

Sekundära ballastråvaror för hållbar anläggningsinfrastruktur

Ett UDI-steg 2 projekt – Samverkansprojekt

CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group

SWEROCK

NCC

SGI
Statens
geotekniska
institut

RI.
SE

vti

Malmö stad

Uppsala
kommun

DAVA D-A-C

SVENSK
DÄCKÅTERVINNING

DALBY MASKIN AB

NSR

SYSAV

UMEÅ ENERGI

BORÅS
ENERGIMILJÖ
Ingår i Borås Stadshus AB

ÖRESUNDS
KRAFT

VINNOVA

SBUF

Energiforsk

AVFALL SVERIGE



Agenda

För SBUF-läsare är det mest intressant med AP3-AP5

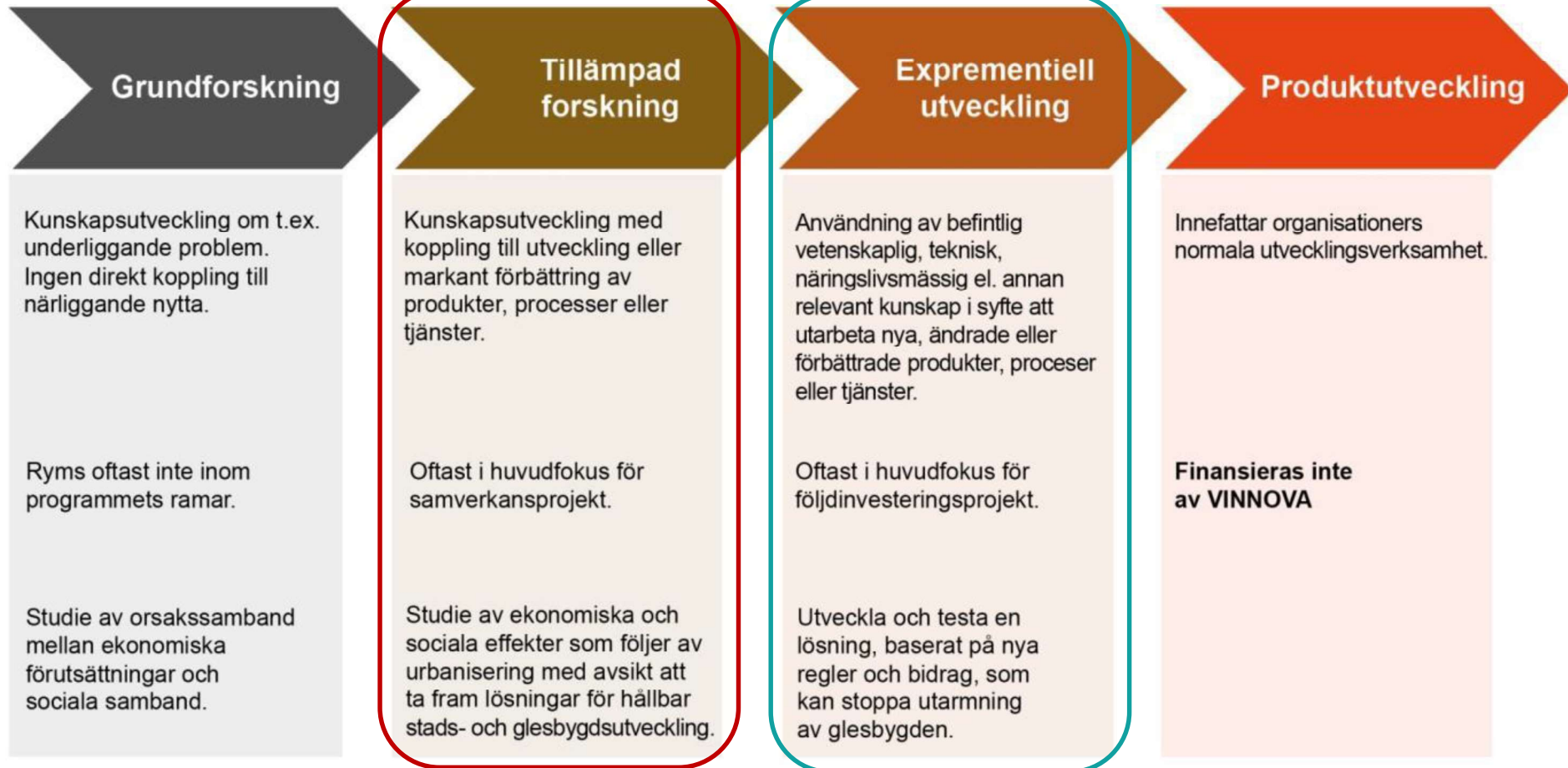
Vem	Vad	
Björn	Välkomna och UDI-intro för vårt projekt. Projektlogik vad ska vara klart när osv	
Jenny	AP2 översikt: Fördjupning i jämställdhet	
Derek	AP2 Affärsmodeller (lite TIS-inspel)	
Fredrik	AP3 - HVS körningarna o VTIs labanalyser - EraPave	AP3 = Teknisk provning och mätresultat sid 25-53
Erik	AP3: HVS-diskussion, Testytor,	
Henrik	AP 4 Miljöanalyser och anmälningar/tillstånd	AP4 = Miljöavsnitt sid 54-70
Otto	AP4:LCA	
Björn	AP5: Labanalyser (övriga)	AP5 = Lab-data sid 88-104
Björn	Avslut	

UDI-programmets utvecklingssteg

> 20 års forskning ->

UDI 2

UDI 3



Viktigt att alla är införstådda med att vi inte är klara med *någonting...* och inte förväntas vara klara!

- I steg 2 testar vi, prövar oss fram, samlar data, information
- Och väljer den slutliga vägen framåt
- I steg 3 (eller motsvarande projekt) färdigställer vi allt enligt rekommendationer/slutsatser av vårt arbete i steg 2 och börjar implementera

UDI-2 är ett planerat "depåstopp" på väg mot slutmålet i UDI-3

Någonting är vi väl ändå klara med?

- TIS-Analys som pekar ut flaskhalsar för vägen/vägarna fram
- Jämställdhetsanalys som möjliggör något/några steg framåt
- Genomlysning av affärsmodeller med förslag att jobba vidare med
- Labbförsök och fullskaleförsök samt testbäddar i fält. Grunden för att känna materialen bättre, hur de ska hanteras vid byggnation, tål de trafiklasterna de förväntas utsättas för och slutligen ge data för att bygga en dimensioneringsmodell (tabell och verktyg)
- Övriga labbförsök för att kunna ge råd om val av relevanta provningsmetoder, metoder som kopplar till funktion och krav

Mer....

- Utvärdering av anmälnings- och tillståndsärenden som grund för att peka ut brister och förbättringsmöjligheter. Grund för att ta fram utbildning för miljöhandläggare
- Miljöanalyser för att utvärdera materialens ev negativa påverkan på miljön
- End-of-waste kriterier för betongkross – Hur kan vi använda det framöver?
- Livscykelanalys (LCA) hos produkter och konstruktioner jämfört med användning av traditionella material. Fortsättningen planeras i form av mer generellt beräkningsverktyg där kommunen direkt kan hämta data och jämföra klimatpåverkan vid användning av olika mtrl, => beslutsstöd (hållbar upphandling).
 - **MÅLET! Det ska vara lätt att bygga med sekundära hållbara material!**

Jämställdhetsanalys

**UDI SEKUNDÄRA BALLASTRÅVAROR FÖR HÅLLBAR
ANLÄGGNINGSINFRASTRUKTUR**

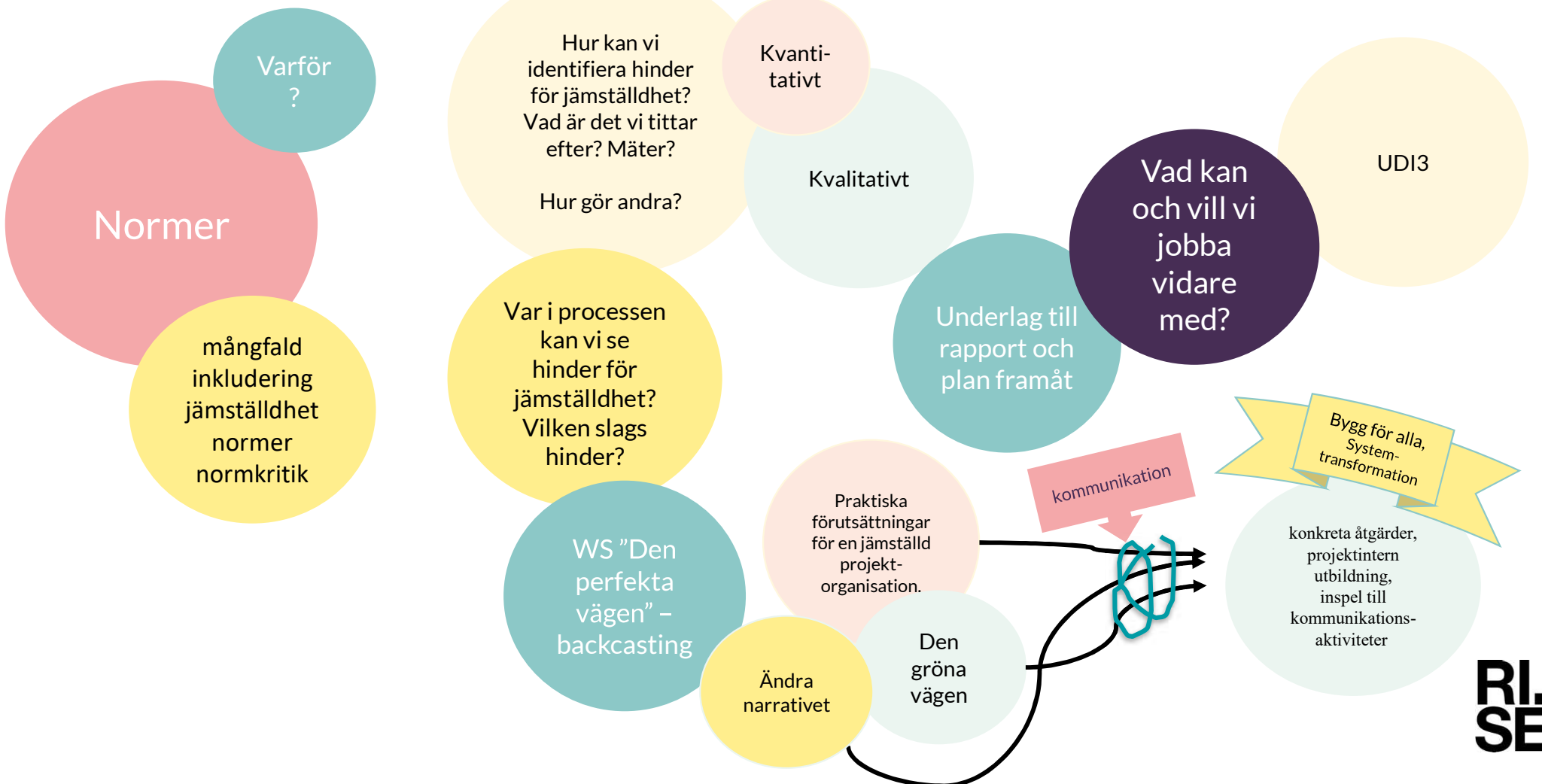
Jenny Lööf

Vad har vi gjort i UDI fas 2?

Vad rapporterar vi till Vinnova?

Vad kan vi jobba vidare med?

Vad har vi gjort i UDI fas 2?



Vad svarar vi på i rapportering?

- Hur har relevanta jämställdhetsaspekter hanterats under genomförandet av projektet?
- Hur har projektet organiserats för att både kvinnors och mäns behov och erfarenheter integreras i genomförandet och organiseringen av projektet?
- Vilka metoder, verktyg och liknande har använts i jämställdhetsarbetet?
- Hur analyseras data och resultat kopplat till jämställdhet?

Hur har relevanta jämställdhetsaspekter hanterats under genomförandet av projektet?

Hur har projektet organiserats så att både kvinnors och mäns behov och erfarenheter integreras i projektet?

Projektet genomförde en jämställdhetsanalys i ansökningsförfarandet, och konstaterade redan där att det är en svår, men inte omöjlig, bransch att arbeta med jämställdhet i. Utmaningarna är stora, men därmed också möjligheterna.

Vid projektorganisering har ansatsen varit en jämställd tillsättning av positioner inom projektet, t ex arbetspaketets ledning. I de första faserna av projektet har det varit en, i en mansdominerad bransch, relativt bra sammansättning med ca 40 % kvinnor i steg 1 och i steg 2. Kvinnor har lett flera arbetspaket: t ex miljöaspekter (miljöanalys och -tillstånd, LCA) i 2 arbetspaket i steg 2 och kommunikation och utbildning. Hälften av arbetspaketen i steg 2 leds av kvinnor.

Projektorganisationen konstaterat att de branscher som projektet jobbar med är traditionellt kraftigt mansdominerade. Där fler kvinnor kommer in i områdena, är det främst de områden som direkt kopplar till miljöförbättrandeaktiviteter, cirkulär ekonomi och miljötillstånd. Det rör framför allt LCA-analyser, systemanalys,

transformationsanalys och regler för användning av cirkulära material/produkter. Här har projektet tidigare identifierat möjligheter att påverka en fortsatt positiv utveckling.

I den tidiga jämställdhetsanalysen konstaterade projektorganisationen att projektet och dess resultat är helt köns- och genusneutrala och att det inte heller har någon form av koppling till tillgänglighetsaspekter. Fokus för projektet ligger helt på anläggningskonstruktioner i form av traditionella hårdgjorda ytor såsom GC-banor, vägar, parkeringsplatser och torgytor. I projektet finns emellertid en genomgående ansats att åstadkomma verklig systemomställning, vilket kan påverka jämställdheten i positiv riktning. I den tidiga analysen beskrivs att en förstärkning av systemtänk kommer att gynna kvinnor då det är fler kvinnor som arbetar med såväl systemanalys, systemomställning och miljöomställning.

Vilka metoder, verktyg och liknande har använts i jämställdhetsarbetet? Hur analyseras data och resultat kopplat till jämställdhet?

A. Den kvantitativa jämställdheten i projektet följs upp och **analyseras** kontinuerligt.

B. Analys av den kvalitativa jämställdheten i projektet och påverkansmöjligheter, inledningsvis och i ansökningsförfarandet.

C. Rekrytering av jämställdhetsansvarig till projektet, kopplat till AP2, för att lyfta frågorna inom projektet

D. Översyn av nuläge och möjligheter, juni 2021.

E. Kortare **föredrag** för projektorganisationen, allmänt om jämställdhet – ett ”varför” kopplat till projektet, med utgångspunkt i FN:s globala mål, jämställdhet inom EU samt uppdraget från Vinnova, 17 juni 2021.

F. Föredrag + workshop med projektmedlemmarna 8 december 2021. föreläsningen fokuserade på
1) gemensam begreppsbild (mångfald, inkludering, jämställdhet, normer, normkritik)
2) exempel från andra håll.
Workshopen var upplagd utifrån

backcasting-metodik. Utforskande och kartläggande workshop + övning i jämställdhetsperspektiv kopplat till anläggningsstruktur och -process.

G. Analys av workshopresultat, genomgång av möjliga aktiviteter kopplat till de hinder och möjligheter som identifierats av projektmedlemmarna.

Förslag på fortsatt arbete

1. Praktiska förutsättningar för en jämställd projektorganisation.

- Vi jobbar med jämställdhet i planering och projektering, kring ekonomi och budget, kring tillstånd, transporter, arbetsmiljö och miljökontroller
- I ett tidigt skede ser vi till att det finns varselkläder och yrkeskläder som passar, både för kvinnor och män.
- Vi anpassar lokaler, personlutrymmen och maskiner efter kön och storlek.
- Vi för in kulturfrågor i utbildningar för nyanställda, i projektorganisation och hos projektpartners.

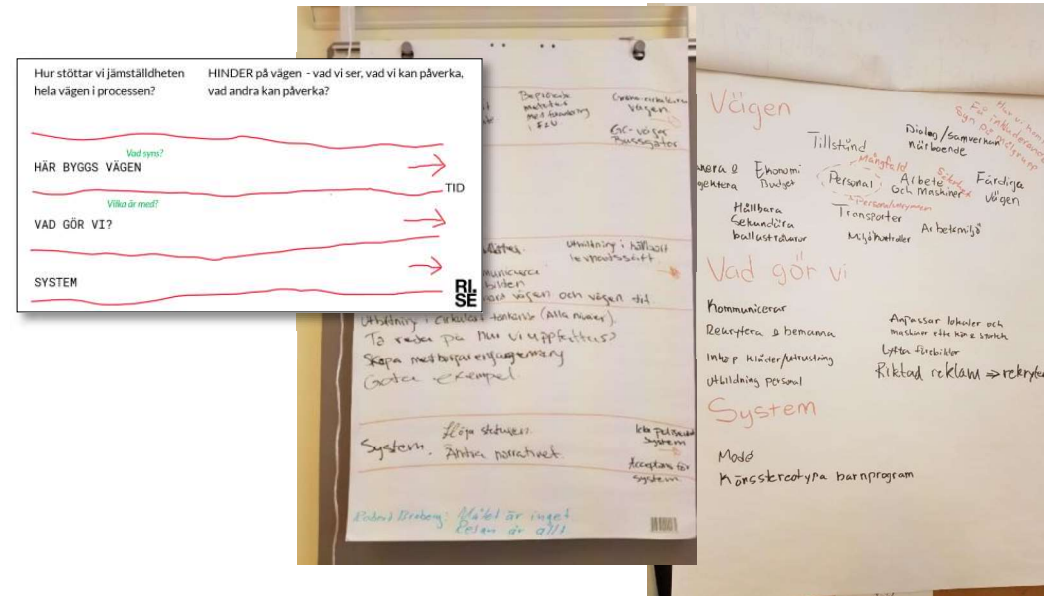
- Möjlighet till fördjupning: 1. Desktop-studie av goda exempel på praktiska förutsättningar för en jämställd projektorganisation. 2. Utfallsanalys vid projektslut.

2. Den gröna cirkulära vägen och alternativ till bilvägar.

I projektet har identifierats vikten av att inte bara anlägga bilvägar utan även GC-banor och bussgator, och att kommunicera detta och lyfta alternativ till bilvägar. Här finns möjlighet till fördjupning i på vilket sätt det spelar roll med andra färdvägar än bil, ur jämställdhets- och tillgänglighets- och inkluderande perspektiv.

- Utöver bilvägar anläggs även gång- och cykelbanor
- Kommunikation av **den gröna cirkulära vägen**,
- **Kommunikation av** helhetsbilden hållbara sekundära ballastråvaror,
- **Dialog med närboende** för medborgarengagemang kring den cirkulära vägen

- Möjlighet till fördjupning: 1. Jämförande studie av andra goda exempel på hur jämställdhet påverkas av alternativ till bilvägar. 2. Utfallsanalys vid projektslut.



3. Förändra narrativet

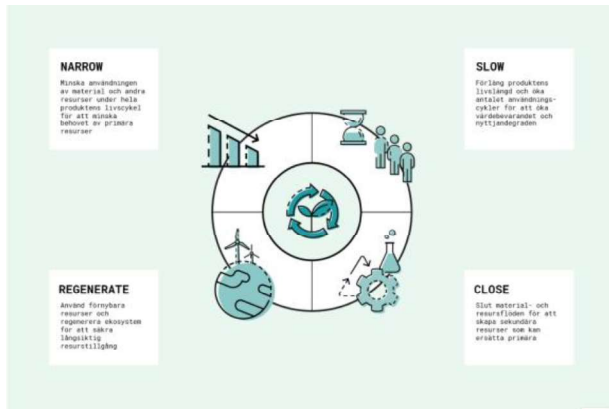
I workshop pekade projektmedlemmarna på ett behov att höja statusen på delar av branschen och förändra bilden (från det som beskrivs som låg och smutsig till kreativ och planerande). Ett utredande arbete skulle gemensamt med projektet och representanter från branschen, kunna ta reda på hur anläggningsbranschen uppfattas externt (av människor som inte arbetar i branschen) - och hur vi kan utmana och förändra den bilden. Syftet skall vara dels att identifiera normöverskridande möjligheter för de som redan befinner sig i branschen, dels att öppna för en bredare målgrupp och mer jämställda arbetslag. Arbetet skulle kunna bestå av:

- Benchmarking av hur närliggande branscher med liknande problematik (sned jämställdhet) arbetar med normer och identitet kopplat till yrkesroller
- Normrunda som verktyg för att gemensamt utforska hur det ser ut
- Intervjustudie för att komplettera detta arbete.
- Analys och förslag på utvecklingsområden.

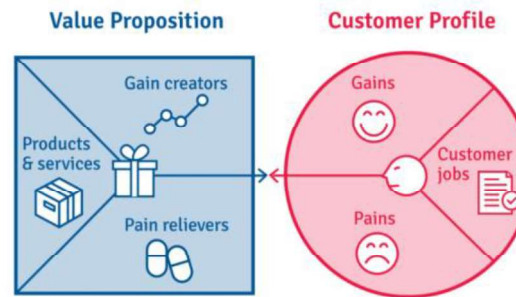
Affärsmodeller och äffarsekosystem...

Derek Diener

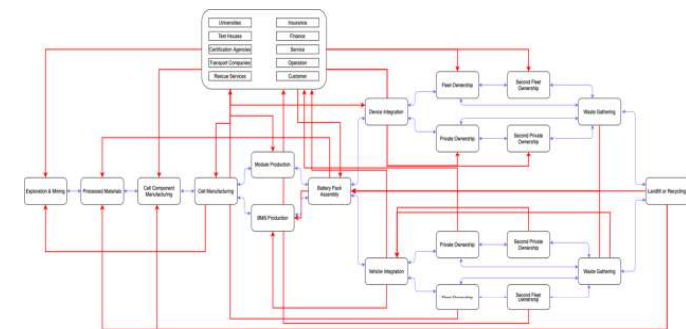
3 Perspektiv för arbetet kring affärsmodeller



Cirkularitet: Mått för cirkulär ekonomi

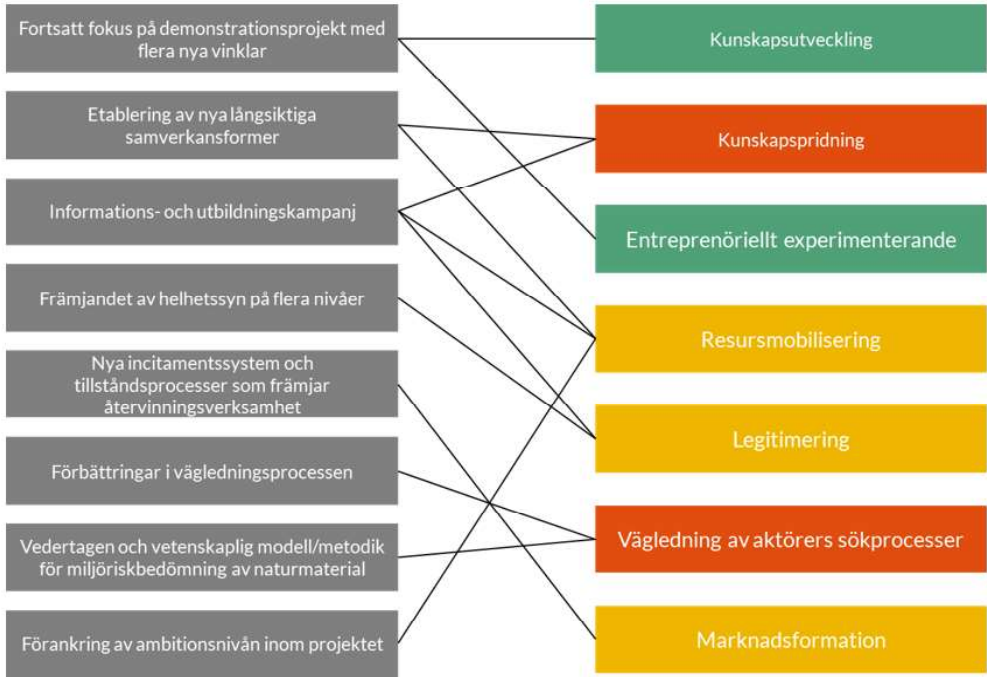


Värdeerbjudande: Värde och behov

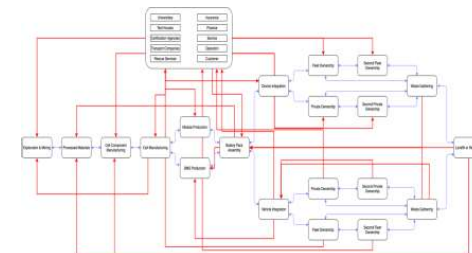


Affärsekosystem: flöden av pengar, information, material; aktörers perspektiv; normer/regler

Systemperspektiv: TIS analysen



Figur 6 - Förbättringsområdena och deras påverkan på innovationsprocesser

RI.
SE

SAMHÄLLSBYGGNAD
POLICY OCH
INNOVATION

Innovationssystemanalys för sekundära ballastråvaror

RI.
SE

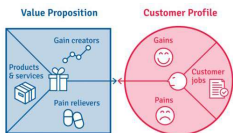


SAMHÄLLSBYGGNAD
SUSTAINABLE BUSINESS

Förutsättningar för ett cirkulärt
affärsekosystem för sekundära
ballastråvaror



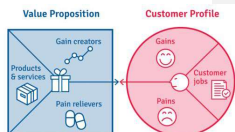
Fysiska/Tekniska värdena



Värdena	Beskrivning	Utvecklingar som skulle främja resurseffektivitet (och ge affärsmöjligheter)
Transport, inkl upphämtning och avlämning:	Företag, främst åkerier, tar betalt för att transportera varor (20-100 sek/ton). Det tillkommer processen att få material inne i transportfordonet (drygt 20-40 sek/ ton)	Att ta betalt delvis för att minska transporter i stället för transporter i sig.
Material	Företag säljer material, olika fraktioner, både jungfruliga och sekundära. (ex krossad berg – 55-120 sek/ton; jungfrulig ballastmaterial 50-100 sek/ton)	Mer försäljning av sekundära materialfraktioner
Provtagning/ testning	Processer att kunna testa material för innehåll och för att kunna bedöma/klassificera eller kvalitetssäkra material	Snabbare och säkrare tekniker för testning
Bearbetning	Olika processer att förbereda materialet för nästa skede, deponi, eller återvinning/återbruk.	Fortsatt fokus på hur man produktifiera istället för bearbetning för deponi
Deponi	En plats med särskilt tillstånd där material som får ej placeras någon annanstans läggs. (570 sek/ ton deponiskatt).	-
Lagring	Material kan lagras en vis tid. Företag som äger mark med särskilda tillstånd får betalt för att ta emot material.	Flera anläggningar för att minska transporter och möjliggöra mer kostnadseffektiv mellanlagring

Sociala/organisatoriska värdena

Icke fysiska värdena	Beskrivning	Utvecklingar som skulle främja resurseffektivitet (och ge affärsmöjligheter)
Kunskap och vägledning:	Rådgivning och expertis som ges i samband med olika sked i ett projekt	Experter inom återvinning/återbruk av ballastmaterial utvidgar sina affärer
Finansiering	En part (bank) lånar pengar till en annan part som (oftast) betalar ränta till banken	Ökad finansiering för verksamheter som satsar på återvinning/återbruk av sekundära ballastråvaror
Försäkring	En part (försäkringsbolag) får betalt för att ta an en annan parts risk	Försäkringsinstrument för återvinning/återbruk av sekundära ballastråvaror
Information	Genereras vid varje process och varje aktör och hanteras av aktörer längs värdekedjan. I dagens system följer en del information med material men en del underutnyttjas	Datasamling och analys kan utföras, Nya aktörer kan spela stor roll som de gör när digitalisering sker i andra affärsekosystem



Affärsmöjligheter identifierade i andra systemanalyser

VEM TAR RISKEN?
RAPPORT 2020/21



Källa

Vem tar risken?
Hinder och
möjligheter för
hantering av
miljörisker vid
återvinning av askor
(2020) MARTIN
VAN PRAAGH
CORNELIA
HARTMAN

Mål och
åtgärder
avseende
masshantering
för Göteborgs
Stad 2022

SGU Sveriges geologiska undersökning
YTTRANDE
Vårt datum: 2022-09-22
Vårt diarienummer: 53-1842-2022
Er beteckning: Version 2022-09-01
Sida 1/1
Handläggare
Mattias Göransson
Carl.oida@miljuskatjan.com
halena.bjergsson@kontorsschatten.goteborg.se
Mål och åtgärder avseende masshantering för Göteborgs Stad
Sveriges geologiska undersökning (SGU) har den 8 augusti 2022 tagit emot inkommande ärende för yttrande. Med anledning av detta vill SGU framföra följande.

Viktiga diskussionspunkter

Hantering av askor: insikter i vad aktörer ser som största utmaningar för att få till återvinning av askor.

- Största faktor: (1) Lagstiftning och skepsis hos miljömyndigheter , (2) Efterfrågan uppskattades som största faktorer
- Spårbarhet som en kritisk utmaning.
- Försäkring och spårbarhetssystem som två av de mest lovande lösningar.

-Övergripande mål 2: 2030 bör 50% av inköpen av berg- och jordprodukter i Göteborg utgöras av återanvända/återvunna material. Idag är det ca 12% i hela Sverige).

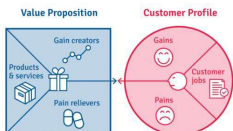
Affärsmöjlighet?

Spårbarhet och alternativa/utvidgad

försäkring betyder nya erbjudanden och att befintliga aktörer tar an ytterligare roller alternativt att nya aktörer såsom start-ups med digitala lösningar etablerar sig i affärsekosystemet.

Stora förändringar måste ske på 8 år. Ska

kräva att aktörer tar plats i både hantering, bearbetning och inte minst bedömning/testning av material



Affärsmöjligheter identifierade i andra systemanalyser

Förslag till ytterligare mål och åtgärder till Avfallsplanen för Göteborgs stad (januari 2023)

Transporter av berg och jord representerar en stor andel av klimatpåverkan (och kostnader) kopplat till hanteringen (oftast mer än 50%). Transporter med ett avstånd på mer än 25 km representerar över 60% av totala klimatpåverkan och en betydande del av ekonomiska kostnader från transporter av berg och jord.

Åtgärder för att minska transporter av massor: **Rekommenderas bl.a. flera anläggningar för att ge kortare transporter samt förbättrad vägledning genom samverkan som inkluderar målinriktad upphandlingsprocesser.** Dessutom noteras att vinstmarginalerna för företag som sysslar med återvinning av schaktmassor är mycket högre än anläggningsentreprenörer och avfallsanläggningar (uppemot 30% jämfört med drygt 5%).

Flera anläggningar betyder att flera verksamheter driven antingen av befintliga anläggningsentreprenörer eller nya aktörer.

Om det kan säkerställas, kan minskade CO₂ utsläpp betyda ett premium betalas av aktörer som siktar på klimatneutralitet.

Circular materials in infrastructure – The road to a decarbonised future (Sweco 2022)

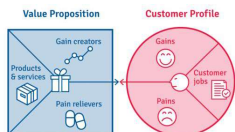
Cirkulär material i infrastrukturprojekt: Identifierar sju fokusområden för att främja mer återbruk/återvinning varav en är koordinering och affärsmodeller.

Koordinering mellan infraprojekt rekommenderas för att hitta närliggande användningsområden (Gävle tågspårarbetet som exempel). Att flera aktörer delar ett gemensamt cirkulärt material managementnod (som Hovinbyen, Oslo) noteras.

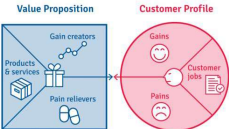
Konceptet infra-as-a-service presenteras där aktörer tar an ansvar för att en objekt levererar funktion över tid stället för att få betalt för själva bygget.

Det finns utmaningar i bedömning, spårbarhet och transparens mellan aktörer samt stora risker och bördan i att administrera och kvalitetsäkra massor. **Det kan krävas nya digitala lösningar** och aktörer att ta an nya roller.

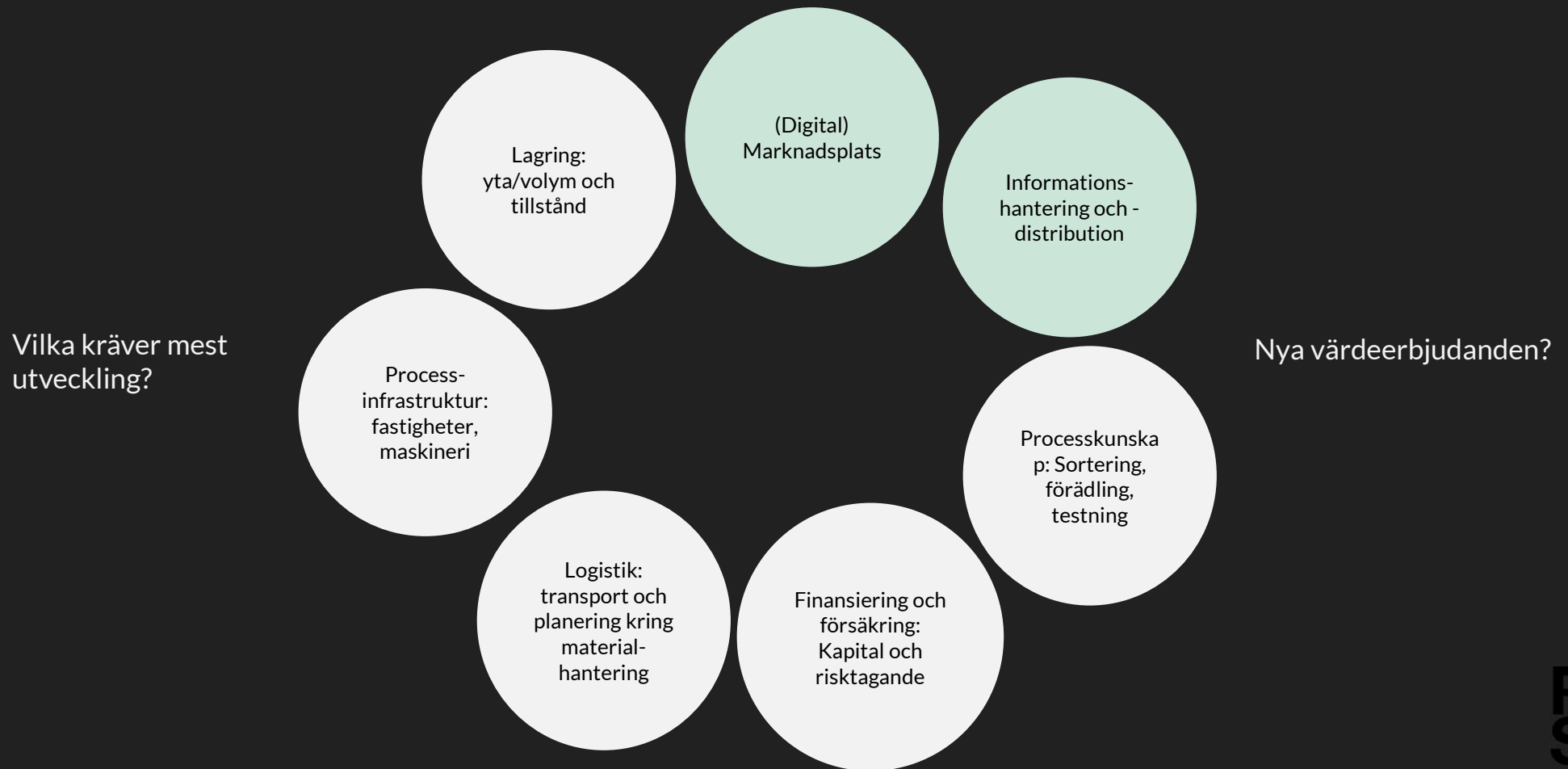
Att **tjänstifera infrastruktur** skulle ändra incitament av leverantören till att vilja maximera nyttan som upplevs för materialresurser (istället för att bara



Affärsmöjligheter identifierade i andra systemanalyser

 Återvinning av betong – för en cirkulär materialanvändning Recycling of concrete – for a circular use of material 	Återvinning av betong För en cirkulär materialanvändning. SLU Winsnes Sunnemark & Tinnerstedt (2020):	Hantering av riven betong: Bara en liten andel företag svarar (via enkät av 11 företag) att de återvinner betong då de flesta upplever att det är för kostsamt. I rapporten rekommenderas mer hantering av riven betong på plats.	Det kan finnas en möjlighet för mer decentraliserade krossning av betong på plats för att minska transport kostnader och öka återvinningen?
 Alva Eriksson & Elsa Pedersen How circular business models can increase the use of 3R's - a shift towards circular economy Case study in Swedish stone material industry	How circular business models can increase the use of 3R's - a shift towards circular economy. Case study in Swedish stone material industry. Alva Eriksson & Elsa Pedersen 2022	Nya affärsmodeller och samarbeten m kunder: Studien främjar att leverantörer av sten bör undersöka alternativa värdeerbjudanden med sina kunder. Att skapa nya lösningar tillsammans med kunder framkommer som en rekommendation. Vidare nämns planering kring under- och överskottsmassor som ett sätt för ett företag att minska på transport och avfall och eventuellt minska på kundens kostnader och öka egen lönsamhet.	En alternativ som nämns är att företaget paketerar leverans och eventuell upphämtning av överskottsmaterial i ett erbjudande. Det föreslås dessutom att ny betalmodeller utforskas.
			

Nödvändiga funktioner i en affärsekosystem för cirkulering av sekundär material



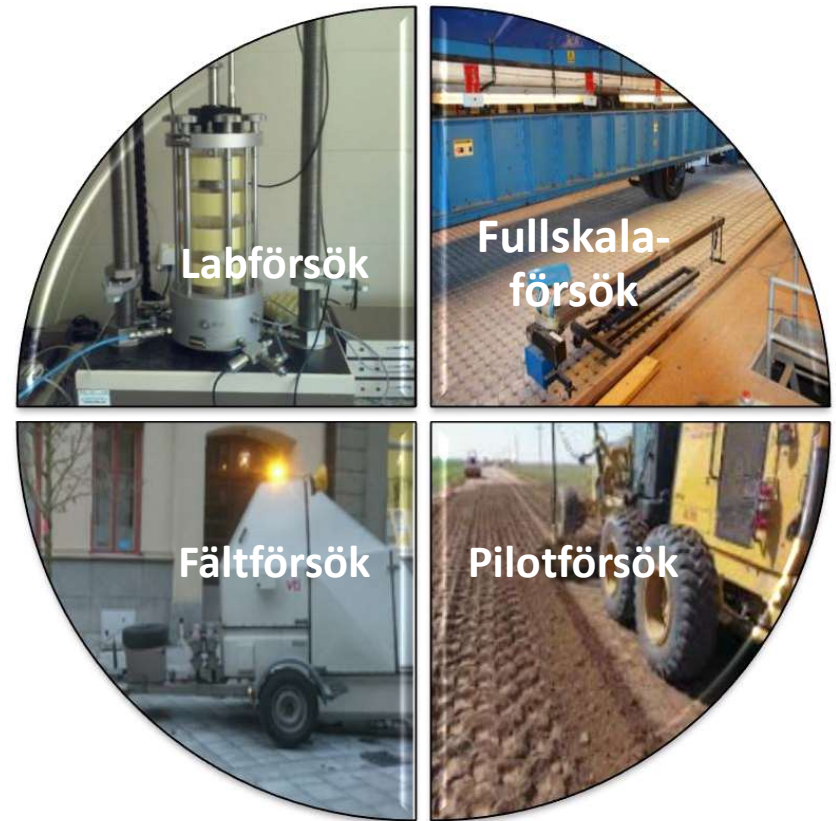
Möjliga (emergerande) affärsmodeller som kan öppna för cirkularitet

- Digital informationshantering och analys: Underlätta planering, ge insikter, värdesätta mm, baserat på analys av aggregerat data
- Digital marknadsplats: Underlätta för aktörer att köpa och sälja sekundära material
- Take-back modell: Företag erbjuder/har ansvar att hämta material vid end-of-life
- Infrastruktur-som-tjänst: Företag äger infrastruktur och har ansvar för dess funktion under hela livscykeln.

WP3: Dimensionering av konstruktion

Fredrik Hellman

- Syftet har varit att etablera robust dimensioneringssystem för alternativa material som slaggrus, krossad betong och fräsasfalt
- Vi går från beskrivande materialegenskaper till funktionell egenskaper som spårdjup och livslängd
- Det handlar om standardiserad och förenklad användning



Hur kopplar man funktion till dimensionering?

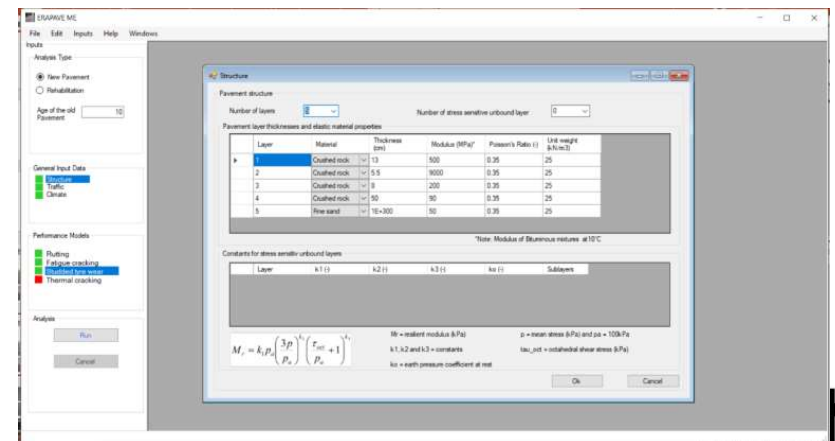
- Vi jobbar med att ta fram materialparametrar så att man enkelt kan modellera funktion och livslängd
 - Materialparametrar tas fram i labbtester tex triaxialförsök och standardmetoder
- Riktigheten i modellen kontrolleras genom försök i fullskala i VTI:s testhall
 - Det ger kontrollerade förhållanden
 - Vi utsätter konstruktionen för realistisk trafikbelastning med HVS
 - Vi mäter spår djup, deformation och stress i konstruktionen
- Vi utvärderar modellerade resultat med uppmätta resultat



Fördraget handlar om

- Beskrivning av de testade materialens egenskaper vid byggnation av testtytor i VTI:s testhall
- Redovisning av resultat från fullskaleförsök med HVS
- Beskrivning av hur försöken kopplar till den använda dimensioneringsmodellen ERAPave

Plattbelastning



ERAPave

vti



De fyra testade materialen

Två HVS försök genomfördes

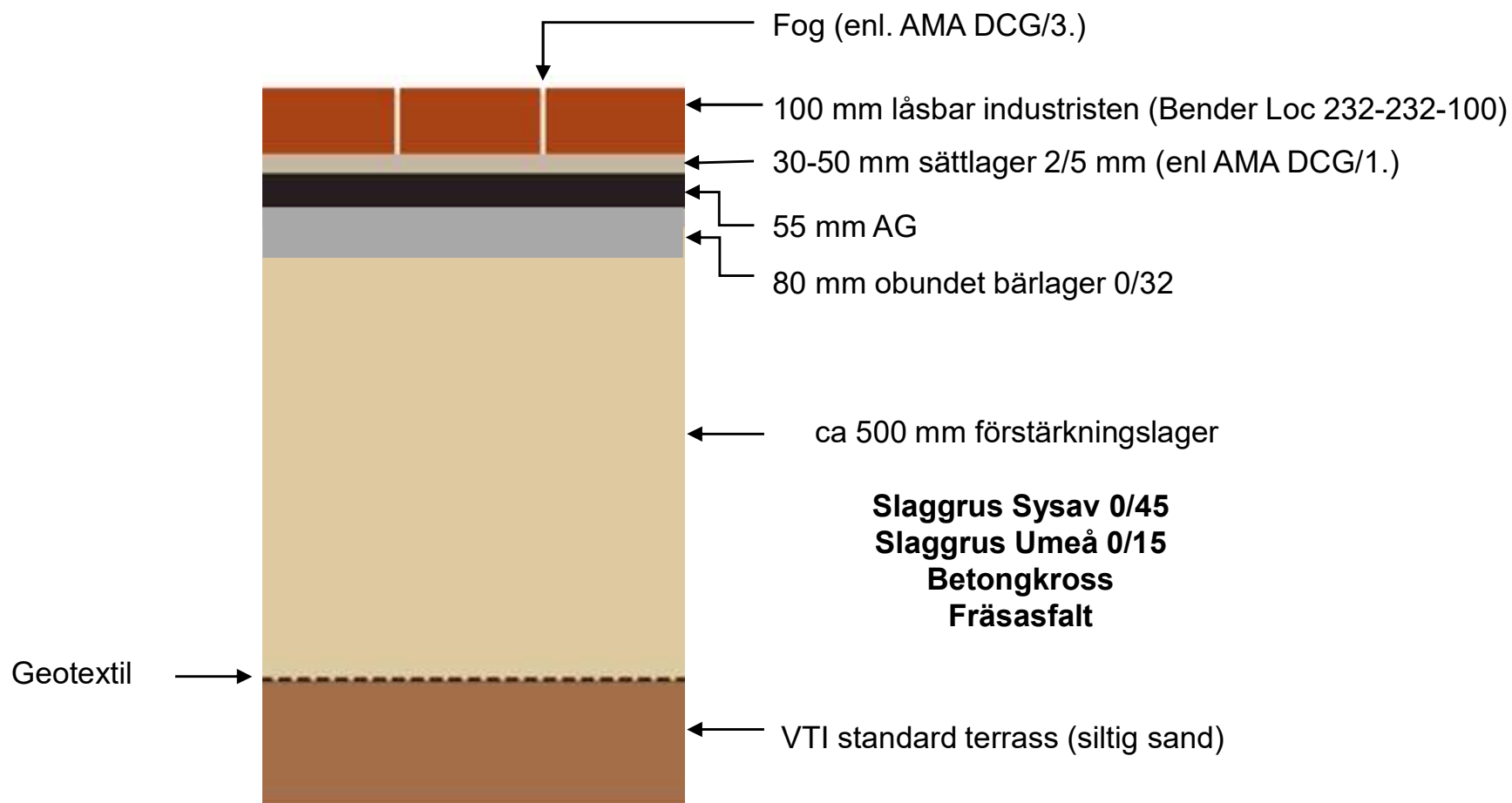
HVS försök SE27

- 2 slaggrus, Sysav och Umeå

HVS försök SE28

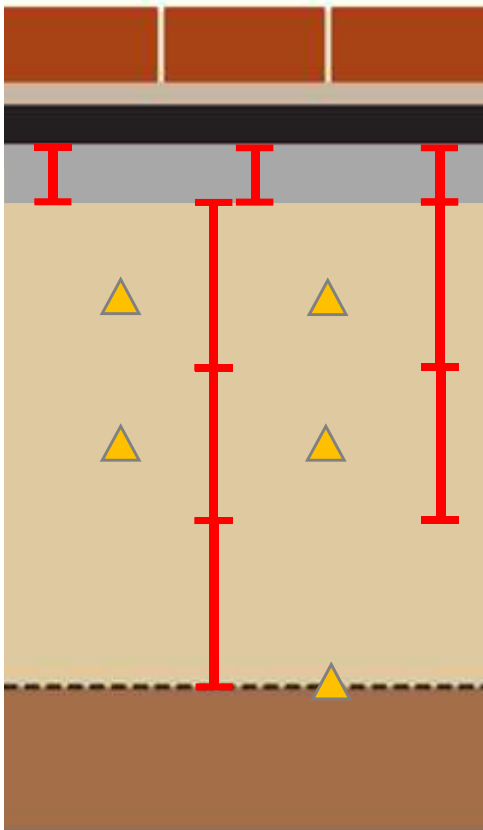
- Krossad betong
- Fräsasfalt

UPPBYGGNAD AV TESTKONSTRUKTION FÖR HVS



INSTRUMENTERING

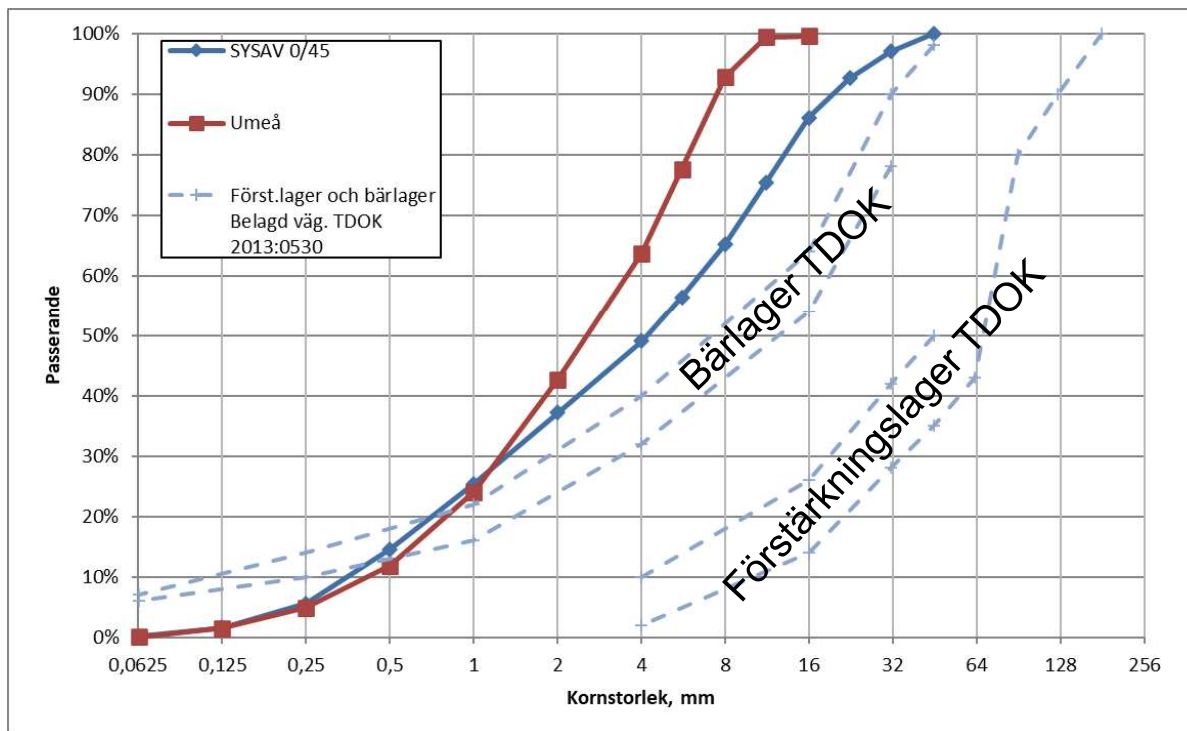
- EMU spolar mäter deformation i enskilda lager
- SPC mäter tryckpåkänning vid hjulöverfart
- Mätningarna görs för att kunna se var i konstruktionen deformationer uppstår vid belastning
- De kan användas för kalibrera Erapave och bestämma materialparametrar så att säkrare modellering kan göras.
- I slutändan kan dimensioneringstabell och anvisningar tas fram



▲ SPC: uppmätt stress

I EMU coil: uppmätt deformation

Kornkurva Slaggrus



- Streckat är kurvor enl TDOK (Trafikverkets krav)
- SYSAV blå
- Umeå Energi röd
- Kornkurvan följer inte TDOK
- Materialen har mycket i fraktionen 1-8 mm

Sysav slaggrus 0/45

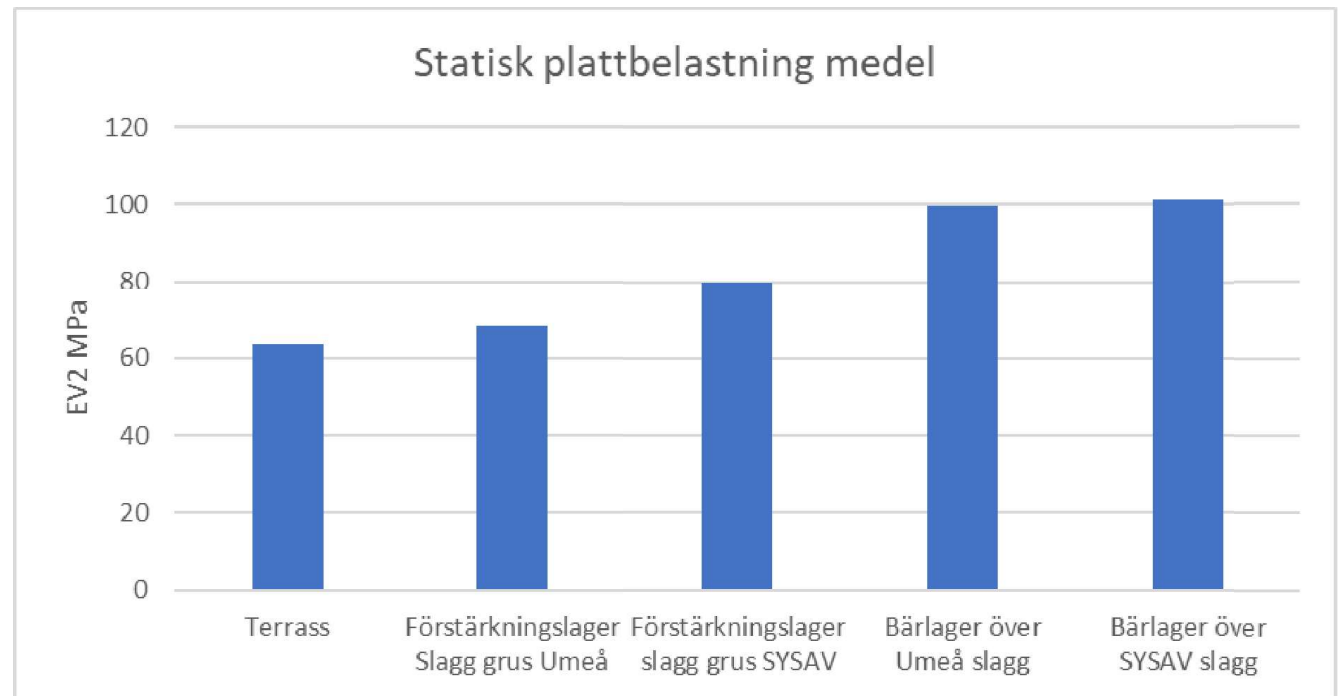


Umeå Dåva slaggrus

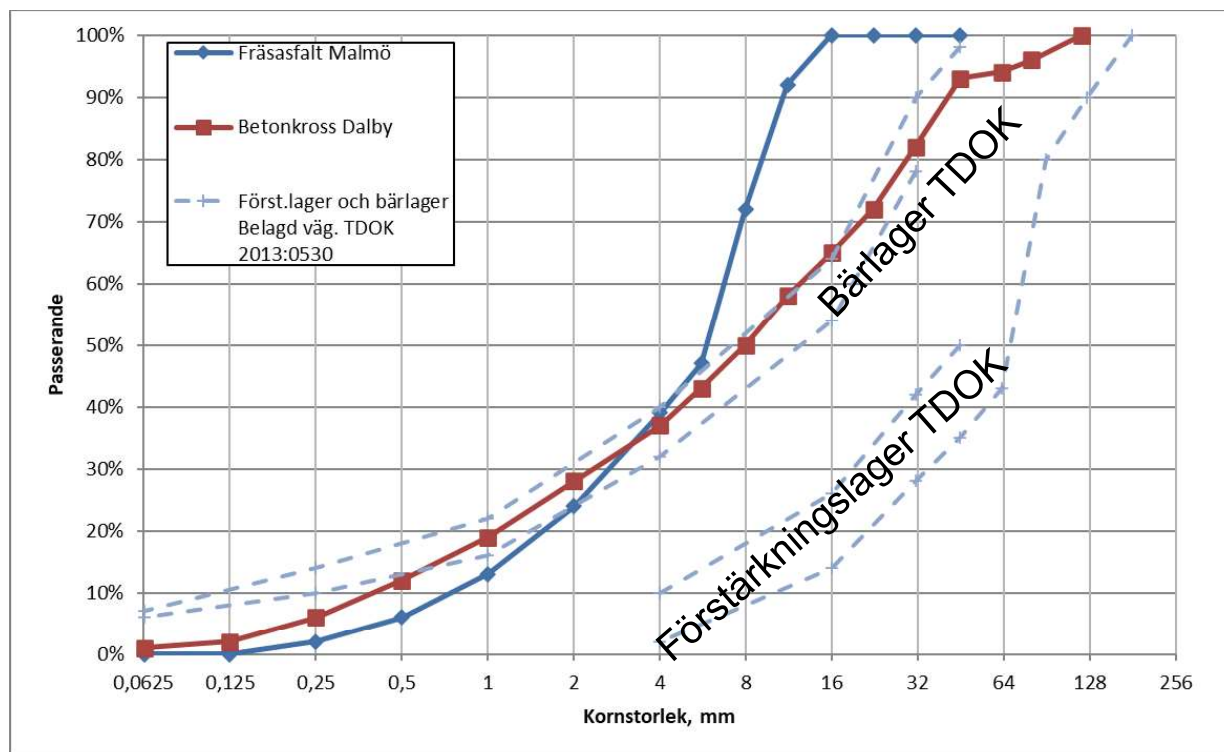


Statisk plattbelastning vid HVS försök SE27

- Sysav slaggrus
- Umeå Slaggrus
- Värdena är låga
- Standard för bärlageryta på belagd väg enligt TDOK är EV2 140 MPa på



Kornkurva Betongkross och Fräsasfalt

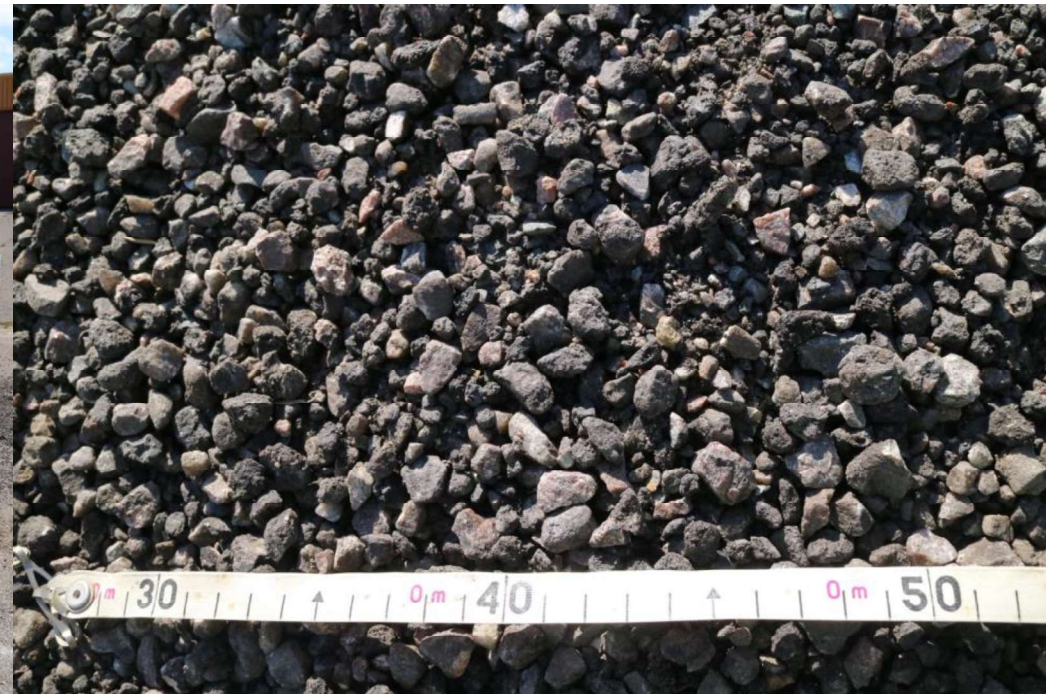


- Streckat är kurvor enl TDOK (Trafikverket)
- Fräsasfalt Malmö stad blå
 - Stor andel i 4-16 mm
- Betongkross Dalby maskin röd
 - Följer kurvan för bärlager

Betongkross

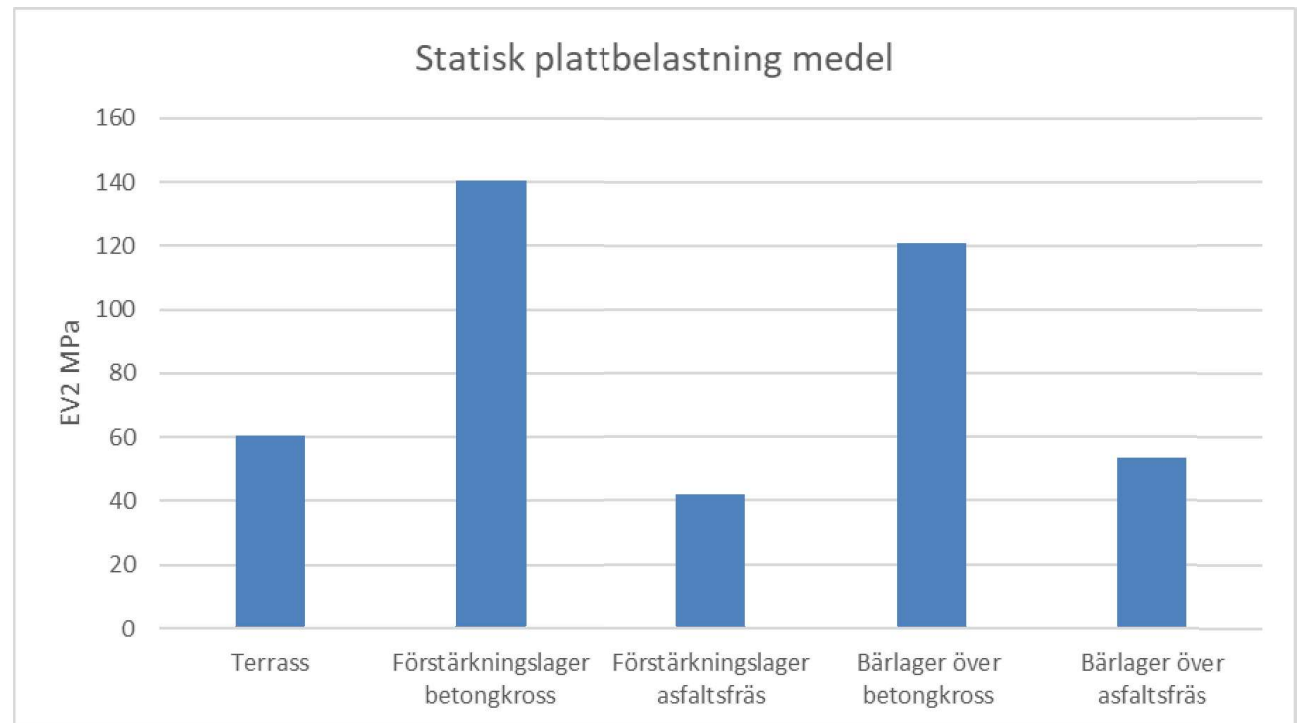


Fräsasfalt



Statisk plattbelastning vid HVS försök SE28

- Betongkross
- Fräsasfalt
- Väldigt låga värden på fräsasfalt trots mycket packning
- Med paddan som användes gick inte packa mer
- Standard för bärlageryta på belagd väg enligt TDOK är EV2 140 MPa på



Slutsatser från bygget och materialegenskaper

- Generellt lägre värden än Trafikverkets kravnivå på plattbelastning utom betongkross som klarar kraven
- Materialen följer inte kornkurva enligt TDOK utom betongkross (bärlager)
- När det gäller slaggen kan det delvis bero på en kornstorleksfördelning med mycket finmaterial (kanske kan viss tillväxt av styvhet ske över tid genom kemiskbindning)
- Slagg upplevdes av byggaren som lättarbetat
- Fr'sasfalt är mycket svårpackat med padda och kräver mycket mer än föreskrivna 6-8 överfarter. Temperaturkänsligt!
- Betongkross är lättarbetat och ger högstyvhet som klarar packningskraven

Nu över till HVS resultaten



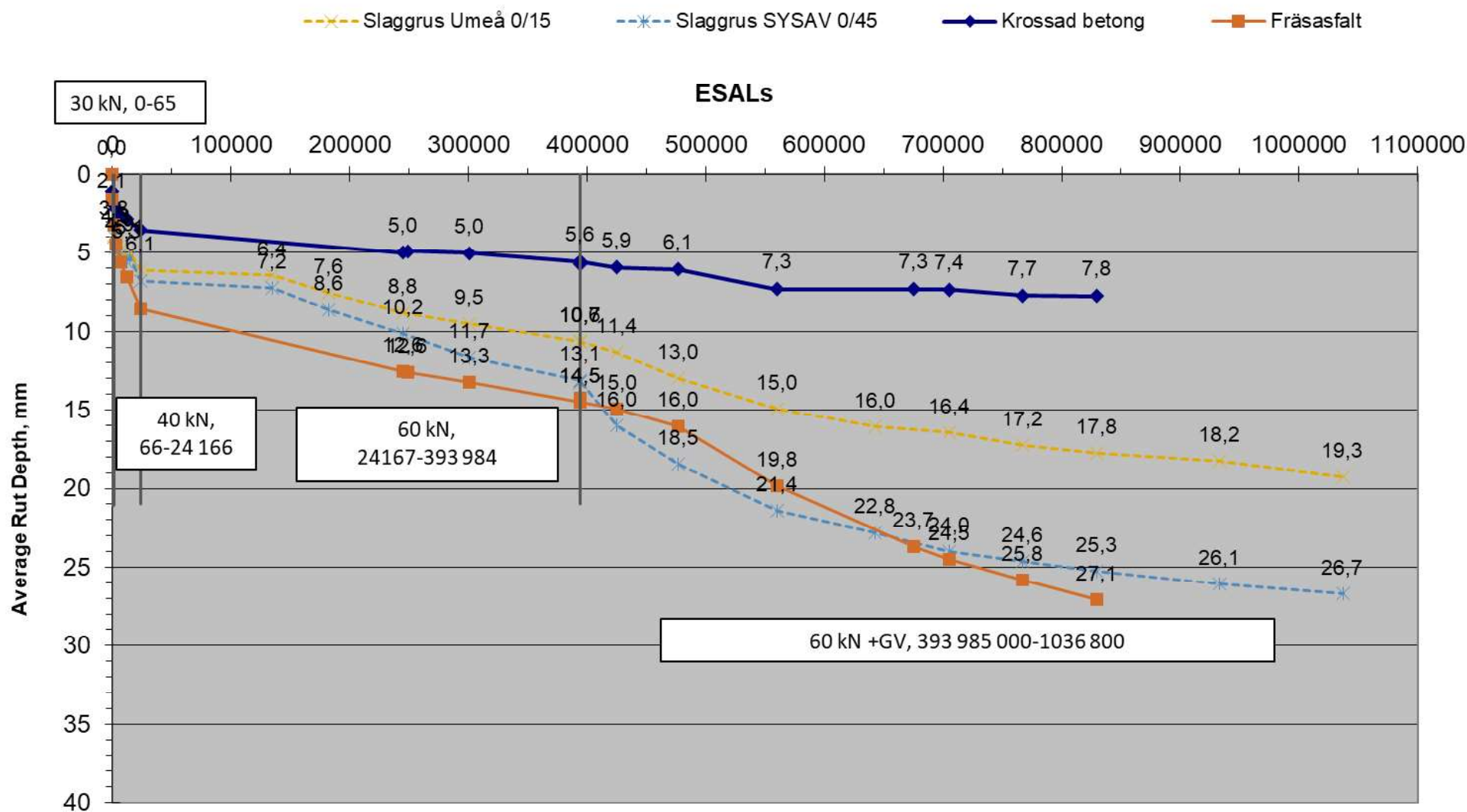
HVS test



Ytan efter HVS test med slagg

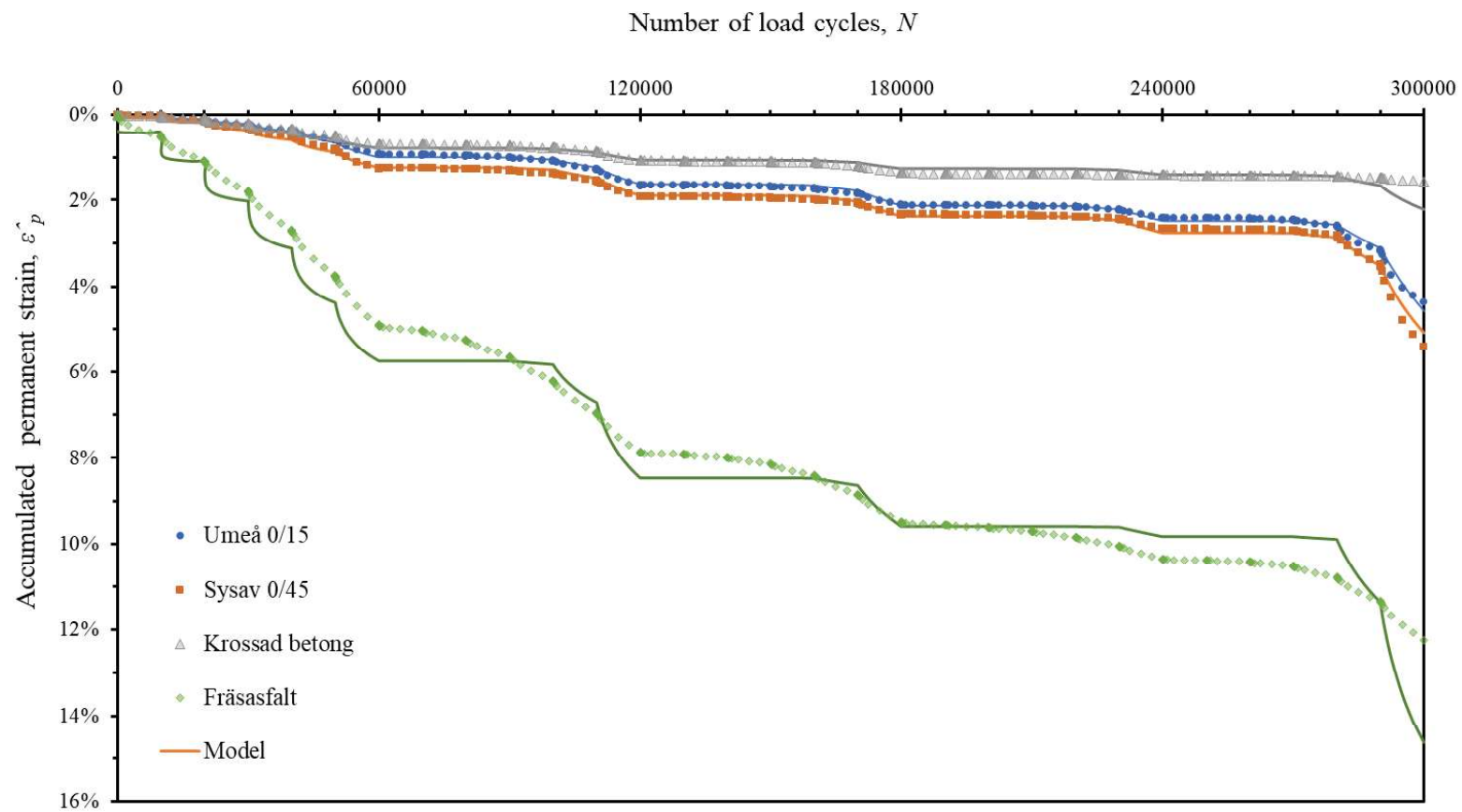


vti



Triaxialförsök

- Permanent deformation exempel
- Styvhet
- Syfte att få fram materialparametrar till ERAPave



TRIAXIAL TESTRESULTAT: MODEL FITTING

- Permanenta deformationer och modellen som används i ERAPave

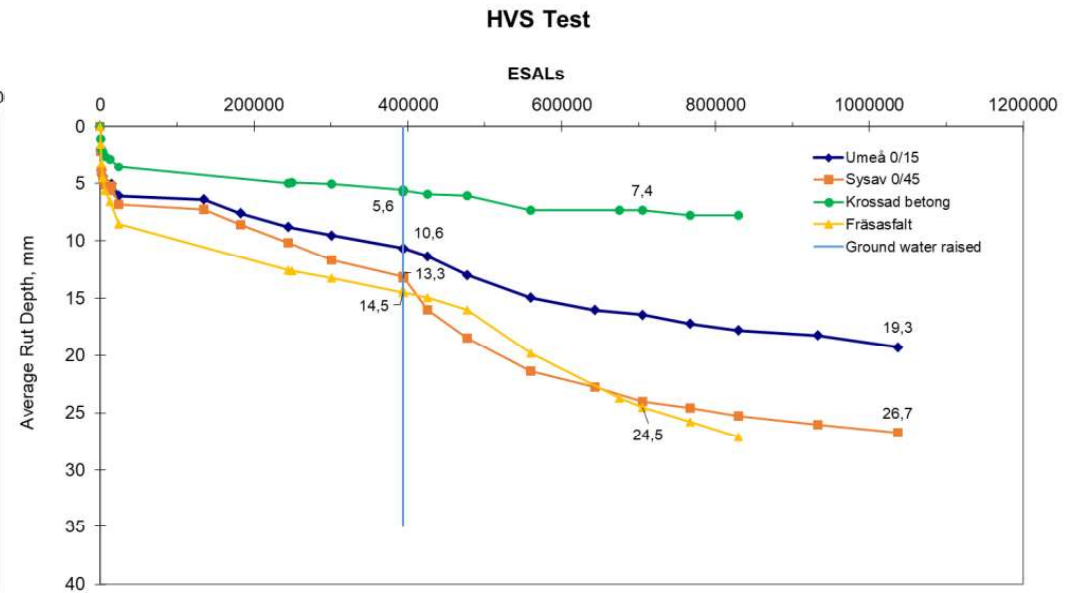
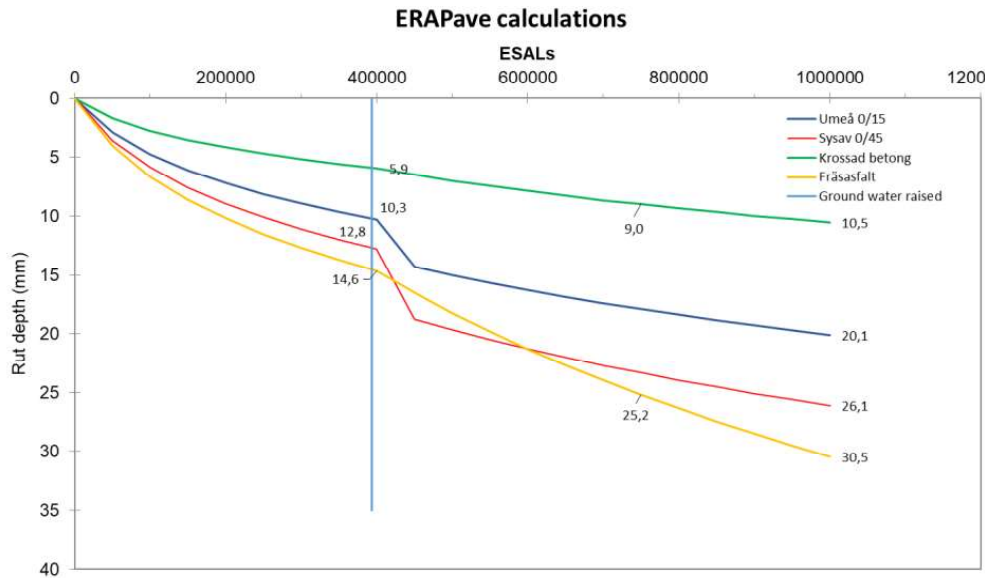
$$\hat{\varepsilon}_p(N) = aN^{b\varepsilon_r}\varepsilon_r$$

- Parameter a och b bestäms genom permanent deformations test
- a och b används för att prediktera spårdjupsutveckling i ERAPave

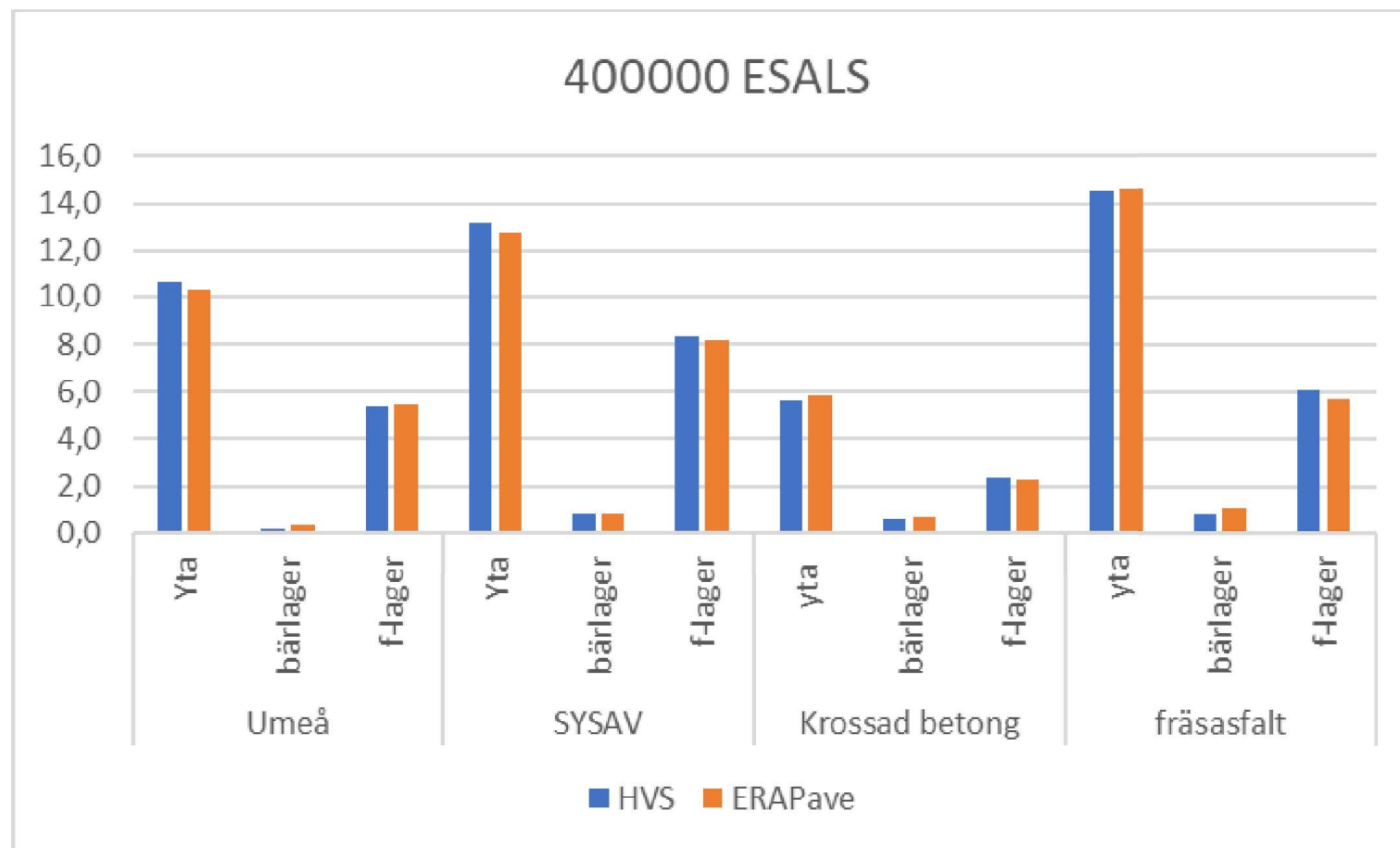
	Umeå 0/15	Sysav 0/45	Betongkross	Fräsasfalt
a	33	36	12	51
b	250	250	250	250

Hur bra stämmer ERAPave modellen med testresultaten?

- Rätt bra



Jämförelse ERAPave och HVS resultat





Slutsatser

- Vi kan använda ERAPave för att uppskatta spår djup, deformationer och livslängd
- Det går att enkelt jämföra konstruktionslösningar
- Man kan optimera lagertjocklekar för optimalt utnyttjande av material
- Mer tester med triax av fler material ger förbättrad och utökad materialdatabas

Rekommendation

- Man bör följa upp byggfasen och utförande med plattbelastning - utförande är avgörande
- Det behövs uppföljning i fält av aktuella byggen

Vad har vi lärt så långt?

Hållbara sekundära ballastmaterial | Erik Simonsen

Heidelberg Materials



Tillståndsutveckling

Yttre faktorer:

Belastning (trafik)

Klimat/väder (vatten)

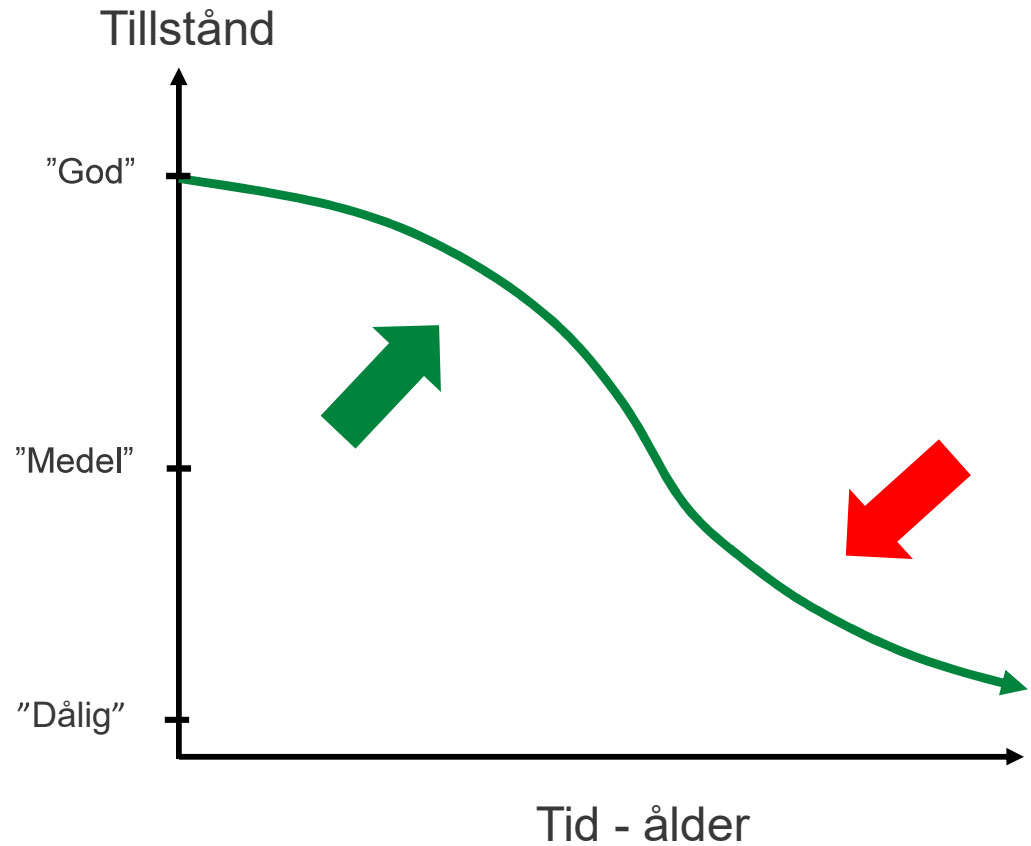
Interna faktorer:

Material

Konstruktion

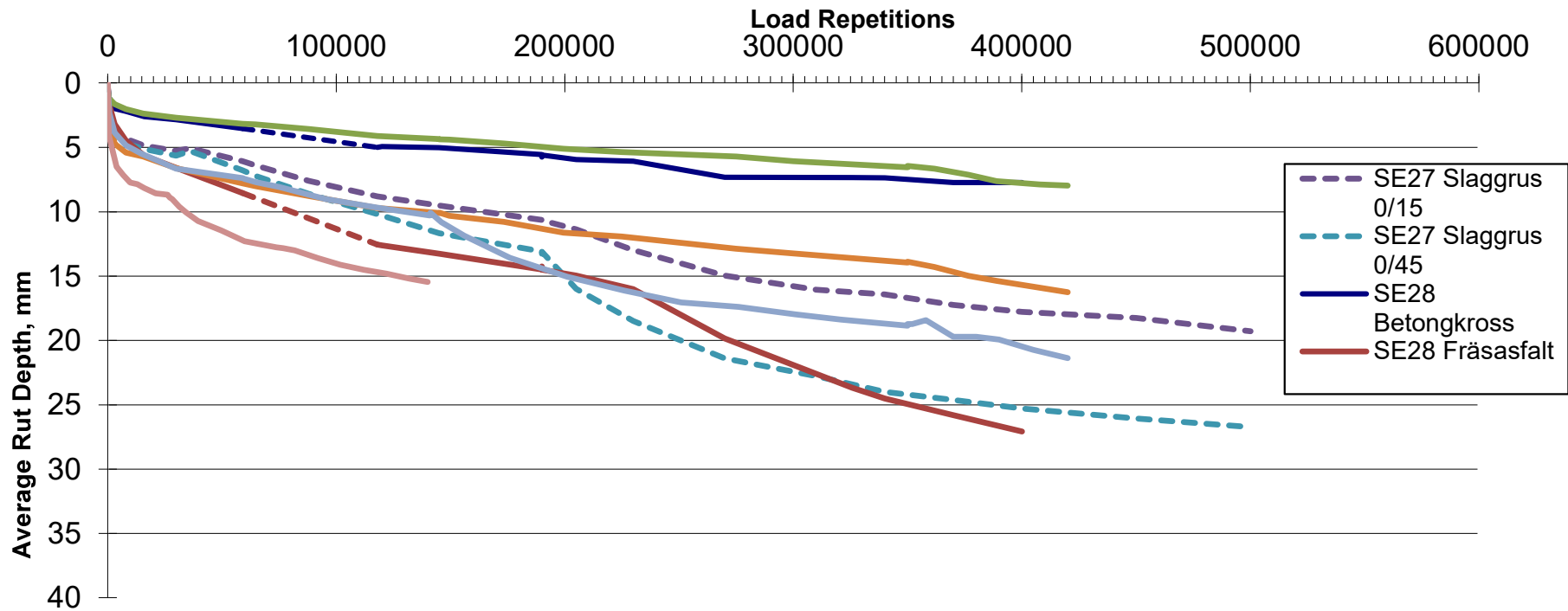
Utförande

DoU





Jämförelse med tidigare HVS-försök





Vad har vi lärt oss så långt?

Trafikbelastning – vad vi testat

1. 4-500 000 passager
2. Motsvarar 7-900 000 standardaxlar
3. Motsvarar 1,25 -1,65 miljoner trexlga lastbilar (B-faktor 0,56 TRVK2011:267)
4. Spårdjup 7 – 27 mm
5. Testat tom Trafikklass 2, men betyder INTE att det är max!

Yttre förutsättningar

1. Mkt hög spårbundenhet – typ bussgata
2. Inget DoU
3. Tex på industriyta behövs flera lastbilar för att ge samma spårdjup
4. Vid normal DoU (gata) behövs flera lastbilar för att ge samma spårdjup

Dimensionering?

1. Relativt få material provade
2. Vi kan dimensionera med ERAPave redan nu!
3. Tabelldimensionering ligger tidigast i UDI-3
4. MEN tabelldimensionering låser fast oss i materialkrav i stället för funktionskrav, hindrar optimering av konstruktion och introduktion av nya "klimatsmarta" material! Vi behöver båda!

Vad behöver vi jobba vidare med?

1. Kriteriet för spårdjup (funktionskrav) avgör livslängd! 30, 40 eller varför inte 70 mm?
2. För att komma bort ifrån materialkrav MÅSTE bättre funktionskrav utvecklas!
3. Konstruktionen kan/bör optimeras
4. Utförandekrav i regelverk! Tex AMAs krav på packning
5. Entreprenörens egenkontroll måste ses över!
6. Konstruktions-/utförandehandledning

Hur ska en klimatomställning ske utan faktisk omställning?

Hela anläggningskedjan behöver ta ansvar för omställningen – ingen enskild aktör kan ensidigt optimera sin del.

Kanske kan:

- beställare ta högre risk i sina projekt och tillåta avsteg från gällande materialkrav?
- entreprenörer ta höjd för utökade egenkontroller och tydliggöra detta i sina anbud?
- projektörer ta höjd och tid för utveckling av konstruktion?
- materialleverantörer utveckla sin produkt (inte enbart sin produktion)?
- "Miljömyndigheter" bidra för att underlätta tillståndprocessen (inte enbart kravställande)?



**AP 4 Miljöanalyser och
anmälningar/tillstånd**

**UDI Sekundära ballastråvaror för
hållbar anläggningsinfrastruktur**

2023-03-28

Henrik Bristav

Arbetspaket 4

Miljöaspekter, Tillståndprocesser, LCA, End-of-Waste-kriterier

1. 2021 Q2: Inlämnade anmälningssärenden för 2 piloter
2. 2022 Q3: Rapport över miljöanalyser från piloter
3. 2022 Q3: Rapport med LCA utvärdering av de utvärderade koncepten
4. 2022 Q3: Framtagna End-of-Waste kriterier
5. 2022 Q3: Beslutsstöd för kommuner framtaget

Analyser miljöuppföljning

Inga analyser finns (ännu) på de byggda konstruktionerna i projektet

- Beskriver miniminivå på ämnen som ska analyseras. Om det finns analyspaket som omfattar fler ämnen är detta ingen nackdel.

Rapport 2019:14

Avfall Sveriges Utvecklingsatsning
ISSN 1103-4092

**UPPDATERAT BESLUTSSTÖD FÖR
ÅTERVINNING AV SLAGGRUS I
SPECIFIKA ASFALTTÄCKTA
ANLÄGGNINGSKONSTRUKTIONER**



AVFALL SVERIGE

**RI.
SE**

Ur beslutsstödet (Avfall Sverige 2019:14)

10.1 RIKTVÄRDEN FÖR SLAGGRUS I EN ASFALTTÄCKT KONSTRUKTION UTAN SLÄNTER

Tabell 10-1a. Riktvärden återvinning av slaggrus i täckt konstruktion utan slänter i dagen¹.

Ämne	Riktvärden för återvinning av slaggrus i täckt konstruktion utan öppna slänter					
	Väg 10 m		Väg 20 m		Parkering	
	Totalhalter (mg/kg)	Co, L/S 0,1 Konc. Lakvätska (mg/l)	Totalhalter (mg/kg)	Co, L/S 0,1 Konc. Lakvätska (mg/l)	Totalhalter (mg/kg)	Co, L/S 0,1 Konc. Lakvätska (mg/l)
Antimon	4400	2	2000	0,5	1200	0,34
Arsenik	220	1	99	0,5	62 ¹⁾	0,26
Bly	1100 ²⁾	1	500 ²⁾	0,51	300 ²⁾	0,26
Kadmium	110	0,5	29	0,1	19	0,065
Kobolt	1100	1	500	0,5	280	0,26
Koppar	75000 ³⁾	10	33000 ³⁾	5	22000 ³⁾	2,7
Krom tot	75000 ³⁾	5,1	33000 ³⁾	1,5	22000 ³⁾	1
Kviksilver	73	0,1	33	0,025	21	0,017
Molybden	7900	7,2	3600	1,5	2300	1
Nickel	7100	2,1	1000	1	460	0,53
Vanadin	6900	6,2	3100	2,5	1900	1,6
Zink	240000 ³⁾	20	120000 ³⁾	10	77000 ³⁾	5,2
Benso(a)pyren	23 ²⁾	0,01	10	0,0049	3,1	0,0026
Naftalen	4500 ³⁾	2	2000 ³⁾	1	1300	0,53
PAH L	4500 ³⁾	2,1	2000 ³⁾	1	1300	0,51
PAH M	5300 ³⁾	0,41	1000	0,2	1300 ³⁾	0,11
PAH H	240 ³⁾	0,01	110 ³⁾	0,0051	57	0,0026
Fluorid	-	51	-	51	-	51
Klorid	-	3400	-	3400	-	3400
Sulfat	-	3400	-	3400	-	3400

RISE – Research Institute

¹ Riktvärdet baseras på det hälsobaserade riktvärdet. Detta ger ett obetydligt tillskott till marken intill vägen;

² Se bilaga 8 för hur detta riktvärde påverkas om projektförutsättningar ändras;

³ Särskilt med avseende på dessa riktvärden finns haltgränser som är betydligt lägre, till exempel i samband med klassificering av avfall.

Uppföljning av gamla projekt

Uppföljning av sex gamla projekt

- Trelleborgs återvinningscentral (2006)
- K-Rauta, Svågertorp, Malmö (2005)
- Avfallskraftvärmeverket (AVK), linje 4, Spillepengen, Malmö (2005)
- Staffanstorps återvinningscentral (2010)
- Brunkeflo återvinningscentral (2004)
- Slaggvägen Dåva, Umeå (2001)

Följande parametrar valdes

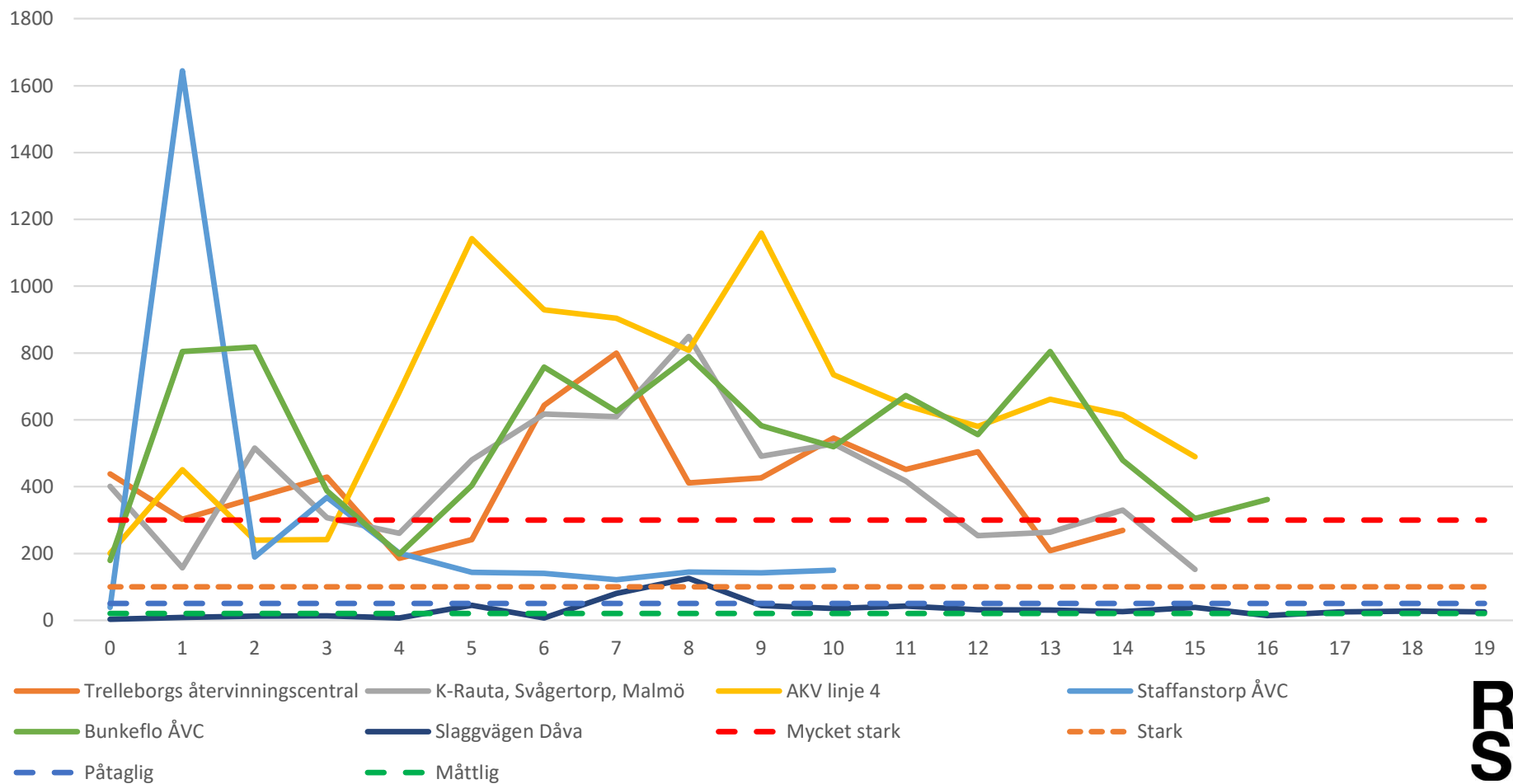
- Klorid
- Koppar
- Nickel
- Zink
- Bly

Metod

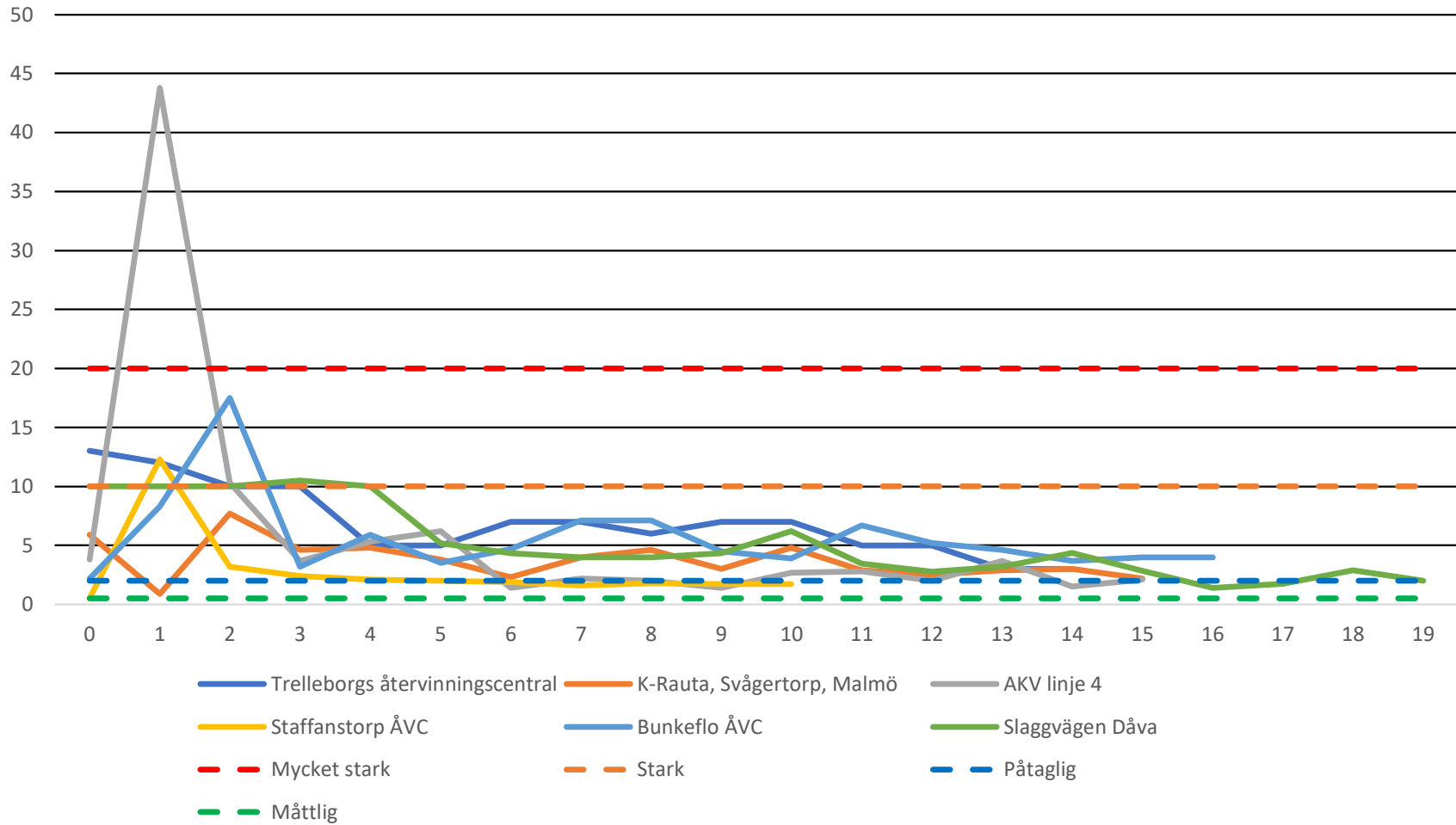
- Följdes från nollprov till senaste analys. Varierade mellan 10 år (Staffanstorp) till 19 år (Slaggvägen Dåva)
- Årsmedel för samtliga provtagningspunkter. Ger en samlad bild av omgivningspåverkan och minskar effekten av "outlayers". Ingen hänsyn taget till grundvattenrörelser.

Resultat

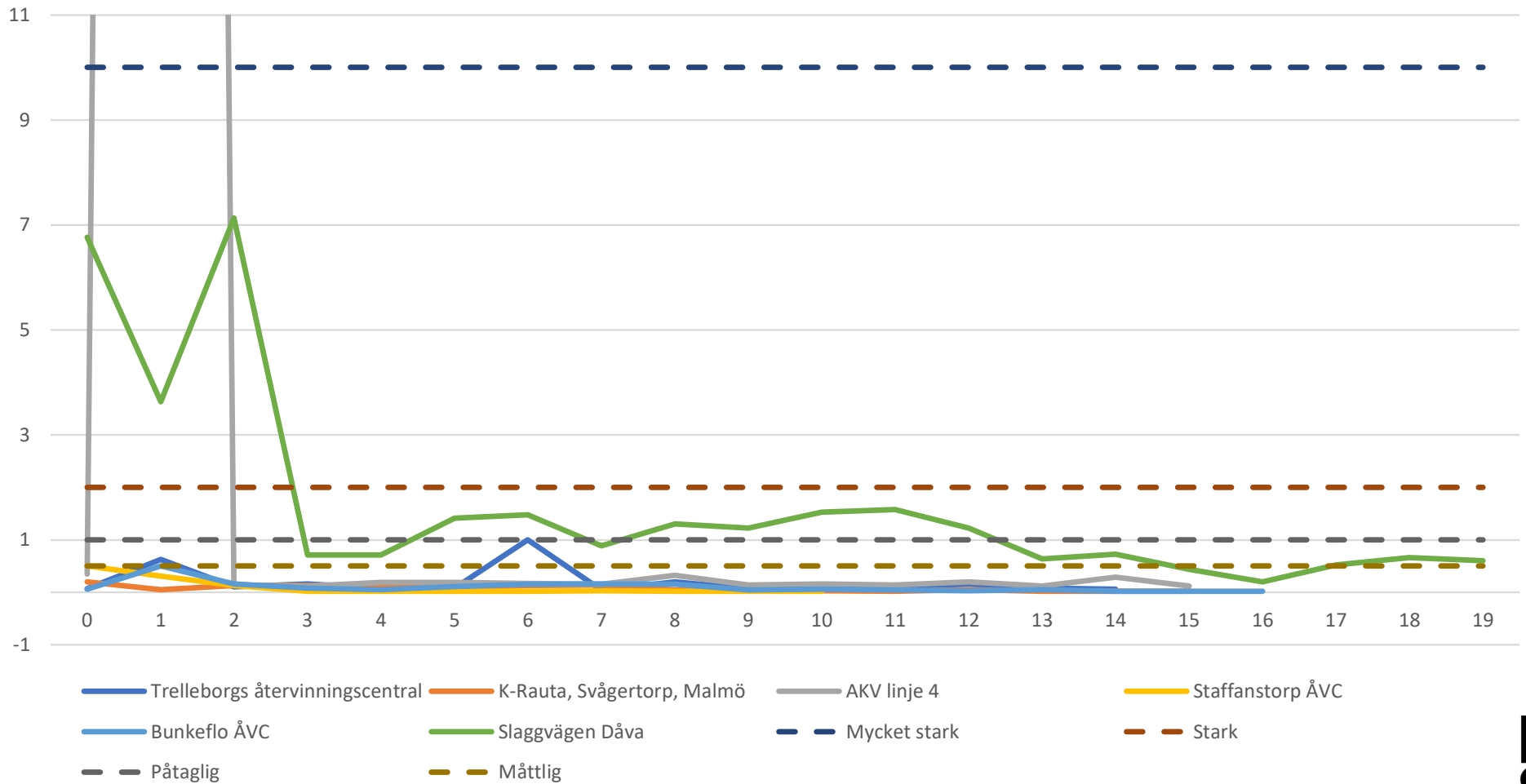
Klorid (mg/l)



Nickel (Ni) µg/l



Bly (Pb) µg/l



Anmälningssärenden i projektet

Har granskat handläggningen av två ärenden

- Användning av slaggrus för anläggningsarbete på fastigheten Nyskogen 1:9, Umeå kommun
- Användning av slaggrus för konstruktion av verksamhetsytor Trelleborgs hamn

Tidslinje

Veckor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Umeå Energi	Anm.			Kompl											Påmin n	Kompl				Beslut
Sysav/THAB	Anm.													Kompl				Beslut		

Semester, ca 4 veckor

AP 4 LCA bedömningar

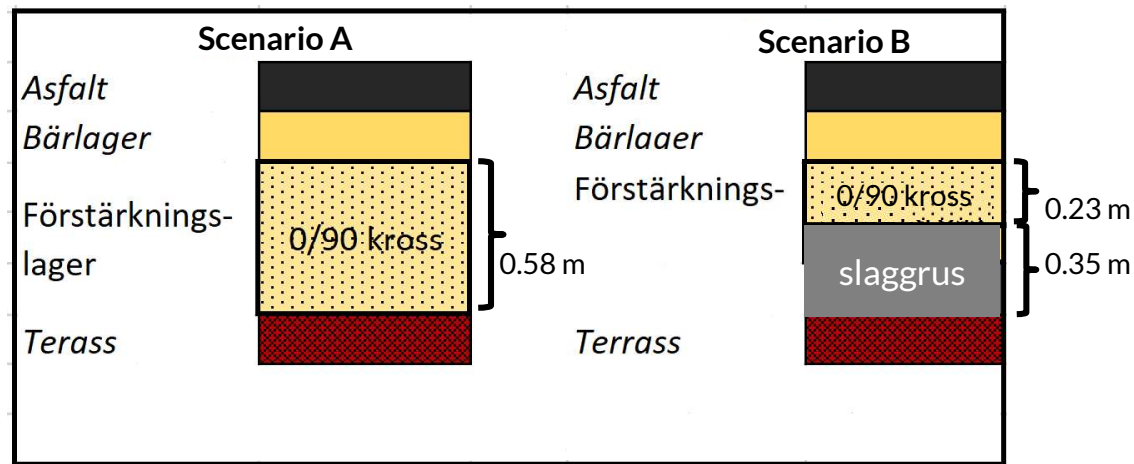
Otto Düring

- 1 Marjan Mousavi
Slagg ersätter delar av krossat berg i förstärkningslager. LCA baserad på tidigare rapport. Baserat på: *A comparative Lifecycle Assessment of reusing bottom ash from waste incineration for road construction in Malmö, 2020*
- 2 Mostafa Ghaffaria
Slagg ersätter krossat berg i delar av förstärkningslager
- 3. Otto Düring
Krossad betong ersätter krossat berg i förstärkningslager

Analys 1

- Slagg ersätter delar av förstärkningslager.
Baserat på: A comparative Lifecycle Assessment of reusing bottom ash from waste incineration for road construction in Malmö, 2020
- Analys utförd i verktyget Umberto av Marjan

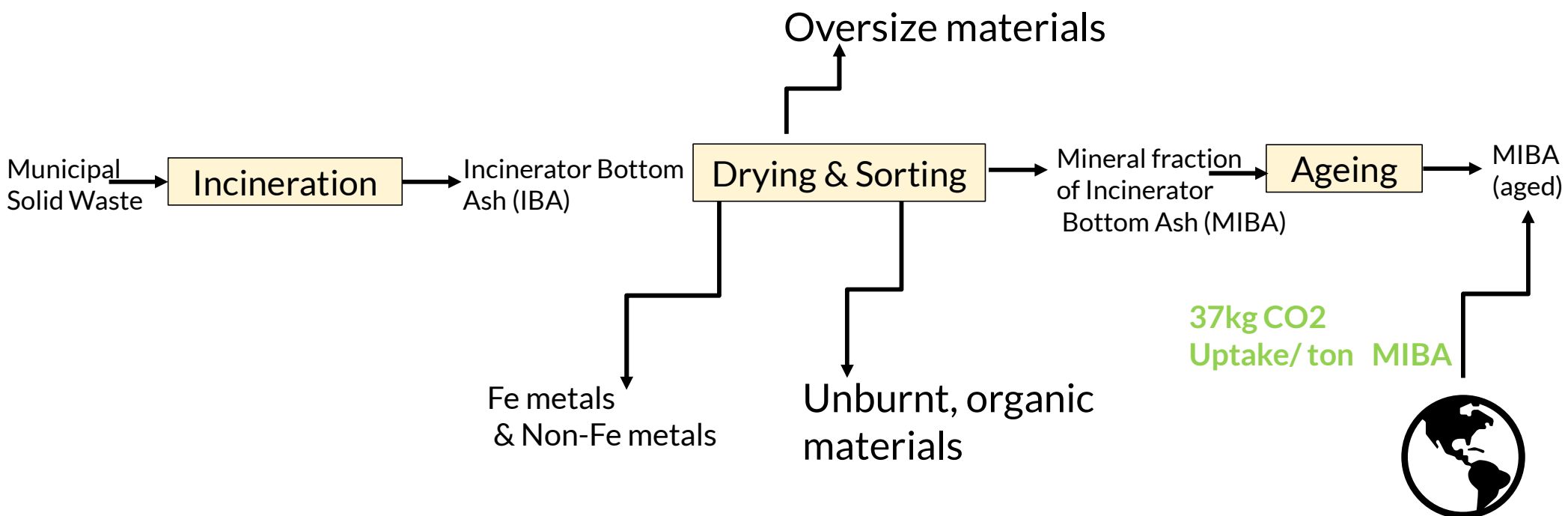
Scenarios considered for comparison in LCA



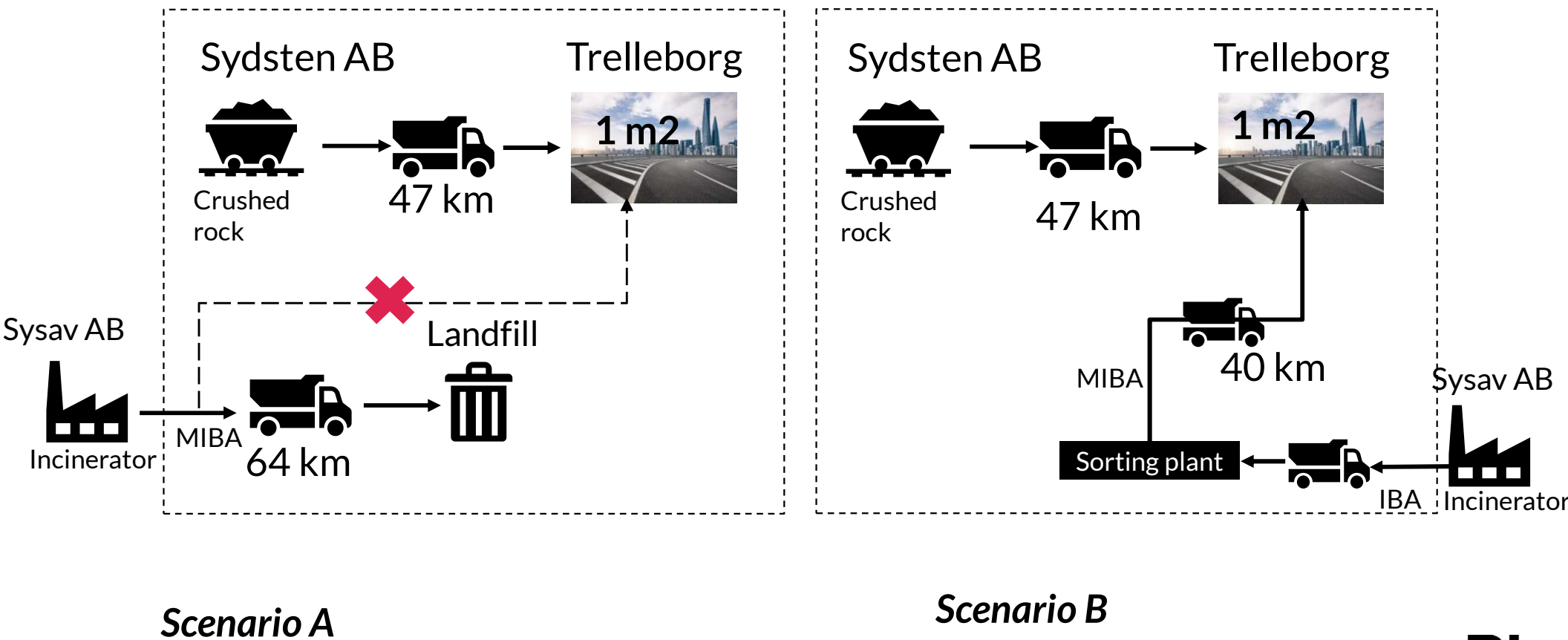
In **scenario A** crushed rock are used

Slaggrus in **Scenario B** is called **MIBA**= Mineral fraction from Incinerator Bottom Ash

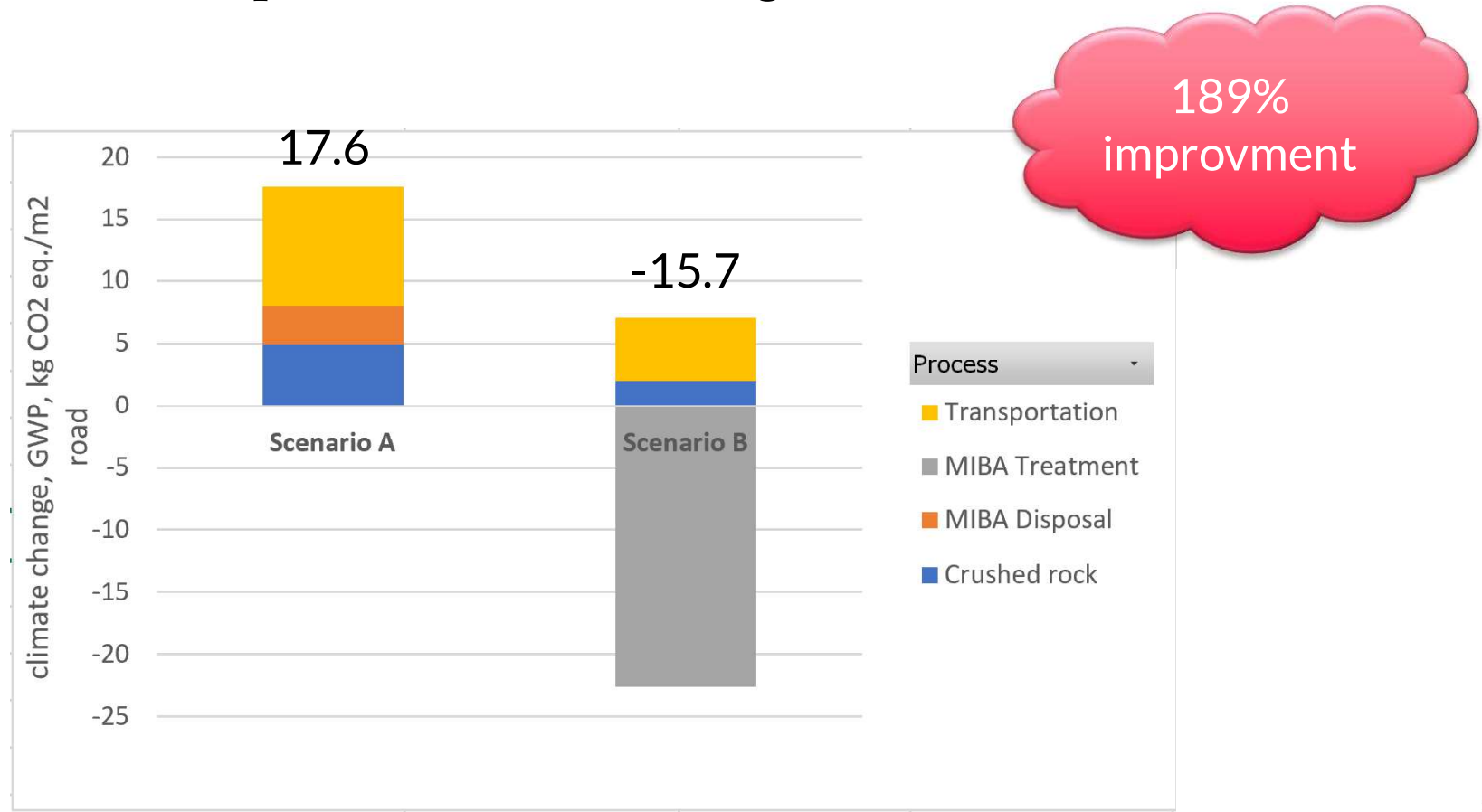
What is MIBA?



Functional unit= 1 m2 constructed road in Trelleborg



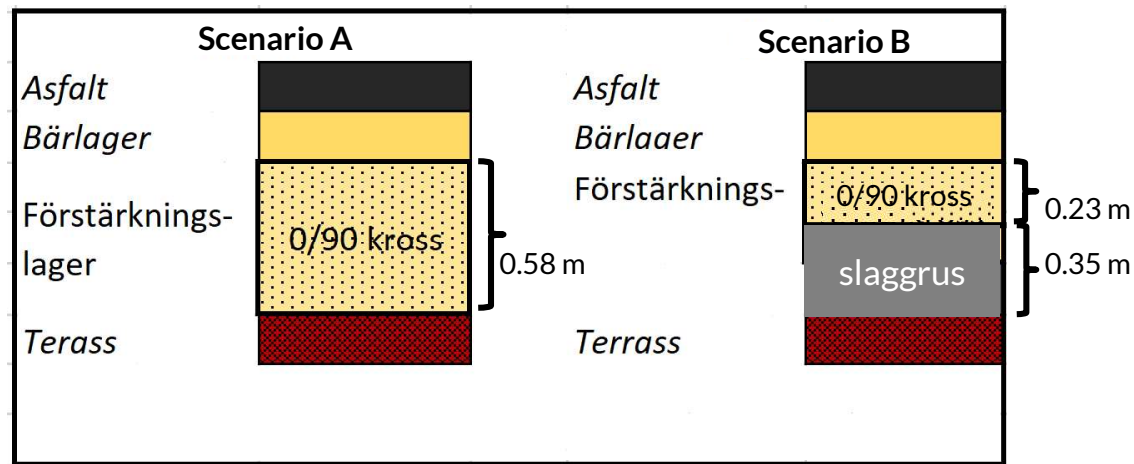
Comparison between total climate change protentional of two scenarios, including the contribution of each process to climate change in each scenario:



Analys 2

- Slagg ersätter delar av förstärkningslager
Ej baserad på tidigare studier
Analys utförd av Mostafa i verktyget Ecoinvent

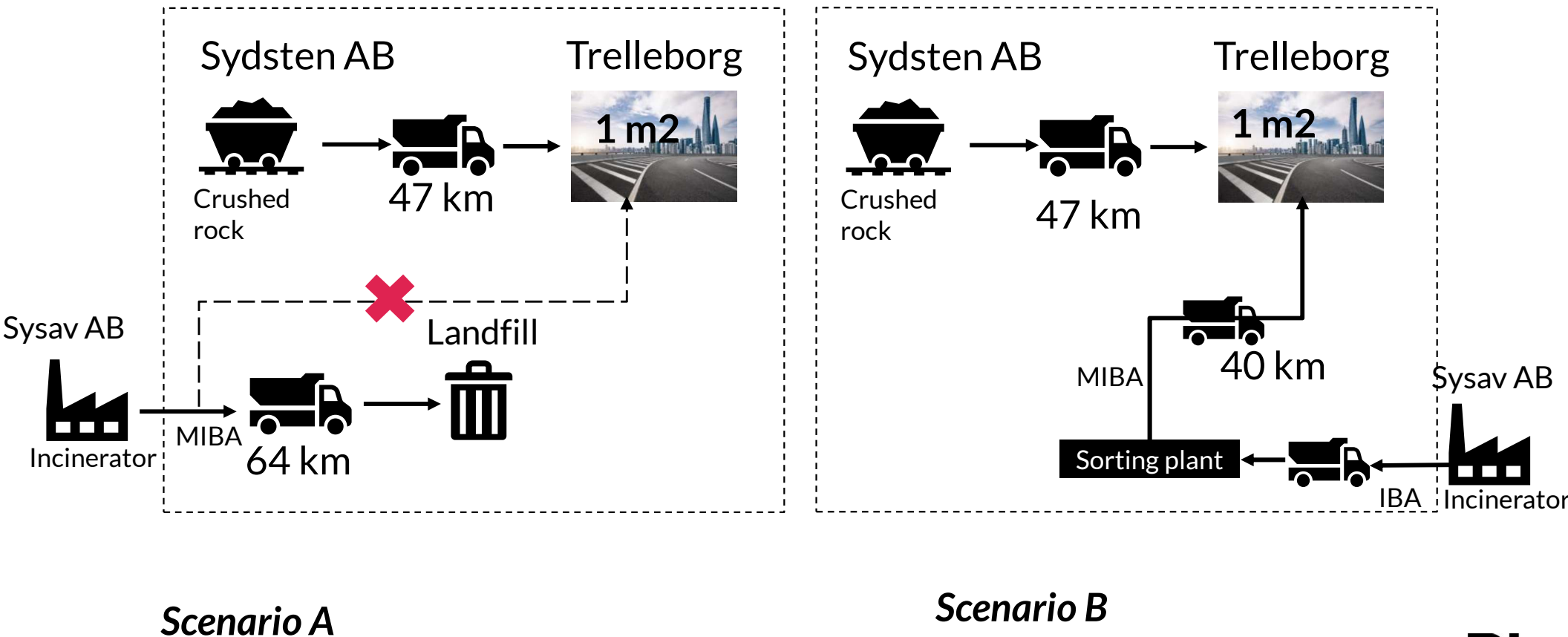
1 Scenarios considered for comparison in LCA

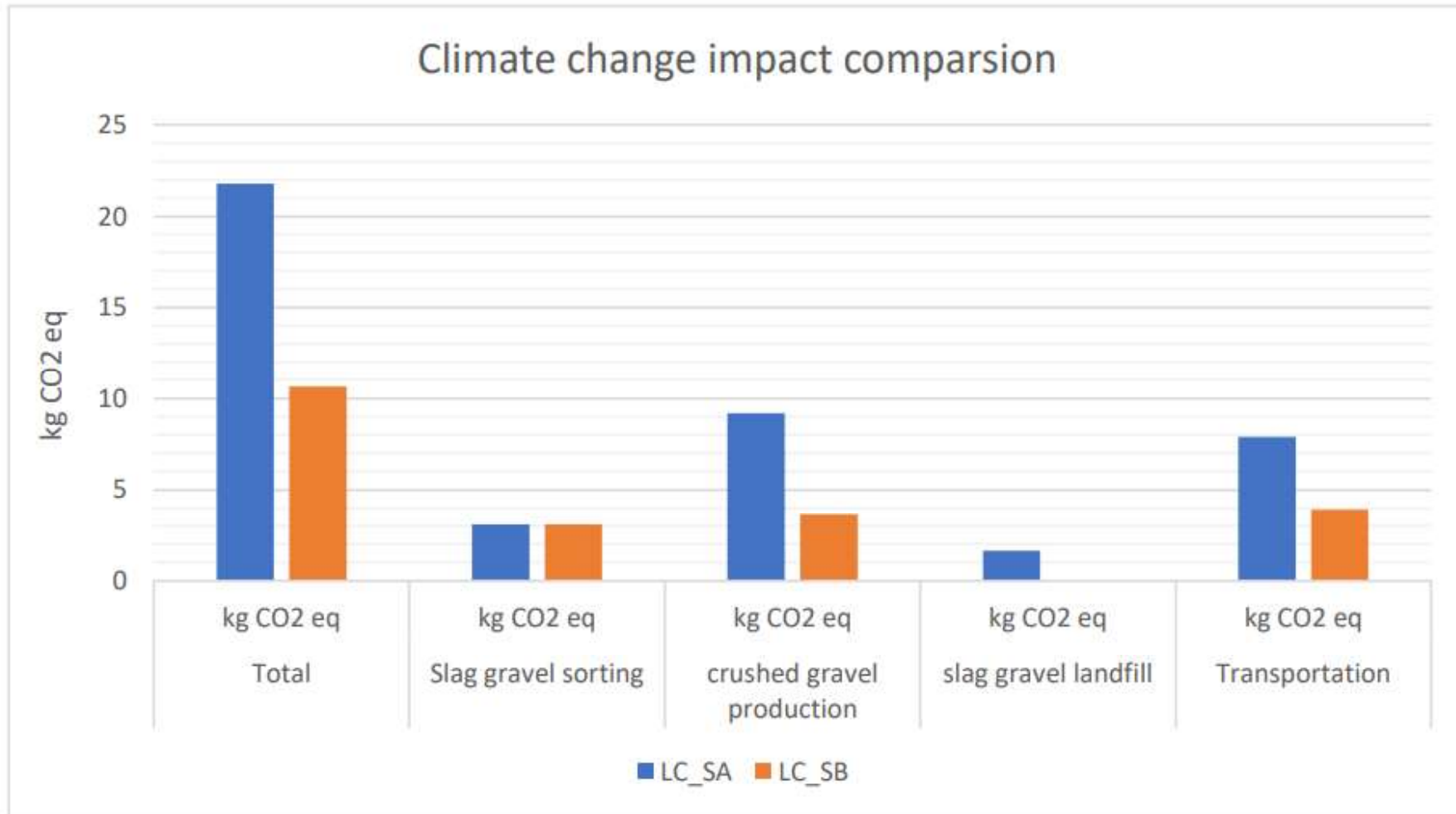


In scenario A crushed rock are used

Slaggrus in Scenario B is called MIBA= Mineral fraction from Incinerator Bottom Ash

Functional unit= 1 m2 constructed road in Trelleborg





OBS! Masungsslagg! Inte slaggrus!

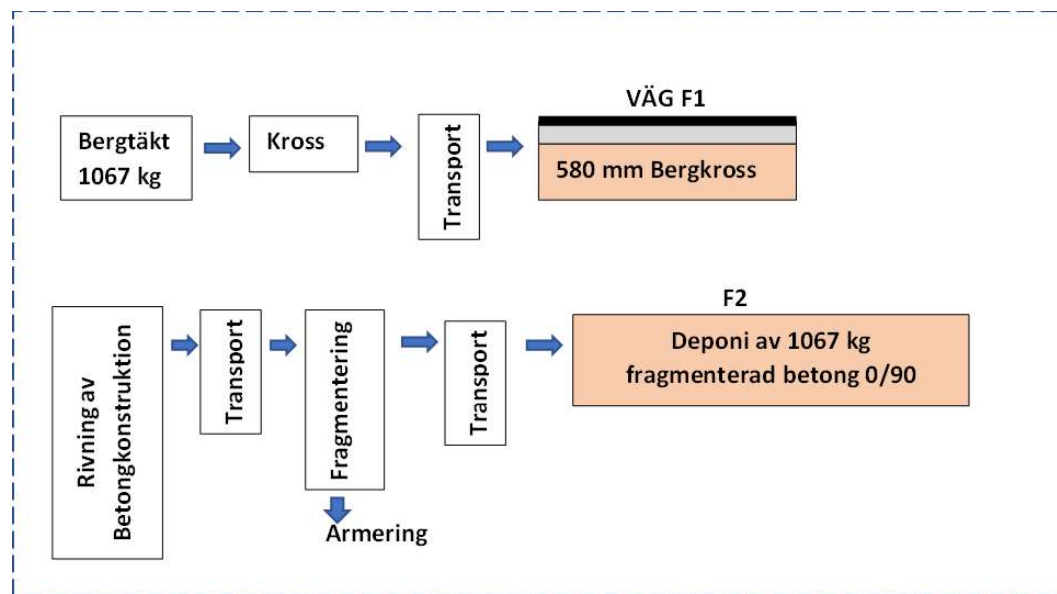
Analys 3

- Krossad Betong ersätter krossat berg i delar av förstärkningslager
Analys utförd av Otto

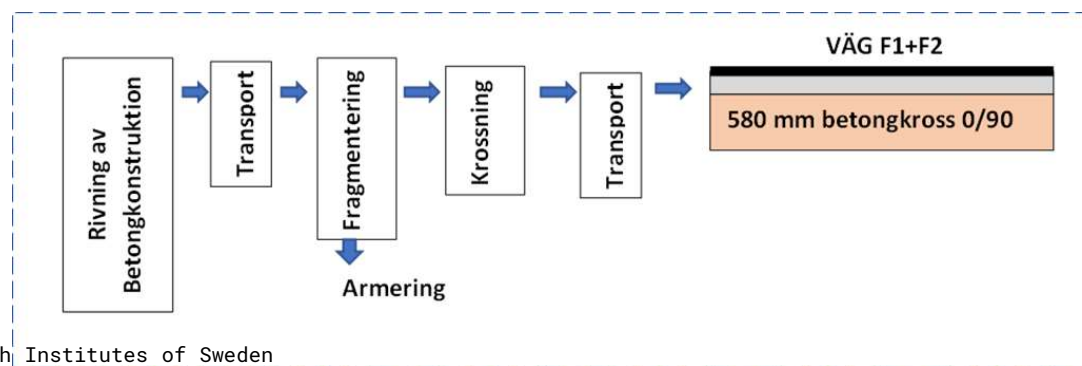
Systemanalys Frågeställning A

- Vilka är miljökonsekvenserna av att man använder krossad betong i förstärkningslagret för 1m² väg i förhållande till att man idag använder bergkross för samma funktion. Samt att normalt slutöde för betong är deponering.
- Funktionella enheter
- F1 1 m² förstärkningslager för VÄG
- F2 Slutförvar av 1067 kg riven betong

Scenario A0



Scenario A1

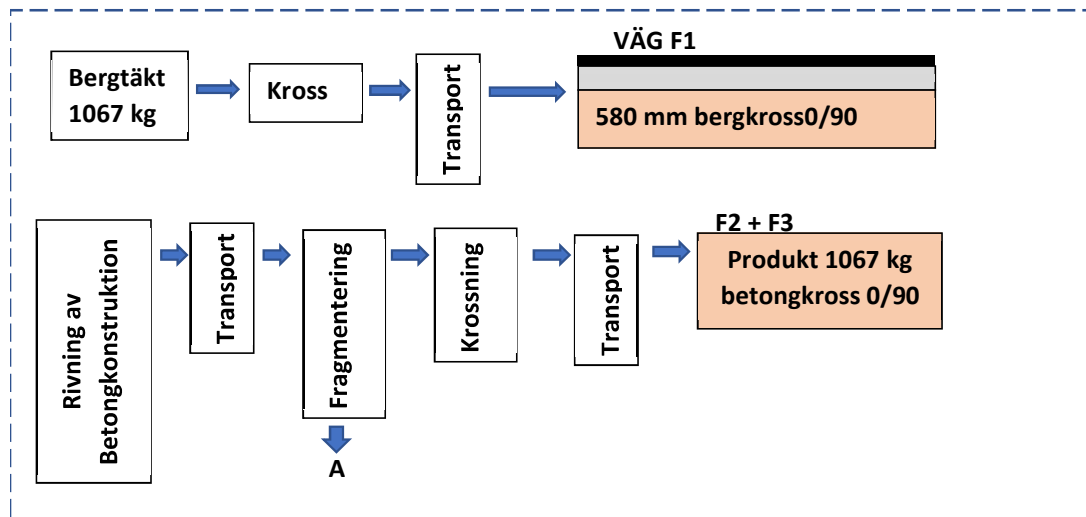


Aktivitet	Mängd	GWP·[kg·CO-e]	Resurs·berg·[kg]	Resurs·yta·[m ²]
Bergtäkt/Avskogning	0,0533· m ²	1,60 ^a		0,0533
Bergtäkt	1067·kg	0,92 ^b	1067	
Transport·40·km	1067·kg	2,4 ^c		
Deponering·av·betong	1067·kg	2,58 ^d		0,071
Ökat·CO ₂ -upptag·i·betong· under·lagring·i·0,5--4·år		1,74 ^e		
Totalt		9,24	1067	0,1243

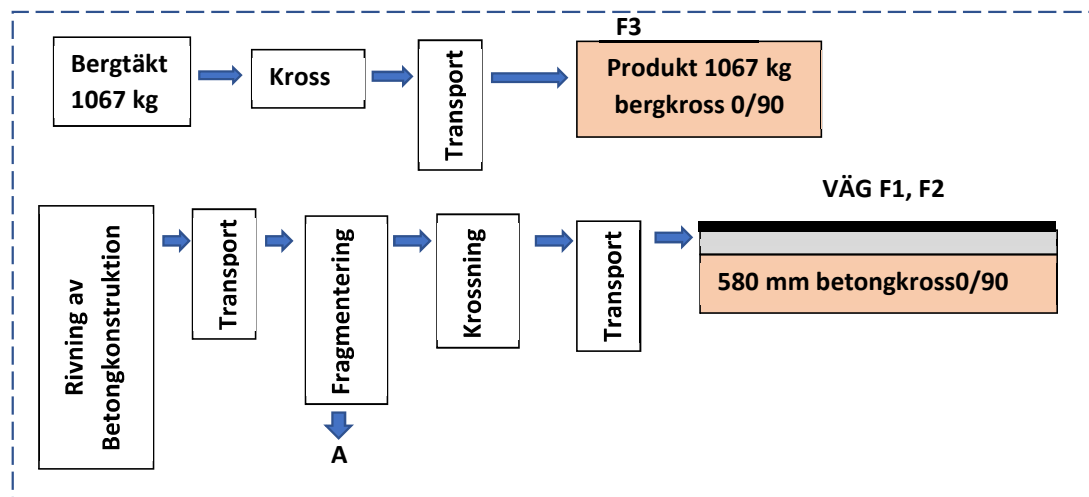
Systemanalys Frågeställning B

- Vilka är miljökonsekvenserna av att man använder krossad betong i förstärkningslagret för 1m² väg i förhållande till att man idag använder bergkross för samma funktion. Samt att normalt slutöde för betong är ballast i annan produkt.
- Funktionella enheter
- F1 1 m² förstärkningslager för VÄG
- F2 Slutförvar av 1067 kg riven betong
- F3 1067 kg krossballast till valfri produkt

Scenario B0



Scenario B1



B1 och B0 innehåller samma aktiviteter
vilket gör att det finns inga skillnader mellan
scenariona i systemanalys B

AP5: Björn; övriga labbtester och QA

- Partikelstorleksfördelning
- Mekaniska tester (Los Angelesstal och micro-Deval)
- Infiltrationsförsök
- Värmekonduktivitet
- Kompressibilitet, styvhet, deformation, krypegenskaper

Partikelstorleksfördelning

- Partikelstorleksfördelningen genomfördes genom s k skonsam siktning där provet delades upp i flera mindre enheter som siktades kortare tid för att minimera risken av nedmalning av provet under själva provningen. Tidigare projekt har visat en ökning av finandelen med upp till 8%.
- Vad säger en sortering om materialet?
- Är det samma som den faktiska "kornkurvan"
- Är en sortering i ett projekt samma sak som i produktion?
- Är storleksfördelningen viktig för alla restmaterial?

Sysav 0/45)

Maskvidd (mm)	Passerande mängd (%)
31,5	100
22,4	97
16	93
11,2	86
8	75
5,6	65
4	56
2	49
1	37
0,5	25
0,25	15
0,125	6
0,063	2

Kanske mer en 0/20

Los Angelesstal och micro-Deval

- Fragmentering

och

nötning



Standarder framtagna för traditionell ballast!
Vad är kvar efter provningen?

Los Angelesstal på betongkross och fräsasfalt som ex

Bara ballastpartiklarna kvar!



Micro-Deval på slaggrus från Umeå



Glas, porslin, sten
och en del glasat
material återstår

Hur ser materialet ut
efter t ex triaxialtest?
Sannolikt mer relevant.

Mekaniska egenskaper - Resultat

Provningar	Slaggrus 0/15 (Umeå)	Slaggrus 0/45 (Sysav)	Betongkross (Dalby Maskin)	Fräsasfalt (Malmö)
MD Del Prov 1	34	33	21	5
MD Del Prov 2	34	29	23	5
Micro Deval	34	31	22	5
Los Angeles (Enkel prov)	Mtrl räcker inte	48	32	14

Kommer ni
ihåg HVS-
resultaten
för
fräsasfalt?

Fantastiska värden för fräsasfalten!
Bättre kvalitet än vad som behövs för slitlager inne i Malmö!
Men hur fungerar det i en konstruktion? Kom ihåg HVS-försöket

Krav: TDOK 2013:0532
LA: 40
m-D: 35

Infiltration, permeabilitet

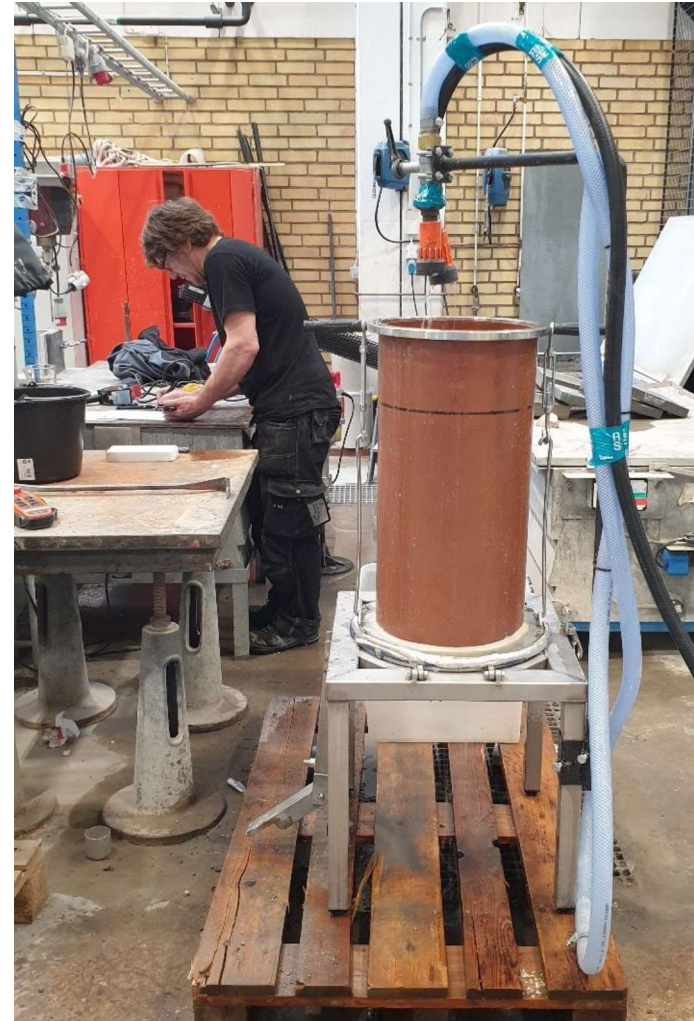
- Dränering, tjäle, påfrysning, lakning,



”Proctorpackning”

och

provning vid konstant vattenpelare



Resultat

Material	Slaggrus Sysav	Slaggrus Umeå	Krossad betong	Fräsasfalt
Infiltrationshastighet (m/s). Medelvärde	$3,36 \times 10^{-4}$	$2,83 \times 10^{-4}$	$1,16 \times 10^{-4}$	$3,86 \times 10^{-4}$
Infiltrationshastighet (m/s). Median	$3,26 \times 10^{-4}$	$2,41 \times 10^{-4}$	$1,07 \times 10^{-4}$	$3,86 \times 10^{-4}$

Högre värden jämfört med tidigare mätningar men inte samma metod

Ännu inte utvärderat

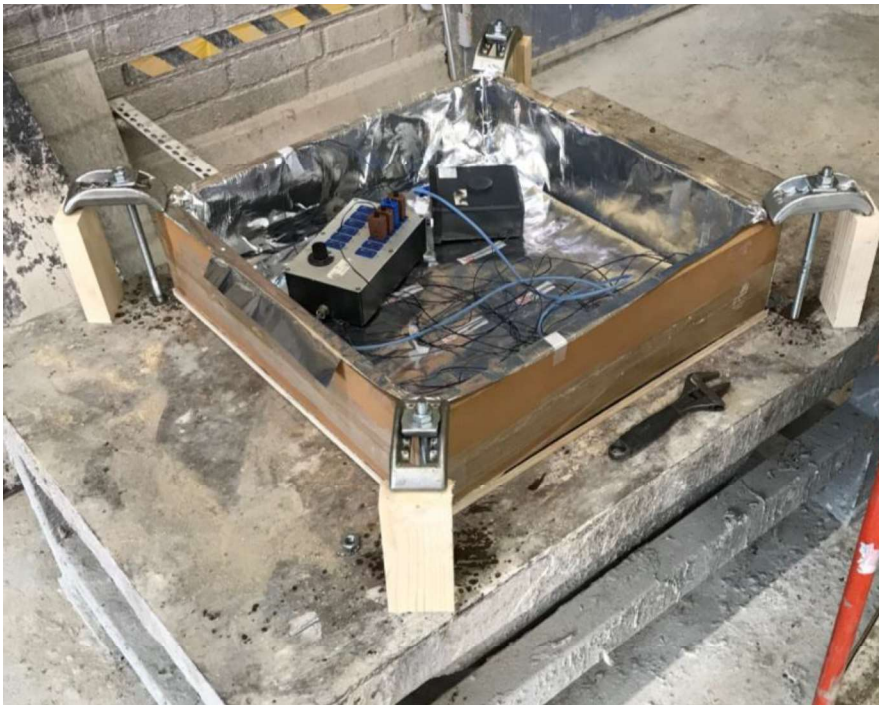
SGI-data på "jordar"

Sediment (ensgraderad jord)

Fingrus	$10^{-1} - 10^{-3}$
Grovsand	$10^{-2} - 10^{-4}$
Mellansand	$10^{-3} - 10^{-5}$

Värmekonduktivitet – Vått/fuktigt och torrt

- Isolering, påfrysning

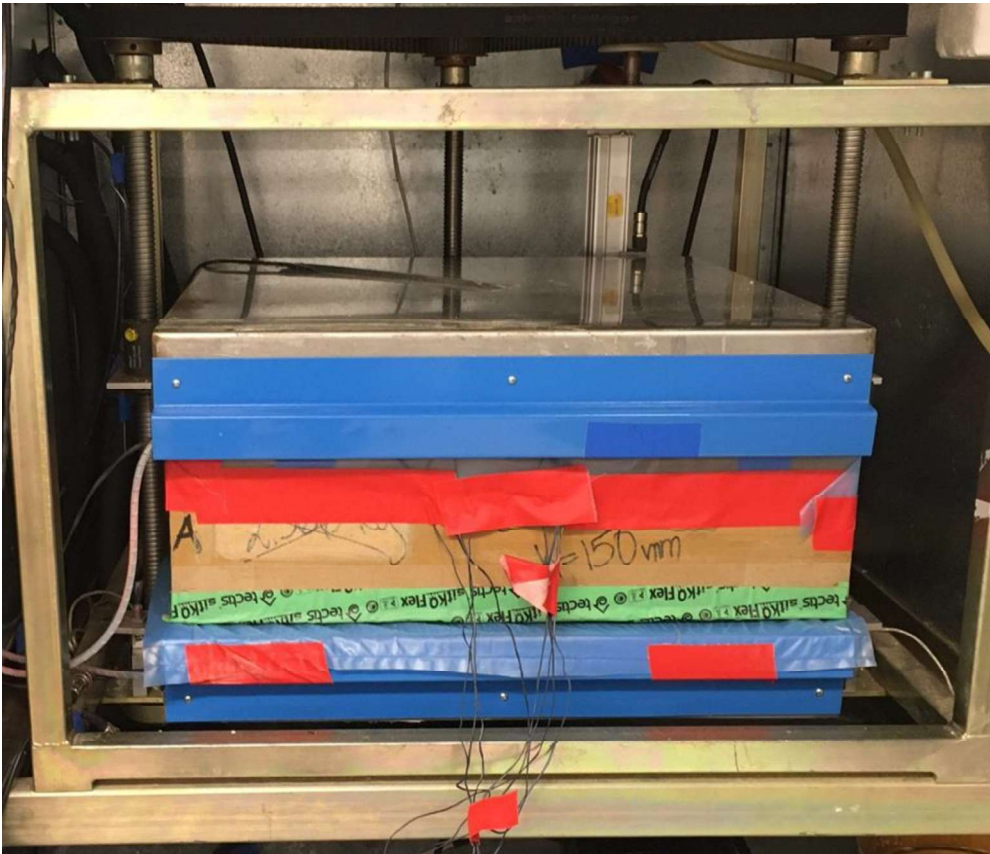


Instrumentering



Packning, som vid kompressibilitet

Provning



Värme – konstant T på
undre plattan (15°C)
Kyla – konstant T på den
övre plattan (5°C)
Mätning med sensorer bl a
i mitten

Nya och gamla data

Prov	Typ	Fall	Fukthalt kg/kg	Provdatum	Densitet kg/m ³	Värmekonduktivitet W/(mK)	f _m = fuktomvandlingsfaktor	Ekvation
1	Umeå/Slaggrus 0/15	torrt	0	2022-09-23--29	1376	0,23		
		fuktigt	13,1	2022-09-29--10-03		0,48	5,8	$\lambda=0,23*\exp(5,8*U)$
2	Sysav/Slaggrus 0/45	torrt	0	2022-10-14--17	1553	0,40		
		fuktigt	6,8	2022-10-17--31		0,53	4,1	$\lambda=0,40*\exp(4,1*U)$
3	Betongkross	torrt	0	2023-01-20--23	1757	0,50		
		fuktigt	6,1	2023-01-23--27		0,91	9,7	$\lambda=0,50*\exp(9,7*U)$
4	Uppfräst asfalt	torrt	0	2023-01-27--30	1788	0,69		
		fuktigt	3,4	2023-01-30--02-06		0,86	6,7	$\lambda=0,69*\exp(6,7*U)$

Tabell 6.9 Värmekonduktivitet

Egenskap	Aska, torr	Aska (våt)	Slagg (torr)	Slagg (våt)	Betong (torr)	Betong (våt)	Referens (torrt)	Referens (våt)
Värmekonduktivitet (W/mK)	0,20	0,34	0,23	0,48	0,50	1,12	0,55	1,81
Torr densitet (t/m ³)	0,81	0,70	1,370	1,16	1,76	-	2,04	-
Skrymdensitet (t/m ³)	-	0,86	-	1,37	-	1,75	-	2,22
Fukthalt (vikt %)	-	23,9	-	18,5	-	12,2	-	6,4

Provning för >20 år sedan är väldigt lika!

Kompressibilitet, sättning

- Standardprovning för lättklinker som kompensationsfyllnad i väg, skumglas m,m



Här återstår utvärderingen



SS-EN 1097-11
SS-EN 15732

Vi mäter vid statisk provning, 3 prov:

- Densitet före och efter vibrering
- Sättning efter vibrering 3 min, kan vara bra att ta ut en vibreringskurva från 0-3 min
- Kompressibilitet
- Styvhetsmodul

Vi mäter vid dynamisk provning, 2 prov:

- Densitet före och efter vibrering
- Sättning efter vibrering 3 min, kan vara bra att ta ut en vibreringskurva från 0-3 min
- Kvarstående deformation efter 2 milj cykler
- Ev. styvhetsmodul

Krav enligt TRV

Lätkfyllnadsmaterial (Lätkklinker, skumglas)

Dynamisk last för järnväg

- Belastningen ska variera mellan 10 och 120 kPa
- Deformationen < 2 % (cykel 10 – 2 miljoner)

Krav för vägar (fundament lätkklinker)

- "... ska utformas med hänsyn till uppkommande belastningar"

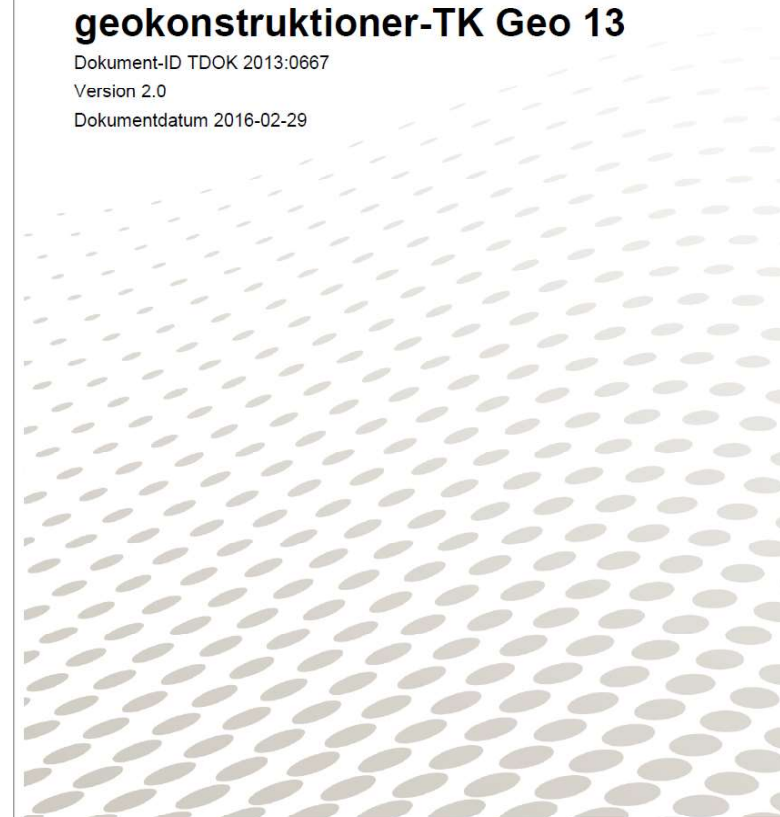
Krav

Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner-TK Geo 13

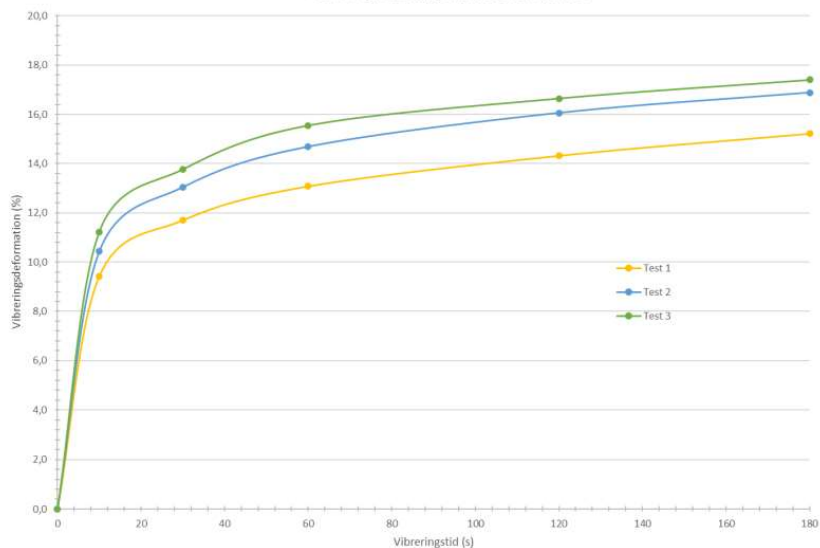
Dokument-ID TDOK 2013:0667

Version 2.0

Dokumentdatum 2016-02-29



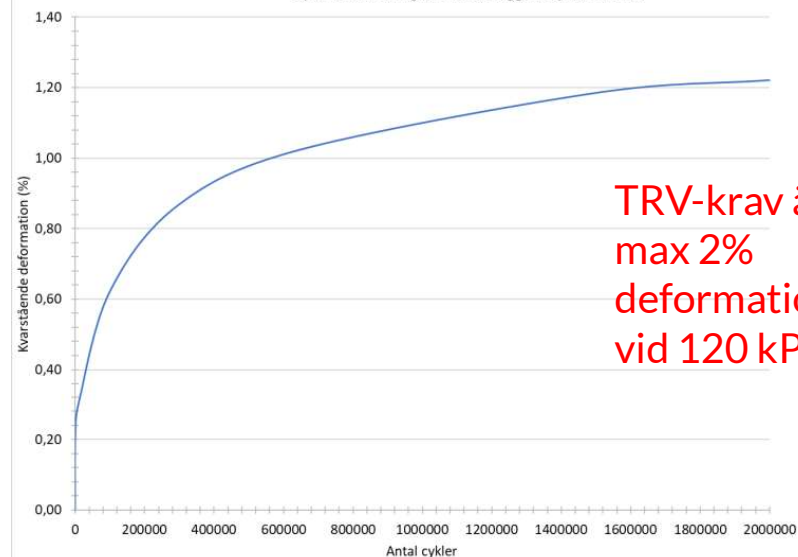
Vibrering sättning-tid, material Malmö



Exempel på
utdata. Här
Sysavs
material.

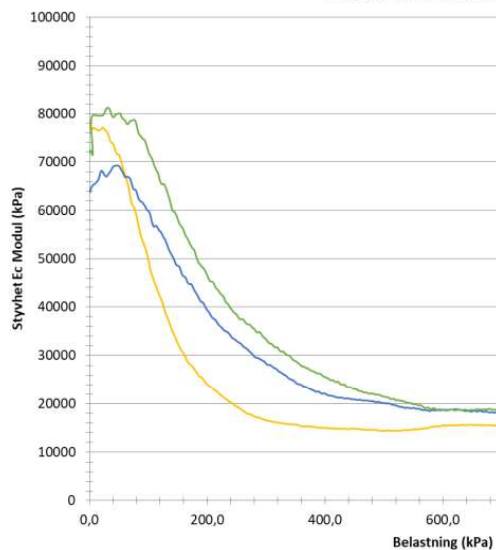
Utvärdering
pågår

Cyklisk belastning 120 kPa, Slaggrus Sysav Malmö

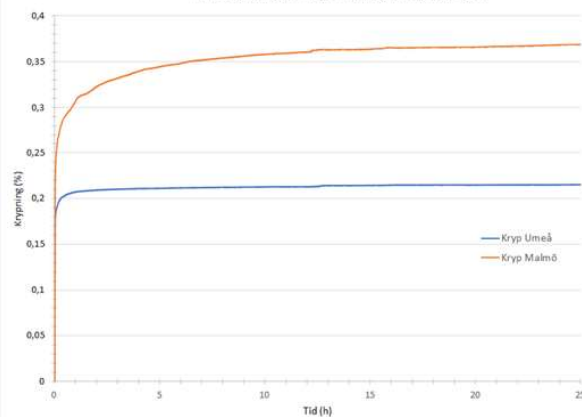


TRV-krav är
max 2%
deformation
vid 120 kPa

Test styvhet Ec Modul, slaggrus Malmö



Kryptest efter vibrering 3 min, enligt EN 15732 bilaga C



Test kompressibilitet, slaggrus Malmö



Krav skumglas som jämförelse

Kvalitetskontroll

- Gammal kunskap kan vara värt något! Fortfarande fullt giltiga slutsatser och rekommendationer!
- Läs kapitel 7

MILJÖRIKTIG ANVÄNDNING AV ASKOR

952

Kvalitetskriterier för bottenaskor till väg- och anläggningsbyggnad – etapp II - Bottenaskors tekniska egenskaper

Bo von Bahr, Håkan Arvidsson, Annika Ekvall, Karl-Johan Loorents

Bra jobbat allihopa! TACK!!!



- Vi har kommit långt och har nästan allt underlag vi behöver för att gå i mål i nästa projekt. Mkt data som ska utvärderas och så behöver data om liiiiite fler material (varianter av det vi nu undersökt) samt fler fältprovningar, typ plattbelastningar, och uppföljning av testytor
- Plus en massa andra aktiviteter för att bl a kommunicera och implementera allt... utbilda mindre vetande osv...
- Extra tungt för Fredrik att rodda HVS-försöken. Det slipper du i det avslutande projektet... kanske ;-)
- Jag ser verkligen fram emot att få fortsätta samarbetet och hjälpa till att dra detta i land

Restmaterialen
är heterogena