



LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger

Laboratorieundersøkelser

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 684



Tittel

LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger

Undertittel

Laboratorieundersøkelser

Forfatter

Torbjørn Jørgensen og Wenche Hovin

Avdeling

Vegavdelingen. Ressursavdelingen

Seksjon

Drift, vedlikehold og vegteknologi.
Laboratorium og vegteknologi

Prosjektnummer

67440

Rapportnummer

Nr. 684

Prosjektleder

Torbjørn Jørgensen

Godkjent av

Brynhild Snilsberg

Emneord

Lavtemperaturasfalt, bitumen,
forsøksstrekninger, laboratorietesting

Sammendrag

Rapporten gir en oversikt over laboratorieprøvinger på prøver tatt 2011 og 2017, av asfalt og bindemidler fra forsøksdekkene. Endringer i bindemiddelegenskaper etter 6 års brukstid dokumenteres. Det var ikke klart skille mellom referanse og LTA med skummet bitumen eller "smørende" tilsetning. Vokstilsetning bidro til økt bindemiddelstivhet og høy spenningsfølsomhet. Tilsetning av asfaltgranulat bidro til at gjenvunnet bitumen ble hardere. Bitumen i referanse- og LTA-asfalt aldret noenlunde likt.

Title

LTA 2011: Warm Mix Asphalt, Field trials

Subtitle

Laboratory testing

Author

Torbjørn Jørgensen and Wenche Hovin

Department

Roads Department. Planning and Engineering
Service Department

Section

Operation, Maintenance and Road
Technology. Materials

Project number

67440

Report number

No. 684

Project manager

Torbjørn Jørgensen

Approved by

Brynhild Snilsberg

Key words

Warm Mix Asphalt, Bitumen, Field trials,
Laboratory testing

Summary

Laboratory test results on asphalt and bitumen samples taken 2011 and 2017, are re-reported. Drilled core samples from six years old trial pavements of WMA and reference asphalt were analysed. Test results showed no significant difference between WMA with foamed bitumen or chemical additive, compared to the reference asphalt. Wax additive however, increased the stiffness and stress sensitivity of the binder. Adding asphalt granulate in WMA may increase stiffness of the recovered binder.

Forord

Høsten 2010 ble prosjektet «LTA 2011» opprettet av Asfalt og Veiservices (FAV) tekniske utvalg, for å prøve ut ulike teknikker for å produsere asfalt ved lavere temperatur. Lavtemperaturprodusert asfalt benevnes også lavtemperaturasfalt (LTA).

Målsetningen med prosjektet var tredelt:

- 1) Redusere utslipp av bitumenrøyk for å bedre arbeidsmiljøet.
- 2) Unngå at asfaltmassen ble tyngre å arbeide med for å unngå økte belastningsskader.
- 3) Oppnå samme egenskaper og levetid på asfaltdekkene som for tradisjonell varmprodusert asfalt.

Fem bedrifter, Veidekke Industri, NCC Roads, Lemminkäinen Norge, Nordasfalt og Oslo Vei deltok med til sammen 11 forsøksstrekninger med 6 ulike lavtemperatur-teknikker. Statens vegvesen, Vegdirektoratet deltok i prosjektgruppen med å planlegge feltforsøkene og finne egnede forsøksstrekninger. FAV ble seinere overført til EBA (Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg).

I etatsprogrammet Varige Veger 2011-2014 fulgte Statens vegvesen opp forsøksdekkene med lavtemperaturprodusert asfalt (LTA) ved å dokumentere tilstandsutviklingen.

I 2017 ble det tatt borkjerneprøver fra ni gjenværende forsøksstrekninger for å undersøke hvordan asfalten var aldret. Prøvetakingen ble gjennomført ved egeninnsats fra entreprenørene. Laboratorieundersøkelsene ble finansiert av EBA og Statens vegvesen. Analysering og datarapportering ble utført på vegvesenets laboratorium i Trondheim av Kjersti Solstad, Berit V. Kramer og Wenche Hovin.

Rapporten gir en samlet oversikt over laboratorieundersøkelser utført 2011/2012 og 2017/2018.

Torbjørn Jørgensen
Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Wenche Hovin
Statens vegvesen
Region midt

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
1 Innledning.....	5
2 LTA 2011 Prøvestrekninger.....	6
2.1 Forsøksdekker i LTA 2011.....	6
2.2 Beskrivelse av forsøksstrekninger.....	7
2.3 Klimadata.....	7
3 Laboratorieprøvinger 2011-2012.....	9
3.1 Hulrom i prøver fra felt.....	9
3.2 Wheel-track resultater.....	10
3.3 Vedheftsprøving.....	11
3.4 Bindemiddelanalyser.....	12
3.5 Oppsummering.....	15
4 Laboratorieprøvinger 2017-2018.....	15
4.1 Prøvingsplan 2017.....	15
4.2 Uttak av borprøver fra forsøksstrekningene.....	15
4.3 Undersøkelse av asfaltprøver.....	20
4.4 Undersøkelse av gjenvunnet bitumen, tradisjonelle metoder.....	23
4.5 Undersøkelser av gjenvunnet bitumen med dynamisk skjærreometer (DSR).....	28
5 Oppsummering og konklusjoner.....	31
5.1 Om representative forsøksdekker.....	31
5.2 Borkjerneprøver.....	31
5.3 Bindemiddelanalyser.....	32
5.4 Konklusjoner.....	34
6 Bibliografi.....	35
Vedlegg 1.....	36

Sammendrag

I 2011 ble det utført 11 forsøksstrekninger med seks forskjellige teknikker for å produsere asfaltgrusbetong og asfaltbetong ved ca. 30 °C lavere temperatur enn referansemassen I etatsprogrammet Varige Veger fulgte Statens vegvesen opp tilstandsutvikling til og med 2016 på forsøksdekkene. Veiteknisk institutt konkluderte i sin sluttrapport på LTA 2011-prosjektet i 2018, at utlagt LTA gir omtrent samme kvalitet og levetid som ordinær varmblandet asfalt.

Denne rapporten gir en oversikt over laboratorieprøvinger fra 2011-2012 og 2017-2018 på asfalt og bindemidler fra forsøksdekkene. Målet er å dokumentere asfaltens materialeegenskaper og bindemiddelegenskaper etter 6 års brukstid.

Bindemiddelanalysene viser ikke klart skille mellom referanse og LTA med skumming eller «smørende» tilsetning. De benyttede voks-produktene bidro til økt bindemiddelstivhet og høy spenningsfølsomhet til bitumen. Ved tilsetning av asfaltgranulat, bidro granulatbitumenet til et noe hardere gjenvunnet bitumen.

Undersøkelsen viser at bitumen i referanse- og LTA-produsert asfalt aldres noenlunde likt.

Etter seks år i vegen vurderes oppherdingen av bitumen i LTA-dekkene å være normal, og på samme nivå som for ordinære asfaltdekker (Agb og Ab).

1 Innledning

Prosjektet LTA 2011 hadde som formål å dokumentere at lavtemperaturprodusert asfalt kan legges ut med samme kvalitet som tradisjonell varmblandet asfalt, og at redusert asfalttemperatur vil gi en arbeidsmiljøgevinst.

Prosjektdeltakere i LTA 2011 var:

- FAV – Foreningen Asfalt og Veiservice (NHO)
- STAMI – Statens Arbeidsmiljøinstitutt
- Veidekke Industri
- NCC Roads
- Lemminkäinen Norge
- Nordasfalt
- Oslo Vei
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet
- Veiteknisk Institutt

Fra 2013 overtok *EBA (Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg)*, *Teknisk utvalg vei* som koordinator etter FAV. En ny arbeidsgruppe ble etablert for å fremme innføring av lavtemperaturprodusert asfalt. I denne arbeidsgruppen deltok også Arbeidstilsynet, Nynas Bitumen, Shell Bitumen og PEAB.

I 2011 ble det utført 11 forsøksstrekninger med seks forskjellige teknikker for å produsere asfaltgrusbetong og asfaltbetong ved ca. 30 °C lavere temperatur enn referansemassen (Bragstad, 2012). Tilstandsutviklingen på LTA- og referansedekkene ble fulgt opp av Statens vegvesen. Det ble laget statusrapporter på utviklingen av prøvestrekningene for 2012, 2013, 2014 og 2016. (Jørgensen, 2013), (Jørgensen, 2014), (Jørgensen, 2015), (Jørgensen, 2017).

Spor- og jevnhetsmålinger utført av Statens vegvesen og Veiteknisk institutt ble benyttet i oppfølgingen. Vegvesenet registrerer hvert år dekketilstanden på fylkes- og riksvegene med målebiler utstyrt med laserskanner og kamera. Tilstandsutviklingen ble fulgt opp ved hjelp av vegvesenets databaser og planleggingsverktøy.

EBA og Veiteknisk institutt konkluderte i sin sluttrapport på LTA 2011 at maskinlagt LTA gir omtrent samme kvalitet og levetid som for ordinære varmblandet asfalt (Telle, 2018). Det forventes at LTA skal bli den foretrukne asfalttypen i framtida. I 2019 var ca. 25 % av asfalten produsert i Norge LTA.

Ifølge forsøksplanen fra 2011 skulle det tas ut borkjerneprøver fra forsøksdekkene etter fem år for undersøkelse av bindemiddelaldring.

I 2017 ble denne aktiviteten påbegynt. En forsøksplan for laboratorieprøving av asfaltprøver fra forsøks- og referansestrekningene ble utarbeidet. Hensikten var å dokumentere asfaltens materialeegenskaper og bindemiddelaldring etter 6 års brukstid. Et utvalg av resultatene fra denne undersøkelsen ble tatt med i EBAs sluttrapport fra 2018.

Det foreligger en betydelig mengde laboratorieresultater fra prosjektet, både på bindemiddel og asfaltblanding. Disse kan bidra til en generell forståelse av hvordan norske asfaltdekker

aldres og påvirkes av klima og trafikk, og ikke minst belyse om aldringen og bestandigheten er den samme for ordinær asfalt og LTA.

Denne rapporten gir en oversikt over laboratorieprøvinger utført 2011-2012 og 2017-2018.

2 LTA 2011 Prøvestrekninger

2.1 Forsøksdekker i LTA 2011

Asfaltmasser kan produseres med redusert temperatur ved hjelp av tilsetningsstoffer eller ved å modifisere blandeoppsatt og blandeverk. I LTA 2011-prosjektet ble følgende varianter benyttet:

Cecabase RT (benyttet av Nordasfalt og Lemminkäinen)

- Overflateaktivt stoff som tillater senkning av produksjonstemperaturen med inntil 40 °C
- Skal også fungere som vedheftningsmiddel
- Dosering 0,2–0,5 % av bitumenmengden

Rediset WMX (benyttet av Veidekke Industri)

- Produksjonstemperaturen kan senkes med inntil 40 °C
- Skal også fungere som vedheftningsmiddel
- Skal bidra til økt deformasjonsmotstand
- Dosering 1–2 % av bitumenmengden (2–3 % dersom en ønsker økt bearbeidbarhet ved håndlegging).

Sasobit (benyttet av Oslo Vei)

- Fischer-Tropsch voks. Produksjonstemperaturen kan senkes med inntil 30 °C
- Gir økt stabilitet/stivhet ved brukstemperatur. Tilsettes i dette forsøket til en mykere bitumengrad for å oppnå samme stabilitet som referansebitumenet
- Dosering 3 % av bindemiddelmengden. Blandes med bitumen på tank før tilsetning i asfaltblanderen.

WAM-foam (benyttet av Veidekke Industri)

- Produksjonstemperaturen kan senkes med inntil 45 °C for masser som tradisjonelt produseres ved 170 – 180 °C
- Bindemidlet tilsettes i form av to bindemiddelgrader. Steinmaterialet blandes med den myke graden på vanlig måte før den harde graden skummes i.
- Vedheftningsmiddel tilsettes den myke bindemiddelgraden.

Green Asphalt (benyttet av NCC Roads)

- Produksjonstemperaturen kan senkes med inntil 40 °C
- Skumbitumen tilsettes steinmateriale uten filler og blandes en kort stund før filler tilsettes i slutten på blandingen
- Tilsetter asfaltgranulat for å senke temperaturen
- Vedheftningsmiddel tilsettes i tillegg.

LMK foam (Benyttet av Lemminkäinen)

- Produksjonstemperaturen kan senkes med inntil 40 °C
- Bindemidlet tilsettes ved skumming, forøvrig som ved konvensjonell blanding
- Vedheftningsmiddel tilsettes i tillegg.

2.2 Beskrivelse av forsøksstrekninger

Tabell 1 viser hvilke LTA-forsøksdekker som er utført og hvor de ligger. Dekkene ble lagt i innenfor normal dekkeleggingssesong, i tidsrommet 15.6.2011 – 21.9.2011.

Tabell 1. Oversikt over forsøksstrekninger i LTA 2011.

LTA-strekning	Referansemasse Bitumen	LTA-masse	Fylke/ Kommune Vegnr.	Lengde m	HP/km fra	HP/km til	ÅDT/ Skiltet hastighet
LTA 1-1	Ab11 70/100	Rediset WMX	Akershus / Ski, Skoglia, kv.7040	767	01/0,000	01/0,767	5700 / 50
LTA 1-2	Ab11 70/100	WAM	Akershus / Ski, Skoglia, kv.7040	723	01/0,767	01/1,490	5700/ 50
LTA 1-3	Agb11 160/220	WAM	S-Trøndelag / Hemne, Vinjeøra, Ev.39	900	05/5,500	05/6,400	743 / 80 1200*
LTA 2-1	Agb11 160/220, 8 % Gja	Green Asphalt 8 % Gja	Møre og Romsdal / Ålesund, fv.658	851	04/0,155	04/1,006	1700 / 80 1840*
LTA 2-2	Ab16 70/100, 10 % Gja	Green Asphalt 30 % Gja	V-Agder / Høie, Kristiansand, rv.9	955	04/1,371 R 04/1,371 L	04/2,326 04/2,343	3482 / 70 3600*
LTA 3-1	Ab11 70/100	Cecabase RT	Vestfold / Horten fv.310	935	01/0,965	01/1,900	8984 / 80 8000*
LTA 3-2	Ab11 160/220	Cecabase RT	Vestfold / Horten fv.310	863	01/2,768	01/3,631	9000 / 80 8000*
LTA 3-3	Agb11 160/220	LMK foam	Telemark / Skien, Valebøveien, fv.44	1247	02/8,553	02/9,800	650 / 80 850*
LTA 3-4	Agb11 160/220	LMK foam	Telemark / Skien, Valebøveien, fv.44	1822	02/1,576	02/3,398	650 / 80 1000*
LTA 4-1	Ab16 70/100	Cecabase RT	Nordland / Bodø, Mjønes, rv.80	861	03/12,975L 03/13,025R	03/12,164 03/12,164	3300 / 80 3300*
LTA 5-1	Ab11 70/100 m/forvarmet Gja	160/220 Sasobit, forvarmet Gja	Akershus / Aurskog-Høland, Løken, fv.115	1035	02/0,717 L 02/0,670 R	02/1,752 02/1,711	2300 / 60 2400*

* Årsdøgntrafikk i 2016

Nedgangen i ÅDT for fv. 310 ved Horten skyldes åpning av ny innfartsveg i 2014.

Det er strategi «bar veg» på strekningene: LTA 1-1; 1-2; 2-2; 3-1; 3-2 og 5-1. Fra 2013 gjelder vinterdriftsklasse DkA og DkB. Dette medfører at vegene saltes og er bare hele vinteren.

Det er strategi «vinterveg» på strekningene: LTA 1-3; 2-1; 3-3; og 4-1. Fra 2013 gjelder vinterdriftsklasse DkC og DkD. Vegene saltes da ved behov i overgangsperiodene høst/vinter og vinter/vår. Det tillates at vegene får snødekke om vinteren.

2.3 Klimadata

I tabell 2 vises høyeste og laveste lufttemperatur for 2011–2017 i områdene der forsøksstrekningene ligger. I tillegg vises høyeste og laveste lufttemperatur 1978–2007 fra klimakartene i Håndbok N200 Vegbygging (2014). Klimadataene er fra Meteorologisk institutt. I tabell 3 vises årsnedbør samt normal årlig nedbørmengde 1961–1990.

LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger – Laboratorieundersøkelser.

Ingen av strekningene ligger i områder med ekstrem kulde eller nedbør. For alle prøvestedene var årsnedbøren høyere enn 30-års normalen i flertallet/alle av de sju årene som er fulgt opp. Alle prøvestedene hadde høyere maksimum lufttemperatur enn klimakartverdiene for perioden 1978-2007.

Tabell 2. Høyeste og laveste lufttemperatur for prøvestrekningene

LTA-strekning	Fylke/ Kommune Vegnr.	Høyeste / laveste lufttemperatur, °C							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Normalverdi 1978-2007
LTA 1-1 LTA 1-2	Akershus/ Ski, KV7040	27 / -23	29 / -21	28 / -20	32 / -18	26 / -15	29 / -22	26 / -16	30 / -30
LTA 1-3	S-Trøndelag/ Hemne, EV39	26 / -16	23 / -17	26 / -17	29 / -19	29 / -13	28 / -19	25 / -16	26 / -22
LTA 2-1	Møre og Romsdal/ Ålesund, FV658	23 / -5	23 / -8	26 / -7	29 / -7	30 / -3	29 / -8	26 / -5	26 / -12
LTA 2-2	V-Agder/ Kristiansand, RV9	26 / -15	26 / -17	27 / -19	29 / -12	25 / -11	26 / -21	26 / -12	28 / -22
LTA 3-1 LTA 3-2	Vestfold/ Horten, FV310	29 / -20	30 / -19	27 / -17	33 / -16	26 / -16	29 / -13	27 / -15	28 / -22
LTA 3-3 LTA 3-4	Telemark/ Skien, FV44	27 / -19	30 / -15	27 / -16	31 / -12	25 / -10	28 / -13	26 / -13	30 / -26
LTA 4-1	Nordland/ Bodø, RV80	26 / -10	22 / -13	26 / -11	29 / -10	24 / -10	27 / -15	25 / -12	26 / -20
LTA 5-1	Akershus/ Aurskog-Høland, FV115	27 / -31	29 / -30	28 / -25	33 / -24	27 / -19	28 / -28	27 / -22	30 / -28

Tabell 3. Årsnedbør for prøvestrekningene

LTA-strekning	Fylke/ Kommune Vegnr.	Årsnedbør, mm							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Normalverdi 1961-1990
LTA 1-1 LTA 1-2	Akershus/ Ski, KV7040	973	918	787	995	1035	785	974	785
LTA 1-3	S-Trøndelag/ Hemne, EV39	1514	1352	1307	913	1333	1489	1536	1263
LTA 2-1	Møre og Romsdal/ Ålesund, FV658	1698	1313	1547	1299	1789	1345	1693	1306
LTA 2-2	V-Agder/ Kristiansand, RV9	1359	1524	1319	1990	1619	1141	1643	1294
LTA 3-1 LTA 3-2	Vestfold/ Horten, FV310	1040	1061	908	1035	1157	887	1083	881
LTA 3-3 LTA 3-4	Telemark/ Skien, FV44	970	957	943	1066	1090	637	840	851
LTA 4-1	Nordland/ Bodø, RV80	1269	858	1270	874	1340	1071	1209	1023
LTA 5-1	Akershus/ Aurskog-Høland, FV115	818	816	691	932	810	659	718	644

Høyeste kritiske dekketemperatur 20 mm nede i asfaltdekket ($T_{\max 20}$) ble beregnet etter formelen gitt i Vedlegg 10 i Håndbok N200 (2014), se tabell 4. Gjennomsnittet av maksimum lufttemperatur for de fortløpende 7 varmeste dagene ligger til grunn.

Laveste $T_{\max 20}$ -verdi hadde Bodø på 36 °C i 2012, høyeste verdi hadde Horten på 54 °C i 2014. Sommeren 2014 var den varmeste mhp. dekketemperaturer for alle prøvestrekningene. Laveste dekketemperatur (T_{\min}) ble også beregnet ut fra lufttemperatur etter formelen gitt i Vedlegg 10 i Håndbok N200 (2014).

Tabell 4. Beregnede høyeste og laveste dekketemperaturer for prøvestrekningene i fra 2011 til 2017.

LTA-strekning	Fylke/ Kommune, vegnummer	Maks. temp., °C	Maks. 7-døgn temp, °C	Tmax, 20 mm ned i asfalt, °C	Min. temp, °C	Tmin, i asfalt, °C
LTA 1-1 LTA 1-2	Akershus/Ski, KV7040	31,5	30,3	52,3	-22	-24,1
LTA 1-3	S-Trøndelag/Hemne, EV39	28,9	26,9	47,3	-19	-17,3
LTA 2-1	Møre og Romsdal/ Ålesund, FV658	30,0 *	25,8	46,6	-8	-14,7
LTA 2-2	V-Agder/Kristiansand, RV9	29,4	28,1	50,9	-21	-12,0
LTA 3-1 LTA 3-2	Vestfold/Horten, FV310	33,3	31,5	53,6	-19	-16,3
LTA 3-3 LTA 3-4	Telemark/ Skien, FV44	30,9	30,7	52,9	-16	-5,2
LTA 4-1	Nordland/Bodø, RV80	29,1	26,4	44,6	-15	-14,6
LTA 5-1	Akershus/Aurskog-Høland, FV115	32,8	30,8	52,7	-30	-11,1

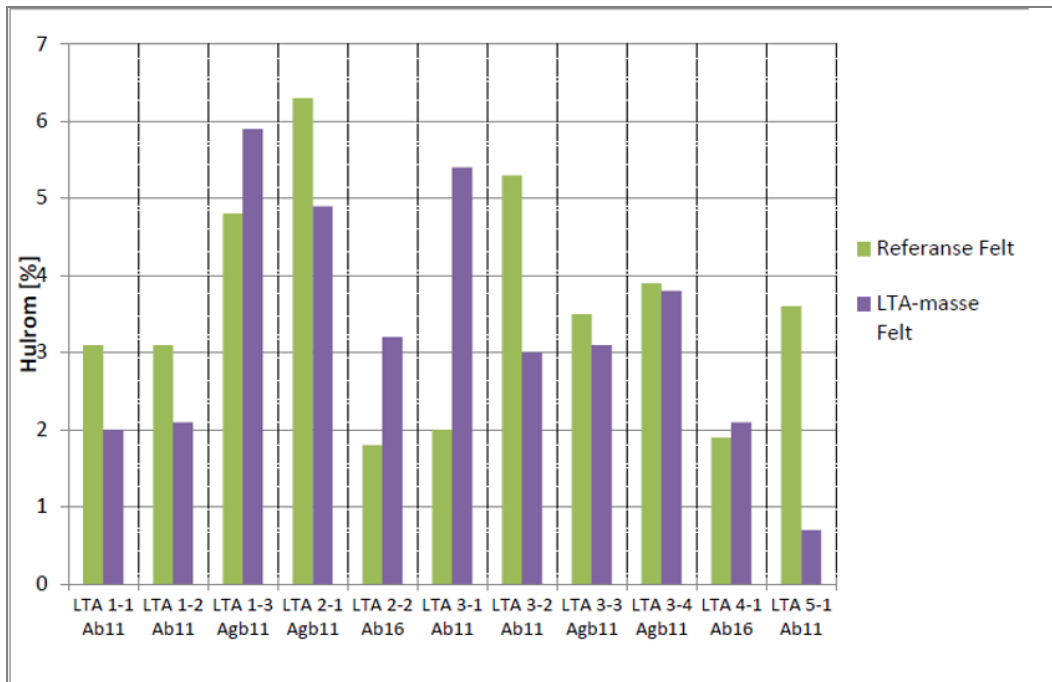
* 2015, øvrige er for 2014

3 Laboratorieprøvinger 2011-2012

3.1 Hulrom i prøver fra felt

Figur 1 viser at gjennomsnittlig hulrom for referansemassene ligger høyere enn for tilsvarende LTA-masse både for laboriestampede prøver og for borkjerneprøver tatt fra veg.

Ved sammenligning av hvert par med henholdsvis LTA- og referansemasse, har også referansemassen flest tilfeller med høyest hulrom. Figur 3 viser enkeltresultater, og tatt i betraktning at LTA 3-3 og 3-4 er samme dekke, ser man hvilken variasjon man må regne med. Det er derfor ingen signifikant forskjell mellom referanse- og LTA-strekning mht. hulrom.



Figur 1 Hulrom i borkjerneprøver fra felt, tatt ved utlegging i 2011.

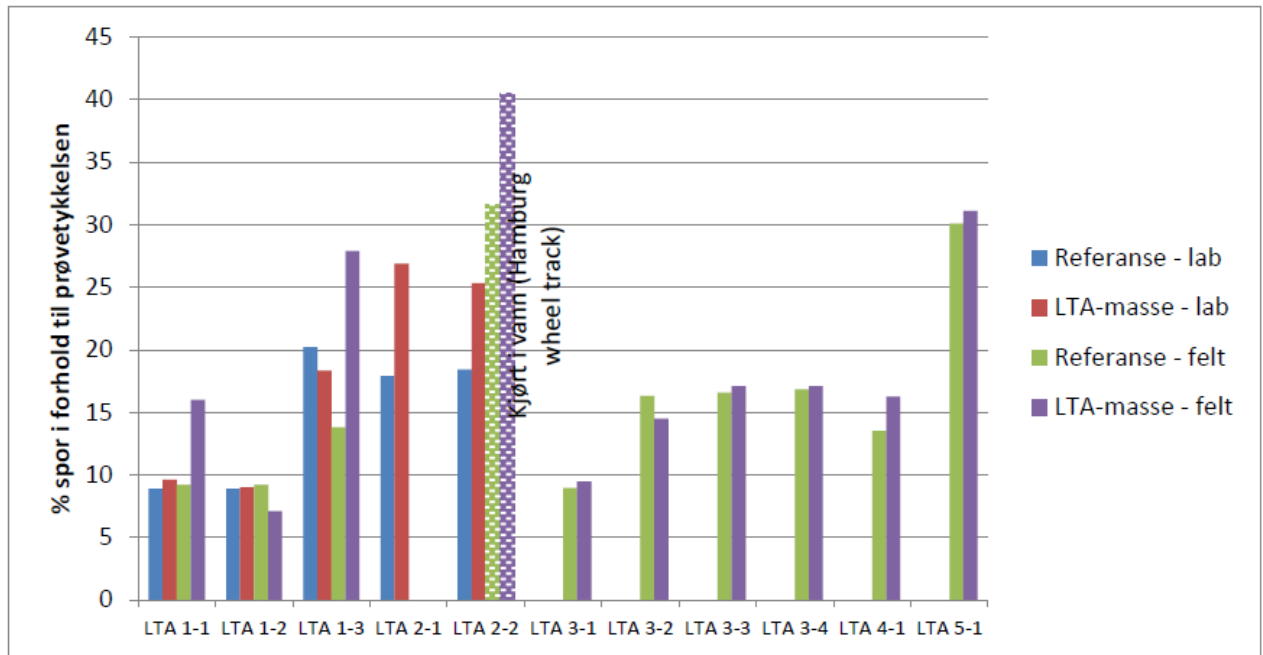
I Håndbok 018, Vegbygging (Statens vegvesen, 2011), er kravet til hulrom for laboriestampede prøver for Ab11, 2,0 til 5,5 %. For ÅDT >5000 er kravet 2,5 til 5,5 %. For Agb 11 er kravet 2,0 til 6,0 %. For borkjerner fra vei er hulromskravet 2 til 5 % for begge massetyper.

3.2 Wheel-track resultater

Figur 2 nedenfor viser resultatene fra wheel-track-kjøring i form av % spor i forhold til prøvetykkelsen etter 10 000 sykler (20 000 passeringer). De røde og blå seriene er resultater for prøver tillaget i laboriet og de grønne og fiolette er for borkjerner med diameter 200 mm tatt ut på veien. Prøve 2-2 fra felt er kjørt vått i Hamburg wheel-track pga. problemer med å bygge prøvene inn i wheel-track for tørr prøving.

Sammenligner man resultatene med foreslåtte krav til prøver fra vei i Håndbok 018 (2014), er det bare LTA-dekket i LTA 1-2 og laborietillaget prøve for referansedekket i LTA 2-1 som ligger innenfor. Fire strekninger har så lav ÅDT at det ikke var gitt krav til deformasjonsmotstand målt med wheel-track. I Håndbok N200 (2018) er det wheel-track krav når ÅDT \geq 5000.

Bortsett fra dekkeprøvene fra LTA1-1, LTA1-3 samt laboratorie- og dekkeprøvene for begge LTA 2-massene, er resultatene for referansene og LTA-massene å regne som like. Faktorer som kan spille inn er økt variasjon i resultater for utborede prøver samt at LTA 2-2 inneholder 30 % gjenbruk mens referansen inneholder 10 %. For LTA 2-1 og 2-2 var det også en del problemer i forbindelse med wheel-track testingen, bl.a. måtte LTA 2-1 for borkjerner fra ferdig dekke avbrytes fordi 20 mm spor ble nådd før 10 000 sykler. Det gjaldt både referanse- og LTA-dekke.

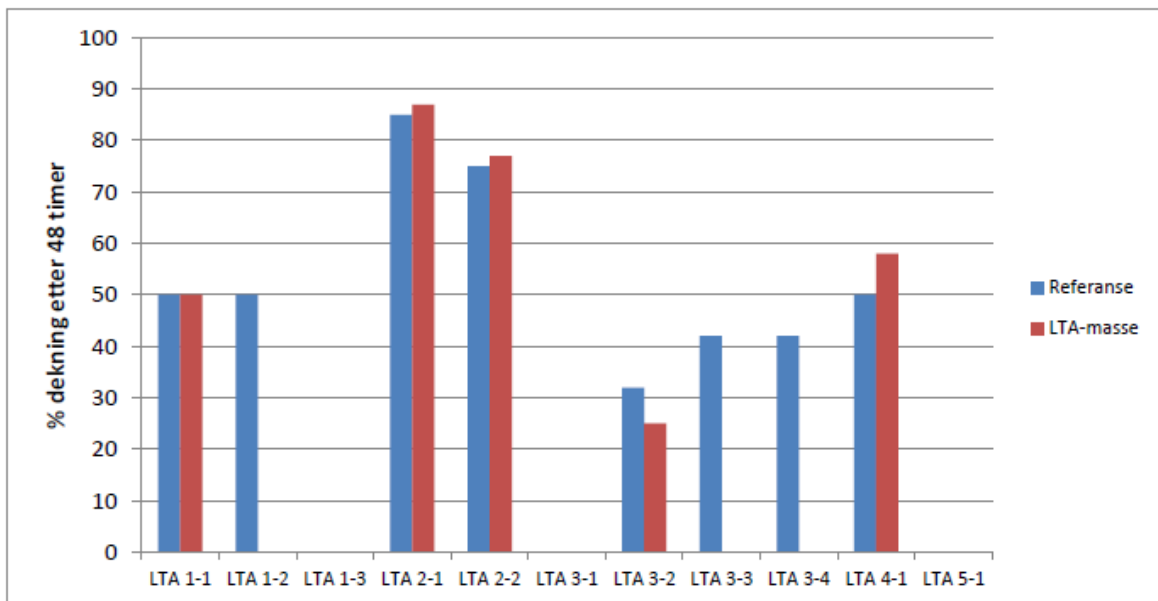


Figur 2. Wheel-track resultater: Laborietetillagede prøver og prøver fra felt

3.3 Vedheftsprøving

Rulleflaskemetoden

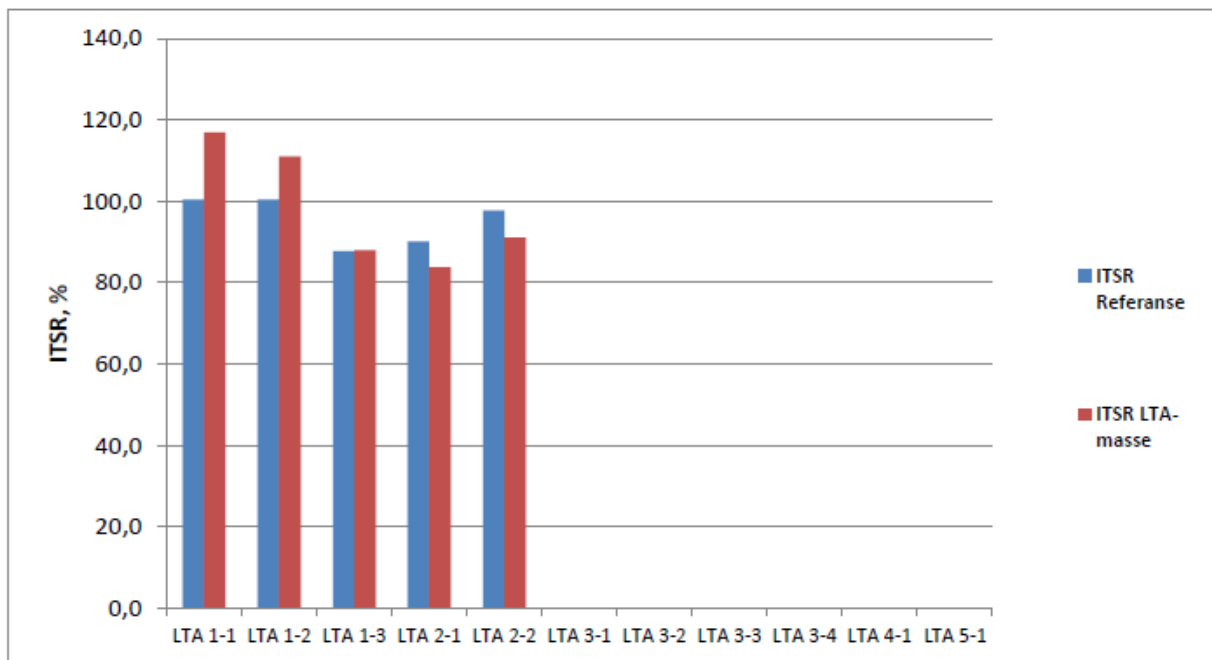
Figur 3 viser resultatene etter testing av vedheft med rulleflaskemetoden. Det er ingen signifikant forskjell mellom referanse og LTA-masse. Prøve LTA 3-2 er helt nede på grensen på 25 % dekning etter 48 timer. Det er benyttet samme resept i referansemassene i henholdsvis LTA 1-1 og 1-2 og LTA 3-3 og 3-4, og det er derfor samme rulleflaskeresultat som er rapportert i figuren for hver av dem



Figur 3. Resultater vedheft med rulleflaskemetoden, dekningsgrad etter 48 timer.

Indirekte strekkstyrke (ITSR)

Det er også testet vannfølsomhet på laboratorietillagede prøver ved å se på forholdet i indirekte strekkstyrke (ITSR) på prøver kondisjonert hhv vått og tørt. Figur 4 viser resultatene. Ingen av massene viste signifikant forskjell i ITSR mellom referanse og LTA. Kravet til ITSR-verdi på laboratorietillagede prøver i Håndbok 018 (2011) er minimum 70 %. Alle de undersøkte prøver tilfredsstiller dette kravet.



Figur 4. Vannfølsomhet med indirekte strekkstyrke, ITSR.

3.4 Bindemiddelanalyser

Det ble tatt ut bindemiddelprøver ved asfaltfabrikk som ble sendt til Nynas for analyse. Resultatene er vist i tabell 5. Før oversendelsen tilsatte entreprenøren amin og/eller LTA-tilsetning til bindemiddelprøven, siden tilsetningen under produksjon skjer i et lukket system. Bitumen fra skumteknikker med mer enn én bitumengrad baseres på ekstrahert/gjenvunnet prøve.

Masseprøve tatt fra utlegger eller ferdig dekke ble sendt til Statens vegvesens laboratorium i Trondheim for gjenvinning av bitumen og bestemmelse av penetrasjon, mykningspunkt og Fraass bruddpunkt. Resultatene er vist i tabell 5.

Tabell 5. Analyse av originalt og gjenvunnet bindemiddel fra forsøkene.

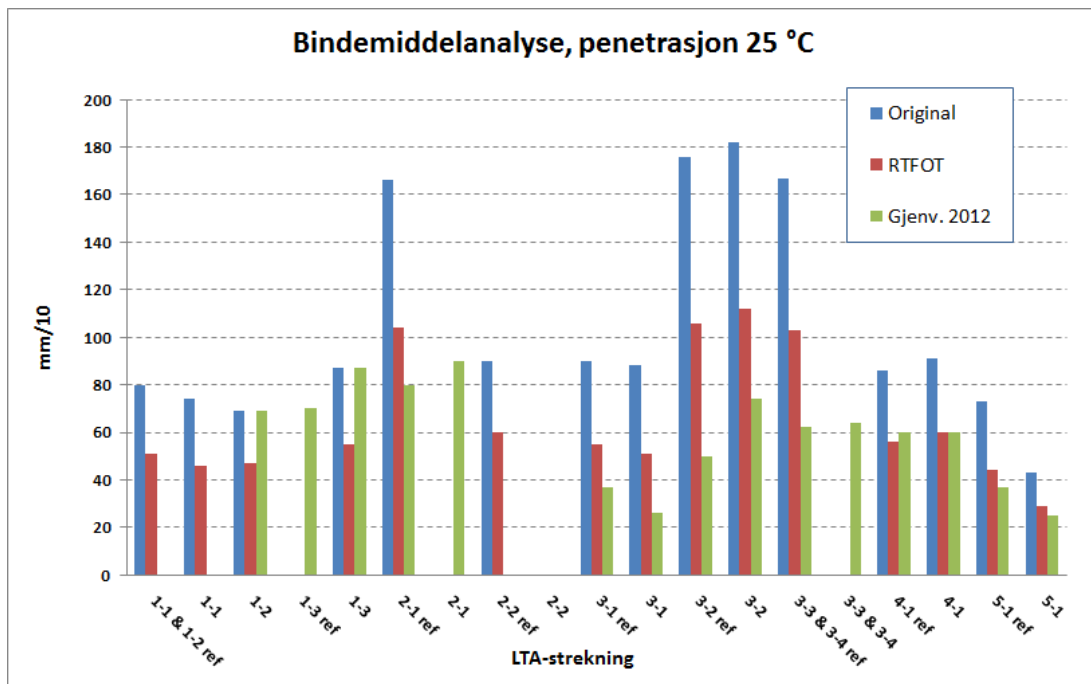
	Penetrasjon 25 °C, mm/10			Mykningspunkt, °C			Fraass bruddpunkt, °C	
	Original	RTFOT	Gjen- vunnet	Original	RTFOT	Gjen- vunnet	Original	RTFOT
LTA 1-1 ref. og 1-2 ref.: Ab11-70/100	80	51		46,8	51,2		-13	-13
LTA 1-1: Ab11-70/100 + Rediset WMX	74 ¹⁾	46 ¹⁾		49,2 ¹⁾	52,4 ¹⁾		-16 ¹⁾	-15 ¹⁾
LTA 1-2: Ab11 WAM	69	47	69 ³⁾	49,2	54	49,2 ³⁾	-17	-15
LTA 1-3 ref.: Agb11- 160/220			70 ²⁾			46,6		
LTA 1-3: Agb11 WAM	87	55	87 ³⁾	45,4	49,2	45,4 ³⁾	-15	-16
LTA 2-1 ref.: Agb11- 160/220 8 % gjenbruk	166	104	80	39	44	45,6	-22	-23
LTA 2-1: Agb11-160/220 Green Asphalt 8 % gjenbruk			90			44,4		
LTA 2-2 ref.: Ab16-70/100 10 % gjenbruk	90	60		45,8	49,4		-17	-16
LTA 2-2: Green Asphalt 30 % gjenbruk								
LTA 3-1 ref.: Ab11-70/100	90	55	37	45	50,2	54,6	-19	-17
LTA 3-1: Ab11-70/100 + Cecabase	88	51	26	45	51	60,8	-19	-15
LTA 3-2 ref.: Ab11-160/220	176	106	50	38,4	44,8	50,2	-23	-23
LTA 3-2: Ab11-160/220 + Cecabase	182	112	74	38,2	43,2	45,8	-26	-23
LTA 3-3 ref. og 3-4 ref.: Agb11-160/220	167	103	62	38,6	43,6	48,4	-21	-20
LTA 3-3 og 3-4: Agb11- 160/220 LMK foam			64			47,8		
LTA 4-1 ref.: Agb11-70/100	86	56	60	45,2	50,4	49,2	-19	-18
LTA 4-1: Ab16-70/100 + Cecabase	91	60	60	44,6	49,8	48,8	-19	-17
LTA 5-1 ref.: Ab11 70/100	73	44	37	44,6	49,8	53	-19	-18
LTA 5-1: Ab11-160/220 + Sasobit	43	29	25	82	84	75,6	-12	-12

¹⁾ Middel av tre prøver ²⁾ Middel av to prøver ³⁾ original = gjenvunnet

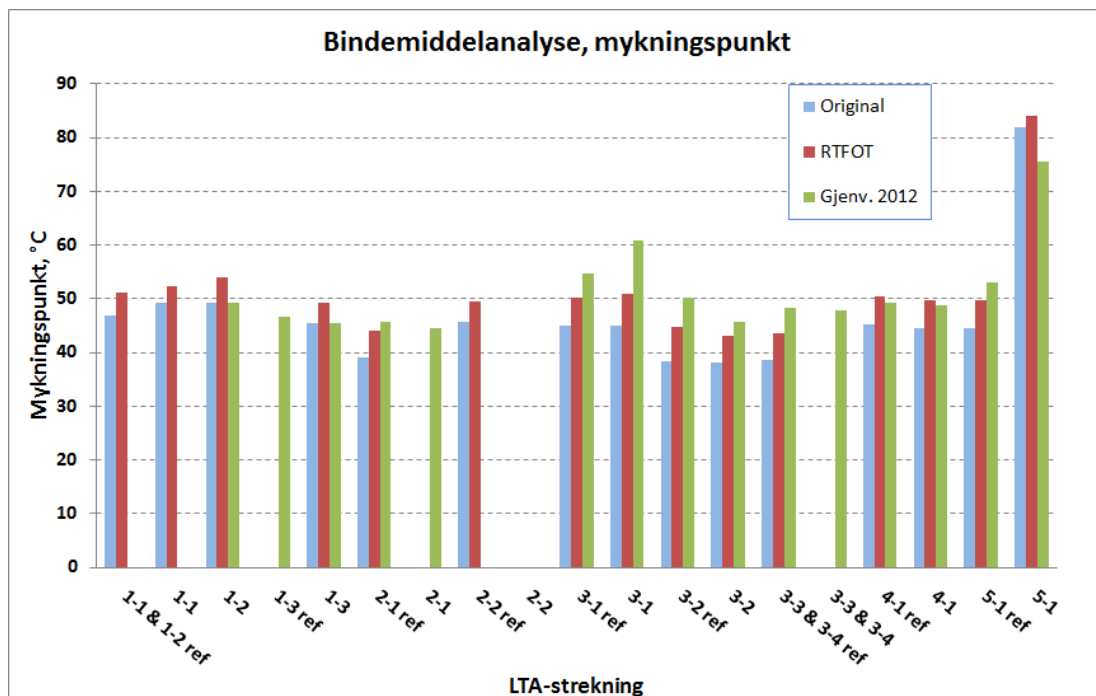
Det ble ikke sendt inn dekkeprøver til gjenvinning fra alle forsøkene. Noen resultater på originalt og gjenvunnet bindemiddel er vanskelige å tolke. Det gjelder masser tilsatt asfaltgranulat, der granulatets bindemiddelhardhet ikke er kjent.

I forsøkene LTA 3-1 og 3-2 skyldes trolig differansen i penetrasjon og mykningspunkt mellom LTA og referanse, forskjellen i hulrom på 2-3 %.

Figur 5 og 6 viser analyseresultater på penetrasjon og mykningspunkt.



Figur 5. Penetrasjon på ferskt, kortidsaldret og gjenvunnet bitumen.



Figur 6. Mykningspunkt på ferskt, kortidsaldret og gjenvunnet bitumen.

Det vises en tydelig effekt av Sasobit på penetrasjon og mykningspunkt (LTA 5-1), også på gjenvunnet bindemiddel. Sasobit gir lavere penetrasjon og høyere mykningspunkt. LTA-prøven med Sasobit fikk høyere Fraass bruddpunkt enn referanseprøven.

Gjenvinning av bindemiddel med Sasobit-tilsetning lot seg gjøre med gjenvinningsmetoden i Håndbok R210 (Statens vegvesen (2), 2016). Effekten av Sasobit er tydelig, men det er noe uklart om alt Sasobit lot seg gjenvinne.

Oppherdingen av bindemiddel etter RTFOT og på gjenvunnet bindemiddel etter utlegging var noenlunde lik for LTA og referanse. Det var ikke grunnlag for å si at LTA gir mindre oppherding enn referansen. Trolig har asfaltdekkets hulrom mer å si for aldring og oppherding enn produksjonstemperaturen. LTA 5-1 med Sasobit fikk betydelig større stivhet enn referansen. Lavtemperaturegenskapene (Fraass bruddpunkt) ble forringet i forhold til referansedekket bindemiddel.

3.5 Oppsummering

I 2011 førte problem med en vals i forsøksstrekning LTA 3-1 og 3-2 til dårlig komprimering og høyt hulrom. Tidlig på sommeren 2013 ble det observert dekkeskader (steinslipp) på LTA 3-1 strekningen. Sommeren 2015 ble begge dekker frest bort og erstattet med nytt dekke (Ab11) i begge felt. Parsellene er derfor tatt ut av forsøksvurderingen.

I LTA 2011-forsøkene i ble det produsert og lagt ut lavtemperaturasfalt ved ca. 30 °C redusert temperatur, med noenlunde lik sammensetning og hulrom som referansedekket.

Deformasjonsmotstanden målt i form av wheel-track verdi og initialspor viser stort sett ingen forskjell på LTA-dekkene og referansedekket.

Ingen av vedheftsprøvingene indikerer at lavere produksjonstemperatur og eventuell restfukt fører til dårligere vedheft for LTA-masser så lenge vedheftningsmiddel tilsettes.

For bindemiddelanalysene er det en usikkerhet at tilsetningene i laboratorieprøvene ikke nødvendigvis er identiske med tilsetningene i fullskalaproduksjon. Sammenligning av borkjerneprøver tatt i 2011 og 2017 ville gi sikrere dokumentasjon på bindemiddelaldringen i vegdekket

4 Laboratorieprøvinger 2017-2018

4.1 Prøvsplan 2017

Det skulle tas ut borkjerneprøver fra forsøksdekkene for undersøkelse av bindemiddelaldring etter 5-6 års brukstid. I 2017 ble aktiviteten påbegynt. En forsøksplan for laboratorieprøving av asfaltprøver fra de gjenværende ni forsøks- og referanse-strekningene ble utarbeidet, se vedlegg 1.

4.2 Uttak av borkjerneprøver fra forsøksstrekningene

Laboratoriet fotograferte de mottatte borkjerneprøvene, og ga en kort beskrivelse av disse. Eksempler på bilder av referanse- (Ref), og LTA- (LTP) borkjerneprøver fra prøvestrekninger er vist nedenfor i figur 7 til 16.

Veidekke Industri: LTA 1-1 og LTA 1-2. Kv. 7040, Ski.

Strekning 1-1

Kjerner fra Ref (referanse) og LTA (lavtemperaturprodusert) ser like ut, med litt steinslipp på begge. LTA ser ut som «vanlig asfalt».

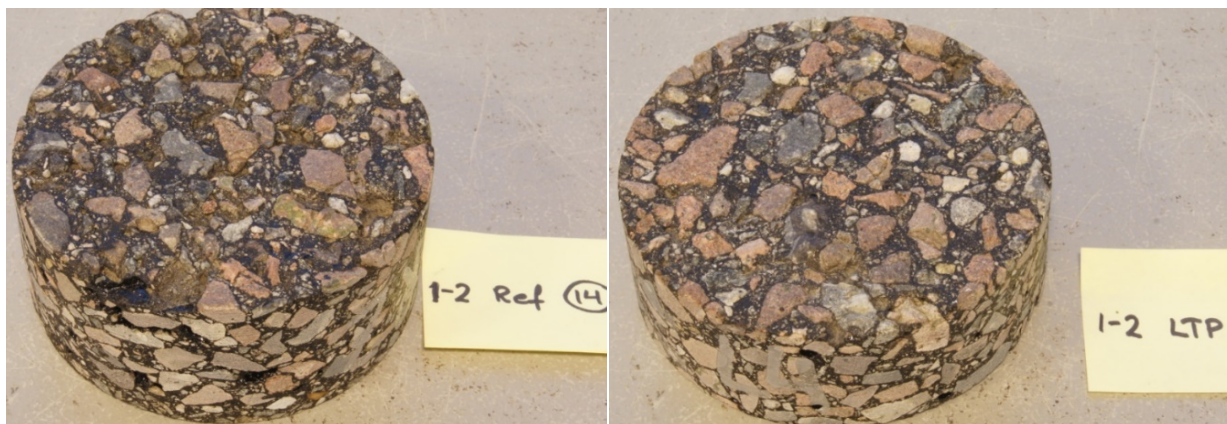


Figur 7. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 1-1 (foto: Kjersti Solstad).

Strekning 1-2

Det er ikke noen tydelig forskjell mellom Ref og LTA.

LTA 16, 17 og 20 er helt fine. LTA 19 er litt «morken». LTA 18 er litt knust i kanten (under utboring?). Ref 12 og 13 er fine, men 13 er litt knust i kanten. Ref 11, 14 og 15 er litt «morkne» og med litt steinslipp (Ref 14 har mest steinslipp av disse).

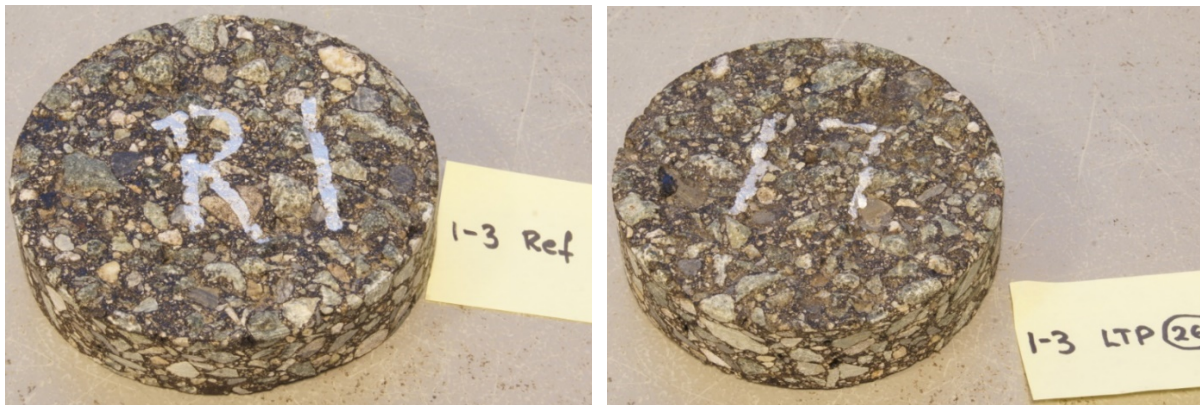


Figur 8. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 1-2 (foto: Kjersti Solstad).

Veidekke Industri: LTA 1-3. Ev. 39, Vinjeøra, Hemne.

Strekning 1-3

Kjernene er merket med sølvtusj på toppen. Ref har litt synlig steinslipp. Ref 22 og 25 er knust i kanten. LTA har mere synlig steinslipp i overflaten enn det Ref har. Prøven LTA 30 er finest, de andre har mere steinslipp.

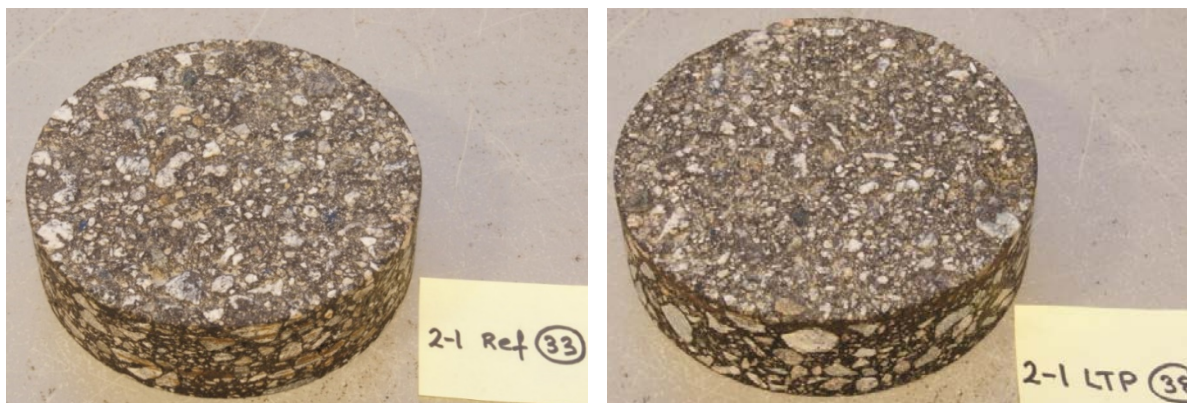


Figur 9. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 1-3 (foto: Kjersti Solstad).

NCC Roads: LTA 2.1. Fv. 658, Ålesund.

Strekning 2-1

Det er vanskelig å se forskjell på Ref og LTA. Det er noen små steinslipp fra kjerner både fra Ref og LTA.

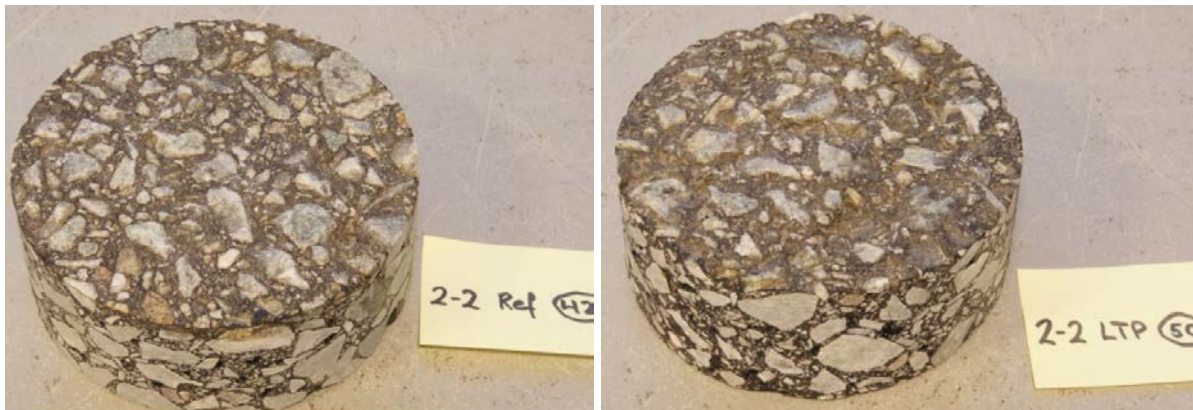


Figur 10. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 2-1 (foto: Kjersti Solstad).

NCC Roads: LTA 2.2. Rv. 9, Kristiansand.

Strekning 2-2

Reagerer på at kjernene er veldig høye. Det er høyt hulrom, spesielt på LTA men også på noen kjerner fra Ref. Overflaten varierer litt. Ref 43 har store steiner på overflaten, men LTA 46 har ikke store steiner. Det er mere steinslipp på LTA enn Ref, men Ref 43 og 44 har litt steinslipp. LTA 49 er knust på kanten.

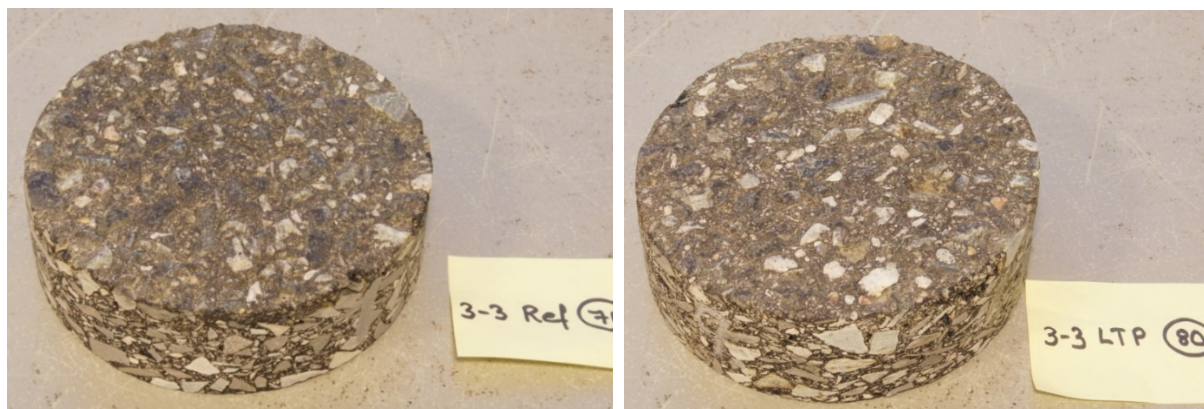


Figur 11. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 2-2 (foto: Kjersti Solstad).

Lemminkäinen Norge: LTA 3-3 og LTA 3-4. Fv. 44, Skien.

Strekning 3-3

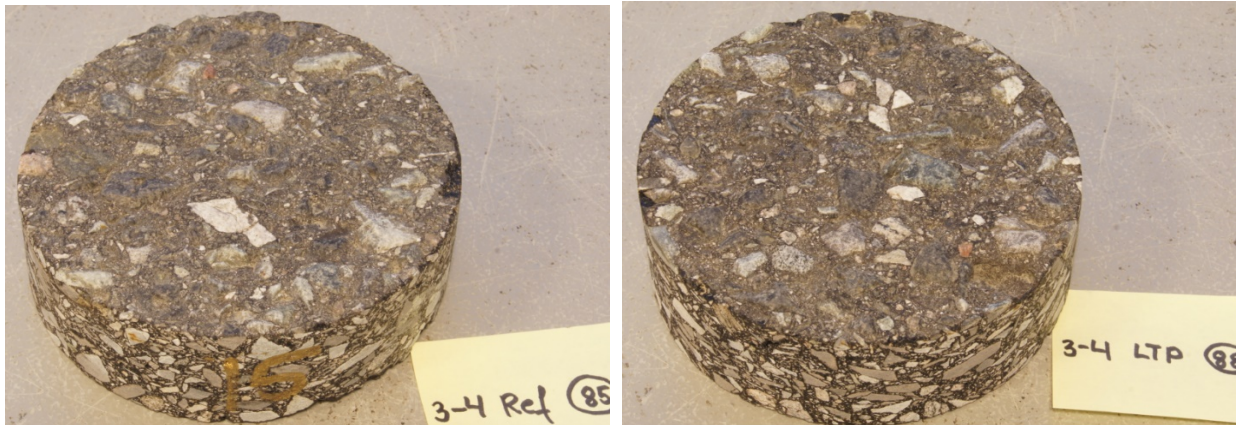
Det er ikke stor forskjell å se mellom kjerner fra LTA og kjerner fra Ref. Det er forskjeller i steinstørrelsen innad i LTA-serien og i Ref-serien. Ref 72 og LTA 78 er slått i stykker på kanten. LTA 79 og 80 har ett tydelig steinslipp hver.



Figur 12. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 3-3 (foto: Kjersti Solstad).

Strekning 3-4

Det er forskjell på kjernene fra Ref og LTA. Ref har ingen tydelige steinslipp. LTA 86, 88 og 89 har tydelig steinslipp.

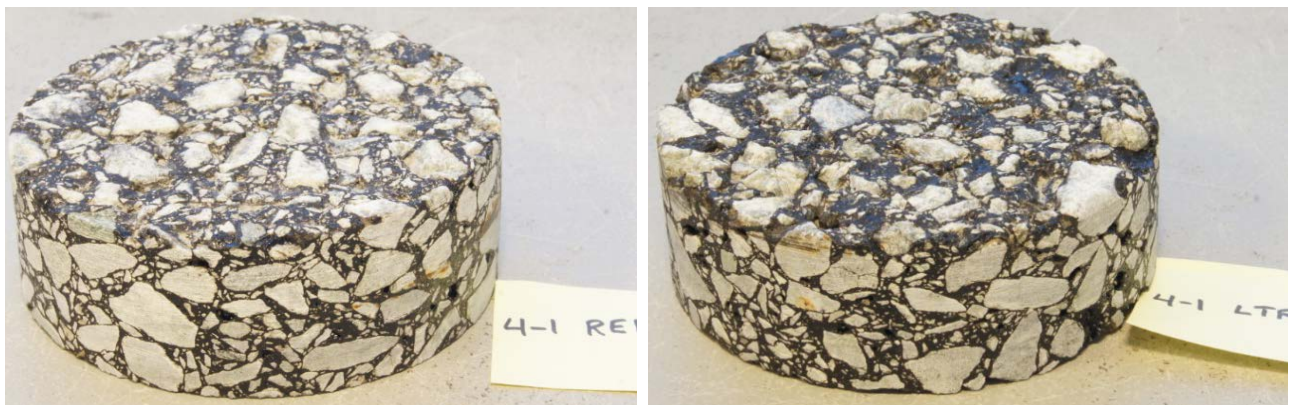


Figur 13. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 3-4 (foto: Kjersti Solstad).

Nordasfalt: LTA 4-1. Rv. 80, Bodø.

Strekning 4-1

Mørtelfasen er veldig svart og steinene er ganske hvite. Referanseserien ser lysere ut i fargen enn LTA, antagelig fordi det er flere store hvite stener i overflaten på Ref enn det er på LTA. Fra undersiden av kjernene er det flere store stener på Ref-strekning. Det er litt «morken» overflate på både Ref og LTA,- men mest på LTA. LTA 97 og spesielt 96 har mye hulrom.



Figur 14. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 4-1 (foto: Kjersti Solstad).

Oslo vei: LTA 5-1. Fv. 115, Aurskog-Høland.

Prøvene ble tatt ut av Statens vegvesen, region Øst.

Strekning 5-1

Alle kjernene er kappet her (SVV lab). Det var vanskelig å finne lagskillet, og høyden på kjernene varierer. Ref har stor variasjon i steinstørrelsen i dekkeoverflaten. Ref 104 og 105 ligner mer på LTA-kjernene. Ref 101, 102 og 103 har ikke så store stener som resten av både Ref og LTA. Ref 104 er mye slått i stykker på kanten (under utboring?). LTA 107 er veldig «morken» og har ekstremt mye hulrom synlig fra undersiden. Det er litt steinslipp på Ref 102 og LTA 106 og 108. Det er tatt bilde av undersiden av LTA 107. Det er tatt bilde av alle kjernene.



Figur 15. Borkjerneprøver fra forsøk LTA 5-1 (foto: Kjersti Solstad).



Figur 16. Borkjerneprøve (LTA 107). Underside av prøven med mye, synlige hulrom. Avskalling langs kanten (ved utboring) øverst til høyre på prøven. (foto: Kjersti Solstad)

4.3 Undersøkelse av asfaltprøver

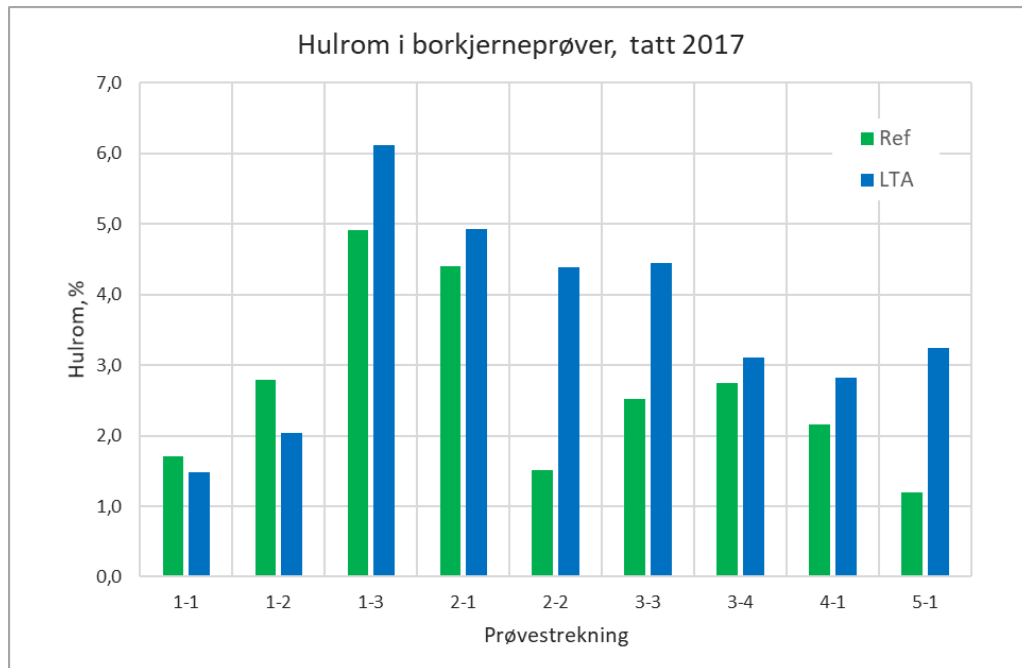
Hulrom

Hulrom (hydrostatisk overflatetørr) i borkjerneprøvene ble bestemt. Middelerdi av 5 prøver er vist i tabell 6 og figur 17.

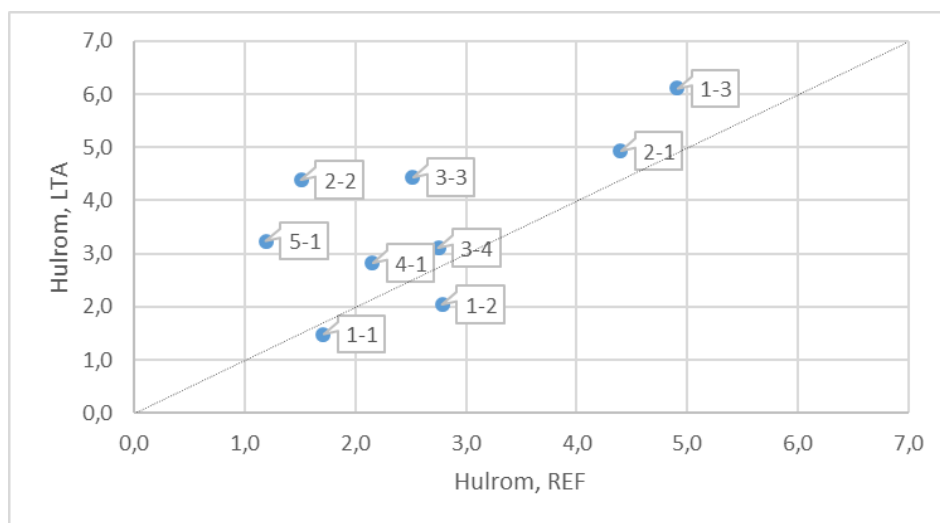
Tabell 6. Hulrom i borkjerneprøver fra 2017.

Strekning	Hulrom, %								
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	3-3	3-4	4-1	5-1
REF	1,7	2,8	4,9	4,4	1,5	2,5	2,8	2,2	1,2
LTA	1,5	2,0	6,1	4,9	4,4	4,4	3,1	2,8	3,2

Med unntak av 1-1 og 1-2 er hulrommet lavere på REF enn på LTA. 1-1 har hulrom lavere enn 2 % både på REF og på LTA. 1-3 har høyest hulrom, både på LTA og REF. Figur 18 sammenligner hulrom i LTA-prøver mot referanseprøver.



Figur 17. Hulrom i prøver fra felt 2017



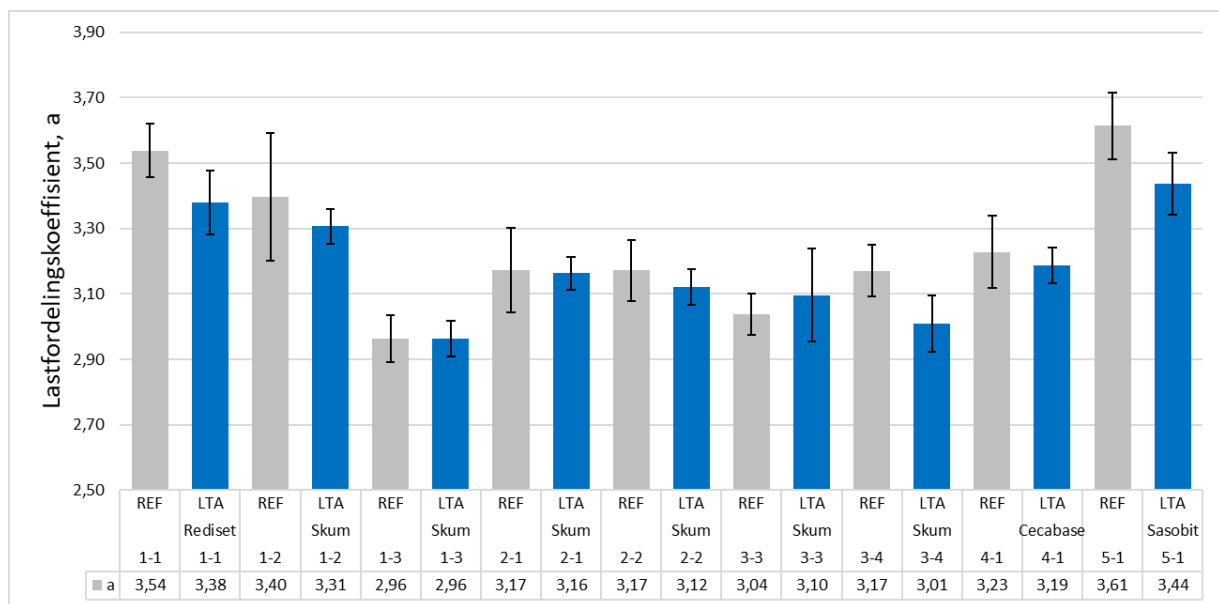
Figur 18. Hulrom i prøver fra felt 2017, LTA-strekning plottet mot REF-strekning

Lastfordelingskoeffisient

Etter bestemmelse av indirekte strekkstyrke ved 25 °C, beregnes lastfordelingskoeffisienten. Verdiene er vist i tabell 7 og i figur 19.

Tabell 7. Indirekte strekkstyrke (ITS) og lastfordelingskoeffisient (a) til prøver fra felt

Strekning	Indirekte strekkstyrke (ITS), kPa	Standardavvik, kPa	Lastfordelingskoeffisient (a), middel	Standardavvik for a
1-1 REF	808	57	3,54	0,08
1-1 LTA	705	60	3,38	0,10
1-2 REF	720	119	3,40	0,20
1-2 LTA	659	31	3,31	0,05
1-3 REF	475	34	2,96	0,07
1-3 LTA	475	27	2,96	0,06
2-1 REF	585	74	3,17	0,13
2-1 LTA	578	28	3,16	0,05
2-2 REF	583	51	3,17	0,09
2-2 LTA	554	29	3,12	0,05
3-3 REF	511	32	3,04	0,06
3-3 LTA	544	76	3,10	0,14
3-4 REF	582	43	3,17	0,08
3-4 LTA	498	42	3,01	0,09
4-1 REF	615	65	3,23	0,11
4-1 LTA	590	31	3,19	0,06
5-1 REF	862	30	3,61	0,10
5-1 LTA	741	61	3,44	0,10

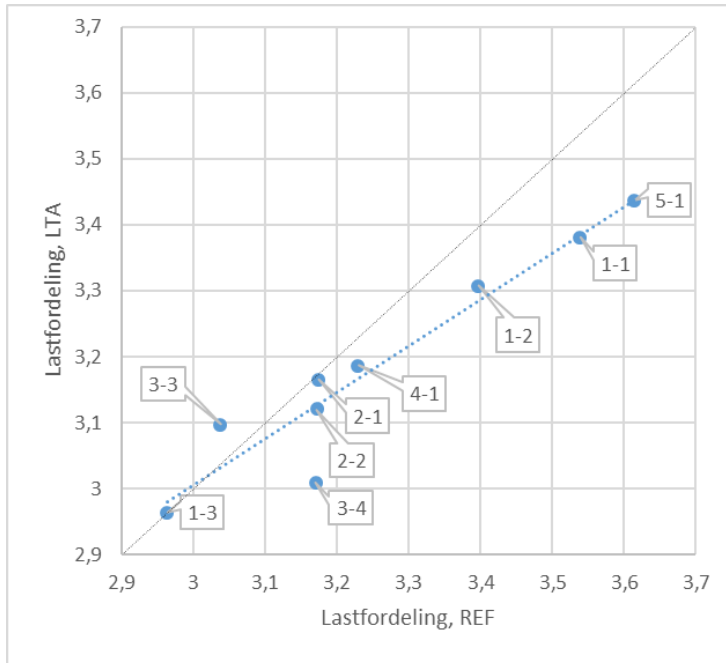


Figur 19. Lastfordelingskoeffisient til prøver fra felt

De tre prøvene med lavest lastfordelingskoeffisient (1-3, 3-4 og 3-3) er alle produsert med skummingsteknikk med bitumen 160/220. De to LTA-prøvene med høyest lastfordelingskoeffisient er Ref-prøvene til 5-1 og 1-1. I referansedekket til 5-1 var det tilsatt oppvarmet asfaltgranulat, trolig med hardere bitumen enn benyttet bitumen 70/100.

Forsøksdekkene fikk normale lastfordelingskoeffisienter for asfalttypen, unntatt i forsøk 1-3, der lastfordelingskoeffisienten lå like under vegnormalverdien på 3,0.

I figur 20 sammenlignes lastfordelingskoeffisienten til REF og LTA. Referansedekket har noe høyere lastfordelingskoeffisient i alle utenom én forsøksstrekning (3-3). Lavere penetrasjon til gjenvunnet bitumen i REF enn i LTA er en sannsynlig forklaring.



Figur 20. Lastfordelingskoeffisient for LTA-strekning plottet mot REF-strekning.

4.4 Undersøkelse av gjenvunnet bitumen, tradisjonelle metoder

Bindemiddelet i borprøvene ble ekstrahert og gjenvunnet i h.t. vegvesenets laboriemetoder (Statens vegvesen (2), 2016). Analyseresultater for penetrasjon, mykningspunkt og Fraass bruddpunkt på gjenvunnet bitumen er vist i tabell 8.

For penetrasjon og mykningspunkt kan det nevnes at prosedyren for ekstraksjon og gjenvinning ble endret etter 2012. Dette kan ha ført til at gjenvunnet bitumen (Gj.v 0 år) ble noe hardere enn de ville blitt med den nye prosedyren.

Penetrasjonsverdiene viser at etter 6 år har to av LTA-strekningene mykere bindemiddel i sammenlignet med referansen (1-2 og 3-4). Mykningspunkt viser samme trend (1-2 og 3-4).

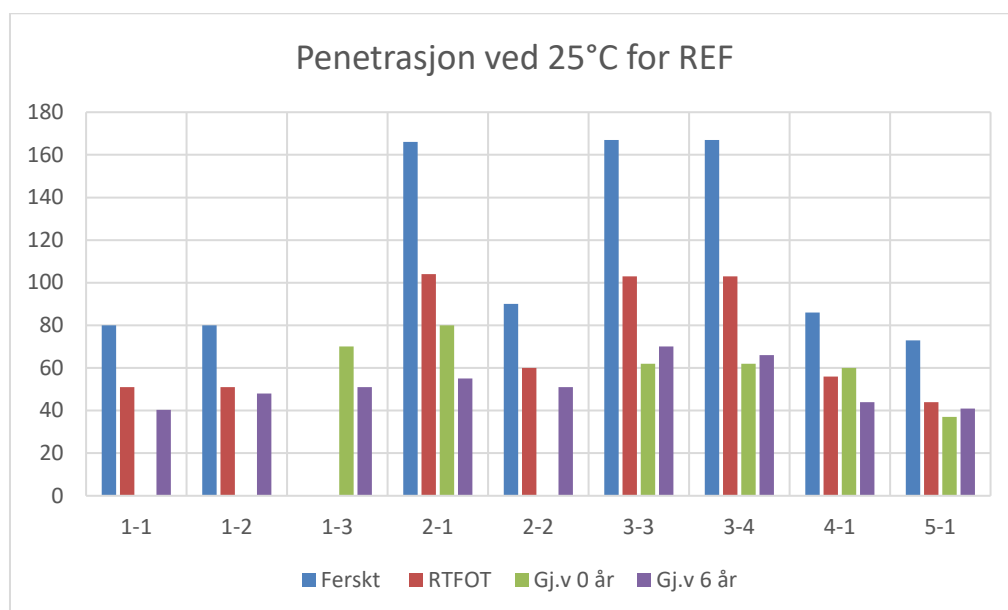
LTA 1-1 og LTA 5-1 som begge inneholder voks, er begge hardere enn referansen. For Fraass bruddpunkt er det bare LTA 5-1 som skiller seg markert ut fra referansen.

Tabell 8. Analyse av gjenvunnet bindemiddel (2017-prøver)

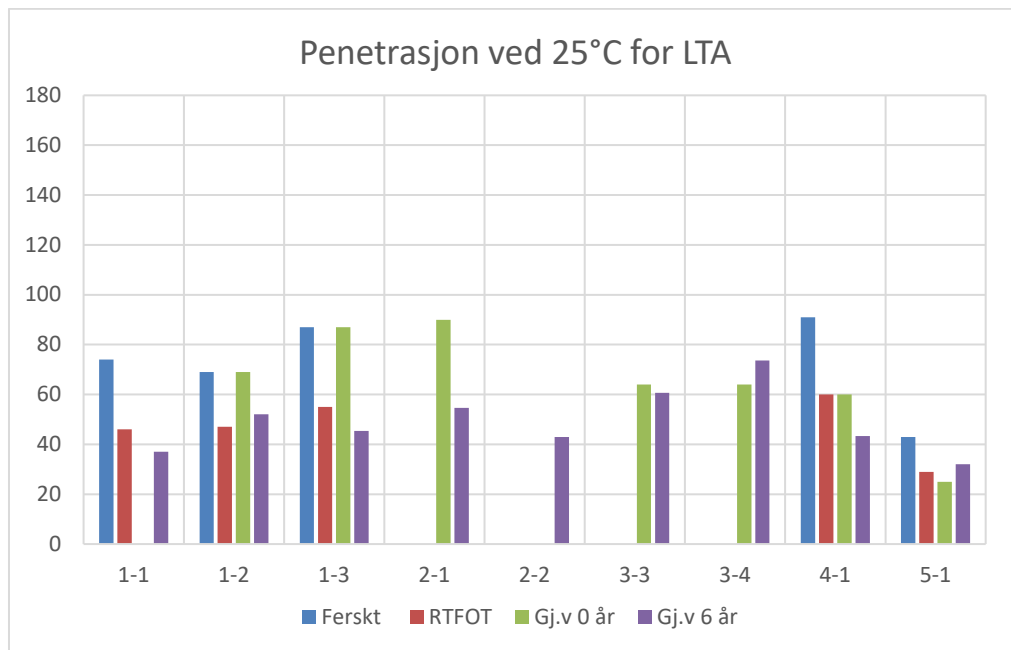
Strekning		Penetrasjon, mm/10	Mykningspunkt, °C	Fraass bruddpunkt °C
1-1	Ref	40	51,8	-14
1-1	LTA	37	56,7	-12
1-2	Ref	48	50,7	-14
1-2	LTA	52	50,3	-15
1-3	Ref	51	49,9	-15
1-3	LTA	45	50,5	-14
2-1	Ref	55	49,9	-21
2-1	LTA	55	50,3	-21
2-2	Ref	51	51,0	-17
2-2	LTA	43	52,6	-17
3-3	Ref	70	46,5	-18
3-3	LTA	61	48,4	-17
3-4	Ref	66	47,5	-18
3-4	LTA	74	46,2	-20
4-1	Ref	44	52,5	-18
4-1	LTA	43	52,4	-19
5-1	Ref	41	53,0	-18
5-1	LTA	32	75,8	-12

Penetrasjon

Figur 21 og 22 viser utvikling av penetrasjon for referansedekker og LTA-dekker. Ferskt bindemiddel er inngående bitumen i produksjonen. RTFOT er kortidsaldret bitumen. RTFOT er kortidsaldret bitumen.

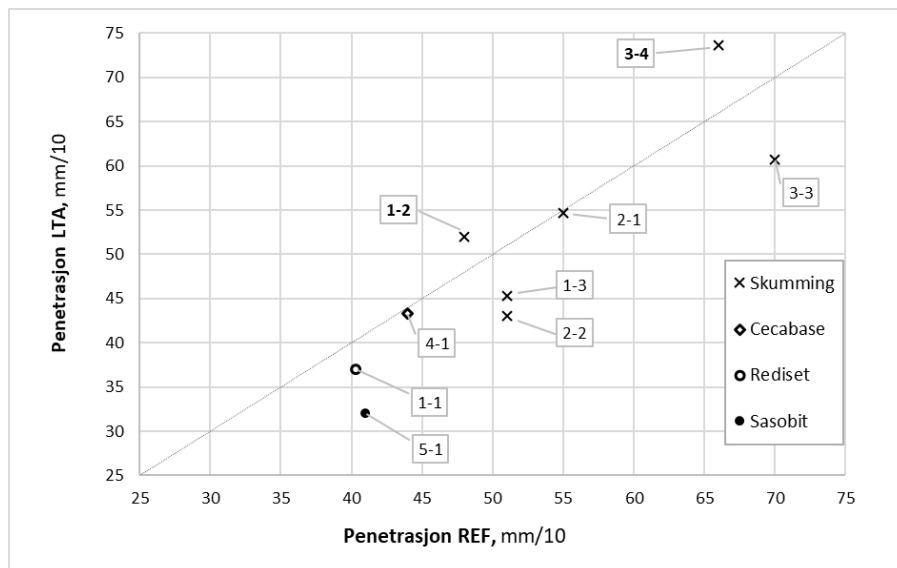


Figur 21. Penetrasjonsverdier for referansedekker



Figur 22. Penetrasjonsverdier for LTA-dekker

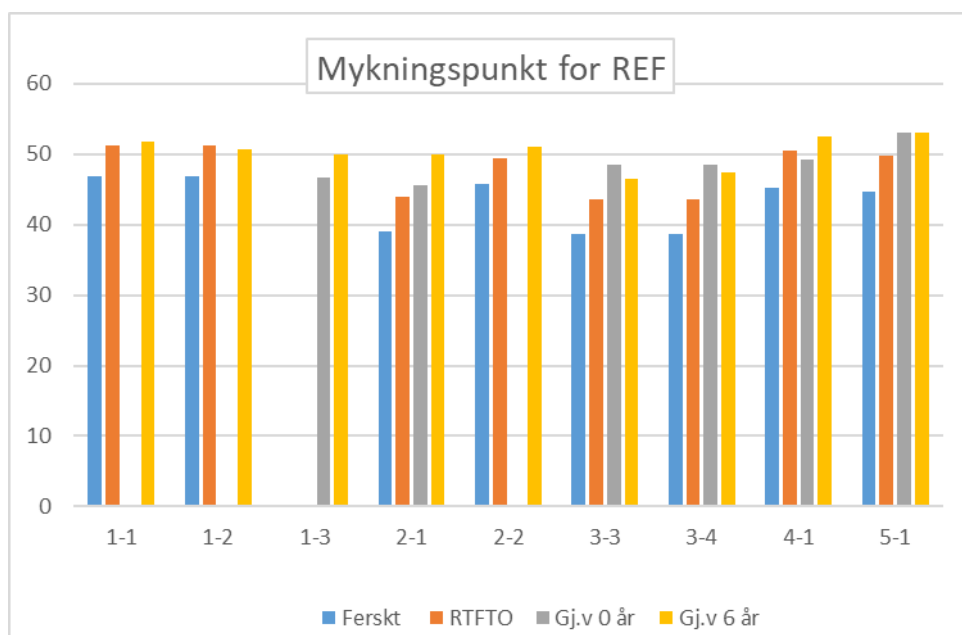
Figur 23 viser et plott av LTA-verdier mot referanse-verdier på 2017-prøvene. De to LTA-prøvene med mindre oppherding enn referansene, var produsert med skummingsteknikk.



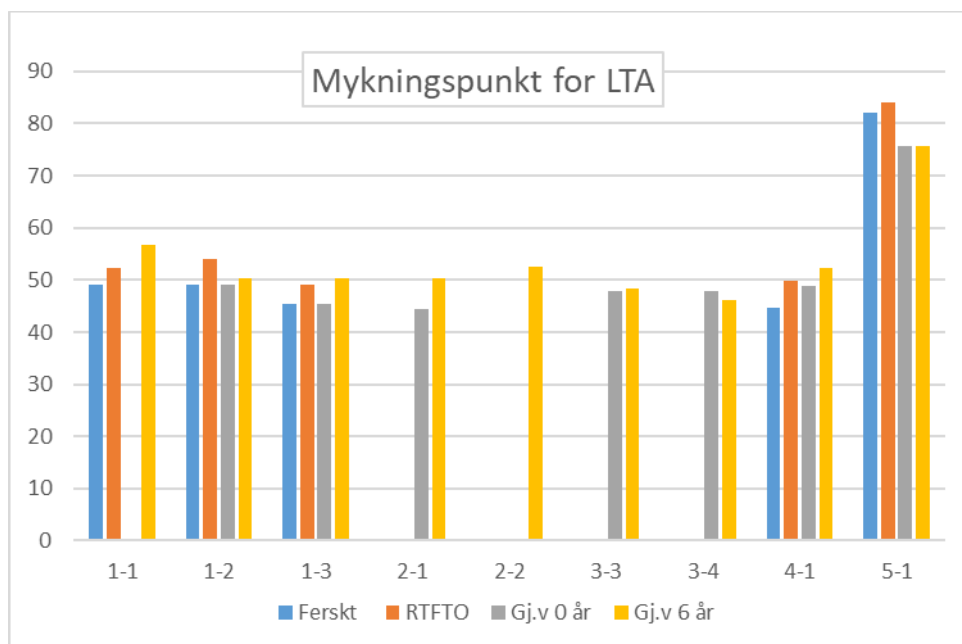
Figur 23. Penetrasjon, LTA-verdier plottet mot Ref-verdier

Mykningspunkt

Figur 24 og 25 viser utvikling av mykningspunkt for referansedekker og LTA-dekker. Ferskt bindemiddel er inngående bitumen i produksjonen. RTFOT er kortidsaldret bitumen.

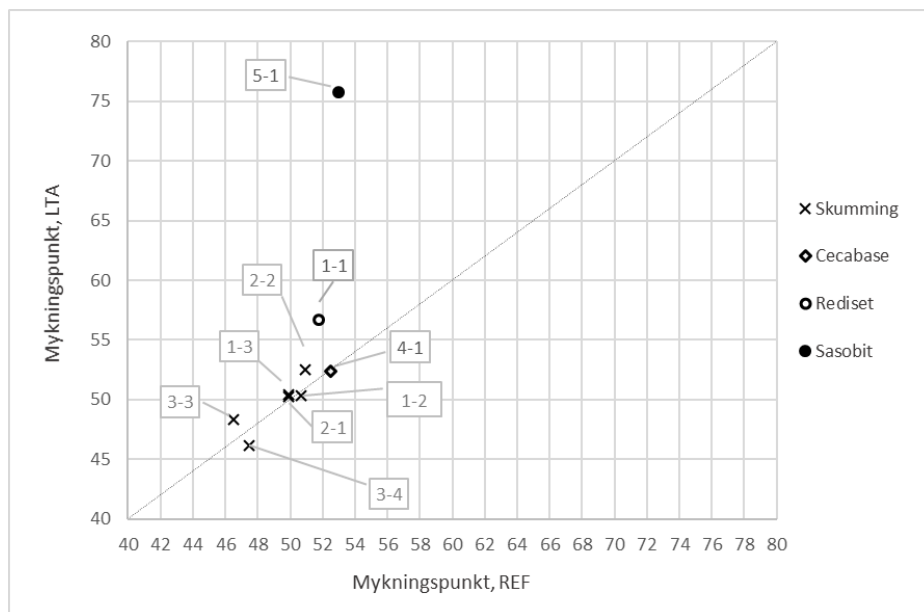


Figur 24. Mykningspunkt for referansedekker



Figur 25. Mykningspunkt for LTA-dekker

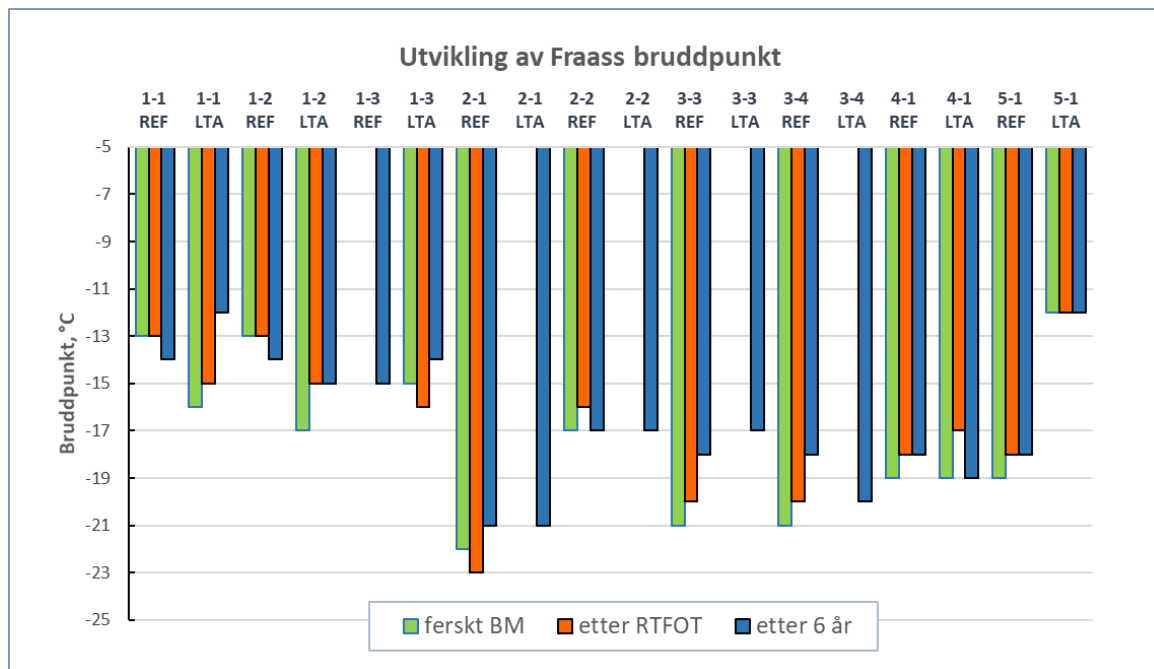
Figur 26 viser et plott av LTA-verdier mot referanse-verdier på 2017-prøvene. De to LTA-prøvene (1-1 og 5-1) som var tilsatt voks, skiller seg ut med høyere mykningspunkt enn referansen.



Figur 26. Mykningspunkt, LTA-verdier plottet mot Ref-verdier

Fraass bruddpunkt

Figur 27 viser utvikling av Fraass bruddpunkt for referansedekker og LTA-dekker. Ferskt bindemiddel er inngående bitumen i produksjonen. RTFOT er kortidsaldret bitumen.



Figur 27. Fraass bruddpunkt for LTA- og referanse-dekker

Forskjellen i lavtemperaturegenskap (Fraass bruddpunkt), var hele 6 °C mellom referansen og LTA i 5-1 med Sasobit. En interessant observasjon er at Fraass-verdien nesten ikke endrer seg på 6 år. Det er ikke avklart om tilsetningen av asfaltgranulat i 5-1 bidrar til høy Fraass-verdi.

4.5 Undersøkelser av gjenvunnet bitumen med dynamisk skjærreometer (DSR)

Dynamisk skjærreometer (DSR) brukes i økende grad til å karakterisere bitumen og polymermodifisert bitumen. Det er benyttet standardiserte metoder for bestemmelse av:

- Kompleksmodul (G^*) og fasevinkel (δ), ved 60 °C. Kompleksmodulen angir motstand mot deformasjon.
- MSCRT (Multiple Stress Creep Recovery) ved 60 °C
 - J_{nr} , ikke-gjenvinnbar-deformasjon (non-recoverable compliance)
 - $R\%$, elastisk tilbakegang
 - $J_{nr-diff}$, det relative forholdet mellom $J_{nr 3,2kPa}$ og $J_{nr 0,1kPa}$. Viser bindemiddelets følsomhet for økende belastning (stress-sensitivitet).

Den amerikanske MSCRT-spesifikasjonen (AASHTO, 2015) legger stor vekt på elastisk respons ved deformasjon av bindemiddelet. Både elastisk respons på deformasjon (J_{nr} og $R\%$) og spenningsfølsomhet (stress-sensitivity), $J_{nr-diff}$, gir viktig informasjon om bindemiddelets reologiske egenskaper.

Analyseresultater for DSR-kompleksmodul og MSCRT til 2017-prøvene er vist i tabell 9.

Tabell 9. DSR-analyse av gjenvunnet bindemiddel etter 6 år i veg

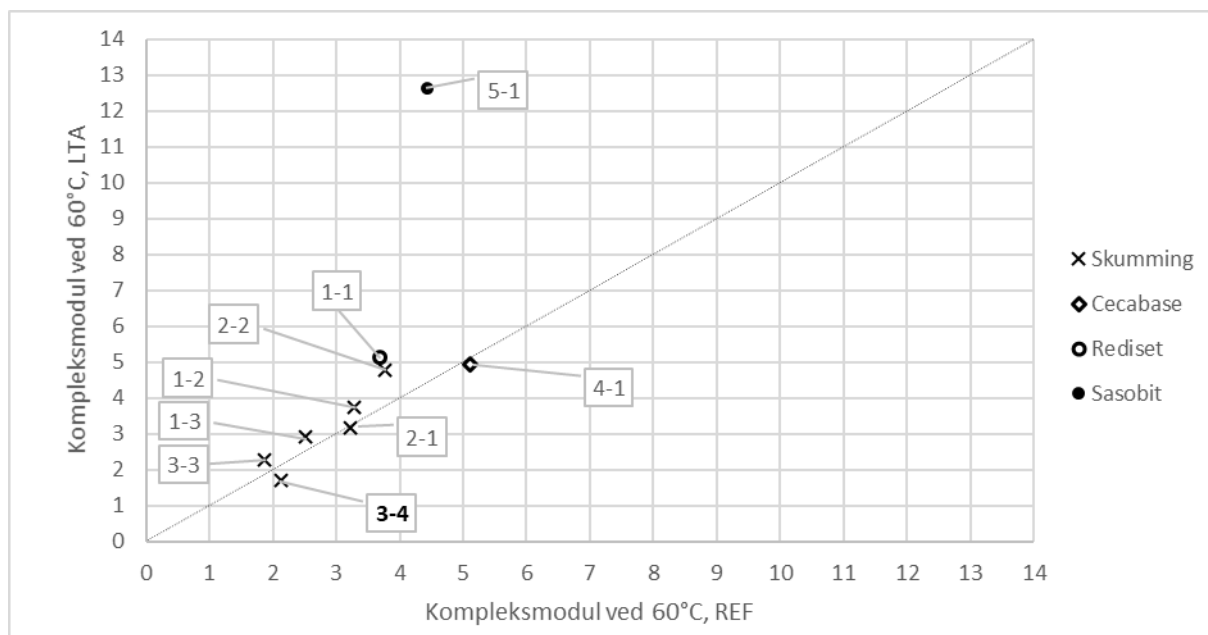
Strekning	DSR 60°C		MSCRT 60°C						
	G^* , kPa	δ , °	$J_{nr 0,1}$, kPa ⁻¹	$J_{nr 3,2}$, kPa ⁻¹	$J_{nr 6,4}$, kPa ⁻¹	$R\% 0,1$	$R\% 3,2$	$R\% 6,4$	$J_{nr diff}$, %
1-1 Ref	3,7	86,1	2,53	2,67	2,79	1,4	0,2	-0,3	5,6
1-1 LTA	5,1	80,5	1,18	2,46	3,15	28,9	1,7	-0,3	113
1-2 Ref	3,3	85,7	2,82	3,01	3,13	1,6	0,0	-0,4	6,6
1-2 LTA	3,7	84,5	2,45	2,63	2,76	2,7	0,4	-0,1	7,4
1-3 Ref	2,5	86,2	3,77	4,04	4,24	1,0	-0,5	-0,8	7,2
1-3 LTA	2,9	85,9	3,27	3,51	3,68	1,4	-0,2	-0,6	7,1
2-1 Ref	3,2	84,5	2,84	3,09	3,26	2,7	0,2	-0,3	8,6
2-1 LTA	3,2	84,8	2,89	3,12	3,28	2,3	0,1	-0,3	8,0
2-2 Ref	3,8	84,7	2,43	2,64	2,73	2,7	0,4	-0,1	8,0
2-2 LTA	4,8	84,1	1,88	2,02	2,11	3,6	0,9	0,3	7,3
3-3 Ref	1,9	86,8	5,13	5,50	5,73	0,3	-1,1	-1,3	6,8
3-3 LTA	2,3	86,6	4,18	4,44	4,62	0,5	-0,7	-1,0	6,2
3-4 Ref	2,1	86,5	4,52	4,82	5,02	0,4	-0,8	-1,1	6,6
3-4 LTA	1,7	87,1	5,70	6,12	6,35	0,2	-1,3	-1,5	6,6
4-1 Ref	5,1	83,1	1,70	1,84	1,94	4,7	1,4	0,6	8,4
4-1 LTA	4,9	83,5	1,79	1,93	2,03	1,1	1,2	0,5	7,8
5-1 Ref	4,4	84,7	2,06	2,22	2,32	3,3	0,7	0,2	7,9
5-1 LTA	12,7	69,5	0,29	1,14	2,04	53,0	8,8	1,0	317

For to av strekningene ligger kompleksmodulen (G^*) lavere for LTA enn for referansen (3-4 og 4-1). Det er kun for strekning 3-4 (skumming) at forskjellen er større enn metodens repeterbarhet.

Bestemmelse av kompleksmodul (G^*) og fasevinkel (δ) ved 60 °C

Figur 28 viser et plott av LTA-verdier mot referanse-verdier på 2017-prøvene. LTA 5-1 som var tilsatt voks, skiller seg tydelig ut med høyere kompleksmodul enn referansen.

Fasevinkelen til LTA 5-1 (69,5°) er også mye lavere enn referansen (84,7°). For strekning 1-1 (LTA med voks) er forskjellen er 5,6°. I de øvrige LTA/Ref -parene er forskjellen ca. 1°.



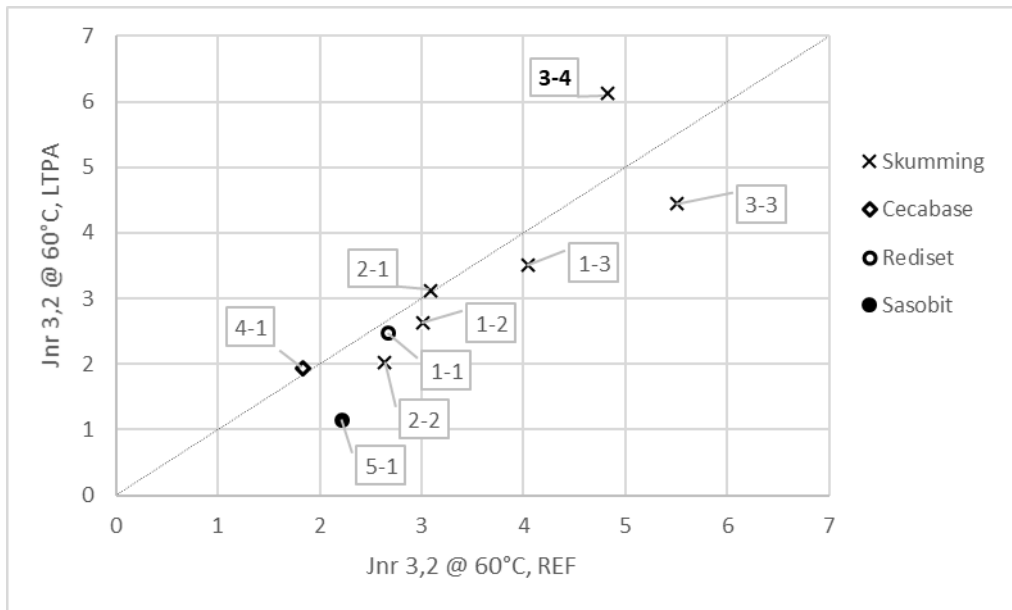
Figur 28. Kompleksmodul, G^* . LTA-verdier plottet mot Ref-verdier

Multiple Stress Creep Recovery Test (MSCRT) ved 60 °C

Figur 29 viser et plott av Jnr-verdier for LTA mot referanse på 2017-prøvene. Jnr-verdiene er målt ved 3,2 kPa belastning, som brukes i MSCRT-spesifikasjoner.

LTA 5-1 har lavest Jnr-verdi, som det «hardeste» bindemiddelet. For umodifiserte bitumen vil hardere bitumen (høyere mykningspunkt) gi lavere Jnr-verdi og økt deformasjonsmotstand.

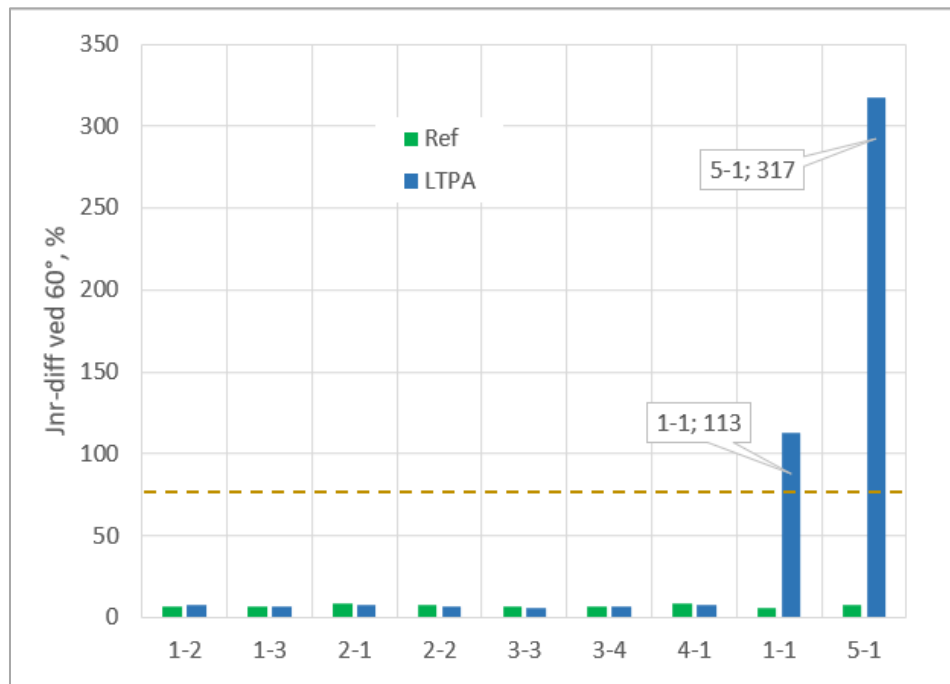
For én av strekningene ligger Jnr-verdien (3-4) betydelig høyere for LTA-massen enn for referansen, uavhengig av stressnivå. De fleste av strekningene viser likevel liten forskjell mellom LTA og referanse.



Figur 29. MSCRT, Jnr. LTA-verdier plottet mot Ref-verdier

Figur 30 viser $J_{nr-diff}$ verdier for LTA og Referanse for 2017-prøvene.

Forholdet mellom $J_{nr 3,2kPa}$ og $J_{nr 0,1kPa}$, gir $J_{nr-diff}$. I den amerikanske MSCRT-spesifikasjonen vurderes bindemiddelet som stress-sensitivt når $J_{nr-diff}$ er større enn 75 %.



Figur 30. MSCRT $J_{nr-diff}$ for Ref- og LTA-strekninger

Bindemiddelet fra de to lavtemperaturproduserte massetyperne med voks (1-1 og 5-1) regnes som stress-sensitivt siden $J_{nr-diff}$ er betydelig høyere enn 75 %.

5 Oppsummering og konklusjoner

5.1 Om representative forsøksdekker

Prosjektet forutsatte at LTA- og referansemasse skulle ha samme sammensetning mht. tilslag, kornkurve og bindemiddel. For enkelte av forsøksdekker var det ikke slik.

I forsøk 2-2 ble det tilsatt 10 % Gja i Ref og 30 % Gja i LTA. Det mangler bindemiddeldata for LTA 2-2 fram til 6 år i veg. Da var penetrasjonen 43 for LTA, og 51 for Ref. For mykningspunkt var verdien 53 °C for LTA og 51 °C for Ref. Økt tilsetning av Gja ga trolig et stivere dekke.

I forsøk 5-1 ble det tilsatt varm Gja både i LTA og i Ref. I LTA ble det brukt en mykere bitumengrad (160/220) tilsatt voks, og dette ga en betydelig effekt. Etter 6 år i veg var penetrasjonen 32 for LTA, og 41 for Ref. Bindemiddelets mykningspunkt for LTA var 75,8 °C og for Ref var det 53 °C. Fraass bruddpunkt var 6 °C høyere for LTA-dekket, til tross for bruk av en mykere bitumengrad med voks.

5.2 Borkjerneprøver

Visuell vurdering av borkjerneprøver

Prøveserier der laboratoriet noterte visuelle forskjeller var:

Strekning 1-3: LTA hadde mere synlig steinslipp i overflaten enn Ref.

Strekning 3-4: Det var forskjell på kjernene fra Ref og LTA. Ref-prøvene hadde ingen tydelige steinslipp, mens tre av LTA-prøvene hadde tydelige steinslipp.

Strekning 4-1: Referanseserien så lysere ut i fargen enn LTA, antagelig fordi det var flere store hvite stener i overflaten på Ref enn på LTA. Det var litt «morken» overflate både på Ref og LTA, men mest på LTA. To LTA-prøver hadde mye hulrom.

Strekning 5-1: Ref-prøvene hadde stor variasjon i steinstørrelse i dekkeoverflaten. En LTA-prøve var veldig «morken», med ekstremt mye hulrom synlig fra undersiden. Det var litt steinslipp på én Ref-prøve og på to LTA-prøver.

Hulrom

For flertallet av prøvestrekningene (2017-prøvene) var det høyere hulrom for LTA enn for Ref. For strekningen med høyest verdi (LTA 1-3, Agb 11), var hulrommet 6,1 %. Høyt hulrom bidrar til raskere oppherding med fare for redusert bestandighet.

Lastfordelingskoeffisient

Prøvene med lavest lastfordelingskoeffisient (1-3, 3-4 og 3-3) ble produsert med skummingsteknikk og bitumen 160/220.

De to prøvene med høyest lastfordelingskoeffisient er Ref-prøvene fra forsøk 5-1 og 1-1. LTA-prøvene med voks (Sasobit og Rediset) hadde noe lavere verdi selv om gjenvunnet bindemiddel var hardere enn referansens. Ref 5-1 var tilsatt oppvarmet asfaltgranulat, med bitumen som trolig er hardere enn 70/100.

Forsøksdekkene hadde normal lastfordelingskoeffisient for benyttet asfalttype, med unntak for forsøk 1-3. I forsøk 1-3 fikk både Ref og LTA lastfordelingskoeffisient 2,96 (vegnormalverdien er 3,0).

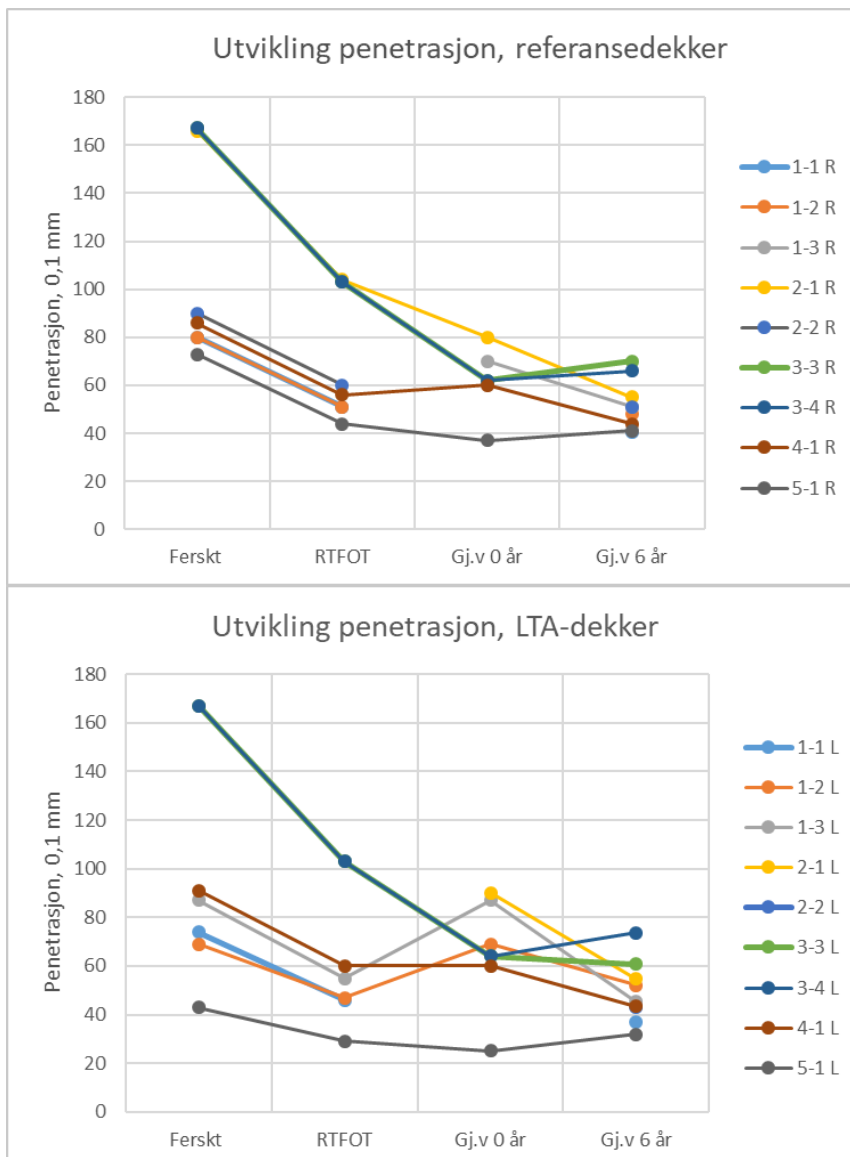
5.3 Bindemiddelanalyser

Bindemiddelet i borkjernene ble gjenvunnet for å undersøke i hvilken grad de var aldret.

Tradisjonelle prøvingsmetoder

Penetrasjon

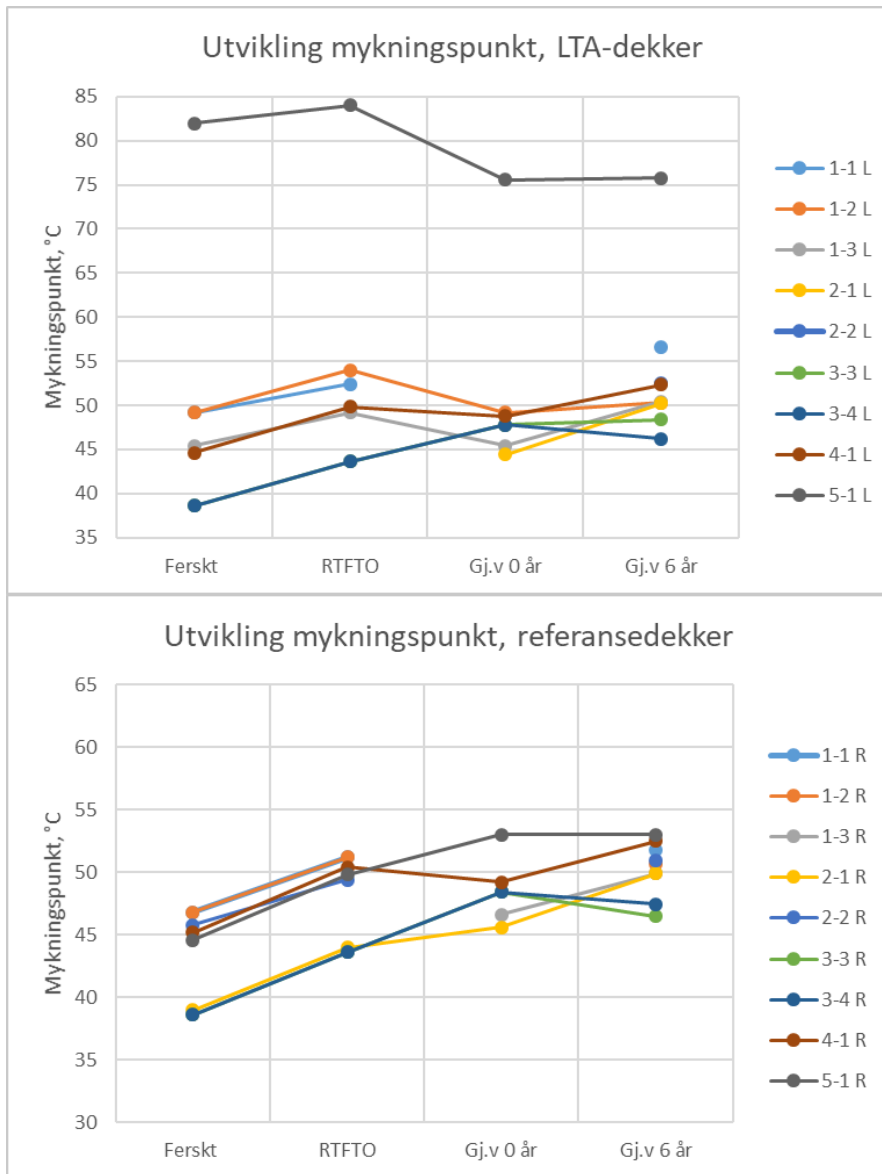
Oppherdingen over tid i figur 31 synes å være normal i forhold til det benyttede bindemiddel



Figur 31. Utvikling i penetrasjonsverdi over tid.

Mykningspunkt

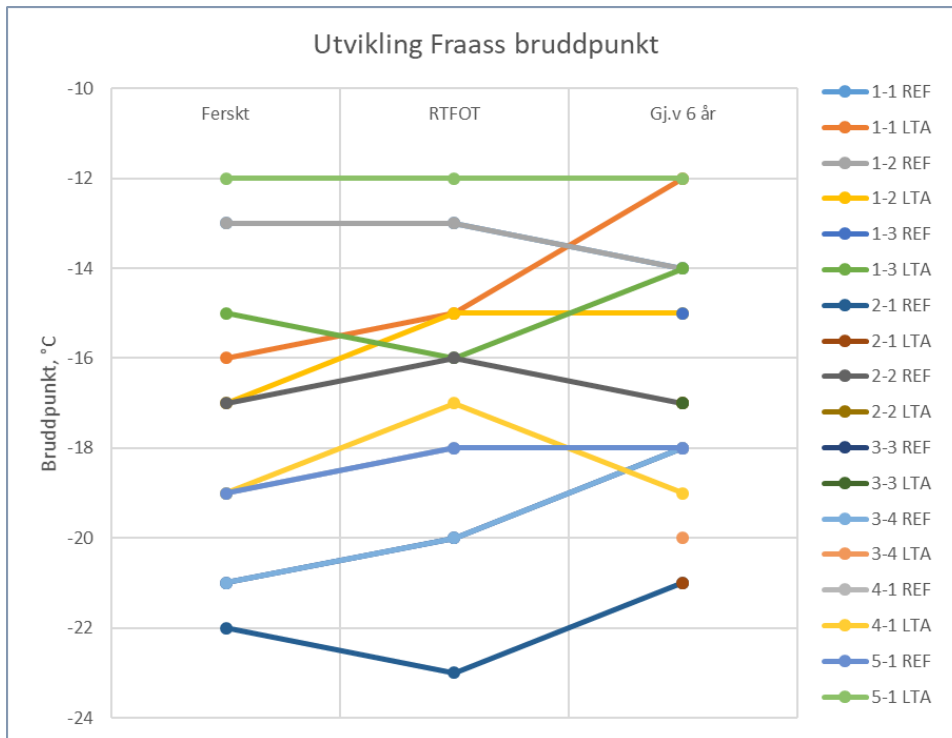
Utviklingen over tid er vist i figur 32. Her skiller forsøk LTA 5-1 seg klart fra de øvrige. Vokstilsetningen gir en markant økning i mykningspunkt. Det kan hende at nedgangen i mykningspunkt på gjenvunnet bitumen skyldes vanskeligheter med å få ekstrahert ut alt av voksen.



Figur 32. Utvikling i mykningspunkt over tid.

Fraass bruddpunkt

Utviklingen over tid er vist i figur 33. Det ble ikke målt bruddpunkt på gjenvunnet bitumen fra 2011.



Figur 33. Utvikling i Fraass bruddpunkt over tid

Bindemiddelanalyser med DSR

Disse ble utført på gjenvunnet bitumen fra borkjerner tatt 2017. Resultatene bekrefter og supplerer verdiene fra tradisjonelle prøvingsmetoder. MSCR-testen viser i tillegg effekten av vokstilsetning med høye $J_{nr-diff}$ -verdier. Disse indikerer spenningsfølsomhet (stress-sensitivity) ved økende belastning.

5.4 Konklusjoner

Laboratorieprøvingene i LTA 2011 gir dokumentasjon på bindemidlene som ble benyttet i forsøkene og hvordan de har utviklet seg etter 6 års brukstid i asfaltdekket.

Bindemiddelanalysene skiller ikke klart mellom referanse og LTA med skumming, og heller ikke mellom referanse og «smørende» LTA-tilsetning. Undersøkelsen viser at referanse- og LTA-bindemiddelet aldres noenlunde likt.

Ved tilsetning av asfaltgranulat, bidrar granulatbitumenet til noe hardere gjenvunnet bitumen.

De to LTA-voksene gir økt bindemiddelstivhet og spenningsfølsomhet på gjenvunnet bitumen.

Etter seks år i vegen vurderes bitumen-oppherdningen i LTA-dekkes som normal. Verdiene ligger på samme nivå som for gjenvunnet bitumen i ordinære asfaltdekker (Agb og Ab)

6 Bibliografi

- AASHTO. (2015). M332-14: Standard specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stresss Creep Recovery (MSCR) Test.
- Bragstad, R. (2012). *Prosjekt LavTemperaturAsfalt 2011 - Hovedrapport*. Oslo: Foreningen for veiservice, FAV.
- Jørgensen, T. (2013). *LTA 2011: Oppfølging av forsøksstrekninger. Rapport nr. 197*. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Jørgensen, T. (2014). *LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger 2013. Rapport nr. 265*. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Jørgensen, T. (2015). *LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger 2014. Rapport nr. 355*. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Jørgensen, T. (2017). *LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger 2016. Rapport nr. 501*. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen (2). (2016). *Håndbok R210, Laboratorieundersøkelser*. Oslo: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen. (2011). *Håndbok 018, Vegbygging*. Oslo: Statens vegvesen.
- Telle, R. (2018). *Sluttrapport LTA 2011, Uprøving av lavtemperaturasfalt i Norge*. Oslo: EBA, Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg.

Vedlegg 1

Sluttoppfølgning av forsøksdekkene i LTA 2011 - Plan for prøvetaking og analysering av borkjerner

Tabell 1 Oversikt over prøvestrekninger og prøvetaking.

LTA-strekning	Referansemasse, Bitumen, Felt (F)	LTA-masse, Felt (F)	Fylke/ Kommune, vegnummer	Lengde m	HP/km fra	HP/km til	LTA-dekke	Referanse
LTA 1-1	Ab11 70/100 F1	Rediset WMX F2	Akershus / Ski, Skoglia, kv.7040	767	01/0,000	01/0,767	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 1-2	Ab11 70/100 F1	WAM F2	Akershus / Ski, Skoglia, kv.7040	723	01/0,767	01/1,490	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 1-3	Agb11 160/220 F2	WAM F1	S-Trøndelag / Hemne, Vinjeøra, Ev.39	900	05/5,500	05/6,400	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 2-1	Agb11 160/220, 8 % Gja F1	Green Asphalt, 8 % Gja F2	Møre og Romsdal / Ålesund, fv.658	851	04/0,155	04/1,006	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 2-2	Ab16 70/100, 10 % Gja F1	Green Asphalt, 30 % Gja F2	V-Agder / Høie, Kristiansand, rv.9	955	04/1,371 R 04/1,371 L	04/2,326 04/2,343	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 3-1	Ab11 70/100 F2	Cecabase RT F1	Vestfold / Horten fv.310	935	01/0,965	01/1,900	Nytt dekke 2015	Ikke borprøver!
LTA 3-2	Ab11 160/220 F1	Cecabase RT F2	Vestfold / Horten fv.310	863	01/2,768	01/3,631	Nytt dekke 2015	Ikke borprøver!
LTA 3-3	Agb11 160/220 F1	LMK foam F2	Telemark / Skien, Valebøveien, fv.44	1247	02/8,553	02/9,800	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 3-4	Agb11 160/220 F1	LMK foam F2	Telemark / Skien, Valebøveien, fv.44	1822	02/1,576	02/3,398	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 4-1	Ab16 70/100 F2	Cecabase RT F1	Nordland / Bodø, Mjønes, rv.80	861	03/12,975L 03/13,025R	03/12,164 03/12,164	5 borkjerner	5 borkjerner
LTA 5-1	Ab11 70/100 m/forvarmet Gja F1	160/220 Sasobit, forvarmet Gja F2	Akershus / Aurskog- Høland, Løken, fv.115	1035	02/0,717 L 02/0,670 R	02/1,752 02/1,711	5 borkjerner	5 borkjerner

LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger – Laboratorieundersøkelser.

Entreprenør sørger på sine forsøksstrekninger for:

- Utboring og merking av kjerneprøver (LTA-nummer; Vegnr/HP/m/felt; merking av borkjerner (LTA: L1-L5, Referanse: R1-R5)
Borprøver tas mellom hjulspor, fordelt over hele strekningen, men ikke nær begynnelse og slutt.
- Tilskjæring av klosser (må ha tilstrekkelig tykkelse for å bestemme hulrom og spaltestrekk)
- Fotograferer prøvene, og gi en visuell vurdering av asfaltens tilstand
- Sende prøvene til Sentrallaboratoriet Region Midt til analyse.

Statens vegvesen Region øst/Akershus, sørger for:

- Utboring og merking av kjerneprøver på LTA 5-1 fv. 115 Løken i Aurskog-Høland (LTA-nummer; Vegnr/HP/m/felt; merking av borkjerner (LTA: L1-L5, Referanse: R1-R5).
- Fotograferer forsøksstrekningen og gi en vurdering av asfaltens tilstand
- Sende prøvene til Sentrallaboratoriet Region Midt for tilskjæring og analyse

Sentrallaboratoriet Trondheim:

Tilskjæring av klosser fra LTA 5-1 (må ha tilstrekkelig tykkelse for å bestemme hulrom og spaltestrekk)

Bestemme:

Densitet (hydrostatisk overflatetørr)

Indirekte strekkstyrke ved 25 °C (beregning av lastfordelingskoeffisient)

Maksimum (Rice) densitet og beregning av hulrom

Slår sammen materialet fra hver serie med 5 borprøver, og tar tilstrekkelig materiale til gjenvinning av bindemiddel

Ekstraksjon og gjenvinning av bitumen (bitumeninnhold og materiale til bindemiddelanalyse)

- Bestemmelse av penetrasjon og mykningspunkt
- Bestemme Fraass bruddpunkt
- DSR-prøving: MSCRT@ 60°C og bestemmelse av Jnr, R% og Jnr-diff.

LTA 2011: Oppfølging av prøvestrekninger – Laboratorieundersøkelser.

	Densitet, hydrostatisk overflatetørr	Indirekte strekkestyrke 25 °C	Maksimum densitet (Rice)	Gjenvinning av bitumen * bindem. innh.	Penetrasjon	Myknings- punkt	Fraass bruddpkt.	MSCRT 60 °C Jnr, % R, Jnr-diff
LTA 1-1	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 2-1	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 1-3	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 2-1	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 2-2	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 3-3	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 3-4	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 4-1	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
LTA 5-1	5 L + 5 R	5 L + 5 R	5 L + 5 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R	1 L + 1 R
SUM prøver	45 L + 45 R	45 L + 45 R	45 L + 45 R	9 L + 9 R	9 L + 9 R	9 L + 9 R	9 L + 9 R	9 L + 9 R

* Slår sammen materiale etter Rice densitet (ca. 1,4 kg til en gjenvinning).



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 6706 Etterstad 0609 OSLO
Tlf: (+47) 22073000
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen