material. Anledningen till att groparna är två är att ha dubbla uppsättningar. Arbetsgången visas schematiskt i Figur 10.

Plan



Tvärsektion (grop 1)



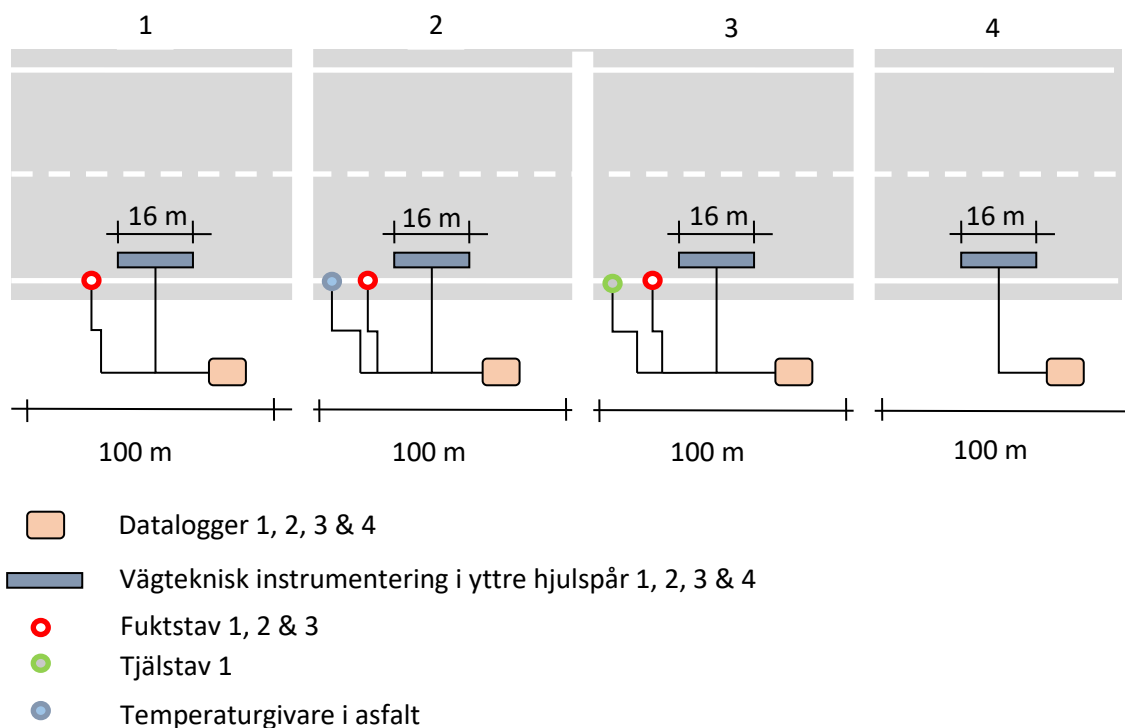
Figur 10.

Tillvägagångsätt med att instrumentera en gammal väg. Den instrumentering som visas i figuren är horisontella (längsgående och tvärgående) samt vertikala töjningsgivare och vertikala spänningsdoser monterade i höger hjulspår. Borrkärnor från asfalten tas från mittområdet och möjligen vid var sin ända.

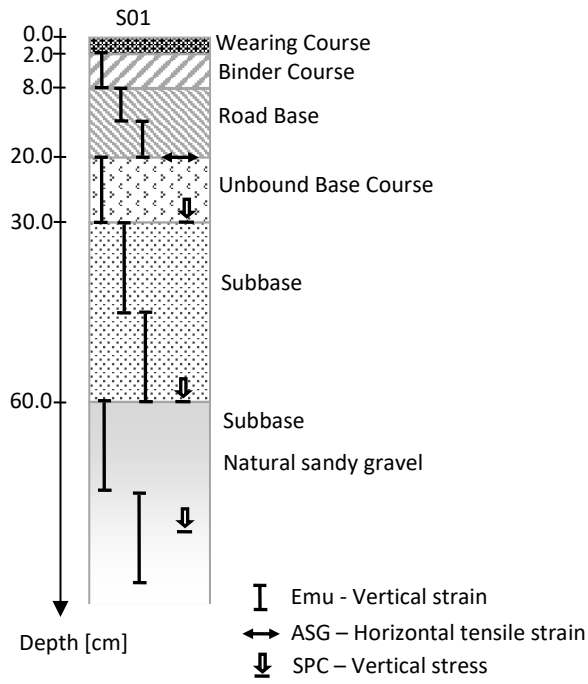
Fördelen med detta tillvägagångssätt är att instrumenteringen sitter i den gamla vägkroppen. Det förutsätts också att det bortschaktade materials används som återfyllning med god packning för att minimera störningen. Det enda nya materialet är beläggningen (den bitumenbundna delen) som måste bytas ut för att göra det möjligt att installera töjningsgivare i underkant asfalt (horisontell dragtöjning). Dessutom tar man borrkärnor för laboratorier testning där. Nackdelen är vissa risker som att detta förutsätter att sidorna står vertikalt och inte ramlar in i gropen samt att i ytterhjulspåret blir det trångt att få plats med all instrumentering, vilket medför en begränsning av antalet möjliga givare per provsträcka (det löser vi med att ha två gropar). VTI har ingen erfarenhet med detta tillvägagångssätt men vet att detta har gjorts utomlands och anser att det är ett möjligt alternativ även i detta fall.

Instrumentering

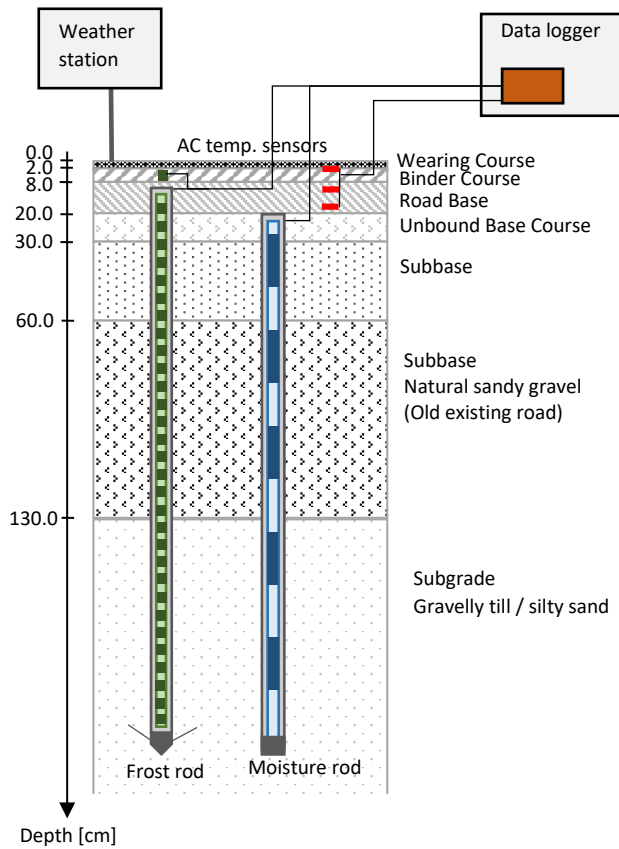
Ett förslag till instrumentering av teststräckor skulle kunna se ut enligt Figur 11.



Figur 11.
Planbild av instrumentering av fyra teststräckor.



Figur 11.
Exempel på den vägtekkniska instrumenteringen för en teststräcka.



Figur 12.
Exempel på den klimatmonitoringen.

Uppföljning

För att följa upp hur teststräckans/sträckornas tillstånd utvecklas med tiden görs ett uppföljningsprogram. Programmet kommer att bestå i första hand av:

- Fallviktsmätningar samt responsmätningar under olika årstider.
- Teststräckan/sträckorna följs upp varje år för tillståndsutveckling med profilometer samt en okulär besiktning.
- Årlig vägytemätning med mätbil.
- BWIM mätningar för uppskattning av axellastspektra samt mätning av sidolägesfördelning.
- Prov för laboratorieanalys från varje lager (görs framförallt i samband med byggandet).
- Insamling av klimatdata.

Bilaga 3



Projektplan

Projekttitel: Pilotimplementering av 74 ton och dess påverkan på infrastrukturen



Datum: 2017-05-12.

Version 1.0

Författare av planen: Johanna Enström, Skogforsk.

Beställare: Trafikverket

Kontaktperson hos beställare: Kenneth Natanaelsson.

Bakgrund

Trafikverket förbereder för ett införande av 74 ton som maximal tillåten bruttovikt. Tidigare har bl.a. två omfattande utredningar gjorts av myndigheten som svar på regeringsuppdrag (Trafikverket, 2014; Trafikverket, 2015). Myndigheten ser vissa kunskapsluckor kring de tyngre fordonstågens påverkan på vägarnas nedbrytning och har därför gett Skogforsk i uppdrag att designa en studie för att vidare utreda frågan.

Denna projektplan är resultatet den förstudie som Skogforsk genomfört i nära samarbete med Trafikverket, VII, Luleå tekniska Universitet (LTU) och WSP. Resultatet av förstudiearbetet presenteras också i sin helhet i Skogforsks Arbetsrapport 935-2017 – *Pilotimplementering av 74-tons fordon*. Projektledare för förstudiearbetet har varit Johanna Enström, Skogforsk.

I dag beräknas tunga fordons slitage på vägen enligt den så kallade fjärdepotensregeln, vilken säger att axellasten X orsakar en nedbrytning av vägen motsvarande $(X/Y)^4$ gånger den nedbrytning som referenslasten Y ger. Fjärdepotensen innebär till exempel att 20 % ökad axellast ($X = 1,2 \times Y$) medför att nedbrytningen ökar med 107 %. Enligt denna metod skulle ett 74-tons ekipage vara klart skonsammare mot vägen än dagens 64-tons ekipage då trycket per axel sjunker (Granlund & Lang, 2016).

Dagens beräkningsmodeller ger alltså ingen anledning till oro för ökat vägslitage, men de tar inte heller full hänsyn till placeringen av axelgrupper. Trafikverket ser vissa risker för de klen byggda vägarna grundat på effekter som man i dag kan se av tung trafik, samt i några fall på studier utförda under andra förutsättningar än de svenska (Karlsson, 2015). Därför finns behov av strukturerad utvärdering och validering på svenska vägar av teoretiskt framtagna beräkningsmodeller.

En övergång till 74-tons ekipage har den positiva effekten att det totala antalet axlar som krävs per transporterad mängd gods minskar då mer kan lastas på samma ekipage. För att möjliggöra en sammanvägning av positiva och negativa effekter på vägarna av 74-tons trafik krävs att också de eventuella negativa effekterna kan kvantifieras. När en sådan sammanvägning gjorts kan även samhällsekonomiska effekter med större säkerhet utvärderas.

Under förstudiearbetet identifierades följande huvudområden som Trafikverket önskar få djupare förståelse för:

1. Ökade laster långt ner i geotekniska konstruktioner som en följd av fler trippelaxlar.
2. Fler axlar per tungt fordon, vilket påverkar nedbrytning kopplat till tidsberoende materialegenskaper, tex viskoelasticitet i asfalt och inverkan av vatten i fin- och mellankorniga jordar.
3. Slitage p.g.a. ökade dynamiska krafter p.g.a. vägojämnheter.
4. Effekter av retardation/acceleration, t.ex. i samband med korsningar.

5. Påverkan på vägkanter.
6. ”Broeffekt” på mjuk undergrund.
7. Dimensioneringsmodeller för smarta förstärkningsåtgärder för tung trafik.

Samtliga punkter gäller i första hand för klen byggda vägar. Det talas ibland om obbyggda vägar, dvs vägar som tillkommit långt tillbaka i tiden och som gradvis upprustats efter behov. En farhåga är att man vid ytterligare höjningar av bruttovikter ska stöta på problem med vägar som är relativt klen byggda men som hittills har klarat dagens trafik.

Kunskapsområde 1 till 6 handlar alltså om risker som man med dagens tillämpliga beräkningsmetoder inte har möjlighet att kvantifiera. Huvudfokus i studien riktas mot punkterna 1 till 3 ovan.

Inom förstudien har en inventering av studietekniker och metoder gjorts för att mäta dessa effekter (se förstudierapporten *Enström et. al. 2017*). En värdering av vilka metoder som bör användas i huvudstudien har även gjorts i samråd mellan Skogforsk och Trafikverket. Valda metoder beskrivs i genomförandedelen under respektive arbetspaket.

Syfte

EFFEKTMÅL

Rätt dimensionerade framtida vägar utifrån vägens funktion leder till ökad livslängd och kostnadsreducering av vägens drift och underhåll, samt mindre störningar och trängsel.

Att tidigare kunna identifiera brister och åtgärdsbehov hos befintliga vägar väntas leda till minskade kostnader för vägunderhåll och mindre störningar.

Bättre beräkningsmodeller för vägars påverkan av tunga laster ger förutsättningar för att utveckla och beräkna smarta underhålls- och förstärkningsmetoder. Det ger även större möjlighet att nyttja lokalt material vid vägbyggnation vilket ytterligare minskar kostnaderna för väghållningen.

Ökad kunskap om kostnad och nytta av den tunga trafiken, med fokus på 74-tons fordon, väntas ge ökad förståelse och väl underbyggda beslut och regelverk kring tunga transporter i framtiden, vilket leder till ökad samhällsnytta och ökad hållbarhet i transportsystemet.

Fördjupad kunskap om vägnätets beskaffenhet inom försöksområdet ger nyttor även i framtida forsknings- och utvecklingsprojekt inom vägteknikområdet.

PRODUKTMÅL

Projektet ska leverera följande produktmål (Pd). Olika arbetspaket syftar till uppfyllelse av olika mål.

Pd 1: Öka kunskapen om hur vägnätet eventuellt påverkas vid införande av 74-tonstransporter.

Pd 2: Öka kunskapen om effektsamband mellan tung rörlig last, klimat, jordart, vägkonstruktion och vägnedbrytning.

Pd 3: Utveckla en ny metod för vägdimensionering och skatta vägars nedbrytningstakt. Med den nya metoden ska man kunna optimera vägens konstruktion utifrån det lokala klimatet och förväntade lasterna. Metoden kommer att kunna skatta:

- Effekten av olika axellaster (lastbilar med olika axelkonfigurationer (däcktryck, singel vs. par monterade hjul)) på nedbrytningsförloppet.
- Effekten av olika klimat (årstidsvariationer i klimat och möjligen klimatförändringar) på nedbrytningsförloppet.
- Effekter på vägars nedbrytning av olika underhållsstrategier.

Pd 4: Kunskap om hur fler trippelaxlar och tätare axelöverfarter påverkar på djupet i väggroppen, på klint byggda vägar.

Pd 5: Förståelse för kostnad och nytta av trafik med tyngre laster.

Pd 6: En gemensam kunskapsplattform kring effekterna vid en implementering av tyngre fordon på det statliga vägnätet. Detta inkluderar kommunikation av resultat för såväl experter som en bredare intressentgrupp.

Avgränsningar

Projektet är avgränsat i omfattning till de arbetspaket som beskrivs nedan. Dessa har valts i samråd med Trafikverket. Under förstudiearbetet har det dock presenterats förslag på fler studier och metoder som ytterligare skulle kunna öka kunskapen kring de områden som Trafikverket lyft fram. Det togs också fram ett första och ett andrahandsval för geografisk lokalisering av studieområde. Av resursskäl har vi sedan valt att endast gå vidare med ett studieområde och med de arbetspaket som beskrivs nedan. Förstudierapportens föreslagna delstudier överensstämmer därför inte helt med de arbetspaket som beskrivs under genomförandedelen i projektplanen. Det finns möjlighet att under projekttiden, eller i ett senare skede, lyfta in fler metoder eller fler studieområden om det skulle visa sig att resurserna kan utökas.

Genomförande

ÖVERGRIPANDE STUDIEUPPLÄGG

För att mäta förändringar i vägarna vid införande av 74 tons fordon, med fokus på de risker som Trafikverket ser, finns ett flertal möjliga metoder. Valda metoder beskrivs under respektive arbetspaket. Vissa metoder ger mycket detaljerad information om en eller ett fåtal utvalda teststräckor, medans andra ger en lägre detaljeringsgrad över ett större studieområde.

Det övergripande studieområdet utgör ramarna för mätningarna. Inom detta området väljs en delmängd av vägarna ut för studier på högre detaljeringsnivå. Data från de olika mätningarna kan då kopplas ihop geografiskt för att kunna se om korrelation förekommer mellan olika mätresultat.

De olika detaljeringsnivåerna benämns Mätzon 1, 2 och 3, där Mätzon 1 är det övergripande studieområdet (samtliga vägar i en större region). Mätzon 2 är en delmängd av vägarna inom Mätzon 1 och Mätzon 3 utgör de mest specifika teststräckorna som blir föremål för djupanalys.

Geografiska områden för Mätzon 1 och 3 har tagits fram inom förstudien. Vilka av dessa vägar som kommer att ingå i Mätzon 2 ligger inom Arbetspaket 2 att närmare specificera (Anpassning och koordinering av befintliga mätningar).

Projektet organiseras i sju arbetspaket som beskrivs vidare nedan.

1. Samordning och projektledning
 2. Anpassning och koordinering av befintliga mätningar (berör Zon 2)
 3. Nulägesbeskrivning av studieområdets bärighet (berör hela Zon1)
 4. Instrumenterad väg (berör Zon 3)
 5. Korrelationsanalys
 6. Kostnads-/ nyttoanalys
 7. Kommunikation av resultat
- Förvaltningsfas

Arbetspaket 2, 3 och 4 innefattar praktiska mätningar och studier medans Arbetspaket 5 och 6 innehåller analyser som bygger på data eller resultat från de praktiska försöken.

Forskningsprojektet är designat för att pågå under ca tre års tid, men därefter bör viss uppföljning fortgå som del i en förvaltningsfas. Denna bör pågå omkring 7 år efter projekttidens slut.

4. VAL AV GEOGRAFI

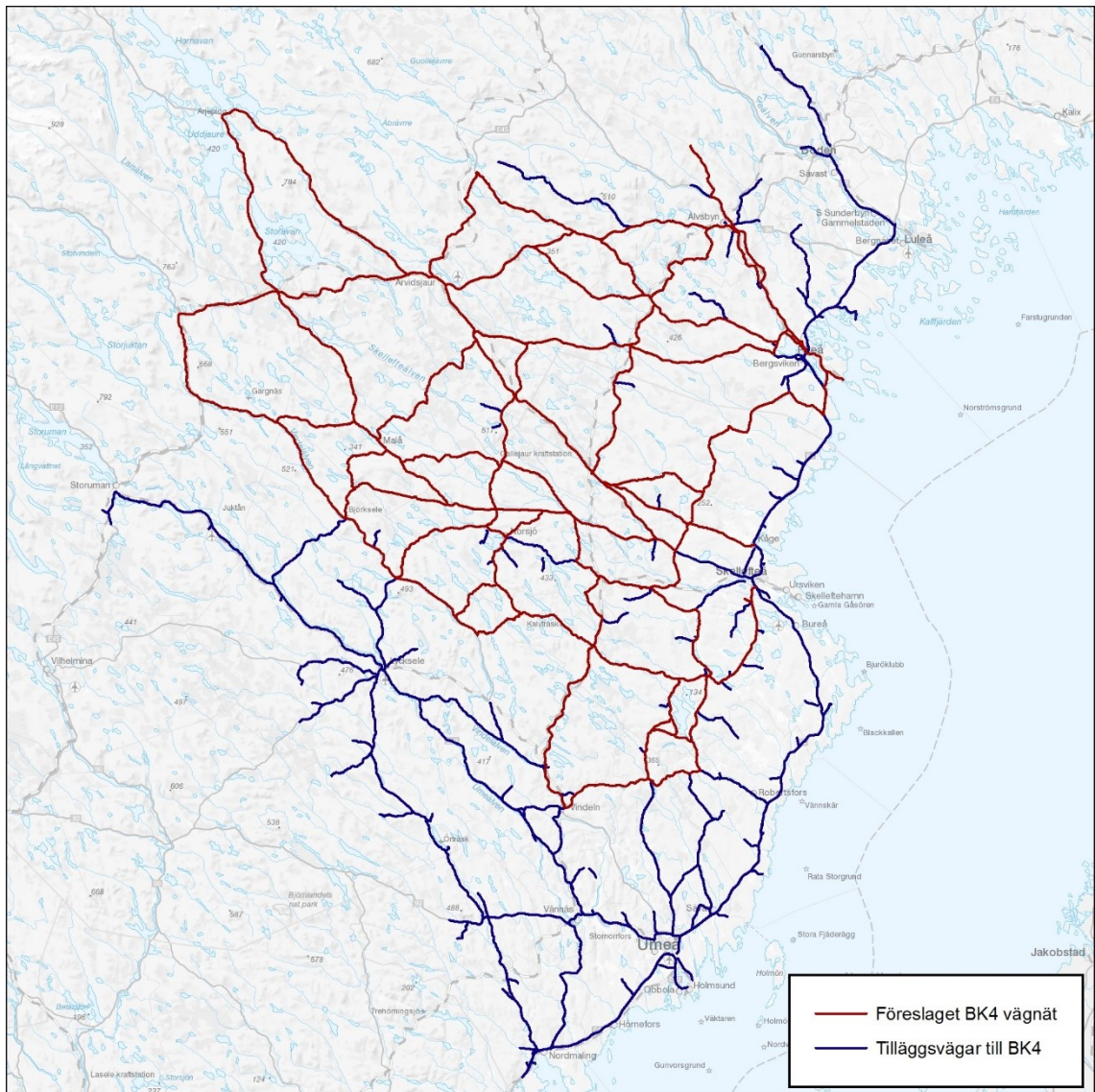
Utgångspunkten för valet av geografi har varit de fem områden som pekats ut i rapporten Statliga vägar som Trafikverket kan upplåta för en ny bärighetsklass 4 (Natanaelsson & Ngo, 2016). Utgångspunkten för analysen var också att ett av dessa områden skulle utses som förstahandsval för att utgöra Mätzon 1. Analysen beskrivs i sin helhet i förstudierapporten (Enström et.al., 2017).

Sju kriterier formulerades för att välja ett förstahandsområde och ett andrahandsområde av de fem möjliga områdena. Kriterierna har delats upp i kategorierna affärsmässigt och studietekniskt.

Affärsmässigt syftar till att beskriva områdets förutsättningar för att det ska uppkomma trafik med 74 tonsfordon inom pilotområdet (en förutsättning för studier). Exempel på kriterier var storleken på vägnätet, att nätet är sammanhängande och att det sitter ihop med större industrier. En flödesanalys för de olika områdena gjordes för att bedöma hur många skogliga 74-tonsfordon som skulle kunna sysselsättas inom respektive område.

I kategorin Studietekniskt har kriterier formulerats som beskriver områdenas lämplighet för att kunna genomföra bra mätningar, exempelvis tillgång till permanenta mätstationer och att det finns vägar inom olika standarder och vägklasser.

En sammanvägning enligt ett poängsystem gjordes sedan av hur väl respektive område uppfyller kriterierna. Analysen resulterade i att Område 1 – Västerbottens- och Norrbottens län (mellan Piteå och Skellefteå) valdes som förstahandsalternativ och Område 3 – Gävleborgs- och Dalarnas län (området mellan Gävle, Sandviken, Falun, Avesta) som andrahandsalternativ. För att säkerställa bra studieförutsättningar föreslogs även vissa utökningar av det valda vägområdet (se Figur 1). Det finns skäl att undersöka vägtekniska frågor i olika delar av landet, inom olika klimatzoner, men av budgetskäl är det endast förstahandsalternativet som kommer att studeras inom detta projektet. Det föreslagna området utgör alltså Mätzon 1.



Figur 1.
Valt studieområde. Område 1, Norr- och Västerbottens län.

Mätzon 2 bör sträcka sig över minst ca 15–20 procent av vägnätet i Zon 1. För identifiering av Zon 2 måste först stationeringsort för fordonen identifieras. Zon 2 utgörs sedan av det vägnät som mätfordonen trafikerar dvs att Zon 2 är dynamiskt och anpassas så att den möjliggör ett fördelaktigt läge för Zon 3 se nedan.

Mätzon 3 är en testväg och skall ligga inom Zon 2. Kriterier för testvägens placering:

- Vägen ska vara klen byggd.
- Närhet till klimatstation.
- På samma vägsträcka som en möjlig placering av BWIM-utrustning, allra helst en befintlig mätpunkt.
- Möjlighet till trafikintensitetsmätning med ex. slangmätning.
- Längs testvägen ska det finnas vägavsnitt byggda på olika jordarter, där minst ett avsnitt ska vara byggt på siltigt material.

En detaljerad analys av de kriterier som ställts upp för Zon 3 kräver dels tillgång till data och analys av denna, dels praktiska besök i fält under bar- markssäsong för att bekräfta de fysiska förutsättningarna. Men tack vare kunskap om vägar och mättekniska förutsättningar hos Trafikverkets personal har ett förslag till instrumenterad teststräcka (Zon 3) kunnat tas fram grundat på intervjuer.

Den valda sträckan är väg 373 mellan Piteå (E4an) och Abborrträsk (väg 95). Trots att vägen är del av det utpekade 74-tonsvägnätet bedöms den vara tillräckligt klen byggd för att vara intressant för studien (beläggning av mjukt oljegrus) och det bör finnas goda förutsättningar att hitta de jordtyper man letar efter då vägen går över några Älvdalar. Här finns också tillgång till B-WIM mätning. Vägen är en typisk ”timmerränna” med mycket tung trafik i främst östlig riktning. Förutsättningarna antas därför vara goda för att få 74-ton trafik på den aktuella sträckan. Trafikverket har tidigare gjort en översiktlig bärighetsutredning på vägen. Två teststräckor kommer att anläggas. Den ena direkt på väg 373 och den andra på en anslutande väg till 373 som är klenare byggd. Att bestämma exakta mätpunkter ingår som en del av arbetspaket 4, Instrumenterad väg.

ARBETSPAKET 1 – SAMORDNING- PROJEKTLEDNING- OCH FÖRVALTNING

I samordningsdelen ingår att koordinera delprojekten så att de drar maximal nytta av varandra under samtliga faser av projektet. Konkret innebär det att hålla löpande kontakter med samtliga projektparters, att följa upp genomförandet mot tidsplan och budget och att administrera projektet som helhet. Ledare för respektive arbetspaket ansvarar för planerade leveranser och förväntas driva arbetspaketet självständigt samt att delta i projektmöten och andra gemensamma aktiviteter inom projektet.

Trafikverket kommer, som beställare, att vara ansvarig för den strategiska styrningen av projektet medans projektledaren ansvarar för den operativa styrningen.

I projektledaransvaret ingår även ansvar för övergången till förvaltningsfas vid slutet av projekttiden.

ARBETSPAKET 2 – ANPASSNING OCH KOORDINERING AV BEFINTLIGA MÄTNINGAR

Som beskrivits i förstudien sker redan idag uppföljning av trafikintensitet, klimat och vägyta på många platser i Sverige. Vägytan mäts exempelvis med så kallade laserbilar i någon riktning minst vartannat år över hela vägnätet. Ett omfattande dataunderlag finns att tillgå i Trafikverkets system PMSV3. För det aktuella studieområdet är det dock rimligt att förtäta dessa mätningar så att de sker varje år och ev. i båda färdriktningarna.

Det är mycket viktigt att på ett tillförlitligt sätt kunna mäta och uppskatta trafikintensiteten på så stora delar som möjligt av Zon 1 (där även referensvägar bör ingå). Därför behöver en översyn göras av hur metoder som slangmätningar och B-WIM stationer kan användas på bästa sätt inom området.

Trots koordinering och ökat fokus på mätningar inom området kommer det inte vara möjligt att få lika tillförlitlig information om hela Zon 1. De vägar som väljs ut för noggrannare datainsamling kommer därför att få utgöra Mätzon 2. Vilka vägar som väljs beror dels på mättekniska förutsättningar men också på vägarnas förutsättningar för att trafik med 74-tons fordon. Exempelvis kan en väg mellan en större timmerterminal och en industri vara lämplig att inkludera i Mätzon 2.

Förväntade leveranser: En kartläggning av vilken data som idag finns att tillgå på det utpekade studieområdet. Ett tydligt förslag till Trafikverket om var och när ytterligare mätningar önskas under studieperioden.

Arbetspaketet ska i (tillsammans med Arbetspaket 3) lägga grunden för Arbetspaket 4, Korrelationsanalys och även samverka med övriga arbetspaket.

En aktiv medverkan från trafikverket krävs för genomförandet av arbetspaketet.

ARBETSPAKET 3 – NULÄGESBESKRIVNING AV STUDIEOMRÅDET (DEFLEKTIONSMÄTNING)

I förstudien redovisas främst 3 olika metoder för deflektionsmätning. Deflektionsmätning svarar i sig inte på frågan om hur 74-tons fordon påverkar vägen (jämfört med 64-tons fordon), men de skulle var en viktig utgångspunkt för korrelationsanalysen som avser att studera sådana samband. Att få detaljerad kunskap om vägens bärighet inom ett större område är i sig också värdefullt för Trafikverket.

Traditionellt har fallviktsmätningar använts. Fallviktsdeflektometern (FWD) är en automatiserad stationär stötlastmetod, använd för att mäta nedböjningen i vägytan, som sedan kan användas vid beräkning av vägens bärighet. Metoden ger kvalitativa data men kan endast användas på utvalda sträckor eftersom varje mätning tar relativt lång tid.

En metod för kontinuerliga responsmätningar i normal trafikhastighet är TSD-metoden (Traffic Speed Deflectometer), som mäter med instrumenterade tunga fordon (Flintch et.al., 2013). Systemet mäter svikten i vägen, d.v.s. ett av flera mått på bärighet. Systemet har en hög startkostnad men möjliggör samtidigt mätning med god kvalitet över stora områden.

Förstudien beskriver också en metod för att indirekt mäta vägens deformation – defektografmetoden. Principen för metoden är att samtidigt göra vägytemätning med en laser och en responsmätning med en accelerometer och sedan jämföra resultatet. Genom att jämföra den olastade och lastade mätningen kan man säga något om vägens deformation. Metoden ger möjlighet att jämföra påverkan från fordon med olika totalvikter och axelvikter, men är relativt sparsamt testad. Därför finns en viss osäkerhet om tolkningen av resultaten.

Eftersom Trafikverket räknar med att ha en god kalibrering av TSD-metoden, även för svagare vägtyper, tillgänglig inom en snar framtid är detta den metod som antas bli aktuell. Detta skulle möjliggöra en högkvalitativ helhetsbedömning av bärigheten på hela det aktuella vägnätet.

Trafikverket ansvarar för detta arbetspaket och de kommer även att budgetera för det separat. Ingen budget för detta läggs därför in i projektet. En nulägesbeskrivning av bärigheten på vägarna i studieområdet är dock av högsta relevans för projektet och påverkar möjligheterna att finna samband genom korrelationsanalysen.

Förväntade leveranser: En (geografiskt knuten) nulägesbeskrivning av vägarnas bärighet inom studieområdet. Leverans av nulägesbeskrivningen krävs för genomförande av AP5, Korrelationsanalys.

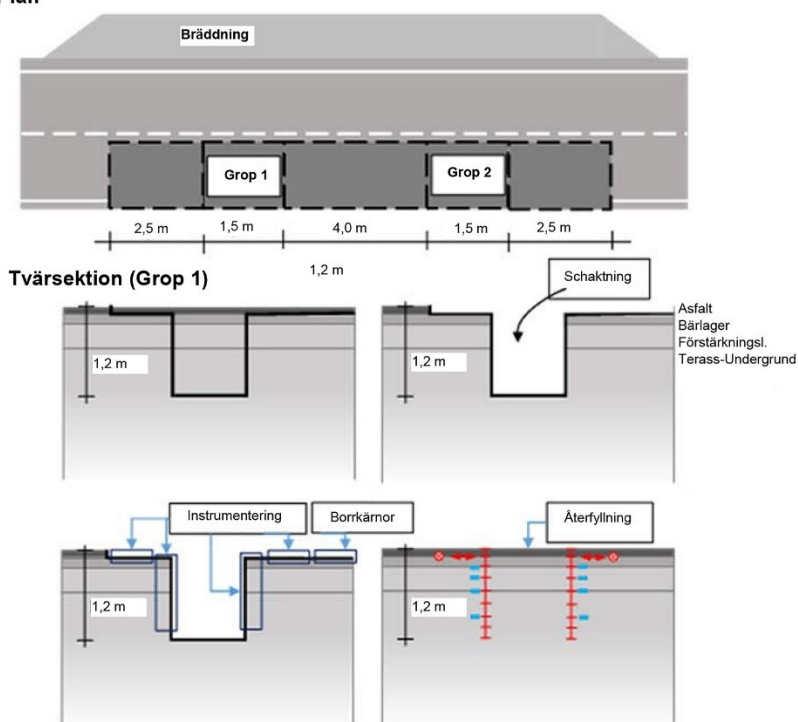
ARBETSPAKET 4 – INSTRUMENTERAD TESTVÄG

Testvägar med sensorer i väggroppen som mäter dragtöjning och spänningar vid olika kända laster är den metod som säkrast adresserar frågeställningarna kring strukturella effekter i väggroppen av trippelaxelgrupper och tidseffekter av tätare axelöverfarter. En ny validerad metod för vägdimensionering och skattning av vägars nedbrytningstakt, som bättre beskriver effekten av axelgrupper, skulle kunna ge stora effektiviseringsvinster vid implementering hos Trafikverket. Den väntas också kunna ge svar på den övergripande frågan hur 74-tons fordon påverkar nedbrytningen hos klenlytt byggda vägar.

Enligt den föreslagna metoden ska sensorer grävas ner i befintlig väg som sedan fylls igen med samma material som den övriga vägen och packas väl. Den här metoden är ny i Sverige och har inte tidigare testats av VTI, vilket utgör en riskfaktor. Metoden har dock testats på andra håll i världen. Fördelarna med det nya planerade tillvägagångssättet är stora kostnadsmässigt. Försökstekniskt finns också stora fördelar i det att man testar just det som Trafikverket frågar efter, dvs påverkan på en befintlig väg och inte en nybyggd.

Två relativt smala gropar grävs genom vägen med vertikala sidor. Instrumenteringen installeras i det gamla vägsnittet och återfylls med samma material. Anledningen till att groparna är två är att ha dubbla uppsättningar. Arbetsgången visas schematiskt i följande figur.

Plan



Figur 2.

Tillvägagångssätt vid instrumentering av gammal väg. Den instrumentering som visas i figuren är horisontella (längsgående och tvärgående) samt vertikala töjningsgivare och vertikala spänningsdoser monterade i höger hjulspår. Borrhörarna från asfalten tas från mittområdet och möjligen vid var sin ända.

Det bortschaktade materialet används som återfyllnad med god packning för att minimera störningen. Det enda nya materialet är beläggningen (den bitumenbundna delen) som måste bytas ut för att göra det möjligt att installera töjningsgivare i underkant asfalt (horisontell dragtöjning). Det finns vissa risker som att det förutsätts att sidorna står vertikalt och inte ramlar in i gropan samt att det blir trångt att få plats med all instrumentering i ytterhjulspåret, vilket medför en begränsning av antalet möjliga givare per provsträcka (löses med att ha två gropar).

Arbetspaketet är omfattande och en detaljerad beskrivning av utförandeplanen återfinns i Bilaga 4. I korta drag innehåller arbetspaketet följande steg, som också utgör projektets leverabler:

1. Analys och urval av två teststräckor på och i anslutning till länsväg 373. Inkluderar genomgång av befintliga data, platsinventering, fallviktsmätningar, georadarmätningar och provtagningar.
2. Installation i vägkroppen (x2).
3. Uppföljning av hur teststräckornas tillstånd utvecklas. Uppföljningsprogrammet kommer att bestå i första hand av:
 - Fallviktsmätningar och responsmätningar under olika årstider.
 - Årlig uppföljning av tillståndsutveckling med profilometer samt okulär besiktning.
 - Årlig vägytemätning med mätbil.
 - BWIM mätningar för uppskattning av axellastpektra samt mätning av sidolägesfördelning.
 - Prov för laboratorieanalys från varje lager (görs framförallt i samband med byggandet).
 - Insamling av klimatdata.
1. Analys och arbete med att, utifrån försöksdata ta fram en ny dimensioneringsmetod för vägar anpassade till tunga laster.
2. Resultatredovisning. Vetenskaplig publicering förväntas bli en följd av studien, men även en projektrapport på svenska ska levereras.

ARBETSPAKET 5 – KORRELATIONSANALYS

Syftet med arbetspaketet är att, över ett större vägnät, studera möjliga samband mellan 74-tonstrafik och vägarnas nedbrytningstakt. Även samband mellan vägars nedbrytning och andra påverkansfaktorer (tex jordart, klimat och vägkonstruktion) kan studeras. Genom denna typ av långsiktig bevakning av korrelationen mellan vägars nedbrytning, vägkonstruktion, jordart och trafik, är det möjligt att få indikationer på om vissa typer av vägar påverkas av tyngre totalvikter.

Som referens tas vägar med endast 64-tonns trafik. Det är mycket viktigt att hitta lämpliga referensvägar då bruttoviktshöjningen från 60 till 64-ton (som även inneburit ökade axellaster) endast gällt under en kort period. En allmän ökning av vägarnas nedbrytningstakt kan därför inte direkt kopplas till 74-tonns införandet om inte ökningen statistiskt skiljer sig från den hos referensvägarna.

Tillförlitliga data över trafikintensiteten, främst från den tunga trafiken, är avgörande för att kunna analysera eventuella samband. I förstudierapporten beskrivs olika trafikmätningmetoder så som B-WIM och slangmätningar. Samtliga är dock begränsade till att mäta trafik under kortare tidsperioder, normalt inte längre än ett par veckor. Då trafikintensiteten från skogstransporter kan variera stort över året på vissa sträckor är det lämpligt att komplettera mätningarna med data från skogsbrukets transportredovisning (via SDC). Det förutsätts då att transportererna gått enligt föreslagna rutter i Krönt Vägval. Ifrån denna statistik kan även de lastade fordonsvikterna hämtas.

Arbetspaketet delas in i följande steg:

- Datainsamling och sammanställning av geografiska data, både från Trafikverkets system, nya deflektionsmätningar och data från SDC.
- Bearbetning av data – Utsökning av jämförbara par.
- Sammanställning av ny vägytedata – Grundat på ny vägytemätning. Förslagsvis efter två år.
- Statistisk analys
- Resultatredovisning

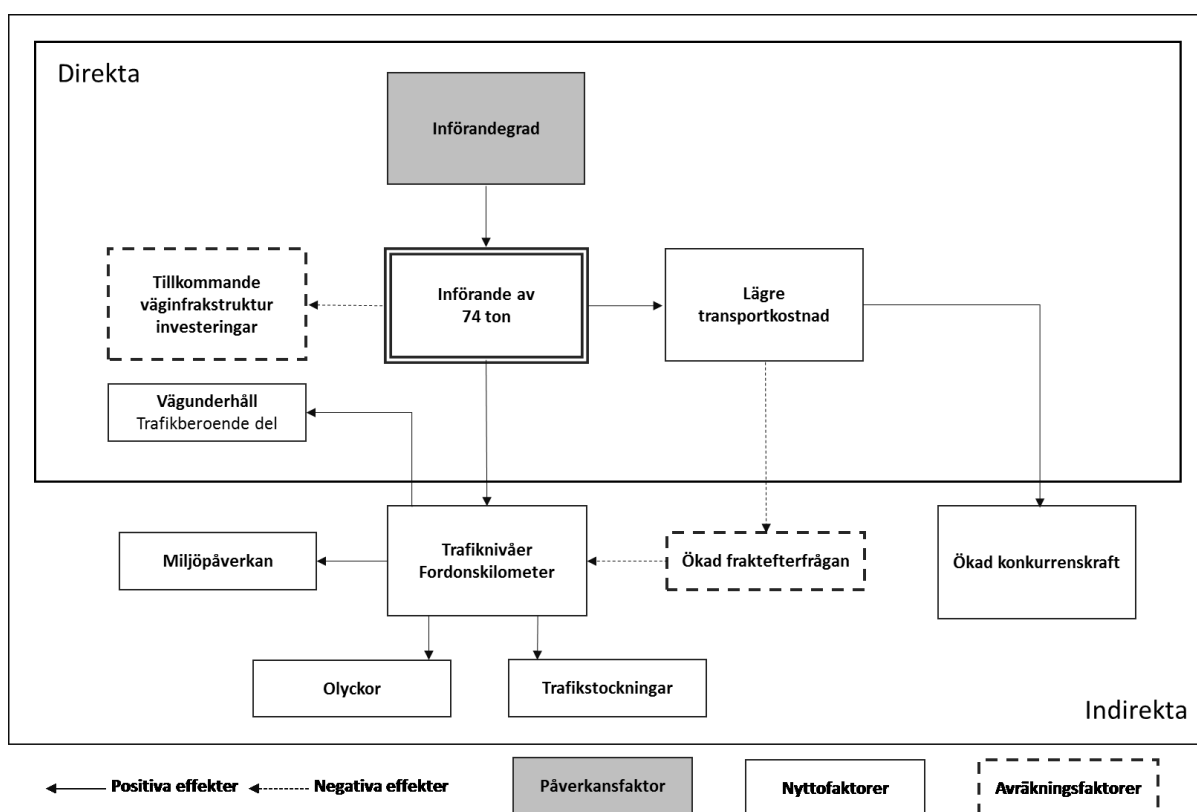
Ett aktivt samarbete med Trafikverket krävs då data från PMSV3 och eventuellt andra system måste kunna tillhandahållas som geografisk data (ref-länk-id). Arbetspaketet bygger på, och bör i viss mån utföras parallellt med Arbetspaket 2. Koordinering av befintliga mätningar. Det kräver även leverans från Arbetspaket 3. Nulägesbeskrivning av studieområdet.

Projektets leverabler: Genomförd analys, utifrån bästa tillgängliga data, som utreder sambanden mellan vägarnas nedbrytning, lastvikter på tunga fordon, vägbyggnad, klimat och jordart. Redovisat i form av en projektrapport på svenska.

ARBETSPAKET 6 – KOSTNADS- / NYTTOANALYS

Tidigare arbetspaket syftar till att på olika sätt öka kunskapen om hur 74-tons fordons påverkar väginfrastrukturen. För att sätta in dessa resultat i ett sammanhang genomförs en kostnads- / nyttoanalys av att tillåta trafik med 74-tons fordon. Fokus för analysen ska enligt uppdraget vara nyttorna för skogsbruket, men om andra i området viktiga industrier som drar nytta av bruttoviktshöjningen kan identifieras bör även dessa inkluderas.

Modellen bygger på (McKinnon, A., 2012) modell, Figur 2, som anpassats utifrån de faktorer som påverkar kostnad- och nyttoanalysen i de empiriska försöksområdena.



Figur 3. Schematisk bild över modellen med de nyttofaktorer och avräkningsfaktorer som uppstår vid ett införande av 74 ton.

Modellen består av en inre och en yttre ram. Den inre ramen består av faktorer som direkt påverkas av ett införande av 74 ton och relativt enkelt går att kvantifiera i kronor och ören. Den yttre ramen består av indirekta faktorer som påverkas vid ett införande men som med fördel kvantifieras i andra mått än kronor och ören.

Direkta faktorer

- Införandegrad. Styr både de nyttor och kostnader som uppstår vid ett införande av 74 ton. Kvantifieras i procent.
- Transportkostnad. Användning av 74-tons lastbilar innebär att man kan transportera mer per lastbil. Kostnadsminskningen består inte enbart av minskade bränslekostnader, utan också i att transportsystemet blir mer effektivt. Kvantifieras i kr/år.
- Tillkommande väginfrastrukturinvesteringar. Främst åtgärdande av svaga broar. Kvantifieras i kronor som summan av de årliga avskrivningarna av väginfrastrukturinvesteringarna.
- Kostnad för vägunderhåll. Resultatet från tidigare arbetspaket ger en bättre underbyggd uppskattning av hur kostnaden för vägunderhåll påverkas, jämfört med vad som tidigare varit känt. Denna skattning av ökad eller minskad underhållskostnad lyfts in i analysen.

Indirekta faktorer

- Miljöpåverkan: Kvantifieras i ton besparad koldioxid för det inom området utförda transporterna med 74-tonsfordon.
- Olyckor: Forskningen kring 74-tonsfordon och dess trafiksäkerhet är begränsad. Den forskning som dock finns visar på högre säkerhet per fordonskilometer med HCT-fordon än konventionella, förutsatt att fordonen kör på avsett vägnät och i fordonskombinationer som är godkända.
- Trafikstockningar: Faktorn kan kvantifieras genom att beräkna minskad kötid, antal fordon som berörs och värdet för varje persons kötid.
- Ökad konkurrenskraft: Ett införande av HCT bidrar till ökad effektivitet för godstransporter på väg och sänker dess transportkostnader, vilket bidrar till en ökad konkurrenskraft för näringslivet (Lunds universitet, 2016). Nyttan beror dock på hur stor andel av vägnätet som blir tillgängligt.

Övriga ej ingående faktorer

Överflyttningseffekterna varierar i olika studier beroende på geografi, järnvägsnätets utbyggnad, typ av varugrupper, tidsperspektiv och förändrad transporteffektivitet, d.v.s. vikt/volym-förändringen. (Lunds universitet, 2016). I de aktuella studieområdena är sannolikheten för överflyttningseffekter väldigt låg och faktorn tas därför inte med i analysen.

I ”Systemanalys av införande av HCT på väg i Sverige” anges en risk att tyngre fordon leder till högre frakfterfrågan. För skogliga transporter ser inte vi den effekten då efterfrågan och råvaruutbudet för skogen kommer vara konstant.

Förväntade leverabler: En genomförd kostnads-/nyttoanalys av att tillåta trafik med 74-tons fordon, enligt föreslagen metod.

ARBETSPAKET 7 – KOMMUNIKATION AV PROJEKTETS RESULTAT

Målgrupper för projektets resultat är i första hand Trafikverket som berörs av samtliga av projektets effektmål. Beslutsfattare på olika nivåer och i viss mån också en intresserad allmänheten, kan ha intresse av att känna till vilken påverkan som tyngre lastvikter har på vägarnas nedbrytningstakt och hur det påverkar samhällsekonomin. Det finns också ett stort intresse från forskarsamhället, både nationellt och internationellt, av att tillgodogöra sig resultaten och de nya modeller som tas fram.

Arbetspaketen 4, 5 och 6 levereras vardera en rapport på svenska som sammanställer respektive studie och dess resultat. Projektledaren sammanställer sedan, med utgångspunkt från dessa rapporter, en översiktlig projektrapport som redovisar resultaten i förhållande till samtliga uppsatta mål för projektet. För Arbetspaket 4, finns även en målsättning om vetenskaplig publicering.

Ett enklare slutseminarium med Trafikverket kommer också att hållas som en del i överlämningen av projektet.

PROJEKTETS FÖRVALTNINGSFAS

Efter projekttidens slut bör uppföljningen av vägarna i området fortsätta under minst en beläggningstidslängd. Uppskattningsvis omkring 10 år, d.v.s. 7 år efter avslutat projekt.

Förvaltningsfasen innefattar fortsatt uppföljning av utvecklingen hos de instrumenterade testvägarna, med fortsatt datainsamling. Under projekttiden ger testvägarna resultat, främst genom responsmätningar med olika laster. Det tar normalt längre tid än tre år innan sprickor och andra permanenta slitningar i vägen uppstår. Men genom att fortsätta följa upp dessa sträckor under längre tid kan slutsatser senare dras om hur trafiklasterna påverkar vägens tillståndsutveckling. I den årliga uppföljningen av teststräckorna ingår att sammanställa responsmätning, tillståndsmätning och trafikmätning.

Under förvaltningsfasen görs också fortsatt sammanställning och uppföljning av de data som samlas in löpande i resten av försöksområdet (Zon 1 och 2). Det är rimligt att fortsätta med något tätare vägytemätningar i denna region och att även fortsättningsvis samla in data om trafikintensitet med tunga fordon. Om möjligt bör en liknande tillståndsbedömning göras som när försöket startade (Arbetspaket 3).

Det är lämpligt att också inkludera en ny korrelationsanalys under förvaltningsfasen. Förutsättningarna för att upptäcka effekter av ökade lastvikter ökar rimligen med tiden som de tyngre fordonen trafikerat vägnätet.

Förvaltningsfasen ligger utanför projektbudget, men en uppskattning av kostnader finns med under rubriken Budget.

BUDGET

En uppskattning av kostnader för respektive delprojekt har gjorts och presenterats för Trafikverket. Total projektbudget beräknas till 9 130 000 kr. Av detta ligger tyngdpunkten på Arbetspaket 4. Inga kostnader för Arbetspaket 3 har tagits upp i budgeten, där förväntas Trafikverket själva leverera resultaten.

Utöver projektbudgeten tillkommer kostnader för en eventuell förvaltningsfas av teststräckorna med cirka 200 000 kr/år för att göra mätningar och enkel sammanställning av dessa. Kostnaden är dock beroende av hur frekvent fallviktsmätningar ska utföras. Om fortsatta korrelationsanalyser önskas under förvaltningsfasen tillkommer också kostnader för detta.

Referenslista

- Enström, J., Asmoarp, V., Bergkvist, M. & Davidsson, A. 2017. Förstudie för projektet – Pilotimplementering av 74 ton. Arbetsrapport nr. 935-2017. Skogforsk.
- Flintsch, G., Katicha, S., Bryce, J., Ferne, B., Nell S. & Diefenderfer, B. 2013. Assessment of Continuous Pavement Deflection Measuring Technologies. SHRP 2 Report. Issue Number: S2-R06F-RW-1. Transportation Research Board. United States. www.trb.org/Main/Blurbs/167283.aspx. Nedladdad 2016-12-08.
- Granlund, J. & Lang, J. 2016. Förkortad väglivslängd – Orsaker och kostnader. http://www.akeri.se/sites/default/files/uploaded_files/forkortad_vaglivslangd_-_orsaker_och_kostnader.pdf Besökt 2016-12-21:
- Lunds universitet 2016. Systemanalys av införande av HCT på väg i Sverige. Redovisning av ett forskningsprojekt. Rapport nr. 95 Miljö- och energisystem Institutionen för teknik och samhälle. Lunds universitet. ISBN 978-91-86961-21-3
- McKinnon, A. 2012. Improving the Sustainability of Road Freight Transport by Relaxing Truck Size and Weight Restrictions. I Supply Chain Innovation for Competing in Highly Dynamic Markets: Challenges and Solutions edited by Evangelista, P., McKinnon, A.C., Sweeney, E and Esposito, E. (reds.), IGI, Hershey PA. 2012, s 185-198.
- Natanaelsson, K. & Ngo, P. 2016. Statliga vägar som kan anses lämpade för en ny bärighetsklass 4. Trafikverket. Dokumentbeteckning 2016:141.
- Trafikverket, 2015. Fördjupade analyser av att tillåta tyngre fordon på det allmänna vägnätet. Dokumentbeteckning: 2015:207 <https://trafikverket.ineko.se/en/tv000304> . Nedladdad 2016-12-01
- Trafikverket, 2014. Tyngre fordon på det allmänna vägnätet. Rapport. Dokumentbeteckning: 2014:102 <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17742> . Nedladdad 2016-12-01

Bilaga 4.

Instrumenterad testväg – Förslag till en testväg för monitorering av vägars nedbrytning

Sigurdur Erlinsson, VTI

Professor. Område: Pavement Technology.

sigurdur.erlingsson@vti.se

Bakgrund

Vägar bryts ner av den kombinerade effekten av tunga laster som trafikerar vägen samt det omgivande klimatet som vägen befinner sig i.

En vägkonstruktion har många nedbrytningsformer (e. distress modes) varav spårutveckling och utmattningssprickor är de två mest betydelsefulla strukturella mekanismerna. Vägytans ojämnhet (IRI) är en annan funktionell nedbrytning som är kopplad till trafikantens komfort och säkerhet att färdas längs vägen samt vägens rullmotstånd. Alla dessa tre nedbrytningsformer är starkt beroende av den tunga trafiken samt klimatet. Ytterligare nedbrytningsformer som kan nämnas är tvärgående samt tjäl-sprickor där klimatet är den principiella belastningsparametern samt stensläpp, polering och dubbdäckslitage där den lätta trafiken också bidrar till tillståndsförändringen.

Dessa olika nedbrytningsformer gör att vägars nedbrytning är svår att modellera och kräver egentligen detaljerad information om både trafiken och klimatet samt hur de varierar i tiden och interaktion dem emellan, t.ex. kommer en väg att brytas ner på ett annat sätt om den befinner sig i norra Sverige i förhållande till om den befann sig i södra Sverige även om både vägkonstruktionen och trafik är identiska.

Det dimensioneringsförfarande av flexibla vägar som används i Sverige har sina rötter i ASSHO försöken som gjordes i USA för över 50 år sedan. Trots att försöken var mycket omfattande hade de stora begränsningar, som att *i*) försöken gjordes endast i en enda klimatzon, *ii*) endast ett set av vägmateriäl (bärlager, förstärkningslager, terrass etc.) användes, *iii*) låga däcktryck (ringtryck) användes i lastbilarna samt att *iv*) provet var accelererat utan någon klimatkontroll.

I dag har lastbilar andra fjädergenskaper, däcken har utvecklats, stora framsteg har gjorts angående vägbyggnadsmateriäl, samt det maskineri som används för vägbyggnation är mycket kraftfullare än förr. Trots detta använts i Sverige i dag ett verktyg för vägdimensionering (och som ingår i beräkningsverktyget PMS Objekt) som bygger på ASSHO försöken. Där görs all tung trafik om till standardaxlar och två empiriska kriterier (i underkant asfaltbunden del samt i överkant terrass) används för att beräkna vägens livslängd. Vid beräkningarna

delas Sverige i fem klimatzoner där året delas i tidsperioder med olika material-egenskaper för att ta hänsyn till klimatpåverkningen av materialegenskaperna.

Syfte

En instrumenterad vägteststräcka som är en del av det nationella vägnätet behövs för att samla in information om samspelet mellan de tunga lasterna, omgivningsklimatet och vägens respons och tillståndsförändring (nedbrytning). Det övergripande syftet är att öka kunskapen om effektsamband mellan tung last, klimat och vägnedbrytning med avsikt att utveckla en ny metod för vägdimensionering och skatta vägars nedbrytningstakt. Med den nya metoden ska man kunna optimera vägens konstruktion utifrån det lokala klimatet och förväntade lasterna.

Nytta

Nyttan av teststräckorna kan anses som:

- Bättre information om kopplingen mellan tung rörlig last, lokalt klimat och vägens nedbrytning.
- Utveckling av en ny dimensioneringsmetod med bättre optimering av vägars funktion samt ökad livslängd som leder till kostnadsreducering av vägens drift och underhåll, samt mindre störningar och trängsel.
- Den nya dimensioneringsmetoden kommer att kunna skatta:
 - Effekten av olika axellaster (lastbilar med olika axelkonfigurationer (däcktryck, singel vs. par monterade hjul)) på nedbrytningsförloppet.
 - Effekten av olika klimat (årstidsvariationer i klimat och möjligen klimatförändringar) på nedbrytningsförloppet.
 - Bättre skattning av effekter på vägars nedbrytning av olika underhållsstrategier.
- Bättre utnyttjanden av ”lite sämre” lokalt material i stället för att transportera ”bättre material” långa sträckor.

Steg 1. Val av sträckor för instrumenteringar på Lv 373 Abborrträsk – Piteå samt en mindre väg i området.

För att få en optimal placering av instrumenteringarna som planeras i vägkonstruktionerna på Lv373 och på annan mindre väg i området bör en förundersökning göras för att bestämma lämpliga provplatser. I först skedet görs en genomgång av det befintliga underlaget som huvudsakligen består av uppgifter som finns i Trafikverkets PMSV3. Detta kan kompletteras med trafikdata från mätningar med bridge-WIM för Lv 373 samt uppgifter från den bärighetsundersökning som tidigare utförts på vägsträckan på Lv 373. Finns det undersökningar på den mindre vägen granskas även dessa. I andra fasen görs en okulärbedömning på plats kompletterat med fallviktsmätning på utvalda sträckor på båda vägarna. Eventuellt behöver även kompletterande provtagning göras innan ett slutligt beslut tas om lämpligaste placeringen av instrumenteringarna.

Efter att även ha valt ut den mindre vägen görs i första skedet en genomgång av det underlag som finns i PMSV3 för båda vägsträckorna. Hel vägsträckan på Lv 373 mellan Abborrträsk och Piteå är ca 10 mil och lämpligast är att välja södergående riktning för instrumenteringen eftersom den tyngre (lastade) trafiken går i den riktningen. Genomgången utgår från mätplatsen för B-WIM som är lokaliserad vid en bro cirka mitt på vägsträckan vid Långträsk. Kriterier vid genomgången av dataunderlaget är att finna alternativa provsträckor med svagare undergrund, helst bestående av siltiga jordarter. Beläggningen bör vara relativt tunn men ändå bestå av en massabeläggning och vara i relativt gott skick, utan för många sprickor eller brister i beständigheten. Avsnitt med helt nyligen åtgärdad beläggning bör även undvikas. Efter att ett antal kandidater till placering tagits fram jämförs de med den bärighetsundersökning med provtagning som gjorts tidigare. Genomgången av all data bör resultera i 4 till 5 olika alternativa avsnitt som kan vara lämpliga för instrumentering. På motsvarande sätt granskas även den mindre vägen. Där är det dock troligt att dokumentation är mer knapphändig för den mindre vägen och att det i första skedet får göras en mer subjektiv bedömning av lämpliga avsnitt för instrumentering.

I nästa skede utförs en inventering på plats på väg 373 och den mindre vägen i samma område. Syftet med platsbesöket är att granska de utvalda alternativa avsnitten. Då ges möjlighet att exempelvis mer bedöma omgivande terräng, diken, lutningar, vägens tillstånd, siktförhållanden, praktiska faktorer för installationer som väkanslutningar och P-fickor.

I anslutning till platsbesöket bör det även göras en fallviktsmätning på de alternativ till avsnitt som valts. Detta görs för att kunna fastställa det strukturella tillståndet på vägvagnsnitten. Resultaten från fallviktsmätningen fungerar också som referensnivå för senare fallviktsmätningar på de installerade provplatserna. Fallviktsmätningen görs under en dag per väg (totalt cirka 2 dagar) med en ungefärlig omfattning på upp till ca 250 mätpunkter per väg. FWD-mätningen görs i höger hjulspår med flera lastnivåer upp till 65 kN, för att ta hänsyn till ökade laster som kan bli aktuella.

Precis som med fallviktsmätningen är det lämpligt att utföra en georadarmätning på vägvagnsnitten. På den här typen av vägar kan man förvänta sig täta variationer i vägkonstruktionen. Resultatet från georadarmätningen tillsammans med resultaten från FWD-mätningen möjliggör en mer detaljerad bild av dessa variationer och är ett viktigt underlag till val av platser för installationen i vägkroppen. Detta kan vara av extra betydelse på den mindre vägen då den troligen är mindre dokumenterad sedan tidigare.

Efter genomgång av insamlade mätdata och tidigare dataunderlag kan det eventuellt bli nödvändigt med kompletterade provtagning för att säkerställa materialtyper och vägkonstruktion inom de utvalda avsnitten om inte dess täcks av den provtagning som gjordes inom tidigare bärighetsundersökningar. Även här kan behovet vara större på den mindre vägen.

Slutligen sammanställs resultaten från samtliga ovanstående undersökningar i en lägesrapport med syftet att ta fram bästa möjliga provplatser för instrumenteringen i vägkroppen på de två vägsträckorna.

Tidplan för steg 1, 2017

Juni: Genomgång av befintligt dataunderlag.

Inventering på plats.

Juni - Juli: FWD-mätning, georadarmätning och ev. provtagning.

Juli – Augusti: Sammanställning och rapport.

September: Installation i vägkroppen.

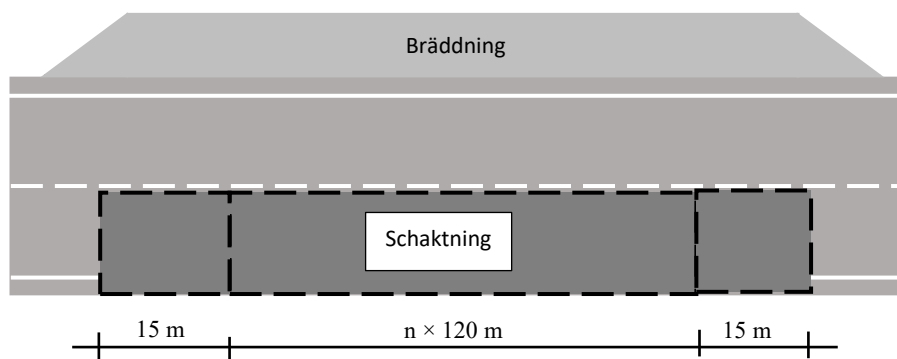
Beskrivning av teststräcka/sträckor

Här förutsätts det att den valda testvägen har tillräckligt med mängd tung trafik, är väl dokumenterad (typ av undergrund, lagertjocklekar, materialegenskaper, grundvattensytaslåge m.m.), BWIM station i närheten samt tillgång till el. Om vägen ej är dokumenterad får detta göras vid urgrävningen och/eller vid en separat undersökning.

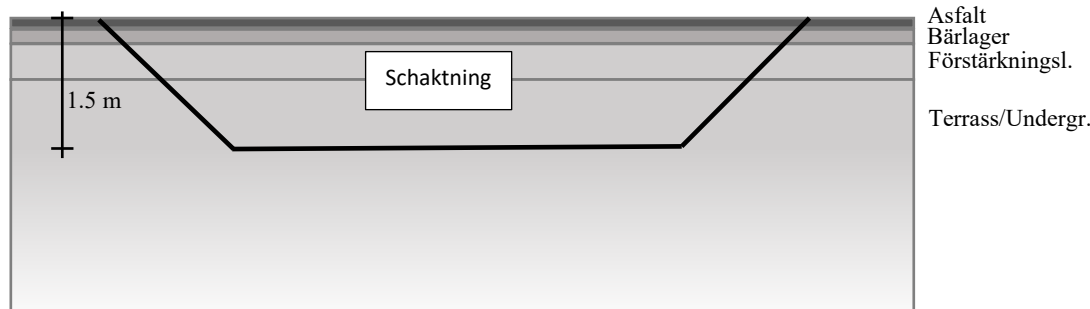
Alternativ 1

Den ena körfältet (som utgör teststräckan) grävs ut ner till 1,5 meters djup. Längden av utgrävningen är beroende av hur många teststräckor som skall byggas. Varje teststräcka måste vara 120 meter lång. Vägkonstruktionen byggs upp igen och vägtekniska samt klimatgivare installeras i samband med uppbyggnaden.

Plan



Tvärsektion



Figur 4.
Planfigur och tvärsektion av uppbyggnaden av en teststräcka.

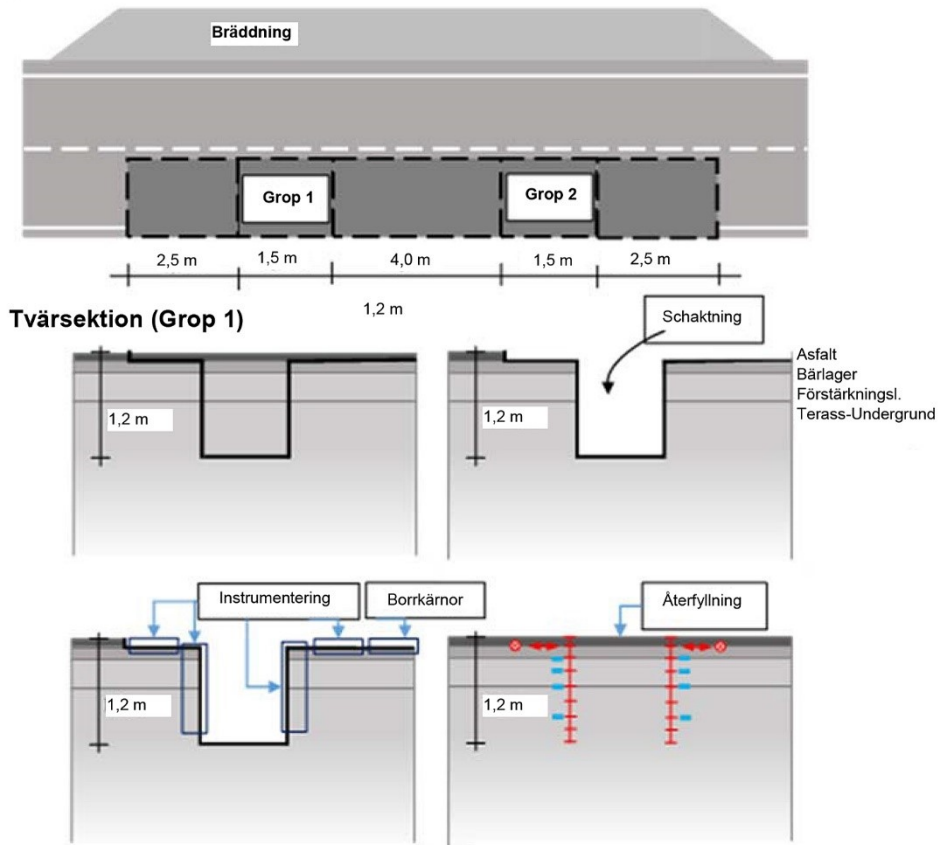
Vägtekniska givare består av vertikala spänningsgivare och vertikala och horisontella töjningsgivare. Spänningsgivarna installeras på tre – fyra djupnivåer. Vertikala töjningsgivare installeras över varje lager (i över och underkant för att ge deformationen över respektive lager). Horisontella töjningsgivare installeras i underkant asfaltbeläggning för att ge längsgående samt tvärgående dragtöjningen i underkant bitumenbunden del av strukturen. De vägtekniska mätgivarna placeras motsvarande position för höger (yttre) hjulspår.

Klimatgivarna består av 2 meter lång tjälstav samt 2 meter lång fuktstav samt temperatursensorer som installeras i asfaltbeläggningen. Dessutom måste en väderstation finnas i närheten.

Alternativ 2

Ett annat alternativ för att minska ingreppet i vägen är att gräva två relativt smala gropar igenom vägen med vertikala sidor och installera instrumenteringen i det gamla vägsnittet och återfylla med samma material. Anledningen till att groparna är två är att ha dubbla uppsättningar. Arbetsgången visas schematiskt i följande figur.

Plan



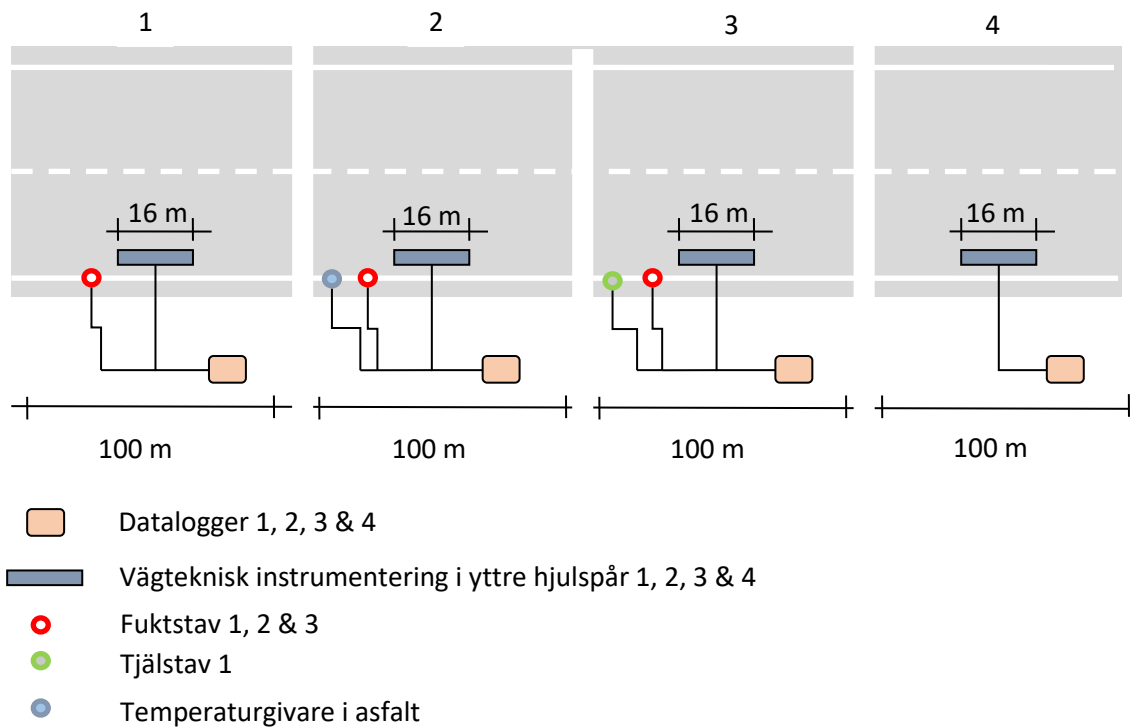
Figur 5.

Tillvägagångsätt med att instrumentera en gammal väg. Den instrumentering som visas i figur är horisontella (längsgående och tvärgående) samt vertikala töjningsgivare och vertikala spänningsdoser monterade i höger hjulspår. Borrkärnor från asfalten tas från mittområdet och möjligen vid var sin ända.

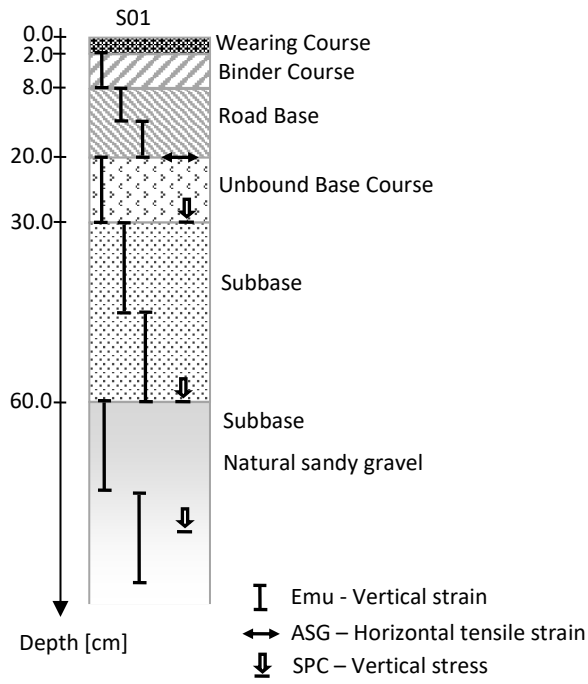
Fördelen med detta tillvägagångsätt är att instrumenteringen sitter i den gamla väggroppen. Det förutsätts också att det bortschaktade materials används som återfyllning med god packning för att minimera störningen. Det enda nya materialet är beläggningen (den bitumenbundna delen) som måste bytas ut för att göra det möjligt att installera töjningsgivare i underkant asfalt (horisontell dragtöjning). Dessutom tar man borrkärnor för laboratorier testning där. Nackdelen är vissa risker som att detta förutsätter att sidorna står vertikalt och inte ramlar in i gropen samt att i ytterhjulspåret blir det trångt att få plats med all instrumentering vilket medför en begränsning av antalet möjliga givare per provsträcka (det löser vi med att ha två gropar). VII har ingen erfarenhet med detta tillvägagångssätt men vet att detta har gjorts utomlands och anser att det är ett möjligt alternativ även i detta fall.

Instrumentering

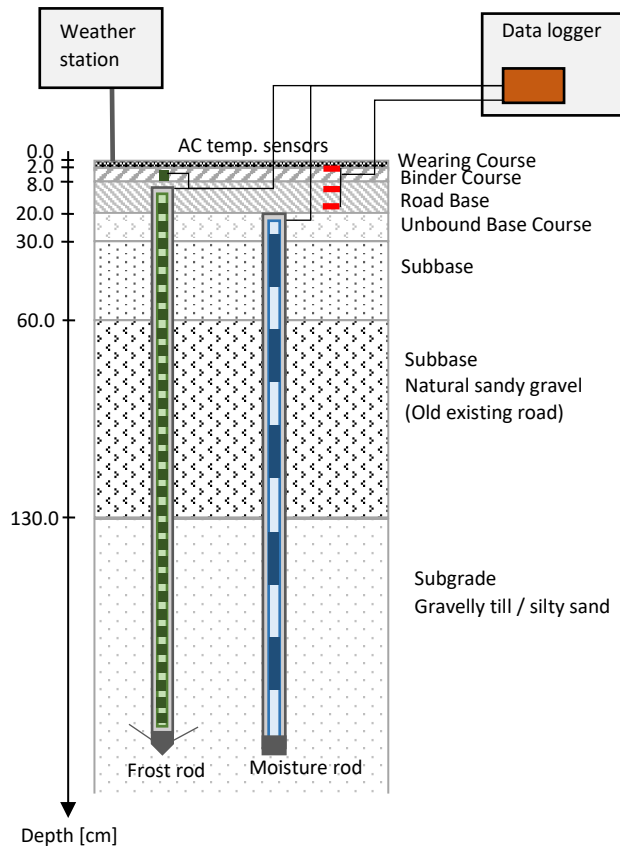
Ett förslag till instrumentering av teststräckor skulle kunna se ut enligt följande figur.



Figur 6.
Planbild av instrumentering av fyra teststräckor.



Figur 7.
Exempel på den vägtekhniska instrumenteringen för en teststräcka.



Figur 8.
Exempel på den klimatmonitoringen.

Uppföljning

För att följa upp hur teststräckans/sträckornas tillstånd utvecklas med tiden görs ett uppföljningsprogram. Programmet kommer att bestå i första hand av:

- Fallviktsmätningar samt responsmätningar under olika årstider
- Teststräckan/sträckorna följs upp varje år för tillståndsutveckling med profilometer samt en okulär besiktning.
- Årlig vägytemätning med mätbil.
- BWIM mätningar för uppskattning av axellastpektra samt mätning av sidolägesfördelning.
- Prov för laboratorieanalys från varje lager (görs framförallt i samband med byggandet).
- Insamling av klimatdata.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomar, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.
- Nr 923 Mohtashami, S. & Willén, E. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.
- Nr 924 Mörk, A., Englund, M. & Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. – Evaluation of assortment grapple tested in a simulator. 17 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergqvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyrauddigt rivhjul. – Mounding with three- and four-pointed mattock wheels 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Willhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.
- Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.
- Nr 928 Friberg, G., Berlin M., Johannesson, T. & Eliasson, L. 2017. Lutnignsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification.
- Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring.
- Nr 930 Flisberg, P., Frisk, M., Mikael, Rönnqvist, M. & Willén, E. 2017. Turordningsplanering – Sequencing in operational planning. 28 s.
- Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg. – Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.
- Nr 932 Englund, M., Mörk, A., Andersson, H. & Manner, J. 2017. Delautomatiserad skotarkran. – Utveckling och utvärdering i simulator. – Semi-automated forwarder crane. – Development and evaluation in a simulator. 28 s.
- Nr 933 Jonsson, R., Mohtashami, S., Eliasson, L., Jönsson, P. och Ring, E. 2017. Risning av stickvägar i slutavverkning – Effekter på spårbildning, skotarens bränsleåtgång, körhastighet, helkroppsvibrationer och skördarprestation. – The effect of slash reinforcement of strip roads on rutting, forwarder's fuel consumption, driving speed, whole body vibrations and harvester performance. 21 s.

- Nr 934 Bjurholm, A., Jansson, G., Thierfelder, T. & Nordström, M. 2017. Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave -en statistisk och ekonomisk analys. – Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks – a statistical and economical analysis 67 s.
- 935 Enström, J., Asmoarp, V., Bergkvist, M. & Davidsson,, A. 2017. Förstudie för projektet Pilotimplementering av 74 ton. - Preliminary study for the Pilot Implementation of 74-tonne Vehicles project, commissioned by the Swedish Transport Administration. 50 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogliga samhällsnyttor

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 935–2017



www.skogforsk.se