

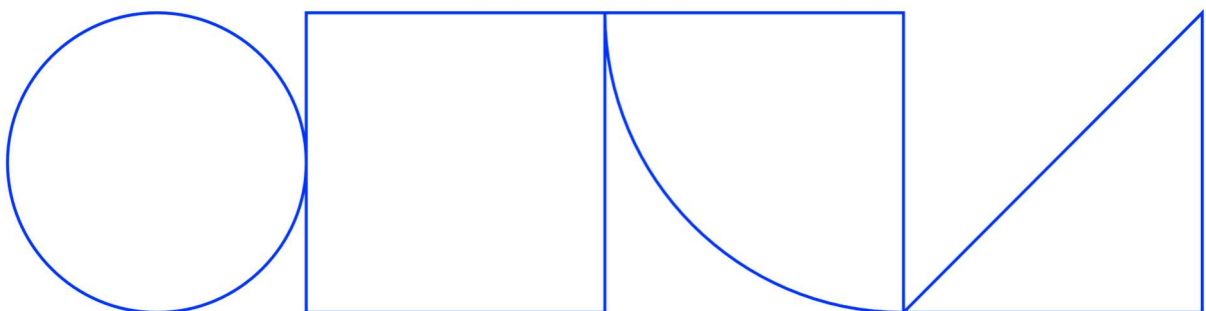
PROJEKTNR. 14136

Användning av kallmassa vid lagning av borrhål, del 2.

Slutrapport

Patryk Witkiewicz
Skanska Sverige AB

2025-08-14



Förord

Detta projekt har delvis finansierats av SBUF, Trafikverket och Skanska. Det dagliga arbetet i projektet leds av en styrgrupp som har medlemmar från Skanska, Trafikverket, NCC, PEAB samt Stockholms stad. Skanska har stått som en samordnande part inom projektet och arbetsgruppen, och referensgruppen har bestått av följande personer:

Arbetsgrupp:

Patryk Witkiewicz,	<i>Skanska Teknik</i>	<i>Projektledare</i>
Katarina Ekblad,	<i>Skanska Teknik</i>	

Referensgrupp:

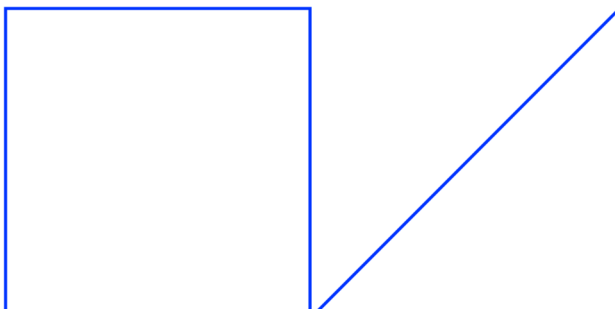
Kenneth Lind,	<i>Trafikverket</i>
Kader Khalid,	<i>NCC Industry AB</i>
Michael Langfjell,	<i>Peab Asfalt AB</i>
Lena Strand,	<i>Stockholms Stad</i>

Studien har genomförts vid Skanska Teknik – Vägtekniskt Centrum, ett laboratorium beläget i Upplands Väsby, samt i fält längs motorvägen på E20 vid Hova. Projektledaren har aktivt deltagit i den visuella bedömningen, i framställningen av proverna samt i genomförandet av analyserna.

Ett stort tack till projektets referensgrupp för ert stöd, era synpunkter och ert intresse för detta viktiga ämne. Önskar härmed också framföra tacksamhet till SBUF, som delfinansierade projektet och därigenom visade tilltro till att detta projekt kan ge gemensam nytta för branschen.

/Patryk Witkiewicz

Stockholm, augusti 2025.



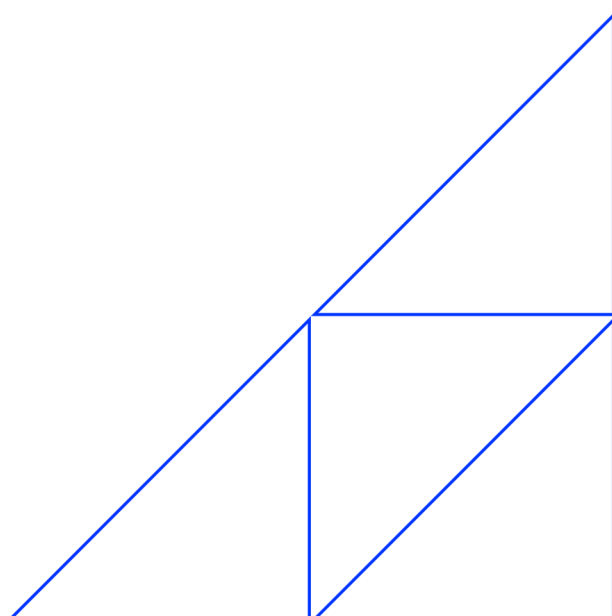
Sammanfattning och slutsatser

Kallasfalt, är som namnet antyder, en asfalt som kan appliceras utan att den behöver värmas först. På grund av sina egenskaper, massan kan hanteras utan uppvärmning, är produkten särskilt relevant för verksamhet inom asfaltarlaboratorier som en lagningsmassa avsedd att ersätta ursprunglig lagningsmetod, varmlagning med gjutasfalt och BCS, bituminiserad chipsten. Arbetsmiljö förbättras, genom minskad tid på vägen, eliminering av bitumenrök, öppen låga i närheten av gasolflaskor och därmed brandrisk.

I första delen av projektet, Användning av kallmassa vid lagning av borrhål, SBUF 13206, (Witkiewicz, 2019) jämfördes de mest populära och tillgängliga kallmassaprodukterna i både laboratorium och i fält. Dessutom jämfördes två packningsmetoder handstampning och stampning med elektrisk stamptrustning. Den visade att elektrisk stamp fungerar minst lika effektivt som tidigare metod, handstampning. I projektet kategoriseras kallmassorna i två grupper: Reaktiva kallmassor, de som stelnar genom reaktion med vatten och under tryck (stampning) samt icke reaktiva kallmassor, de som stelnar endast under tryck (stampning). Ett viktigt resultat i projektet var att de reaktiva kallmassasorterna visade sig fungera bra medan de icke reaktiva var så dåliga att de i princip inte kunde fortsätta testas.

Föreliggande studie fokuserade på reaktiva kallmassasorter och syftade till att jämföra deras testresultat med resultat på varmlagning. I vissa test fick varmlagningen, som förväntat, betydligt bättre resultat, på slitage- och partikelförlusttest. Detta beror främst på den stora mängden mjukt bitumen som fungerade som ett skydd för stenmaterialet, vilket gjorde att stenmaterial inte kunde nås, slitas eller förstöras. I tester som undersökte stabilitet och styvhet fick däremot varmlagning betydligt sämre resultat jämfört med reaktiva kallmassaprodukter. Både analys av pulserande kryptest, wheel tracking och styvhetsmodul visade att varmlagning, på grund av sitt mjuka bitumen och bristande kornstorleksfördelning, inte klarar av belastningstester som utförs vid höga temperaturer, 40°C och 50°C. Analys av vattenkänslighet visade att bara två av de reaktiva kallmassaprodukterna uppfyller kravet på 75%, medan varmlagning uppnår 81% och är därmed godkänd. För att välja den mest lämpliga och beständiga kallmassaprodukten krävs det mer information än vad tillverkarna ger. Föreliggande projekt ger ett underlag för att kunna jämföra olika reaktiva kallmassaprodukter och lättare välja en produkt med påvisad lämplighet och beständighet.

Förslag för framtida arbete är att fortsätta utveckla proportioneringen av reaktiva kalla lagningsmassor, i enlighet med svenska regler, förbättra packningen, införa krav på CE-märkning, som innefattar funktionella egenskaper för reaktiva kalla asfaltprodukter samt att skapa en metod eller beskrivning för provning av reaktiva kalla asfaltprodukter.



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	
SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	
1. BAKGRUND	5
2. SYFTE OCH MÅL	6
3. ANTAGANDEN TILL PROJEKTET	7
4. GENOMFÖRANDE	7
4.1 ETAPP I – Laboratoriestudie	8
4.2 ETAPP II – Fältförsök	14
5. RESULTATREDOVISNING	16
5.1 ETAPP I – Laboratoriestudie	16
5.1.1 Egenskaper på utvalda kallmassasorter	16
5.1.2 Hålrums halt	16
5.1.3 Bindemedelshalt och kornstorleksfördelning	19
5.1.4 Nötningsmotstånd, Prall	21
5.1.5 Vattenkänslighet, ITSr	24
5.1.6 Pulserande kryptest	26
5.1.7 Styvhetsmodul	27
5.1.8 Wheel tracking	30
5.1.9 Stensläpp	34
5.2 ETAPP II – Fältförsök	37
6. SLUTSATSER	40
7. FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	41
8. LITTERATURFÖRTECKNING	42
BILAGOR	43
Bilaga 1. Säkerhetsdatablader för kallmassaprodukter	44
Bilaga 2. Rapporten – Bindemedelshalt och kornstorleksfördelning	71
Bilaga 3. Rapporten – Prallanalys	76
Bilaga 4. Rapporten – Vattenkänslighet, ITSr	82
Bilaga 5. Rapporten – Pulserande kryptest	88
Bilaga 6. Rapporten – Styvhetsmodul	94
Bilaga 7. Rapporten – Wheel tracking	139
Bilaga 8. Bilder från E20 Hova (lagningar efter 14 månader) – STRÄCKA 1	145
Bilaga 9. Bilder från E20 Hova (lagningar efter 14 månader) – STRÄCKA 2	146
Bilaga 10. Bilder från E20 Hova (lagningar efter 14 månader) – STRÄCKA 3	147

1. Bakgrund

Vid borrning av beläggningsprover, i samband med leveranskontroll av beläggningsarbete, vid förundersökning eller skadeutredning, måste borrhålen lagas.

I Trafikverkets gällande regelverk, (Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529, Version 4.0) står följande:

"Vid upptagning av borrhälar ska borrhålen återställas med något av följande alternativ:

- *gjutasfalt och BCS med största stenstorlek i enlighet med aktuell beläggningstyp,*
- *asfaltmassa i enlighet med aktuell beläggningstyp,*
- *alternativ produkt med påvisad lämplighet och beständighet.*

Vid användning av alternativa produkter för lagning ska produktinformation överlämnas till beställaren.

Lagning ska vara i nivå med omgivande lager och utföras så att sättning/efterpackning ej uppstår.

Lagningar av borrhål på slitlager och andra trafikerade ytor ska uppfylla krav på friktion enligt avsnitt 10.1.1 samt får inte uppvisa stensläpp eller blödningar."

Metoden med gjutasfalt och bitumentäckt sten (BCS), har tidigare varit det vanligaste lagningssättet. Metoden innebär att borrhålet vid lagning fylls med BCS och uppvärmt oxiderat bitumen. Uppvärmning av bituminet sker i ett uppvärmningskärl som värms upp av en öppen gasollåga.

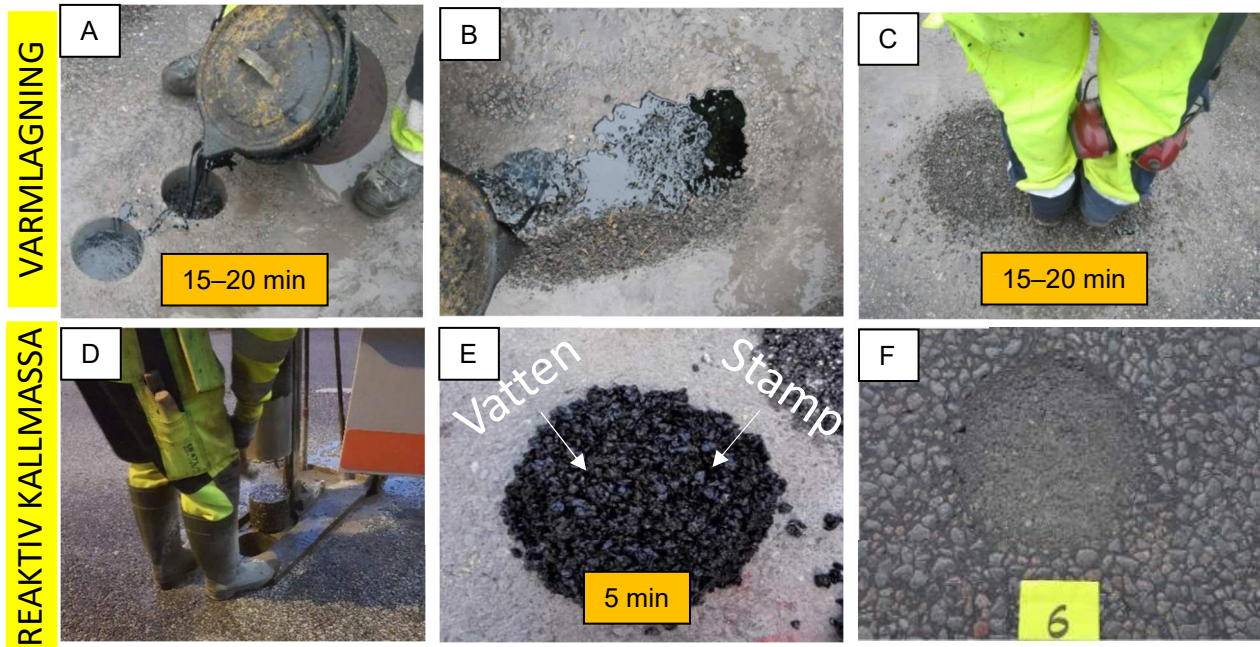
Olycksriskerna är flera och allvarliga, vid uppvärmning av bitumen med öppen gasollåga. Det kan uppstå brand dels i det varma bituminet dels i bränslet till bormotorn. Det kan även ske brännskador genom att varmt bitumen stänks, på provtagaren. Eftersom flertalet olyckor har uppstått vid användandet av den metoden har flera företag gått över till lagning med kallmassa, se figur 1.



Figur 1. Nedbrunnen borbuss efter olycka med gasolflaska som används till bitumenuppvärmning (till vänster), uppvärmningsgryta med gasolflaska (till höger). Bilder: Skanska.

Trafikverket har bland annat tillsammans med Sveriges Byggindustrier kommit överens om en gemensam vision att nå 0 allvarliga arbetsmiljöolyckor "Tillsammans mot 0 olyckor i anläggningsbranschen". De har förbundit sig till att jobba tillsammans för ett säkrare

infrastrukturbyggande i Sverige. Deras avsikt är att alla ska ha en trygg och säker arbetsplats i vår bransch. Skanska har som policy att "vi ska arbeta säkert eller inte alls". Detta projekt är ett led i att nå denna vision, genom att försöka hitta en säker lagningsmetod som är till nytta för hela branschen. Genom att använda kalla lagningsprodukter förbättras arbetsmiljön ute på vägen, eftersom risken för brand och brännskador samt risken att bli påkörd minskas, genom att borrhålspersonalen befinner sig kortare tid på vägen, se figur 2.



Figur 2. Tidsjämförelse mellan lagning av borrhål med varmlagning (A, B, C) och reaktiv kallmassa (D, E, F). A) Uppvärmning av bitumen och hällning i borrhål, B) Borrhål ifyllt med BCS och bitumen, C) Återställd borrhål med varmlagning, ströslat med 2-4 stenmaterial, D) Borming, E) Stampning av kallmassa, F) Återställd borrhål med kallmassa. Bilder: Patryk Witkiewicz.

2. Syfte och mål

Detta projekt syftar till att göra en grundligare undersökning av olika kalla lagningsmassor men även på varmlagning. Detta för att undersöka om de kalla lagningsmassorna har samma lämplighet och beständighet, som tidigare traditionella lagningsmetod, det vill säga varmlagning.

I den första delen av detta projekt, (Witkiewicz, 2019) var det flera lagningsmassor på marknaden som inte klarade packningskraven, eller ens höll ihop vid analys. Därför kommer enbart de lagningsmassorna som kallas för reaktiva, som härdar vid inblandning av vatten, att provas.

Vidare skall projektet undersöka om det på marknaden, finns tillgängliga lagningsmassor, som är ofarliga och miljövänliga att använda vid lagning av kommunala gator, likväl som på Trafikverkets vägnät samt på flygplatsbeläggningar. Föreliggande verkar för att branschen skall få en säkrare arbetsmiljö vid borrhålslagningar.

3. Antaganden till projektet

Meningen är att finna en säker lagningsmetod som inte innefattar uppvärmning med brandfarliga ämnen. Eluppvärmda uppvärmningskärl har testats inom branschen men dessa har inte varit framgångsrika, på grund av den långa uppvärmningstiden. Dessutom finns risken för brännskador på uppvärmd lagningsmassa kvar. Därför återstår lagningsmetoder som inte behöver uppvärmning. För att erhålla en minst lika hållbar lagningsmetod, som anges i Trafikverkets aktuella föreskrifter, bör lagningarna förbli stabila inom borrhålen och inte heller spricka eller nötas mer än den omgivande beläggningen.

Det finns åtskilliga kalla lagningsmaterial på marknaden. De tillgängliga produkterna kan delas upp i två typer av kallasfalt:

- de som stelnar endast under tryck, "icke reaktiv kallasfalt" och
- de som reagerar med vatten och stelnar under tryck, "reaktiv kallasfalt".

I tidigare studie (Witkiewicz, 2019) har båda typer av kallasfalt testats och det framkom att icke reaktiva kallmassaprodukter inte uppfyller baskriterier, som att stelna och hålla ihop efter packning. Fokus i detta projekt har därför varit att testa reaktiva kallmassaprodukter.

För att säkerställa att lagningarna inte spricker eller nöts mer än omgivande beläggning, har laboratorieanalyser genomförts på laboratorietillverkade provkroppar, tillverkningsprocessen beskrivs i kapitel 4 Genomförande. Därutöver har andra funktionella tester utförts, för att testa bland annat stabilitet, slitage och beständighet genom vattenkänslighet på kallasfalsprodukter och varmlagning.

För att testa reaktiva kallmassaprodukter och varmlagning i verkliga förhållanden, lagades borrhål med alla dessa produkter på en motorväg E20 vid Hova. För närvarande finns en övergripande överenskommelse med Trafikverket att utföra alla borringar mellan spår, inte i spår. Det minskar borrlagningarnas exponering för dubbdäck och påkänningar från trafiken. Just för detta projekt erhöles tillåtelse att borra och laga hål i vägen i spåret för att utsätta borrlagningarna för de mest ogynnsamma förhållandena. För att se om lagningen sitter kvar i borrhålen utfördes en inventering av lagningar på vägen efter exakt ett år.

4. Genomförande

I den första delen av projektet, (Witkiewicz, 2019) konstaterades att flera av de testade kalla lagningsmassorna, inte höll ihop efter tillverkning av provkroppar och kunde därför inte provas. De kallmassor som kallades reaktiva och som härddar med vatten, höll bäst ihop efter tillverkning av provkroppar. Det provades då sammansättning, packningsbarhet och nötning av dubbdäck. Resultaten jämfördes med Trafikverkets krav för slitlager av varma asfaltbeläggningar.

I denna del av projektet, kommer det att fokuseras på de mest hållbara lagningsmassorna (reaktiva kallmassaprodukter) och jämföra dessa med den tidigare metoden det vill säga varmlagning. I denna del genomfördes funktionella tester på laboratorium och mätningar i fält. Provning som ingick i

projektets omfattning vara att mäta nersjunkning, spårbildning, stabilitet, nötning av dubbdäck, beständighet, styvhet, känslighet för vatten, hålrums halt med bindemedelshalt och korkurva.

I första hand var det viktigt att samla de reaktiva kallmassasorter som används oftast för att laga potthål och borrhål på svensk marknad. Efter diskussioner med experter, entreprenörer och tillverkare kunde några reaktiva kallmassasorter som används för att reparera olika skador på högbelastade vägar, kvalificeras. Tillverkarna menar att den här typen av asfalt är att föredra vid lagning av potthål, större sprickor, skador vid brunnar, broskarvar och borrhål efter provtagning på vägen. Fördelen med den reaktiva kallasfalten är att den kan läggas under fuktiga och kalla förhållanden. Beläggningen skadas inte av regnväder under eller efter utläggning och kan trafikeras strax efter asfaltering. De flesta tillverkare skriver i sina instruktioner att beläggning kan trafikeras omedelbart efter läggning. Enligt tillverkarna blir beläggningen likvärdigt med vanlig asfalt och inte mindre slitstark än varm asfalt.

Följande reaktiva kallmassaprodukter valdes ut att testa både i laboratoriestudie och i fält:

- Potmix reaktiv (P)
- Reaktiv Asfaltlagning (I)
- Viacore AC 8 (AC8)
- Viacore AC 11 (AC11)

Hela projektet har bestått av två etapper dvs. laboratoriestudie och fältförsök.

4.1 ETAPP I - Laboratoriestudie

I laboratoriestudien utfördes standardtester för att undersöka egenskaperna, hos de utvalda reaktiva kallmassaprodukterna och jämföra dem med varmlagning. Följande laboratorieanalyser valdes ut:

- Hålrums halt
- Bindemedelshalt och kornstorleksfördelning
- Prallanalys
- Dynamisk krypstabilitet
- Styvhetsmodul
- Vattenkänslighet
- Wheel tracking
- Stensläpp från provkroppar

Det första steget för att tillverka provkroppar på laboratoriet, var att ta fram en metod för att komprimera reaktiv kallasfalt, för att sedan kunna använda dessa prover för vidare tester. Det finns inga regler eller anvisningar om hur tillverkningen av provkroppar ska utföras. I den första delen av projektet (Witkiewicz, 2019) tillverkades prover med hjälp av Marshallstamp och provkroppar stampades till maximal packningsgrad. I föreliggande projekt, tillverkas prover på samma sätt, som det görs i fält, det vill säga med en elektrisk stamp. Tillverkarna anger att kallmassa ska blandas med 3 till 5 % vatten och sedan komprimeras. De anger inte hur länge komprimeringen ska ske för att uppnå

tillräcklig packning. Därför är det viktigt att undersöka om tiden stampningen pågår har inverkan på hålrums halten och provens tryckhållfasthet. Det beslutades att stampa prover med en elektrisk stamp i Marshallformar under olika tidsperioder, 5, 10, 15, 20, 25 samt 30 sekunder, för att därefter mäta deras hålrums halt och tryckhållfasthet vid 10°C (torrt). En kallmassasort valdes slumpmässigt ut, det blev Viacore AC8 och kallmassan delades upp i portioner om 1210 g. Därefter blandades portionerna med 4% vatten, 50 g, innan de komprimerades till provkroppar. Asfaltspuckarna togs ut ur formen efter en timme. Det svåraste momentet var att avgöra när de stampade provkropparna var helt torra. I enlighet med SS-EN 12697-6:2020, Bestämning av skrymdensitet hos asfaltprovkroppar, ska provkropparna torka tills de når en konstant vikt. Detta definieras genom att utföra flera vägningar efter torkning, med minst en timmes intervall, där vikten inte får variera mer än 0,1%. Eftersom 50 g vatten har blandats i varje prov, innan packningen, var det nödvändigt att se till att allt vatten togs bort. Det genomfördes i tre steg, se tabell 1.

- lufttorkning i tre dagar vid 25°C, prover minskade med cirka 10 gram i vikt,
- en fortsatt lufttorkning i 30°C, under ytterligare ett dygn,
- torkning i CoreDry-utrustning, efter bearbetning av många cyklar blev proverna helt torra.

CoreDry torkningsmetoden bygger på vakuum och innovativ elektronisk torkningsteknologi. CoreDry använder en kombination av luftflöde och vakuum i en mycket effektiv process, för att ta bort fukt. Systemet har även en inbyggd elektronisk fuktfälla, som fångar den fukt som tas bort från provet.

Tabell 1. Studie av hur stampningstid påverkar hålrums halt.

STAMPNINGSTID (s)	LUFTTORKNING		COREDRY		HÅLRUM				
	3d i 25°C (g)	1d i 30°C (g)	Cyklar (antal)	Vikt (g)	i vatten 18°C (g)	yttort (g)	Skrym (kg/m³)	Kompakt (kg/m³)	Hålrum (%)
5	1238,3	1232,3	63	1214,8	656,2	1221,0	2148	2436	11,8
10	1236,0	1231,2	63	1211,2	654,8	1216,3	2154	2436	11,6
15	1225,8	1225,2	40	1208,4	652,4	1212,4	2155	2436	11,5
20	1230,8	1230,2	40	1214,1	655,3	1216,7	2160	2436	11,3
25	1219,8	1219,2	48	1198,7	650,9	1208,8	2146	2436	11,9
30	1218,8	1218,5	48	1200,5	650,8	1209,4	2146	2436	11,9

Det behövdes lång tid för att torka proverna samt användning av en CoreDry-utrustning, för att garantera att proverna var helt torra. När detta var gjort var det möjligt att räkna ut skrymdensitet enligt SS-EN 12697-6:2020, Bestämning av skrymdensitet hos asfaltprovkroppar, Procedur B, kompaktdensitet enligt SS-EN 12697-5:2019, Bestämning av kompaktdensitet, Procedur A och till sist även hålrums halt enligt SS-EN 12697-8:2019, Bestämning av hålrums halt hos asfaltprovkroppar. Från detta kan tre intressanta slutsatser dras:

- Det tog en mycket lång tid att helt torka bort vattnet som blandades med den reaktiva kallmassaprodukten. Speciell utrustning, kallad CoreDry, var nödvändig för att accelerera torkningsprocessen.
- Stampningstid har ingen betydande inverkan på hålrums halt, vilket betyder att redan efter 5 sekunder av stampning når samma kompaktering som efter 30 sekunder stampning.
- Ju längre tid som stampning pågår, desto mer vatten pressas ut från den kompakterade kallmassan.

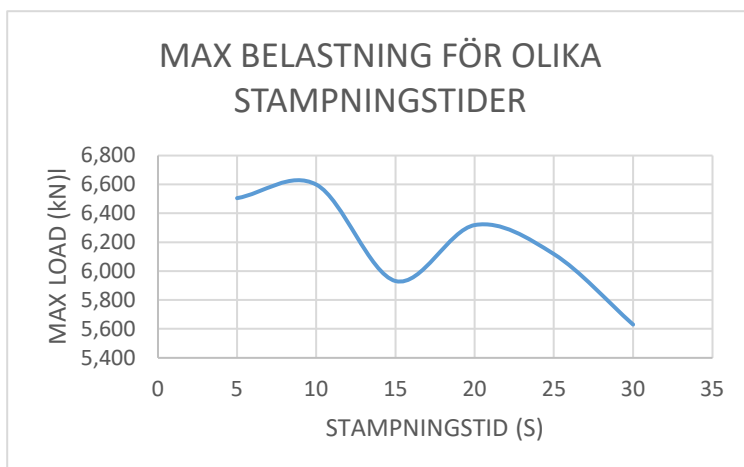
Nästa dilemma som har identifierats är att efter tillverkning av ett stort antal prov för analyser blir det utmanande att torka samtliga med hjälp av CoreDry-maskinen, som klarar av att torka 2-3 prover åt gången. Det skulle vara alltför tids- och resurskrävande. Av denna anledning placerades samma provkroppar i ugnen vid 25°C för att torka, och deras vikt mättes dagligen tills de uppnådde den torra vikten som erhöles under den tidigare torkningsprocessen. Provkropparna blev helt torra efter 21 dagar i 25°C ugn. Som en konsekvens av detta beslutades att alla tillverkade provkroppar, skall torkas vid 25°C i 21 dagar.

Det är nu fastställt att tiden för stampning inte påverkar hållrumshalten samt att vatten pressas ut så längre den elektriska stampen används, med viss vibrationspåverkan. En mindre mängd vatten i blandningen kan ha en ogynnsam inverkan på kallmassans hållbarhet, reaktiv kallmassa behöver reagera med vatten. Om för mycket vatten pressas ut, kan det bli för lite vatten för att kallmassan ska kunna härda. Förutom att bestämma hållrumshalten på provkropparna, analyserades även draghållfastheten, enligt SS-EN 12697-23:2017, Bestämning av bituminösa provkroppars draghållfasthet, för att utvärdera om stampningstiden inverkar på lagningens hållbarhet, se tabell 2.

Tabell 2. Studie av hur stampningstid påverkar tryckhållfasthet.

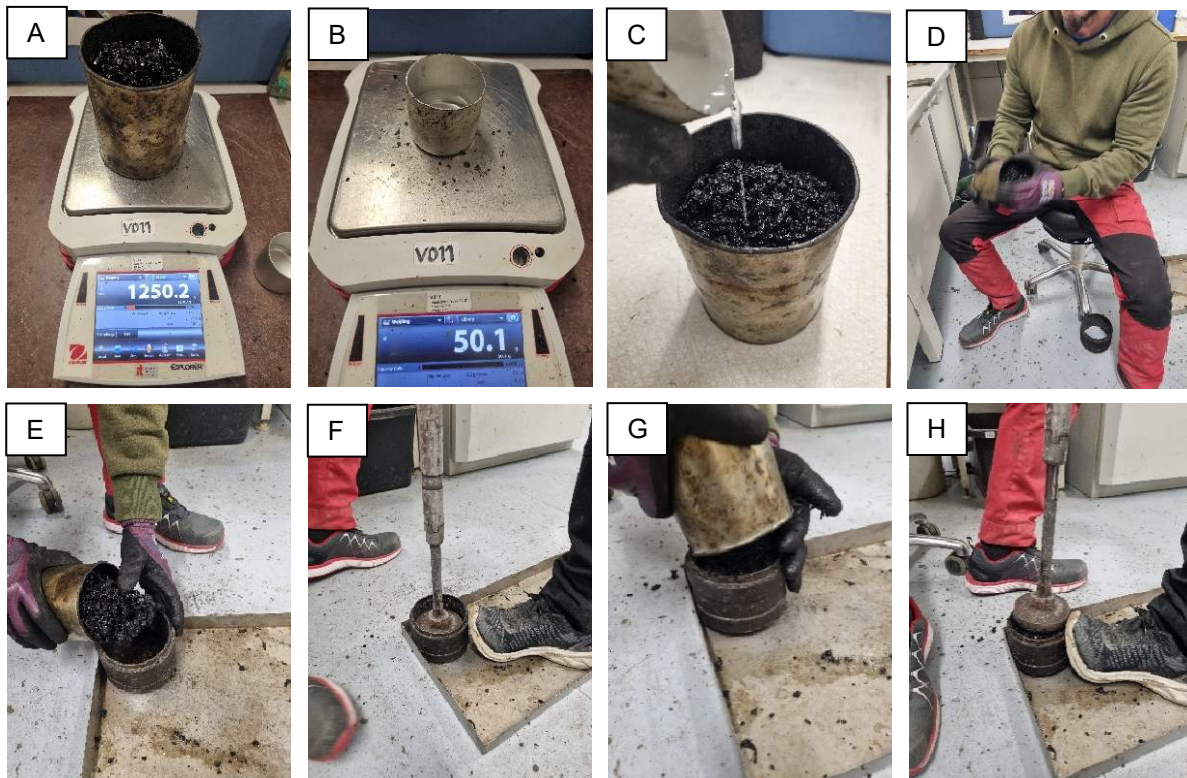
STAMPNINGSTID (s)	LUFTTORKNING 1d i 30°C (g)	COREDRIY Cyckler (antal)	Vikt (g)	Tj 1 (mm)	Tj 2 (mm)	Tj 3 (mm)	Tj 4 (mm)	AVG Tj (mm)	MAX LOAD (kN efter 4h i luft vid 10°C)	MAX STRENGTH
5	1217,1	20	1214,1	69,96	70,24	71,51	71,11	70,71	6,506	0,828
10	1213,2	20	1210,5	70,50	69,71	69,50	70,70	70,10	6,600	0,840
15	1209,9	36	1204,6	70,00	69,90	69,80	69,20	69,73	5,932	0,755
20	1214,2	36	1209,6	69,40	69,40	69,90	69,28	69,50	6,319	0,805
25	1206,2	27	1198,3	69,00	68,55	69,13	69,44	69,03	6,118	0,779
30	1206,2	27	1200,2	69,30	68,70	68,50	68,30	68,70	5,630	0,717

Tabell 2 visar att prover som stampades i 10 sekunder hade den högsta maximala belastningen, innan de gick sönder, 6,6 kN. Notera att ju längre stamptid ofta ledde till en lägre maximal belastning, se figur 3. Det var anledningen till att 10 sekunder valdes som stamptid för att producera samtliga provkroppar av kallmassa. Dessutom visade det sig vara ungefärligt stamptid, som används ute i fält.



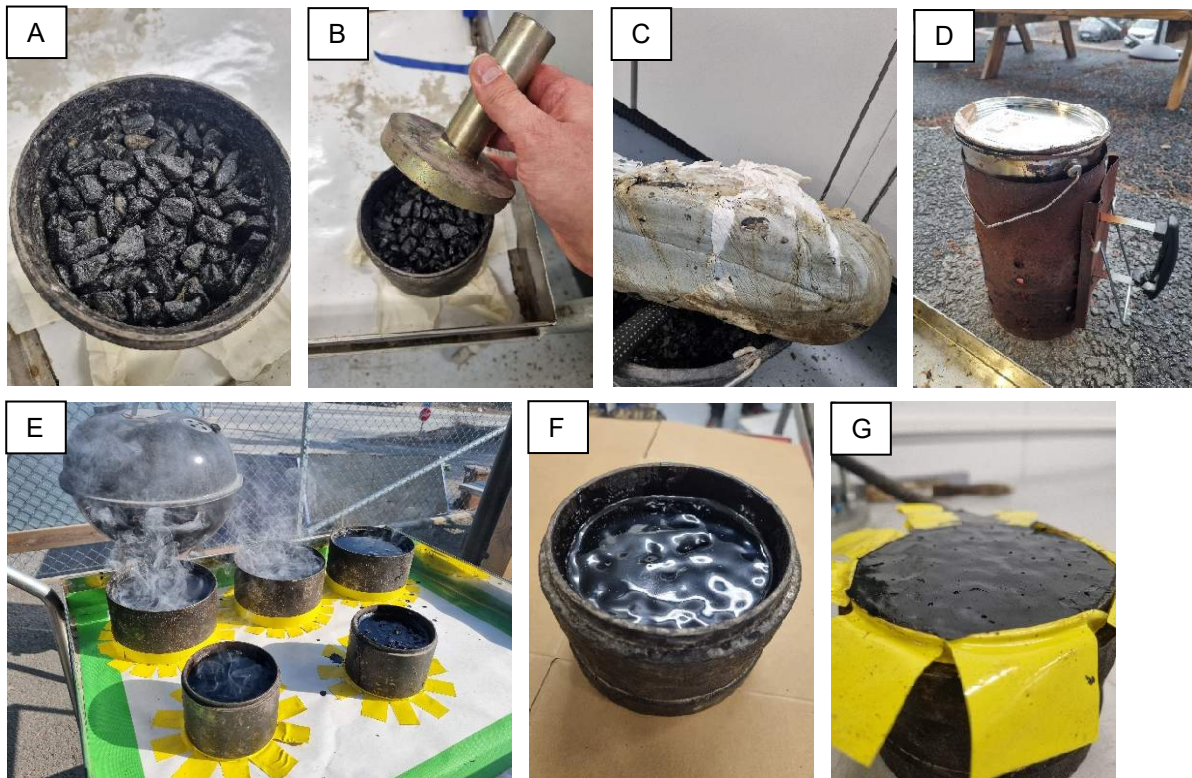
Figur 3. Maximal tryckbelastning för prover med olika stampningstider (tryckta i Marshallpress).

För att genomföra samtliga analyser var det nödvändigt att framställa 20 provkroppar med en diameter av 100 mm och 10 provkroppar med en diameter av 150 mm för varje produkt. Totalt fanns det 5 typer av reparationsmassa, 4 reaktiva kallmassaprodukter och varmlagning, vilket innebär att det tillverkades 100 provkroppar med en diameter på 100 mm och 50 provkroppar med en diameter på 150 mm. Tillverkningen av provkroppar med kallmassa framställs i figur 4. Först blandades reaktiv kallmassa med 4% vatten genom noggrann omrörning. Därefter stampades blandningen i marshallform med en elektrisk stamp. Därför att provkropparna skulle vara tillräckligt tjocka, cirka 70 mm, delades stampningsprocessen upp i två omgångar för att uppnå en bättre packning. Det framgår också i tillverkarnas rekommendationer att reaktiv kallmassaprodukt ska stampas i 30-40 mm lager.



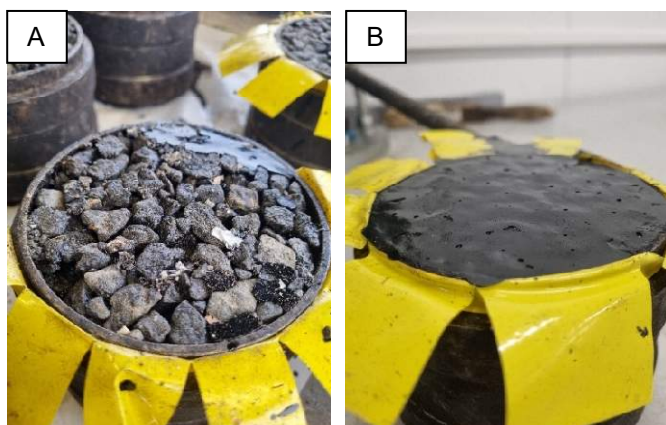
Figur 4. Tillverkning av provkroppar med kallmasa. A) Vägning av kallmassa, B) Vägning av vatten (4%), C) Hällning av vatten till kallmassa, D) Blandning, E) Hällning hälften av blandning i Marshallformen, F) Stampning 10 sek, G) Hällning resten av blandning till Marshallformen, H) Stampning 10 sek. Bilder: Patryk Witkiewicz.

Det som återstod var att tillverka provkroppar med varmlagning. Se figur 5, hur tillverkningsprocessen gick till.



Figur 5. Tillverkning av provkroppar med varmlagning. A) Placering av chipsten i Marshallformen, B) Stampning av chipsten, C) Oxiderat bitumen i en 25 kg klump, D) Uppvärmning av bitumen, E) Hällning av bitumen på chipsten, F) Färdiggjuten, kall prov, G) Kontroll av bottenyta av provkropp (om bitumen har gått genom hela tjockleken). Bilder: Patryk Witkiewicz.

Under tillverkningen av varmlagningsproverna uppstod problem vid uppvärmning av bitumen till rätt temperatur. Ugnens kapacitet var otillräcklig för att höja temperaturen på bitumen till den nivå som krävs för att uppnå en flytande form, maximal temperatur på ugnen var 200°C. Det enda sättet att värma upp bituminet var med gasolbrännare. Bituminet behövde vara väldigt lättflytande för att kunna tränga igenom hela tjockleken av chipsten, vilket innebar en mycket hög temperatur, som nästan nådde bituminets flampunkt. Det som inträffade om bituminet inte värmdes tillräckligt visas i figur 6 A, bituminet har inte trängt igenom hela provkroppen. Om bitumen värms för mycket finns det en risk för att bituminet börjar brinna, vilket även inträffade vid provtillverkningen. Lyckligtvis ägde uppvärmningen rum utanför byggnaden. Därför är det mycket riskfyllt att arbeta med varmlagning, eftersom gränsen mellan perfekt uppvärmd bitumen, tillräckligt flytande och brand är mycket snäv.



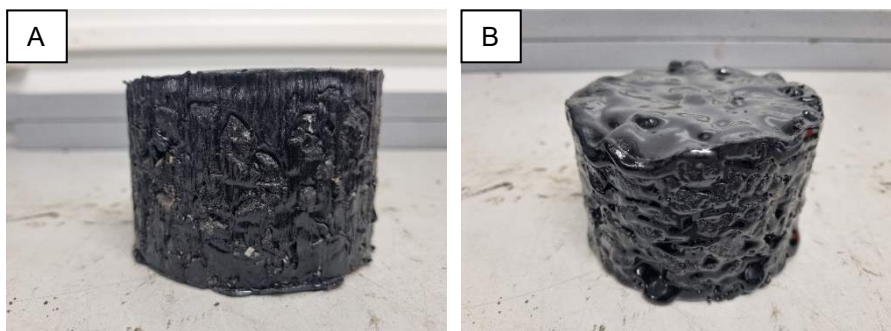
Figur 6. Botten av provkroppar med varmlagning. A) Bitumen har inte gått genom hela provkropp, bituminet var inte tillräckligt varmt. B) Korrekt ifylld provkropp, bituminet var tillräckligt varmt. Bilder: Patryk Witkiewicz.

När bituminet är varmt, avger det en giftig rök som utsätter arbetarna för hälsofara under tillverkningen, se figur 7.



Figur 7. Rök från uppvärmt oxiderat bitumen. Bild: Patryk Witkiewicz.

Ytterligare problem upptäcktes vid lagring av varmlagningsprover. Provkropparna började förändras och förlora sin ursprungliga form, efter en vecka i rumstemperatur, cirka 23°C, se figur 8 B. Därför har alla varmlagningsprov förvarats i kyl, vid cirka 15°C, innan de testats.



Figur 8. Varmlagningsprover uttryckta från Marshallformen. A) Direkt efter uttryckning, B) Efter 7 dagar i 23°C. Bilder: Patryk Witkiewicz.

Figur 9 visar kallmassaproverna efter tillverkning.



Figur 9. Provkroppar av kallmassa, efter tillverkning. Bilder: Patryk Witkiewicz.

4.2 ETAPP II - Fältförsök

Syftet med fältförsöken var att studera de nämnda produkterna och gjuta dem under verkliga förhållanden, det vill säga med trafik och väder som inverkan. En mycket trafikerad provväg valdes E20, vid Hova med ett trafikflöde på ÅDT=4000 för att borra ur den befintliga asfalten med en borkkrona på 100 mm och sedan laga hålen med reaktiva kallmassaprodukter och varmlagning. Samtliga reparationer genomfördes i hjulspår för att säkerställa att alla fordon passerar de undersökta punkterna, genomförande presenteras i figur 10. Under denna fas uppstod problem med en av kallmassa sorterna, Potmix Reaktiv. Det visade sig att när borrhingspersonalen anlände till arbetsplatsen och öppnade hinken med kallmassa, var massan extremt hård. Den kunde inte användas i fält. Som den fjärde kallmassan användes en produkt som heter REphalt 0/8, vilken fanns i lager på laboratoriet. Denna produkt hade redan slutat säljas men fungerar som en reaktiv kallmassa.



Figur 10. Borning och lagning av borrhål på E20 Hova. A) Borring, B) Förberedelse av utrustning och kallmassa, C) Förberedelse av borrhål, D) Förstämning av underbyggnad, E) Sprayning av kanterna med klister, F) Borrhål förberedda för lagning, G) Färdiglagat borrhål, H) Märkning av lagningar på vägren, I) Avslutad jobb. Bilder: Patryk Witkiewicz.

Fältundersökningen hade som mål att mäta nedsjunkning av lagade hål och att bedöma deras tillstånd efter att de har varit utsatta för ständig trafik och väder i 14 månader. Det utfördes med hjälp av en rätskiva och en tumstock, se figur 11.



Figur 11. Mätning av lagningens nedsjunkning med tumstock. Bild: Patryk Witkiewicz.

Från denna undersökning kan produkter som tål verklig trafik och externa faktorer som regn, sol, salt, dubbdäck och tung trafik med mera, särskiljas. Efter bedömningen av varje lagning upprättades en rangordning av produkter som fungerar bäst respektive sämst i praktiken. Inspektion av lagningar registrerades med foton, se bilaga 8-10.

5. Resultatredovisning

5.1 ETAPP I - Laboratoriestudie

5.1.1 Egenskaper på utvalda kallmassasorter

I tabell 3 presenteras de egenskaper på utvalda kalla lagningsmassor, som tillverkarna har angett på etikett eller i säkerhetsdatabladet, SDB samt en bedömning av lukten på produkterna direkt efter att förpackningen har öppnats. En viktig orsak till genomgången av egenskaperna var att konstatera att produkterna inte innehåller ämnen som bedöms som farliga eller giftiga. Tillverkarna till de reaktiva asfaltsprodukter avslöjar inte sina dolda komponenter, som får kallmassan att stelna vid kontakt med vatten. Enligt alla säkerhetsdatablad är emellertid produkten som helhet inte skadlig för miljön eller för människor och ingen av de utvalda produkterna innehåller lösningsmedel. För ytterligare information, hänvisas till säkerhetsdatablad, SDB, för respektive produkt i bilaga 1.

Tabell 3. Huvudegenskaper av utvalda kallmassasorter.

Kallmassaprodukt	Egenskaper						
	Petroleum-baserade lösningsmedel	Kompri merings sätt	Lukt	Ballast-fraktion (från analys)	Lagnings-tjocklek, per lager	Körbar (20°C)	Rekommenderad lagnings-temperatur
Potmix reaktiv (P)	NEJ	Vatten+ tryck	Ingen	0-8 mm	20-40 mm	Omedelbart	Sommar/vinter
Viacore AC8 (AC8)	NEJ	Vatten+ tryck	Ingen	0-8 mm	25-40 mm	Omedelbart	0 - 50°C
Viacore AC11 (AC11)	NEJ	Vatten+ tryck	Ingen	0-11 mm	30-50 mm	Omedelbart	0 - 50°C
Reaktiv Asfaltlagning (I)	NEJ	Vatten+ tryck	Ingen	0-5,6 mm	30-40 mm	Omedelbart	> -5°C

Samtliga tillverkare anger att körbanan kan trafikeras omedelbart efter lagning och alla kallmassaprodukter kan användas även vid temperaturer runt 0°C. Lagnings tjocklekar varierar mellan 20 och 50 mm beroende på vilken sorts kallmassa som används, men en tjocklek mellan 30 och 40 mm anses vara passande för samtliga produkter. Därför har alla laboratorietillverkade provkroppar och asfaltslagningar i fält, packats i cirka 35 mm tjocka lager, med det antal omgångar som krävts.

5.1.2 Hållrumshalt

Knappast något av de övriga arbetsmomenten vid utförandet av massabeläggningar har sådan betydelse för den slutliga kvalitén som packningen. Packningen påverkar nämligen så gott som alla de egenskaper som gör beläggningen hållbar. Ju bättre packning desto bättre hållbarhet och motståndskraft mot

- *nötning*
- *åldrande*
- *utmattning*
- *plastisk deformation*

- *inverkan av vatten*

(Asfaltbok, augusti 2025)

För att bedöma om packning är på rätt nivå behövs skrymdensitet och kompaktdensitet bestämmas för att sedan beräkna hålrums halten.

SKRYMDENSITET - Vid packning av en asfaltmassa trycks asfalten ihop vilket leder till minskning av volym samtidigt som en konstant vikt hålls. Förhållandet mellan vikt och volym, efter komprimering och inklusive volymen av öppna och slutna porer, kallas för skrymdensitet, vilket utförs enligt SS-EN 12697-6:2020, Bestämning av skrymdensitet hos asfaltprovkroppar.

KOMPAKTDENSITET - I kompaktdensiteten räknas endast det kompakta materialets volym in, kompaktvolym. Volymen för materialets öppna och slutna porer räknas inte med. Kompaktdensiteten utförs enligt SS-EN 12697-5:2019, Bestämning av kompaktdensitet.

HÅLRUMSHALT - Samtliga prover packades enligt den angivna planen i kapitel 4 och lämnades i formen för härdning under en timmes tid. Sedan togs provkropparna bort från formen och med hjälp av en asfaltskropp fastställdes skrymdensiteten för ett packat prov. Vid detta stadium var det mycket svårt att avgöra när provkropparna var fullständigt torra. Tack vare den förstudie som utfördes i projektets inledande fas, fastställdes det att provkropparna ska förvaras i rumstemperatur i minst 21 dagar för att uppnå fullständig torrhet. Kompaktdensiteten fastställdes med hjälp av en pyknometer och vatten. Till sist beräknades hålrums halten, enligt SS-EN 12697-8:2019, Bestämning av hålrums halt hos asfaltprovkroppar.

Resultaten angående hålrums halt för de fyra typerna av reaktiva kallmassor återfinns i tabell 4, Ø100 mm samt i tabell 5, Ø150 mm, medan Trafikverkets specifikationer avseende hålrums halt för prover med traditionell varm asfalt, insamlade i fält, presenteras i tabell 6. Eftersom det saknas tydliga instruktioner hur kompaktdensiteten bör utföras på "färsk" kallmassa, direkt från förpackningen, eller på torkad kallmassa, färsk massa blandad med vatten och därefter torkad i 24 timmar vid 30°C i ugn, beräknades det på de två olika metoderna (se tabell 4 och 5). Som ett resultat erhöll vi bekräftelse på att de två metoderna ger extremt liknande värden. Det är viktigt att påpeka att "färsk" reaktiv kallmassa stelnade vid kontakt med vatten i pyknometern och var mycket svår att avlägsna. Därför rekommenderas att bestämma kompaktdensiteten på torkade reaktiva kallmassor.

Tabell 4. Hålrumsresultat för reaktiva kallmassasorter, Ø100, osågade.

KALLMASSASORT	SKRYM (Mg/m³)	AVERAGE SKRYM (Mg/m³)	KOMPAKT (FÄRSK) (Mg/m³)	HÅLRUM (%)	AVERAGE SKRYM (Mg/m³)	KOMPAKT (TORKAT) (Mg/m³)	HÅLRUM (%)
P 1	2,174	2,179	2,479	12,1	2,179	2,467	11,7
P 2	2,176						
P 3	2,178						
P 4	2,186						
I 1	2,115	2,113	2,417	12,6	2,113	2,421	12,7
I 2	2,113						
I 3	2,106						
I 4	2,118						
AC8 1	2,272	2,267	2,436	7,0	2,267	2,423	6,5
AC8 2	2,273						
AC8 3	2,257						
AC8 4	2,265						
AC11 1	2,223	2,232	2,415	7,6	2,232	2,413	7,5
AC11 2	2,220						
AC11 3	2,239						
AC11 4	2,246						

Tabell 5. Hålrumsresultat för reaktiva kallmassasorter, Ø150, osågade.

KALLMASSASORT	SKRYM (Mg/m³)	AVERAGE SKRYM (Mg/m³)	KOMPAKT (FÄRSK) (Mg/m³)	HÅLRUM (%)	AVERAGE SKRYM (Mg/m³)	KOMPAKT (TORKAT) (Mg/m³)	HÅLRUM (%)
P 1	2,127	2,128	2,479	14,2	2,128	2,467	13,7
P 2	2,129						
I 1	2,062	2,060	2,417	14,8	2,060	2,421	14,9
I 2	2,059						
AC8 1	2,164	2,169	2,436	11,0	2,169	2,423	10,5
AC8 2	2,175						
AC11 1	2,211	2,214	2,415	8,3	2,214	2,413	8,3
AC11 2	2,216						

Tabell 6. Krav på hålrumsresultat för prover från vägen på ABT och ABS massor, enligt Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529, Version 4.0.

MASSASORT	Hålrumsresultat - Krav på vägen [%]
ABT	1,5-5,0
ABS	1,5-5,0

Efter denna studie kan det fastställas att hålrumsresultaten, för samtliga tillverkade prover av de reaktiva kallmassaprodukterna, ligger utanför kraven för varmasfalt ABS och ABT på väg, enligt (Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529, Version 4.0). Lägst hålrumsresultat hade Viacore AC8 med 6,5% och Viacore AC11 med 7,5%. Potmix Reaktiv (P) och Reaktiv Asfalltagning (I) hade mer än dubbelt så hög hålrumsresultat som kravet. Packningen hos valda reaktiva kallmassaprodukter borde förbättras för att anpassas till hålrumskravet för ABS- och ABT-massorna på vägen. Åtgärder för att nå önskad packning kan vara minskad tjocklek per lager som packas åt gången till 20-25 mm och att använda ännu kraftigare stamp, en kraftig bilningshammare med slagkraft på 73 J, i stället för elektrisk borrhämmare.

De olika reaktiva produkterna har även olika sammansättning och egenskaper. Ordet "Reaktiv" i namnet indikerar inte att samtliga produkter är hållbara produkter med samma kvalitet.

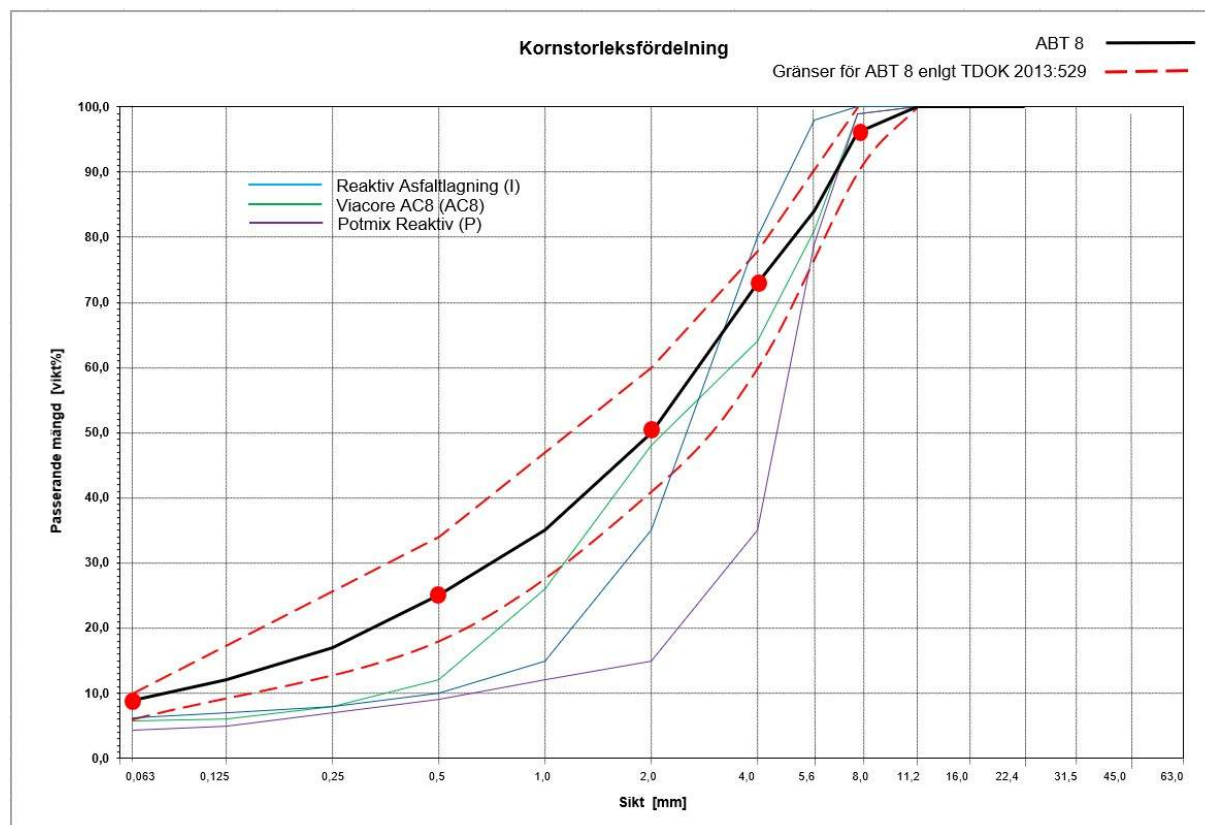
5.1.3 Bindemedelshalt och kornstorleksfördelning

Bindemedelshalt och kornstorleksfördelning bestäms enligt SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt och SS-EN 12697-2+A1:2024, Bestämning av kornstorleksfördelning och visar hur kallmassorna är proportionerade samt hur mycket bitumen enskilda produkter innehåller. Resultaten av bindemedelshalt och kornstorleksfördelning för alla kallmassaprodukter återfinns i tabell 7, och rapporten från de genomförda analyserna finns i bilaga 2.

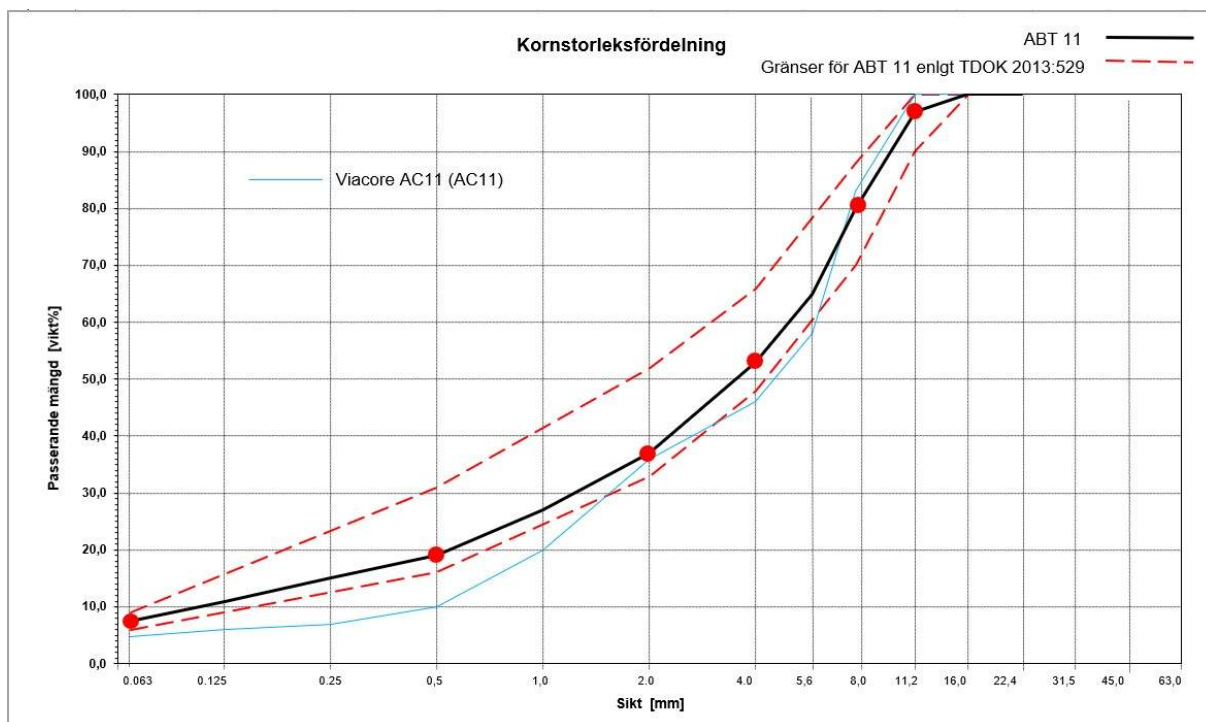
Tabell 7. Analysvärden från siktanalys enligt SS-EN 12697-2:2015.

Kallmassaprodukt	Ballast fraktion [mm]	BH [%]	Passerad mängd genom sikt, [vikt-%]										
			0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11	16
Potmix Reaktiv (P)	0-8	4,7	4,3	5	7	9	12	15	35	79	99	100	100
Viacore AC8 (AC8)	0-8	7,4	5,7	6	8	12	26	48	64	81	99	100	100
Viacore AC11 (AC11)	0-11	6,4	4,7	6	7	10	20	36	46	58	83	100	100
Reaktiv Asfaltlagning (I)	0-8	7,0	6,2	7	8	10	15	35	80	98	100	100	100

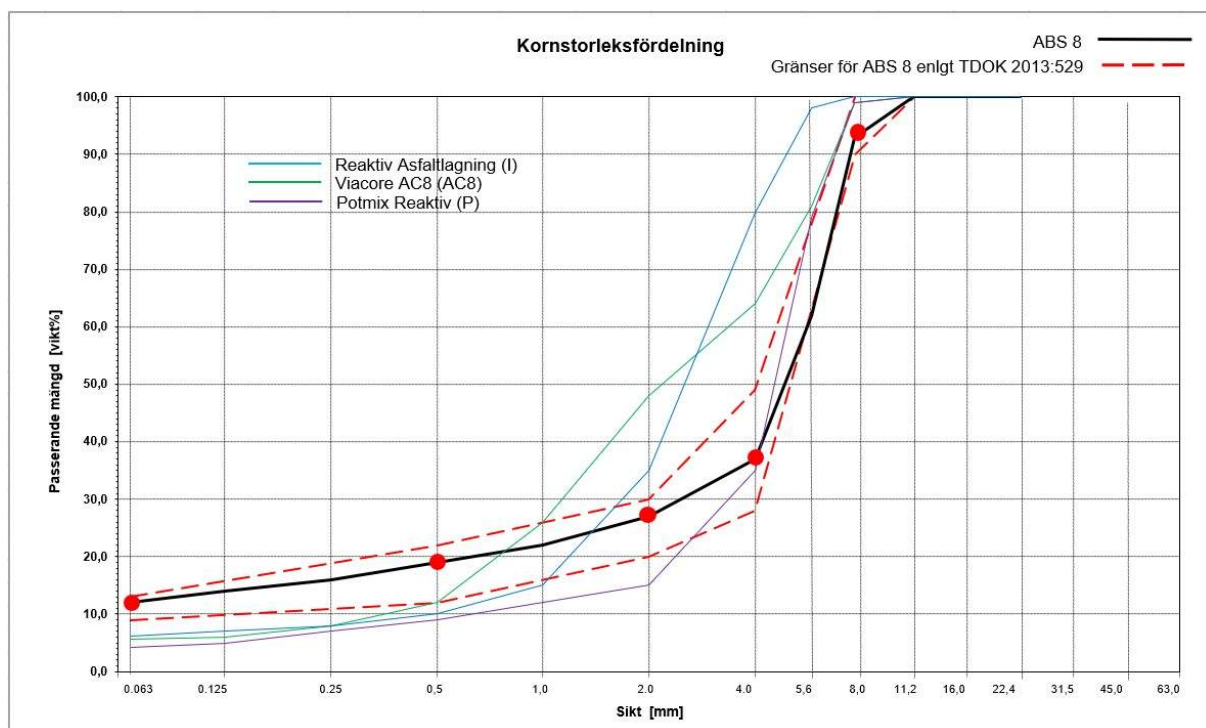
De uppnådda resultaten jämfördes med kraven för ABT och ABS i (Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529, Version 4.0) , exempel på ett arbetsrecept och visas i grafisk form i figur 12 till 15.



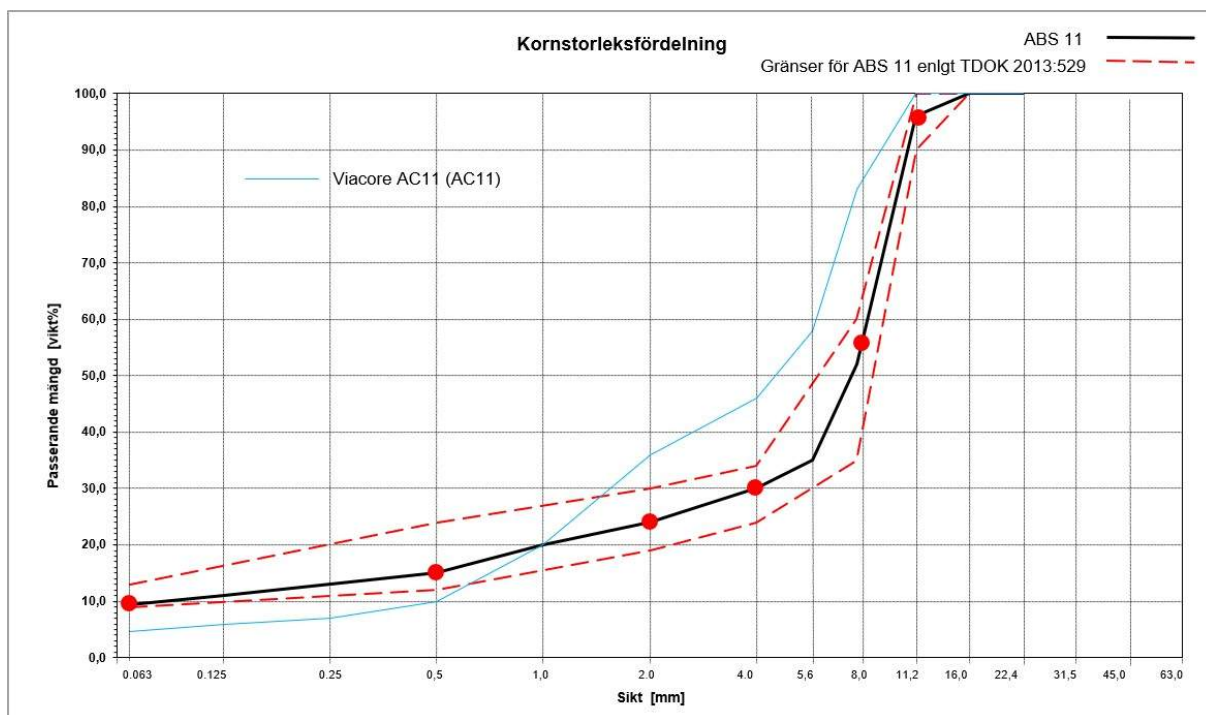
Figur 12. Kornstorleksfördelningskurva för kallmassor med max sten storlek 8 jämförd med målkurva för ABT 8 (Skanskas arbetsrecept) och gränslinjer för ABT 8 enligt TDOK 2013:529.



Figur 13. Kornstorleksfördelningskurva för kallmassor med max sten storlek 11 jämförd med målkurva för ABT 11 (Skanskas arbetsrecept) och gränslinjer för ABT 11 enligt TDOK 2013:529.



Figur 14. Kornstorleksfördelningskurva för kallmassor med max sten storlek 8 jämförd med målkurva för ABS 8 (Skanskas arbetsrecept) och gränslinjer för ABS 8 enligt TDOK 2013:529.



Figur 15. Kornstorleksfördelningskurva för kallmassor med max sten storlek 11 jämförd med målkurva för ABS 11 (Skanskas arbetsrecept) och gränslinjer för ABS 11 enligt TDOK 2013:529.

Från figur 12 till 15 kan följande slutsatser dras:

- Samtliga kornkurvor uppvisar tydliga variationer och har vanligtvis olika partikelsprång. Ingen kornkurva uppfyller det mönster som anges i Trafikverkets TDOK 2013:0529, Version 4.0 för ABT och ABS-massan i sin helhet. Viacore AC8 är beläget nära Trafikverkets gränser för ABT 8, vid kontrollpunkterna (de röda punkterna i figurerna 12-15), medan Viacore AC11 ligger närmast ABT 11 vid kontrollpunkterna.
- Kurvorna har en mycket ojämn form och det finns ingen mjuk övergång mellan de efterföljande fraktionerna. De påminner inte om recepten för varma asfaltsorter.

5.1.4 Nötningsmotstånd, Prall

I Sverige är det enligt Transportstyrelsen tillåtet att använda dubbdäck på fordon, under perioden 1 oktober–15 april. Därför behöver lagningsmassornas och varmlagningens nötningsmotstånd jämföras med varmasfaltens nötningsmotstånd. Analyser utfördes enligt SS-EN 12697-16:2024, Bestämning av nötningsmotstånd, Metod A.

Testet utfördes med hjälp av prall-utrustning, se figur 16. Principen innebär att maskinen simulerar dubbdäckstrafikens nötning ute på vägen, genom analys på en cirkulär provkropp med diametern 100 mm och höjden 30 mm. Temperering av provkroppar görs i minst 5 h i vatten med temperatur av 5°C. Nötningen sker med hjälp av fyrtio stålkulor som studsar på provkroppens yta under 15 minuter.

Provets massa bestäms innan och efter analys och differensen tillsammans med provkroppens skrymdensitet används för att beräkna prall-värdet.



Figur 16. Utrustning för bestämning av nötningsmotstånd, Prall. Bilder: Patryk Witkiewicz.

I Trafikverkets krav (Bitumenbundna lager TDOK 2013:0529, Version 4.0), anges det inte några krav för nötningsmotstånd på varma massor utan returasfalt. Däremot när returasfalt har tillsatts ett slitlager av ABS vid $\text{ADTK}_{\text{just}} > 7000$, ska typprovning av nötningsresistens enligt SS-EN 12697-16, Metod A, genomföras på laboratorietillverkade provkroppar. Laboratoriepackningen ska genomföras enligt SS-EN 12697-30:2019, Framställning av provkroppar genom slagpackning, med 2x50 slag.

Provning ska utföras på sågad ändytan. Slitagevärdet ska redovisas och uppfylla följande krav:

- ABS 16, högsta tillåtna slitagevärde 20
- ABS 11, högsta tillåtna slitagevärde 24

Provningsresultat för ABS 16 och ABT 16 varierar beroende på flera faktorer, till exempel kvaliteten på den ballast som används i asfaltmassan, packningsgraden, mängd och typ av bitumen. Erfarenhet av ungefärlig nivå på provningsresultat visas i tabell 8.

Tabell 8. Räckvidd av prallresultat för ABS 16 och ABT 16, Marshallstampade prover (från labbets erfarenhet).

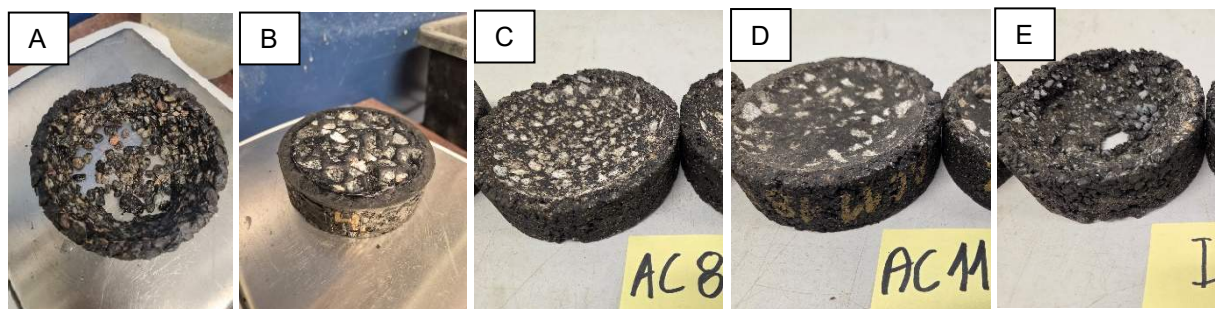
VARMMASSASORT	Prallvärde [cm ³]
ABS 16	15÷30
ABT 16	30÷45

Provkroppar på kall lagningsmassa packade med elektrisk borrhämmare och varmlagningsprover gjutna i 100 mm enligt Kapitel 4 – Genomförande, har provats med avseende på nötningsmotstånd. Provkropparna sågades till tjockleken 30 mm, skrymdensitet bestämdes och provades på den osågade ytan, för att simulera nötning av dubbdäck på ytan som skapas ute på vägen. Ett medelvärde av fyra analyserade prover (en provserie), visas i tabell 9. Provningsrapporter från utförda analyser finns i bilaga 3.

Tabell 9. Prallresultat för reaktiva kallmassasorter och varmlagning (1 serie = 4 provkroppar).

KALLMASSASORT	Prallvärde [cm ³]
Potmix Reaktiv (P)	121
Viacore AC8 (AC8)	67
Viacore AC11 (AC11)	38
Reaktiv Asfaltlagning (I)	92
Varmlagning (G)	5

Analysen genomfördes utan större problem. Inga sprickor eller skador noterades under körning. Bilder på provkropparna efter analys av nötningsmotstånd visas i figur 17.

**Figur 17.** Prover efter prallanalys (utförd på osågade yta). A) Potmix Reaktiv (P), B) Varmlagning (G), C) Viacore AC8 (AC8), D) Viacore AC11 (AC11), E) Reaktiv Asfaltlagning (I). Bilder: Patryk Witkiewicz.

Stenens storlek och kvalitet samt mängd och typ av bitumen påverkar resultatet i hög grad. Därför är det utmanande att jämföra de testade kalla asfaltprodukterna med varmlagning eller konventionella material. De varma asfaltblandningar som används som slitlager har vanligtvis en maximal stensstorlek på 16 mm, sällan 11 mm och nästintill aldrig mindre än 11 mm, medan alla kallmassaprodukter har en maximal stensstorlek på 8 mm. Dessutom är kvaliteten på det använda stenmaterialet oklart. De kallmassasorter som visade bäst resultat i undersökningen var Viacore AC11 (Prallvärde=38 cm³) och Viacore AC8 (Prallvärde=67 cm³). Som förväntat hade varmlagning, tack vare sin tjocka bitumenyta, det bästa resultatet med ett oslagbart prallvärde på 5 cm³. Det är värt att notera att bland de fyra varmlagningsprover som testades i prallen var det betydelsefullt vilken sida av provkroppen som undersöktes. Vid toppen av provkroppen, där det fanns ett betydande tjockt lager av

bitumen, uppmättes prallresultatet på 0 cm³, prov 1 och 3 i figur 18. Däremot, när botten av provkroppen testades, fanns det betydligt mindre bitumen och något avklädda stenar, erhöles ett prallresultat på 10 cm³, prov 2 och 4 i figur 18. Det visar hur viktig mängden bitumen på ytan av provet är, vid analys av nötningsmotstånd enligt prall. Testet skulle visa hur asfaltens nötningssegenskaper är. Om det finns ett tjockt lager av bitumen på den analyserade ytan, skyddar den stenmaterialet från nötning, och kulorna studsar endast från bitumen och når inte ballastmaterialet. Därför är denna jämförelse inte särskilt korrekt.



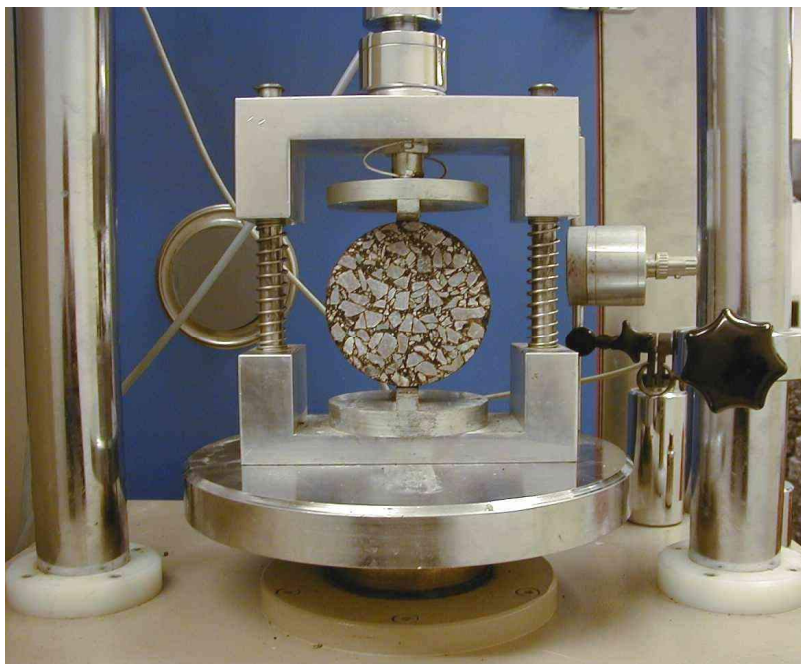
Figur 18. Varmagningsprover efter prallanalys (utförd på osågade yta). Prov 1 och 3 – toppen av tillverkade provkropp. Prov 2 och 4 – botten av tillverkade provkropp Bild: Patryk Witkiewicz.

ABT, ABTs och ABS-massor placeras vanligtvis på motorvägar med hög trafik. Om lagningar som utförts med kallmassa slits snabbare än den omgivande beläggningen, måste lagningarna åtgärdas, om dessa ligger i hjulspåren. Därför är det i sådana fall avgörande att säkerställa att ballasten i kallasfalten har hög kvalitet som uppfyller de krav som Trafikverket ställer för varm asfaltbeläggning. Att använda bra stenkvalitet och rapportera kulkvarnsvärde för ballast som används i kallasfalt kan vara en möjlig lösning.

Som en positiv aspekt, i vissa delar av landet har Trafikverket godkänd att utföra borrhningar mellan spår, inte i spår. Det reducerar avsevärt risken för slitage av lagningar/reparationer.

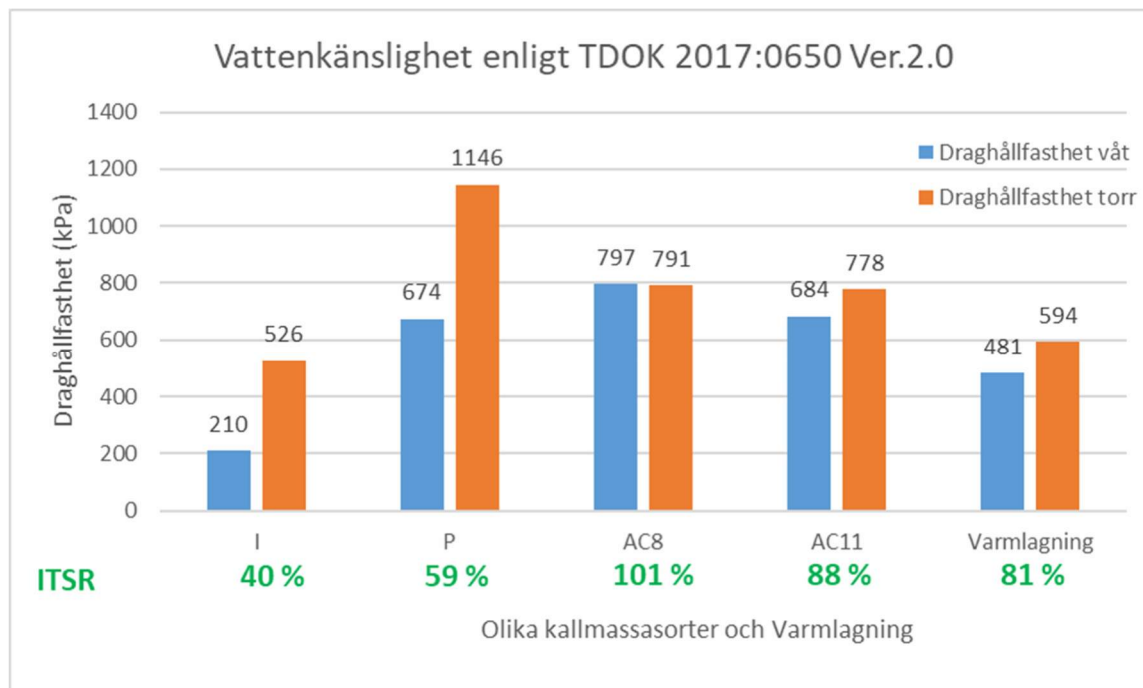
5.1.5 Vattenkänslighet, ITSr

Vattenkänsligheten bestäms på varma asfaltmassor enligt Trafikverkets provningsmetod TDOK 2017:0650 Version 2.0, Bestämning av vattenkänslighet genom pressdragprovning. Genom att analysera den indirekta draghållfastheten, vid 10 °C, hos asfaltprovkroppar som har vattenmättats under tryck och konditionerats i vattenbad vid 40 °C under 7 dygn i förhållande till den indirekta draghållfastheten hos asfaltprovkroppar som förvarats torrt i rumstemperatur, kan ITSr i % beräknas. Den indirekta draghållfastheten fastställs genom att de cylindriska provkropparna trycks mot mantelytan med en konstant hastighet på 50 mm/min, den högsta kraft som uppnås innan brott registreras och draghållfastheten beräknas i kPa. Utrustningen som används för bestämning av indirekta draghållfastheten, visas i figur 19.



Figur 19. ITSR genom pressdragprovning. Bild: Kenneth Olsson.

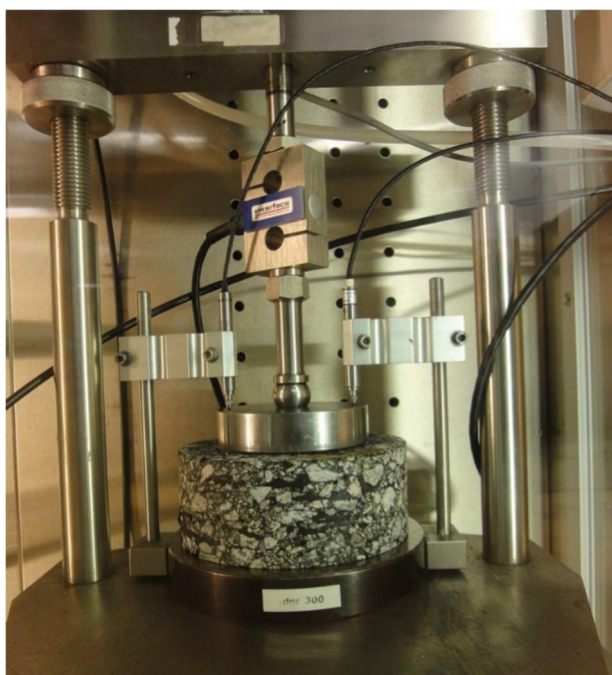
Enligt kraven i TDOK 2013:0529 Version 4.0, ska ITSR vara $\geq 75\%$. Två reaktiva kallmassasorter, AC8 och AC11 och varmlagningen uppfyllde detta krav, medan de två andra kallmassorna inte nådde upp till kravet. Det visar att även de reaktiva kallmassorna skiljer sig åt i prestanda. Det är viktigt att undersöka vilka lagningsmassor som är känsliga för vatten och vilka som inte är det. Resultaten presenteras i figur 20 nedanför. Provningsrapporter från utförda analyser finns i bilaga 4.



Figur 20. ITSR resultat för olika reaktiva kallmassasorter och varmlagning.

5.1.6 Pulserande Kryptest

Stabiliteten analyserades på de tillverkade proverna enligt provningsmetoden SS-EN 12697-25:2016, Pulserande kryptest, metod A1, Fyrkantspuls. Denna provning syftar till att bestämma den permanenta deformationen hos en provkropp med diameter 150 mm och tjocklek 60 mm, genom att applicera pulserande tryck. Provkroppen utsätts för en vertikal periodisk belastning (fyrkantspuls) med en frekvens på 0,5 Hz och en belastning av 100 kPa. Efter 3600 pulser registreras deformationen och anges i förhållande till provkroppens tjocklek. Provningsen genomförs i ett klimatskåp med temperaturen 40 °C. Utrustning för Pulserande kryptest visas i figur 21.



Figur 21. Utrustning för Pulserande kryptest. Bild: Kenneth Olsson.

Trafikverket ställer inga krav på Pulserande kryptest eller Deformationsresistens på slitlager, annat än om hållrumshalterna på beläggningen understiger gällande krav. Då ställs krav enligt TDOK 2014:0565 Version 4.0, Trafikverkets regler för reglering av beläggningsarbeten, se tabell 10.

Tabell 10. Krav på deformationsresistens på slitlager enligt TDOK 2014:0565 Version 4.0.

Trafik ADT _{ktung}	Deformationsresistens (%) Slitlager
Extrem påkänning	< 1,2
≥ 2000	< 1,5
1000-1999	< 1,8
500-999	< 2,1
0-499	< 2,5

Alla prover analyserades cirka 40 dagar efter tillverkning. I tabell 11 redovisas de enskilda analyserna samt medelvärde för samtliga serier. Rapporter finns i bilaga 5.

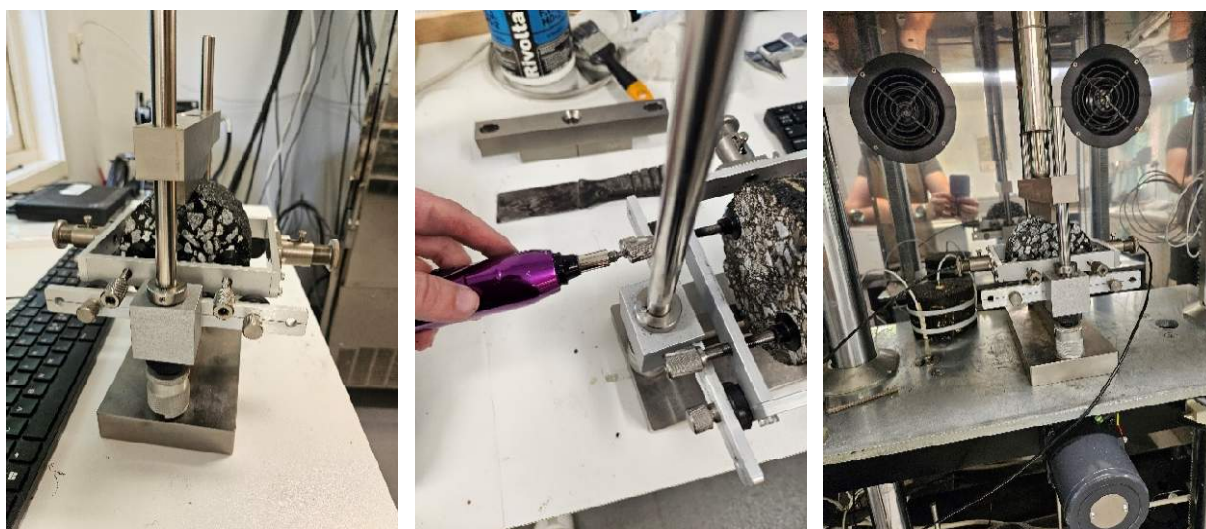
Tabell 11. Analysvärden från Dynamisk kryptest enligt: SS-EN 12697-25:2016, Pulserande kryptest, metod A1, Fyrkantspuls.

KALLMASSASORT	SKRYMDENSITET (Mg/m ³)	PERMANENT DEFORMATION (%)	PERMANENT DEFORMATION MEDEL (%)
I 21	2,082	0,88	0,89
I 22	2,079	0,90	
I 23	2,058	0,90	
P21	2,149	0,67	0,86
P22	2,149	1,13	
P23	2,142	0,77	
A8 21	2,160	0,67	0,77
A8 22	2,174	0,80	
A8 23	2,181	0,84	
A11 21	2,218	1,48	1,17
A11 22	2,224	1,05	
A11 23	2,245	0,97	
G 21	2,058	1,31	1,27
G 22	2,062	1,22	
G 23	1,997	-	

Resultaten är väldigt bra för samtliga lagningsmassor. Det är bara proverna med varmlagning som inte klarar Trafikverkets krav för extrem påkänning.

5.1.7 Styvhetsmodul

Analys av styvhetsmodul har utförts enligt SS-EN 12697- 26:2018+A1:2022, Styvhet, på Skanskas laboratorium i Gunnilse. Samtliga prover analyserats vid tre olika temperaturer, 5°C, 10°C och 20°C. Fastsättning av provkropparna i provningsrigg inför analys visas i figur 22.



Figur 22. Installering av provkropp innan styvhetsmodulstest. Bilder: Eric Gardner.

Följande parametrar ställdes in på styvhetsutrustningen:

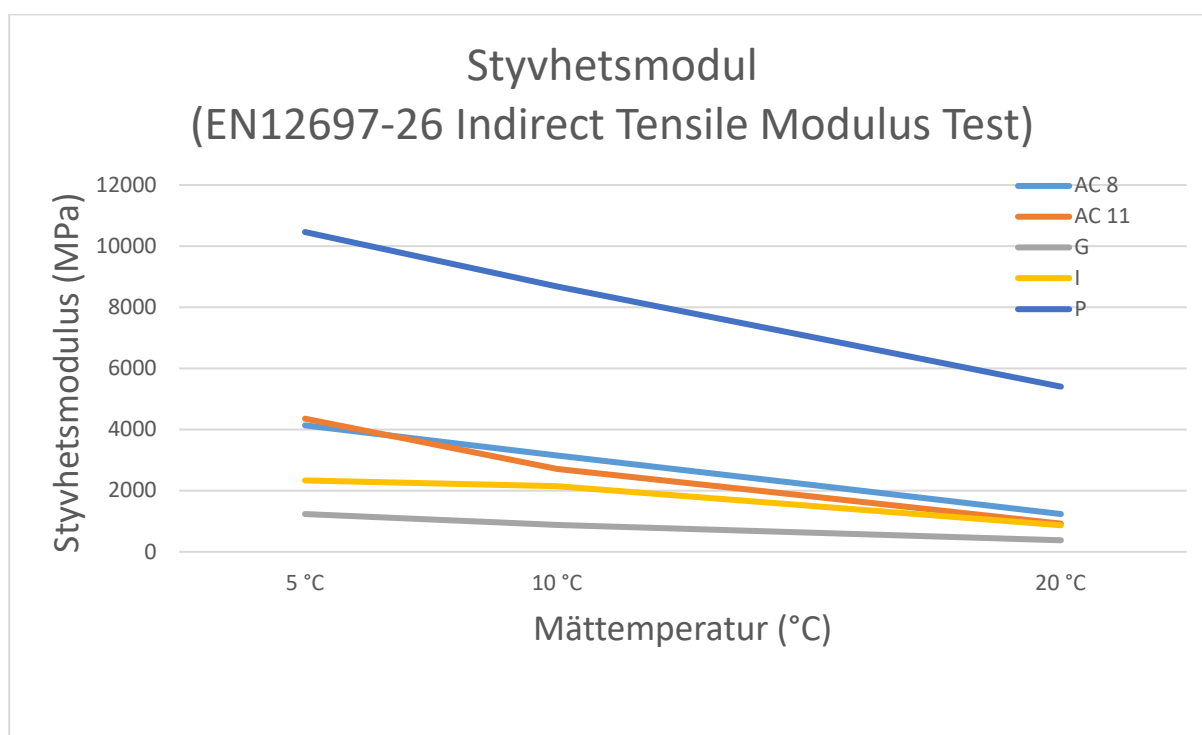
- Måltemperatur (°C): 5, 10, 20
- Belastningspulsbredd (ms): 124
- Pulsupprepningsperiod (ms): 3000
- Konditioneringspulsantal: 5
- Måldeformation (µm): 5
- Uppskattat Poisson's ratio: 0,35
- Kontaktkraft (N): 20

Tabell 12 visar resultaten på styvhetsmodulerna som medelvärden av 3 prover per provtyp.

Tabell 12. Analysvärden för styvhetsmodul enligt EN 12697–26 Indirect Tensile Modulus Test.

Testtemperatur	AC 8	AC 11	G	I	P
5 °C	4 133	4 354	1 231	2 332	10 461
10 °C	3 143	2 711	879	2 145	8 676
20 °C	1 236	921	376	864	5 406

Figur 23 visar att varmlagningen, G får lägst värden på styvhetsmodulen vid alla 3 temperaturerna medan Viacore AC8 och AC11, har väldigt liknande resultat. Kurvan för Reaktiv Asfaltslagning I, ligger emellan AC8, AC11 och varmlagning. Styvaste produkt bland alla testade kallmassaprodukter och varmlagning är definitivt Potmix Reaktiv P. Provningsrapporter från utförda analyser finns i bilaga 6.



Figur 23. Resultat av styvhetsmodulerna för olika kallmassasorter och varmlagning.

Det ska även noteras att analys av en av provkropparna var omöjlig att utföra. Ett hål som bildades av sensortrycket på asfaltsprov G12, ett av varmlagningsproverna, vid 20°C, gjorde att det inte gick att mäta styvhetsmodulen, se figur 24.



Figur 24. Hål som bildades av sensortrycket på varmlagningsprov G12 vid 20°C. Bild: Eric Gardner.

Styvhetsmodulen används vid dimensionering av tjockleken på en beläggning. En hög styvhetsmodul innebär bra lastfördelande förmåga men även ökad risk för sprickbildning. En beläggning med låg styvhetsmodul har sämre lastfördelande förmåga men mindre risk för sprickor.

Tabell 13 visar rekommenderade styvhetsmoduler för asfaltbeläggning, per lager och för olika trafikmängder, enligt TDOK 2011:267 Version TRVR Väg.

Tabell 13. Styvhetsmodul enligt TRVR Väg.

Slitlager, Bindlager	< 9 000 < 11 000	Värde anges 5 500-9 000	Värde anges Värde anges
Trafik		Temperatur °C	
	+5	+10	+20
Hög trafik (> 1000 ÅDT _{k,tung} , extrem påkänning)	< 11 000	5 500-9 000	> 1 500
Mellantrafik (200-1 000 ÅDT _{k,tung})	< 11 000	4 500-7 000	> 1 500
Låg trafik (< 200 ÅDT _{k,tung})	< 9 000	2 200-7 000	> 1 500

Inget av våra lagnings-prov klarar rekommendationerna i tabell 13, för samtliga temperaturer och trafikmängder. Vid 5 °C, uppfyller samtliga prover rekommendationerna, förutom prov P för slitlager och vid låg trafikmängd. Vid 10 °C, uppfyller prov AC 8 och AC 11 låg trafikmängd, ingen uppfyller rekommendationerna vid mellan trafikmängd samt prov P uppfyller rekommendationerna för hög trafikmängd. Vid 20 °C, är det bara prov P som uppfyller rekommendationerna i tabell13.

5.1.8 Wheel tracking

Wheel tracking analyserades enligt provningsstandarden SS-EN 12697-22:2020, Bestämning av deformationskänslighet hos asfaltbeläggning under rullande hjul, Wheel tracking, Testet är avsett för asfaltbeläggningar där den största stenstorleken är mindre än eller lika med 32 mm.

Undersökningarna genomförs på asfaltprover som antingen är tillverkade i ett laboratorium eller har tagits från vägbanan. I vårt fall användes provkroppar med tjockleken 50 mm och diametern 150 mm. Fyra stycken prover hade tillverkats för varje provtyp, två provkroppar på varje sida i utrustningen. Enligt denna standard beskrivs tre olika metoder för wheel tracking; stor enhet, extra stor enhet och liten enhet. Provningsenheten av stora enheter och extra stora enheter genomförs enbart i luft. Vid användning av de små enheterna kan testing göras antingen i luft eller i vatten.

Med liten enhet avses utrustningen enligt figur 25, som består av:

- Vagn med gummibeklätt hjul. Hjuldiametern är mellan 200-205 mm, hjulbredden är 50 ± 5 mm, gummibeläggningen har en tjocklek av 20 ± 2 mm och är tillverkad av massivt gummi med en hårdhet på 80 ± 5 IRDH. Hjulets belastning är 700 ± 10 N. Avståndet som hjulet påverkar är 230 ± 10 mm lång och hastigheten med vilken hjulet rör sig fram och tillbaka är $26,5 \pm 1,0$ cykler per minut.
- Formen som provplattan/kärnorna placeras i är tillverkad av stål och har mått som är minst 260 x 300 mm, se figur 25. Botten av formen ska vara gjord av stålplåt och ha en tjocklek som är större än 8 mm.
- Mätinstrumentet som används för att bedöma den vertikala positionen för det belastade hjulet skall ha en precision med $\pm 0,2$ mm.



Figur 25. Utrustning för Wheel tracking. Bild: Infratest.

Metod B, test med liten enhet, genomförs genom att köra hjulet 10 000 cykler (20 000 passager) över asfaltbeläggningen eller tills spårdjupet i provet överskrider 20 mm, vilket medför att testet avbryts i förtid.

Temperaturen på provet under testet måste vara i enlighet med den temperatur som bestämdes under körningen, med en maximal avvikelse på $\pm 1^\circ\text{C}$. Wheel tracking kan genomföras vid olika temperaturer,

45, 50 eller 60°C kan användas, beroende på vilken typ av asfaltmassa som utvärderas, se tabell 14. Valet av temperatur är betydelsefullt och bör anpassas efter hårdheten hos bitumen samt sammansättningen av stenmaterialet. Den vanligast använda temperaturen, som har blivit den "standard" temperatur som används för wheel tracktestning, är 50°C. Vid test av styvare beläggningar med PMB eller mycket hård bitumen, bör temperaturen vara 60°C. För mjukare bitumen och halvvarma massor är 45°C den mest lämpliga temperaturen. I vårt fall fastställdes att 50°C är den mest lämpliga temperaturen för kallmassasorter och varmlagning, då dessa bör ha samma hållbarhet som varmassor med 70/100 bitumen, som är typisk för Sverige.

Tabell 14. Analystemperaturer för wheel-tracktest enligt SS-EN 13108-20:2016 "Vägmateriell – Asfaltmassor – Materialspecifikationer – Del 20: Typprovning", Tabell D.1 sida 27.

Table D.1 — Test conditions for wheel-tracking test

Reference	Device	Medium	Temperature °C	Test duration cycles	Applicable to EN 13108, parts:				
					1	2	4	5	7
D.1.2	Small device, procedure A	Air	45	1000	—	X	X	—	—
D.1.3	Small device, procedure A	Air	60	1000	—	X	X	—	—
D.1.4	Small device, procedure B	Air	45	10000	X	X	—	X	X
D.1.5	Small device, procedure B	Air	50	10000	X	X	—	X	X
D.1.6	Small device, procedure B	Air	60	10000	X	X	—	X	X
D.1.7	Large device	Air	50	30000	X	—	—	X	X
D.1.8	Large device	Air	60	3000	X	X	—	—	X
D.1.9	Large device	Air	60	10000	X	—	—	X	X
D.1.10	Large device	Air	60	30000	X	—	—	X	X
D.1.11	Large device	Air	45	30000	X	—	—	—	—

Det är av stor betydelse att provkropparna blir jämnt uppvärmda till den önskade temperaturen innan körning. Tempereringstiden för prover varierar beroende på deras tjocklek, och riktlinjerna för tempereringstid är följande:

- Om den nominella tjockleken på provet är mindre lika 60 mm ska tempereringstiden vara minimum 4 timmar, högst 24 timmar.
- Om den nominella tjockleken på provet överstiger 60 mm ska tempereringstiden vara minimum 6 timmar, högst 24 timmar.

Alla wheel-trackingutrustningar har vanligtvis inbyggda temperaturmätare som kontrollerar om den önskade temperaturen i luften har uppnåtts. I vårt fall var provkropparna 50 mm tjocka och det innebär 4 timmar av temperering i luft.

Innan testningen hade åtgärder vidtagits för att justera proverna till den önskade formen. Provskivorna har sågats till en tjocklek av 50 mm, och ett litet snitt måste göras för att förena två runda kärnor, se figur 26. Det var av stor betydelse att proverna hade samma tjocklek för att ytan skulle förbli slät och jämn. Papper som omger provkropparna hjälpte till att hålla maskinen ren från bitumen från provkropparna.



Figur 26. Förberedning av prover för Wheel tracking. Bilder: Patryk Witkiewicz.

För att säkerställa att provkropparna förblev stabila i sin form, skruvades de stålvägar som ingick i formen på plats och ett spår mellan plastdelarna, som håller provkropparna, fylldes med snabbhärdande gips. Den fullständiga installationen av prover som är klara för provning visas i figur 27.



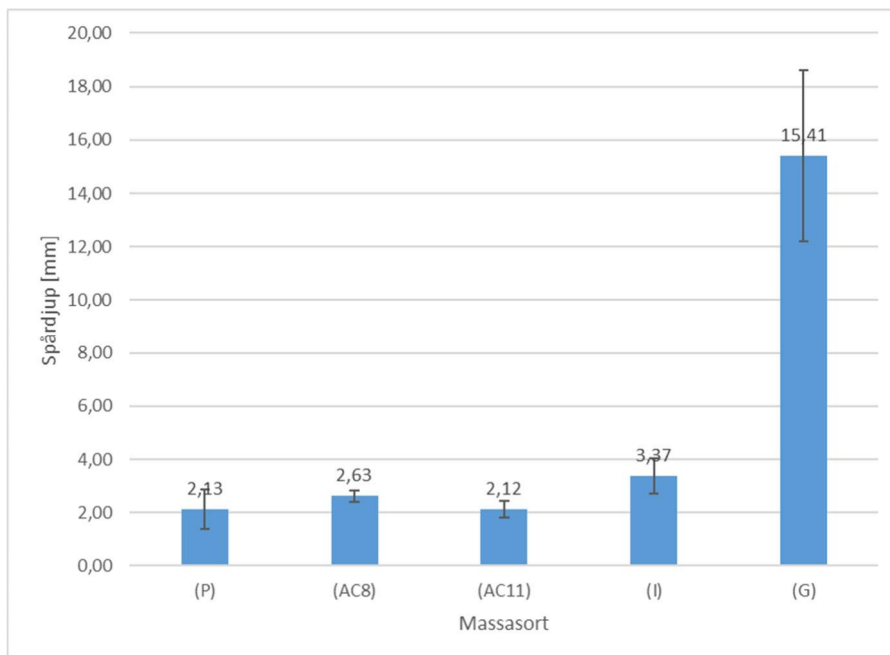
Figur 27. Prover installerade i Wheel trackingutrustningen och klara för att genomföra testet. Bild: Patryk Witkiewicz.

Provningarna genomfördes vid Skanskas laboratorium i Upplands Väsby, och de följande resultaten erhöles, se tabell 15.

Tabell 15. Analysvärden från wheel trackingtest enligt EN 12697-22.

	Spårdjup [mm]	Medelvärde [mm]	Spårdjup skillnad vänster o höger	Standardavvikelse	WTS AIR [mm/1000 Cy]	PRD AIR [%]
Potmix Reaktiv (P)	1,61	2,13	1,03	0,73	0,04	3,22
	2,64				0,07	5,28
Viacore AC8 (AC8)	2,48	2,63	0,30	0,21	0,09	4,96
	2,78				0,11	5,56
Viacore AC11 (AC11)	1,91	2,12	0,42	0,30	0,05	3,83
	2,33				0,09	4,67
Reaktiv Asfaltlagning (I)	2,90	3,37	0,95	0,67	0,08	5,80
	3,85				0,12	7,69
Varmlagning (G)	17,67	15,41	4,53	3,21	0,10	35,35
	13,14				0,05	26,28

Tre kallmassasorter (P, AC8 och AC11) visade goda resultat med spår djup mellan 2,12 och 2,63 mm, vilket är i linje med spårbildningen för ABT-massor. Något högre nivåer registrerades för Reaktiv Asfaltlagning (I), men inte i stor utsträckning (3,37 mm). Varmlagning visade sig prestera sämst och själva testet var nära att bli avbruten (om den hade nått 20 mm spår). Spår djupt på 15,41 mm indikerar att denna produkt, som innehåller oxiderat bitumen och saknar ett korrekt recept för kornstorleksfördelning, inte klarar av belastning vid temperatur på 50 °C. Det är inte ovanligt att asfalttemperaturen på ytan under sommaren når 50 °C. Om vägen har mycket och tung trafik är det mycket enkelt att beläggningen av varmlagning deformeras. En visuell bild av resultaten och standardavvikelsen visas i figur 28. Rapporter finns i bilaga 7.



Figur 28. Resultat från Wheel tracktestning.

Bilderna nedan visar prover på varmlagning efter genomfört test, figur 29.



Figur 29. Varmlagningsprover efter Wheel tracktestning. Bilder: Patryk Witkiewicz.

5.1.9 Stensläpp

Provningsstandarden SS-EN 12697-17:2017, Stensläpp från provkroppar av dränasfalt, beskriver en testmetod för att fastställa partikelförlust från porösa asfaltblandningar. Stensläpp bedöms genom att mäta massaförlusten av asfaltprover efter rotation i Los Angeles-maskinen. Denna test används för att bedöma slitstyrkan hos asfalt. Testet görs på laboratoriekompakterade cylindriska asfaltprover, där den största stenstorleken inte överstiger 22,4 mm. Det återspeglar inte den nötande effekten från dubbdäck. Testet utfördes vid en temperatur av 22 °C i LA-trumman, utan användning av stålkulor, och med 300 cykler, 32 cykler per minut. Figur 30 visar LA-trumman med provkroppen innan analys.



Figur 30. Prov och LA-trumman innan testning för stensläpp. Bilder: Patryk Witkiewicz.

För att räkna ut partikelförlusten, PL, i procent måste vikten noteras före och efter att testet har genomförts. Uträkningen görs efter den formel som visas nedan tabellen. Resultaten för alla reaktiva kallmassasorter och varmlagning visas i tabell 16, 5 prover per provtyp.

Tabell 16. Analysvärden från stensläpptest enligt SS-EN 12697-17:2017.

	W1 (g)	W2 (g)	PL (%)	PL (avg) (%)
AC8 19	1164,8	1102,5	5,3	5
AC8 20	1163,6	1100,1	5,5	
AC8 21	1161,6	1099,1	5,4	
AC8 22	1162,5	1100,8	5,3	
AC8 23	1160,1	1093,5	5,7	
AC11 19	1209,4	1062,4	12,2	9
AC11 20	1202,0	1126,8	6,3	
AC11 21	1201,0	1098,6	8,5	
AC11 22	1198,0	1086,0	9,3	
AC11 23	1208,3	1106	8,5	
P 19	1150,4	323,3	71,9	73
P 20	1145,5	284,5	75,2	
P 21	1140,3	305,4	73,2	
P 22	1145,7	308,5	73,1	
P 23	1143,9	320,2	72,0	
I 19	1142,8	568,1	50,3	46
I 20	1143,8	690,6	39,6	
I 21	1140,2	612,5	46,3	
I 22	1140,9	604,5	47,0	
I 23	1146,1	590,4	48,5	
G 19	1067,4	1067,4	0,0	0
G 20	1072,5	1072,4	0,0	
G 21	1078,2	1077,9	0,0	
G 22	1073,1	1073,1	0,0	
G 23	1065,2	1064,8	0,0	

$$PL = 100 \times \frac{(W_1 - W_2)}{W_1}$$

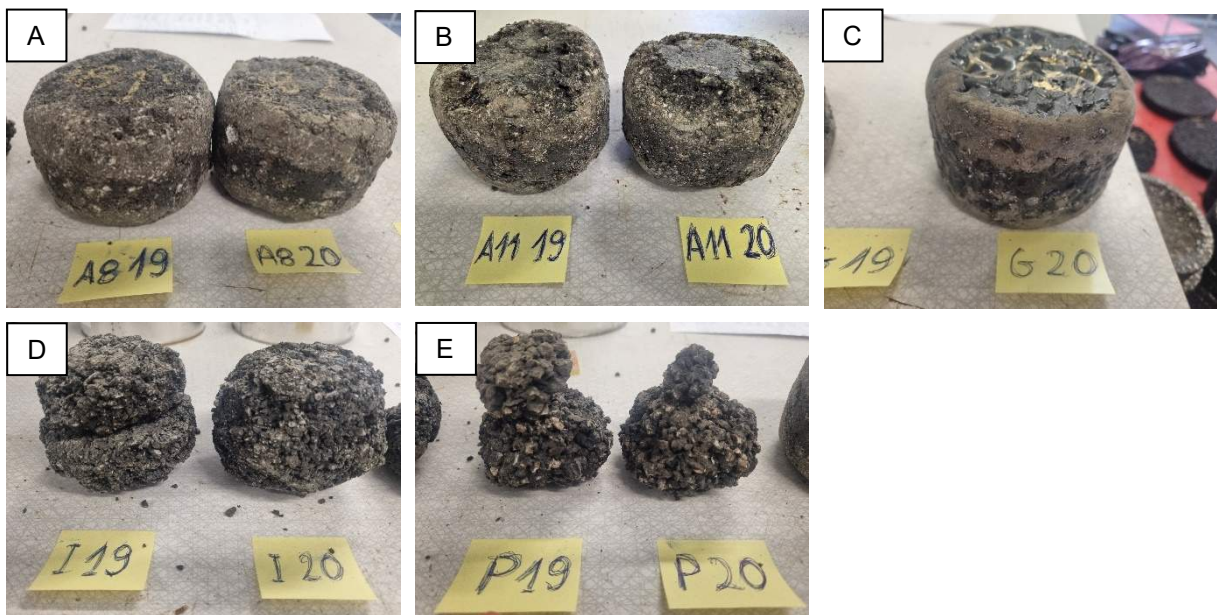
där

W1 är den initiala provmassan, i gram (g)

W2 är den slutliga provmassan, i gram (g)

PL är värdet för partikelförlust, i procent (%)

Som förväntat hade varmlagning inte förlorat något i vikt. Varmlagningsprover med mycket mjuk bitumen studsade från trumman utan att orsaka skador på stenkonstruktionen. De hade avrundade kanter men behöll sin ursprungliga form. Både Viacore AC8 (AC8) och Viacore AC11 (AC11) hade förlorat lite av sin vikt, 5% respektive 9%, vilket indikerar ett gott motstånd mot stensläpp. Reaktiv Asfaltslagning (I) hade förlorat nästan hälften av sin ursprungliga vikt, 46%, medan Potmix reaktiv (P) hade tappat så mycket som 74%. Det är värt att notera att "AC8", "AC11" och varmlagning bevarade sin helhet under hela provningen, medan "I" och "P" delades i två delar där det fanns en skarv mellan två stampningsomgångar. Figur 31 visar prover efter genomfört test.



Figur 31. Prover efter testning för stensläpp. A) Viacore AC8, B) Viacore AC11, C) Varmlagning, D) Reaktiv Asfaltslagning, E) Potmix Reaktiv. Bilder: Patryk Witkiewicz.

5.2 ETAPP II – Fältförsök

Etapp II handlade om utvärdering av lagningar, efter 14 månader på en högtrafikerad väg. Ett objekt med hög ÅDT, valdes, för att undersöka inverkan av trafiken på lagningar. Vägen som valdes ut var E20 som sträckte sig längst Hova och är en mycket trafikerad väg med ÅDT K1 ca 4 000 och ÅDT_{tung} K1 ca 25%. Alla borrhåll var placerade i hjulspår och elektrisk stamp hade använts för packning av de kalla lagningsmassorna. Förutsättningarna för fältförsöken redovisas i tabell 17.

Tabell 17. Specifikation för vägen E20 Hova, PMSV4, <https://pmsv4.trafikverket.se/>, Trafikverket.

Specifikation	E20 Hova
Lagningsdiameter	Ø100
ÅDT	4 000
ÅDT tung	1 000
Mätning efter	14 månader
Stampningsmetod	elektrisk stamp
Mellanhjulspår/hjulspår	hjulspår

I enlighet med tillverkarnas råd bör borrhål återställas med kallmassa i flera steg med ungefär 30 mm i lager på en gång, för att säkerställa en effektiv packning i hela lagningen. Samtliga borrhål hade en djup på cirka 60-70 mm. Därför delades borrhålen upp i två eller tre lagningslager som stampades i två eller tre omgångar för att uppnå en tillfredsställande packning. Alla lagningar var placerade i hjulspår.

Syftet med detta försök var att utföra en visuell granskning av lagningar efter 14 månader av användning i trafik. Varje punkt registrerades med bilder, se figur 32 och granskades visuellt av två personer för att säkerställa en objektiv, opartisk bedömning. Utvärderingen utfördes genom en visuell bedömning av det allmänna tillståndet av lagningen, om det fanns några sprickor på kanterna, om friktionen på lagningsytan försämrades samt om bitumen från ytan hade slitits bort. Utifrån dessa parametrar utfördes en samlad utvärdering av lagningen och betygssättning.



Figur 32. Dokumentering av lagningarnas skick efter 14 månader av användning. Bilder: Patryk Witkiewicz.

Längs E20 vid Hova fanns det tre områden där borrhål hade lagats med olika typer av kallmassor och varmlagning, se figur 33. Varje sträcka hade fem eller sex olika lagningar som blev granskade.



Figur 33. Tre olika sträckor undersökt efter 14 månader. A) Sträcka 1, B) Sträcka 2, C) Sträcka 3. Bilder: Patryk Witkiewicz.

Varje punkt hade två mätningar: en mätning av nedsjunkning samt en bedömning av skick, 1 är sämsta skick och 10 är bästa skick. Resultat för samtliga punkter har sammanställts i tabell 18 och bilder av varje punkt finns i bilaga 8-10.

Tabell 18. Mätning av nedsjunkning i mm och bedömning av lagnings skick efter 14 månader. Mättningsplats – E20 Hova.

Sträcka	Punkt	KALLMASSASORT	Efter 14 månader	
			Djupet [mm]	Skick* [1-10]
1	1	Viacore AC8	6	10
	1	Viacore AC8	6	9,5
	2	Viacore AC11	5	10
	3	Reaktiv Asfaltlagning	9	7,5
	4	REphalt 0/8	7	10
	4	REphalt 0/8	7	9
2	1	Viacore AC8	5	9
	2	Viacore AC11	3	10
	3	Reaktiv Asfaltlagning	7	7
	4	REphalt 0/8	5	9,5
	4	REphalt 0/8	4	9,5
3	1	Viacore AC8	5	9,5
	2	Viacore AC11	3	10
	3	Reaktiv Asfaltlagning	6	8,5
	4	REphalt 0/8	4	10
	G	Varmlagning	7-15	4

* Skick: 10 – bäst skick, 1 – sämst skick

Fältförsöket på E20 Hova visade att alla typer av reaktiva kallmassor uppvisade mycket goda resultat efter 14 månaders användning. "AC8" och "AC11" uppvisade den högsta kvaliteten och den minsta registrerade nedsjunkningen. Kallmassa "I" (Reaktiv Asfaltlagning) erhöll något lägre betyg och en ökad nedsjunkning. Varmlagningen visade sig vara ganska bräcklig, och ett hål i lagningen uppstod. Orsaken till detta kan vara en väderförhållanden när asfalt lades på vägen. Kallt väder och kraftigt regn ledde till att BSC-chipstenen var kall och blöt innan den varma oxiderade bitumen hällades i hålet. Det blev också utmanande att bedöma värmen på bitumen i grytan och om den var tillräckligt flytande

för att nå hela djupet av borrhålet (ungefär 70 mm djupt). Kombinationen av dessa faktorer kan påverka utförande och därmed resultaten efter 14 månaders användning. Detta visar hur utmanande det är att genomföra varmlagningslagning på rätt sätt. Vädret, felaktig bedömning av temperaturen i oxiderat bitumen, bristande erfarenhet eller tidspress kan lätt påverka kvaliteten på varmlagningen. Användning av kallmassa löser alla de angivna problemen och erbjuder ett snabbt och enkelt alternativ till varmlagningslagning med väldigt goda resultat.

6. Slutsatser

Följande slutsatser kan dras från laboratoriestudien:

- På marknaden finns flertal tillverkaren av reaktiv kallmassa men produkterna skiljer sig i struktur (kornkurva), halt av bitumen, stenmaterialkvalité, max stenstorlek och följer inte helt svenskt regelverk etablerad av Trafikverket gällande asfaltmassa (varmasfaltmassa). Några av produkterna ligger nära gränslinjer för ABT massa presenterad i TDOK 2013:0529, Version 4.0 men ingen reaktiv kallmassa ligger helt inom gränserna.
- Den genomförda förstudien om stampningslängden (från 5 sek till 30 sek) visade att 10 sekunder var den optimala stampningstiden.
- Provtillverkning (reaktiv kallmassa) genom stampning med elektrisk stamp fungerade bra men erhållna hålrumsalter i tillverkade prover blev högre än kravet från TDOK.
- Provtillverkning av prover med varmlagning var väldigt utmanade. Det krävdes mycket skicklighet för att uppnå rätt temperatur för bitumen utan att fatta eld.
- Vid provningen av prall- och stensläpp, där höga halter av bitumen gynnas, var varmlagning den bästa lagningsmetoden. Bituminet bildade ett tjockt mjukt lager på provkroppens yta och fungerade som en studsatta och studsade utan att nå själva stenmaterialet. Vid analysen av stensläpp visade det att bituminet formade sig runt provkroppen, vilket innebar att stenmaterialet inte påverkades.
- Prall- och stensläppundersökningarna visade att de två reaktiva kallmassorna lämpar sig för lagningar i hjulspår på vägar med $\text{ÅDT}_{\text{kjust}} < 1500$ fordon. Vid lagning utanför hjulspår fungerar det i alla trafikklasser då de ej belastas av dubbdäck.
- I provningen av pulserande kryptest fick alla kallmassasorter lägre permanenta deformationen än varmlagning.
- I testerna med wheel tracking uppvisade 3 kallmassasorter ("P", "AC8" och "AC11") tillfredsställande resultat med spår djup mellan 2,12 och 2,63 mm, vilket överensstämmer med spårbildningen för ABT-massor. Varmlagning visade sig ge störst spår djup (15,41 mm) och inte kan hålla för belastning vid en temperatur på 50°C (vanligt vägyte temperatur på sommaren). Om vägen har mycket och tung trafik deformeras varmlagningar lätt.

Följande slutsatser kan dras från fältförsök genomförd på E20 Hova:

Denna studie visade på överlägsna egenskaper hos lagningar med reaktiva kallmassor i jämförelse med varmlagning. Det allmänna tillståndet av lagningar i spåren med Viacore AC8, Viacore AC11 och REphalt 0/8 efter 14 månaders vägbruk bedömdes som mycket bra. Reaktiv Asfaltlagning (I) presterade något sämre men hade fortfarande ett gott skick. Varmlagning presterade sämst av alla lagningar. Anledningen till detta är som tidigare angetts väderförhållandena under lagningen och värmen av den oxiderade bitumen. Detta experiment demonstrerar också hur utmanande det är att arbeta med varmlagning samt hur många faktorer som kan påverka reparationen av borrhål i fält.

7. Förslag till fortsatt arbete

Ett förslag till fortsatt arbete är att:

- fortsätta utveckla proportioneringen av kalla reaktiva lagningsmassor mot funktionella egenskaper, till exempel större stenstorlek och hårdare stenkvalitet för bättre nötningsegenskaper. Anpassa kornstorleksfördelning och bitumenshalt till kraven i TDOK. Välja bättre stenmaterial och förbättra packningsgrad.
- Byta elektrisk stamp mot ännu kraftigare bilhammare som kan hjälpa erhålla bättre packningsgrad. Undersöka om mer tryck och vibrationer trycker inte bort vatten från kallmassablandningen.
- Ställa mer krav på tillverkaren för att typtesta deras produkter och redovisa resultat i form av CE-märkta certifikatet.
- Reaktiv kallmassa är en speciell asfalttyp som behöver inblandning av vatten för att härda, därför är det svårt att genomföra standardanalyser såsom kompaktdensitet, skrymdensitet som till exempel kräver vägning av helt torra prover eller hantering i vatten, kompaktdensitet i pyknometer. Det skulle behövas en specifik metod eller beskrivning hur testerna skulle utföras på reaktiva kallmassor.

8. Litteraturförteckning

Witkiewicz, P. (2019). *Användning av kallmassa vid lagning av borrhål*. SBUF 13206.

TDOK 2013:0529 Version 4.0, Bitumenbundna lager. Trafikverket.

SS-EN 12697-6:2020, Bestämning av skrymdensitet hos asfaltprovkroppar. SIS.

SS-EN 12697-5:2019, Bestämning av kompaktdensitet. SIS.

SS-EN 12697-8:2019, Bestämning av hålrumshalt hos asfaltprovkroppar. SIS.

SS-EN 12697-23:2017, Bestämning av bituminösa provkroppars draghållfasthet. SIS.

Asfaltsboken, <https://asfaltsboken.se>

TDOK 2017:0650 Version 2.0, Bestämning av vattenkänslighet genom resdragprovning. Trafikverket.

SS-EN 12697-30:2019, Framställning av provkroppar genom slagpackning. SIS

SS-EN 12697-1:2020, Löslig bindemedelshalt. SIS

SS-EN 12697-2+A1:2024, Bestämning av kornstorleksfördelning. SIS

Transportstyrelsen-Vinterdäck

<https://web.archive.org/web/20131105120827/https://www.transportstyrelsen.se/Vag/Fordon/fordonsregler/Dack/Vinterdack/>

SS-EN 12697-16:2024, Bestämning av nötningsmotstånd, Metod A. SIS.

SS-EN 12697-25:2016, Pulserande kryptest. SIS.

TDOK 2014:0565 Version 4.0, Trafikverkets regler för reglering av beläggningsarbeten. Trafikverket

SS-EN 12697- 26:2018+A1:2022, Styvhet. SIS.

TDOK 2011:267 Version TRVR Väg

SS-EN 12697-22:2020, Bestämning av deformationskänslighet hos asfaltbeläggning under rullande hjul. SIS.

SS-EN 12697-17:2017, Stensläpp från provkroppar av dränasfalt. SIS.

Trafikverket, PMSV4, <https://pmsv4.trafikverket.se/>

Bilagor

Bilaga 1. Säkerhetsdatabladet för kallmassaprodukter

Bilaga 2. Rapporten – Bindemedelshalt och kornstorleksfördelning

Bilaga 3. Rapporten – Prallanalys

Bilaga 4. Rapporten – Vattenkänslighet, ITSr

Bilaga 5. Rapporten – Pulserande kryptest

Bilaga 6. Rapporten – Styvhetsmodul

Bilaga 7. Rapporten – Wheel tracking

Bilaga 8. Bilder från E20 Hova (lagningar efter 14 månader) – STRÄCKA 1

Bilaga 9. Bilder från E20 Hova (lagningar efter 14 månader) – STRÄCKA 2

Bilaga 10. Bilder från E20 Hova (lagningar efter 14 månader) – STRÄCKA 3