



Statens vegvesen

Henrik Nordahl-Pedersen, 46 år.

Jobber som byggeleder i Statens vegvesen, divisjon utbygging.

Erfaringsbasert master veg.

Representerer også NTNU i dag.

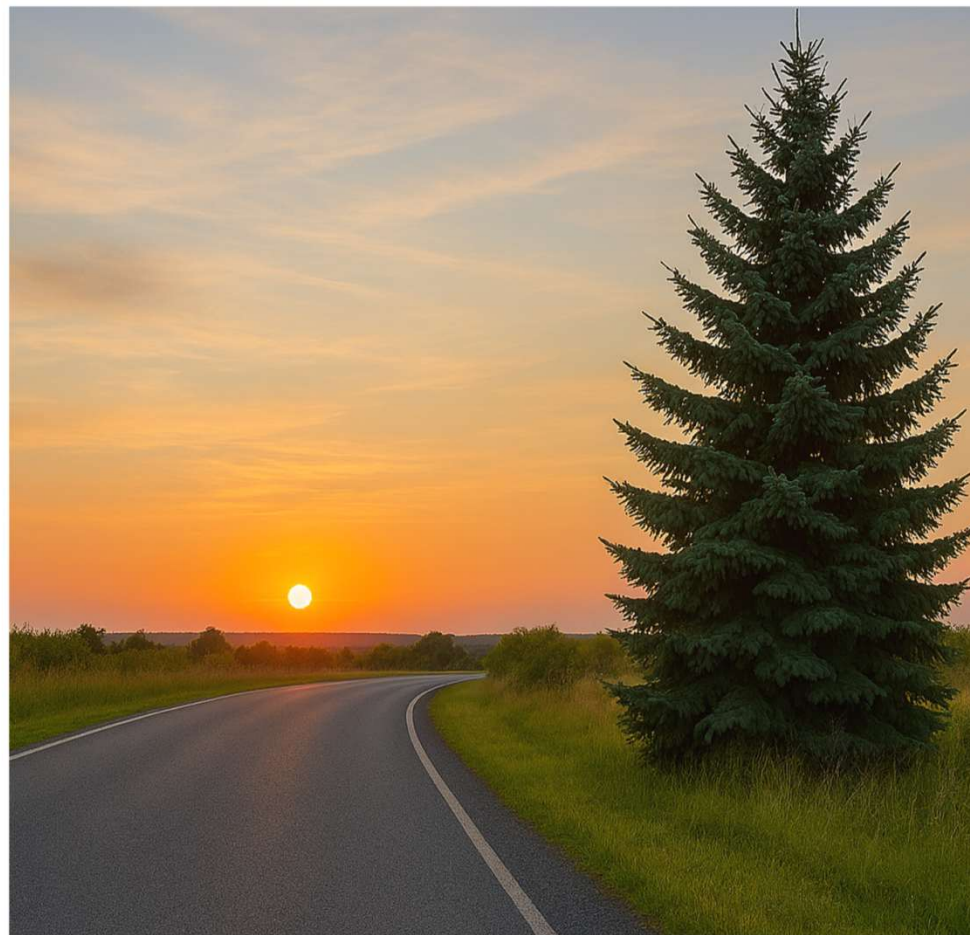


Statens vegvesen

Utvikling av bitumens egenskaper ved repetitiv aldring, med og uten biogene tilsetningsstoffer.

Problemstilling

Hvordan endrer egenskaper seg i et bituminøst bindemiddel når vi substituerer deler av bitumen med biogener. Og hvordan endrer de seg utover i aldringsprosessen sammenlignet med et bindemiddel av rent bitumen.



Bilde er KI-generert.

Hva er biogener?

Biomasse  fysiske, biokjemiske eller termokjemiske prosesser.



Energiholdige produkter

- fast brensel
- drivstoffer
- oljer
- gasser

I bitumen brukes det bio-oljer.

Hva er biomasser?

Generelt kan biomasse defineres som alt hydrokarbon materiale som i hovedsak består av karbon, hydrogen, oksygen og nitrogen.

Noen eksempler på biomasse:

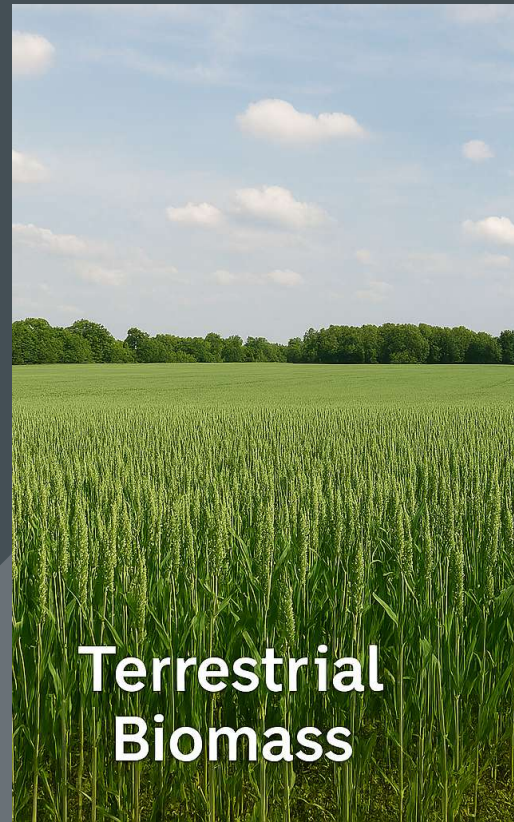
- Planter
- Trær
- Landbruks- og industriavfall
- Papiravfall
- Gress
- Undervannsplanter
- Alger

Biomasse består i hovedsak av 3 organiske komponenter:

- Cellulose
- Hemicellulose
- Lignin

Disse stoffene er avgjørende for at biomasse kan videreføres til energi- og kjemikalieprodukter.

Ressurskilden er stor, men utvinning må utføres bærekraftig.



**Terrestrial
Biomass**



**Aquatic
Biomass**

Bilde er KI-generert.

Laboratoriestudiet

Tester som ble gjennomført:

- Penetrasjon med nål iht. NS-EN 1426:2024 (PE)
- Mykningspunkt med ring- og kule-metoden iht. NS-EN 1427:2015 (MP)
- Kompleks skjærmodul og fasevinkel med dynamisk skjærreometer iht. NS-EN 14770:2023 (DSR)
- Bestemmelse av motstand mot herding under påvirkning av varme og luft. (Rolling Thin Film Oven Test) iht. NS-EN 12607-1:2024 (RTFOT)

Materialer som ble brukt:

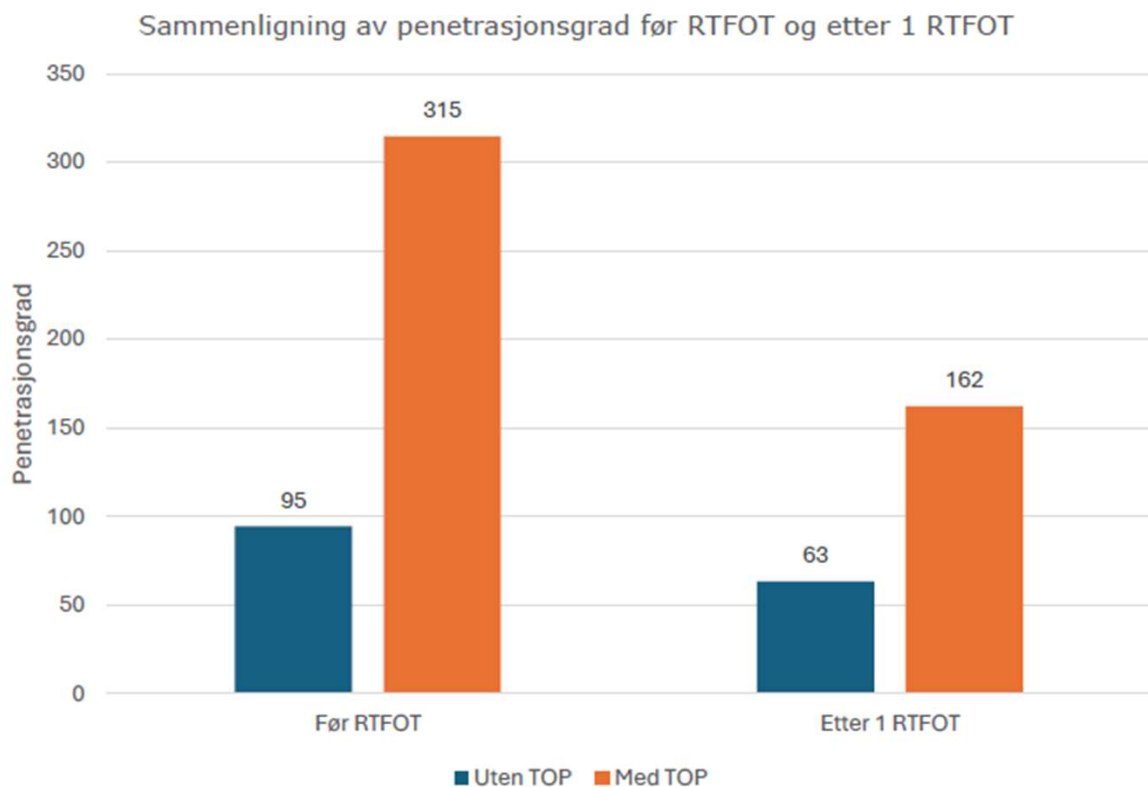
- Bitumen med penetrasjonsgrad 70/100
- En type TOP

En beholder med ren bitumen på 800 gram

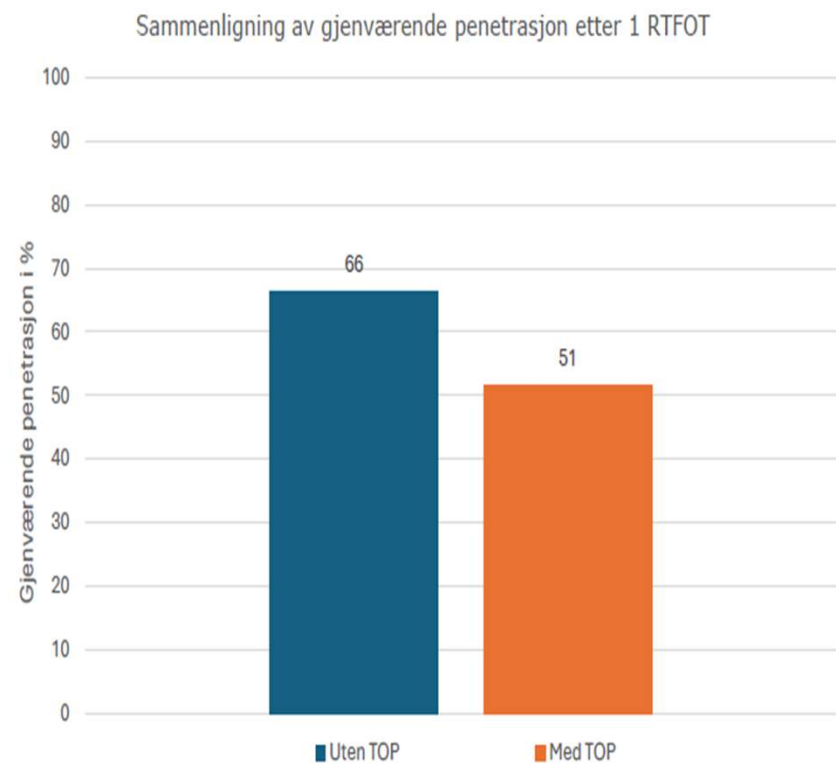
En beholder med ren bitumen på 600 gram blandet med 200 gram TOP (25%)

Sammenligner resultater mellom de to materialene før aldring og etter hver aldring i RTFOT.

Resultater fra PE



Figur 2. Sammenligning av penetrasjonsgrad før RTFOT og etter 1 RTFOT



Figur 3. Sammenligning av gjenværende penetrasjon etter 1 RTFOT.

Tabell 6 viser resultatene fra hvert stikk i bitumen uten TOP og før RTFOT.

Uten TOP før RTFOT. Utført 10.12.2025.		
	mm	Penetrasjonsgrad
Stikk 1	9,7	
Stikk 2	9,4	
Stikk 3	9,3	
Middelverdi	9,5	95
Avvik fra laveste til høyeste	0,4	OK

Tabell 7 viser resultatene fra hvert stikk i bitumen substituert med 25% TOP og før RTFOT.

Med TOP før RTFOT. Utført 10.12.2025.		
	mm	Penetrasjonsgrad
Stikk 1	9,7	Sannsynligvis feil
Stikk 2	28,4	
Stikk 3	34,5	
Middelverdi	31,5	315
Avvik fra laveste til høyeste	24,83	Ikke gyldig resultat

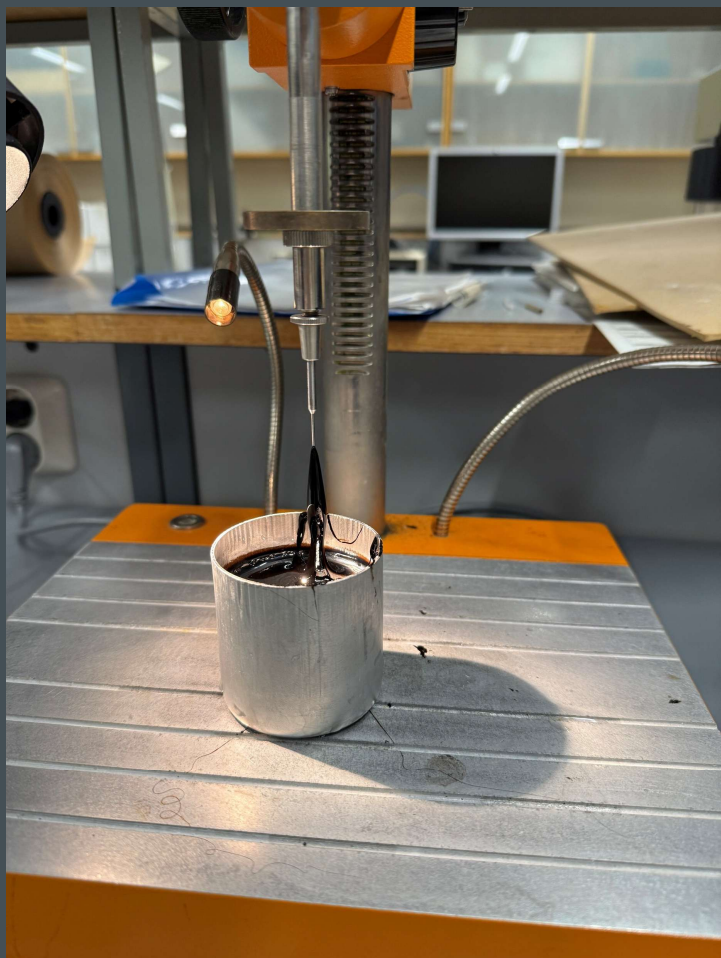
Tabell 8 viser resultatene fra hvert stikk i bitumen uten TOP etter 1 RTFOT.

Uten TOP etter 1 RTFOT. Utført 12.01.2026.		
	mm	Penetrasjonsgrad
Stikk 1	6,1	
Stikk 2	6,3	
Stikk 3	6,6	
Middelverdi	6,3	63
Avvik fra laveste til høyeste	0,5	Litt for høyt

Tabell 9 viser resultatene fra hvert stikk i bitumen substituert med 25% TOP etter 1 RTFOT.

Med TOP etter 1 RTFOT. Utført 12.01.2026.		
	mm	Penetrasjonsgrad
Stikk 1	15,8	
Stikk 2	15,7	
Stikk 3	17,2	
Middelverdi	16,2	162
Avvik fra laveste til høyeste	1,5	For høyt. Ikke gyldig resultat.

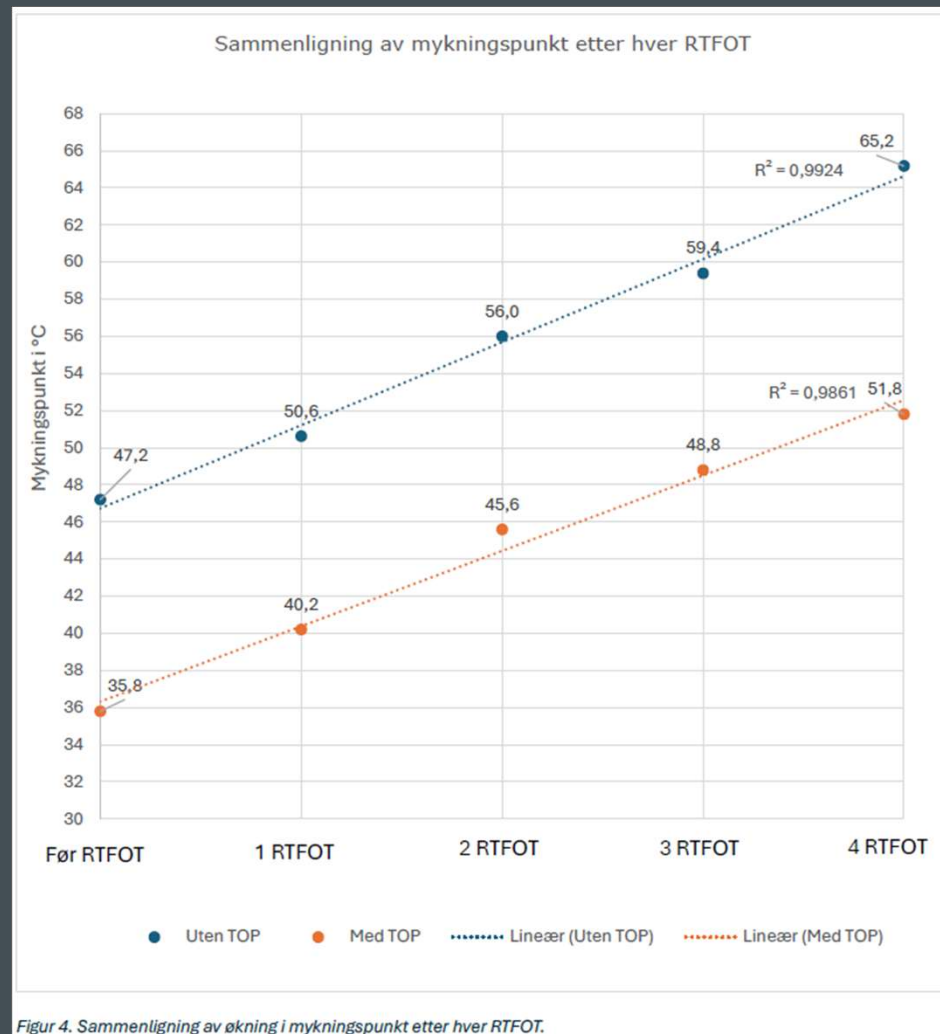
Før RTFOT

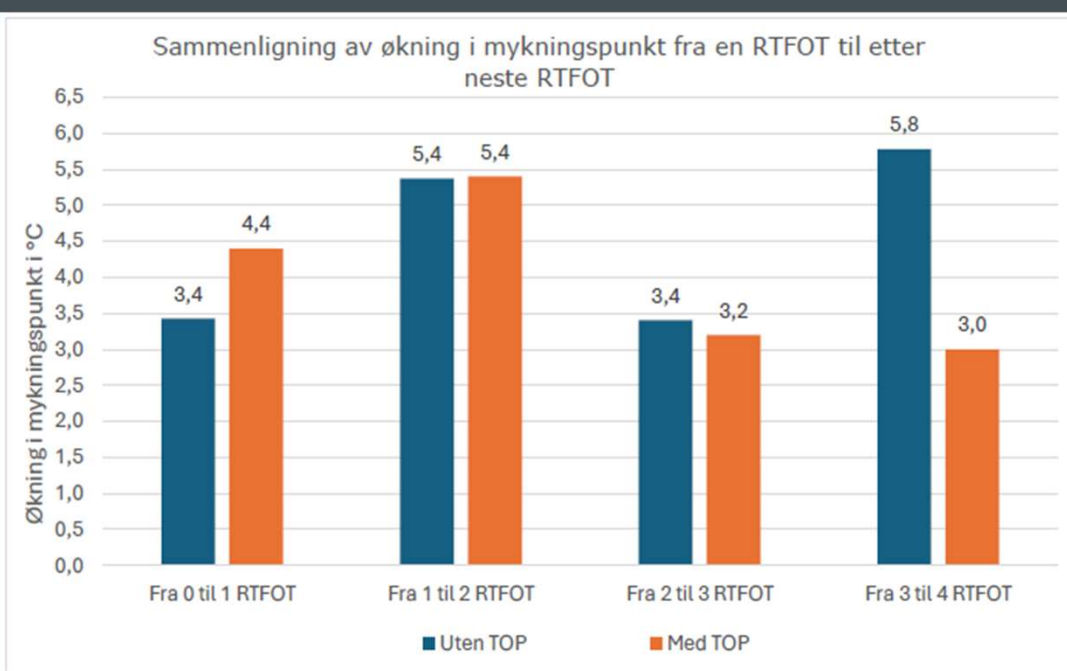


Etter 1 RTFOT

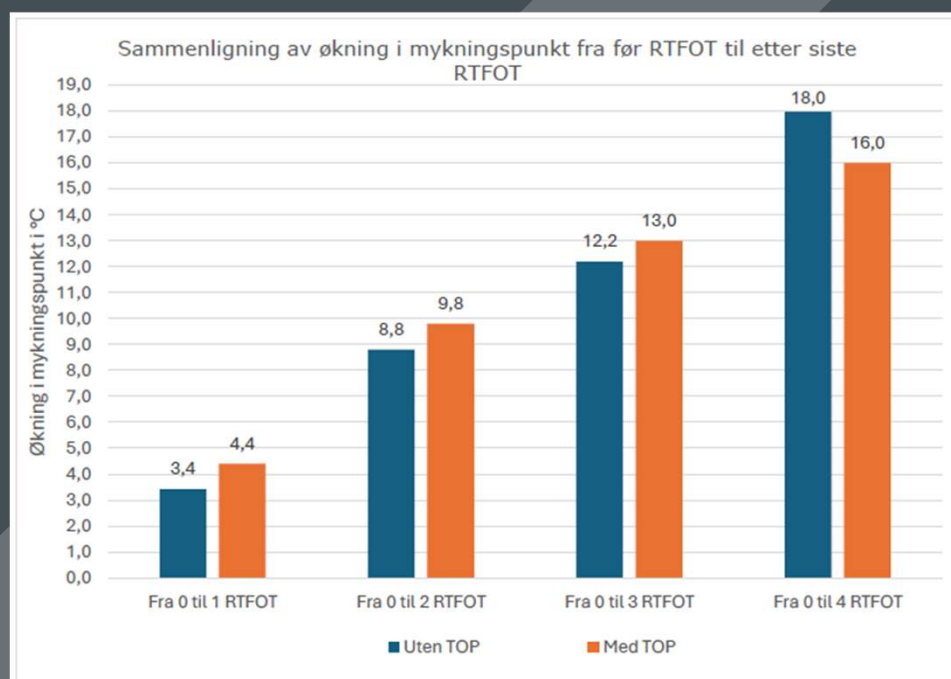


Resultater fra MP



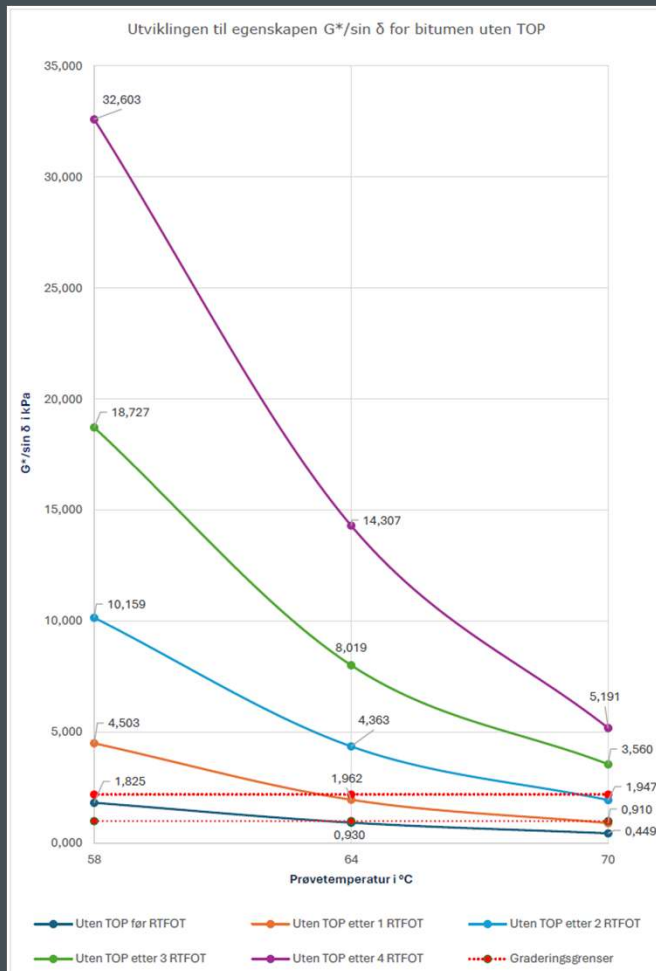


Figur 5. Sammenligning av økning i mykningspunkt fra en RTFOT til etter neste RTFOT.

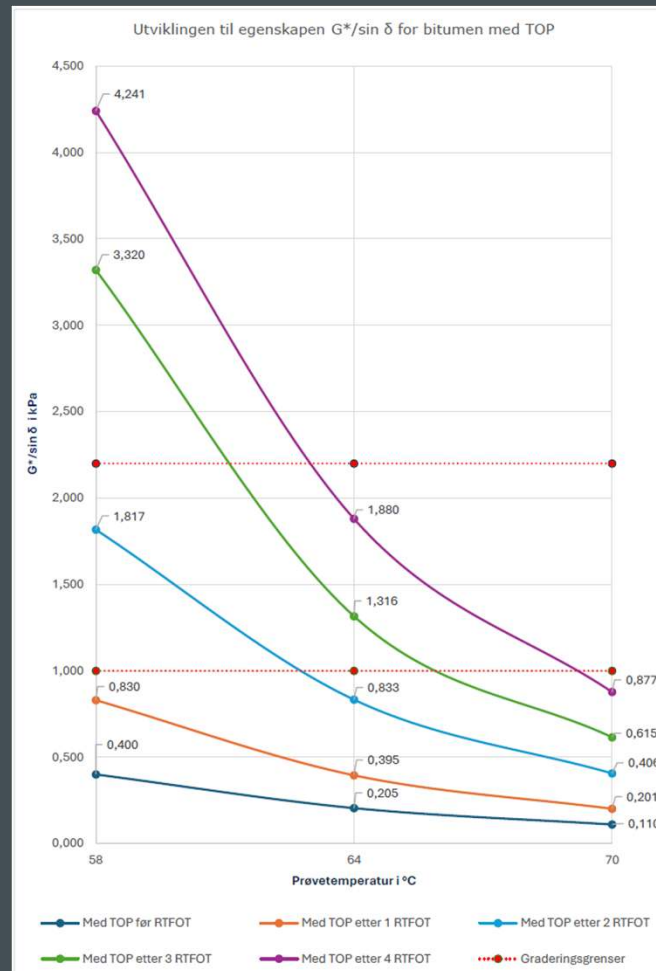


Figur 6. Sammenligning av økning i mykningspunkt fra før RTFOT til etter siste RTFOT.

Resultater fra DSR



Figur 7. Utviklingen til egenskapen $G^*/\sin(\delta)$ for bitumen uten TOP.

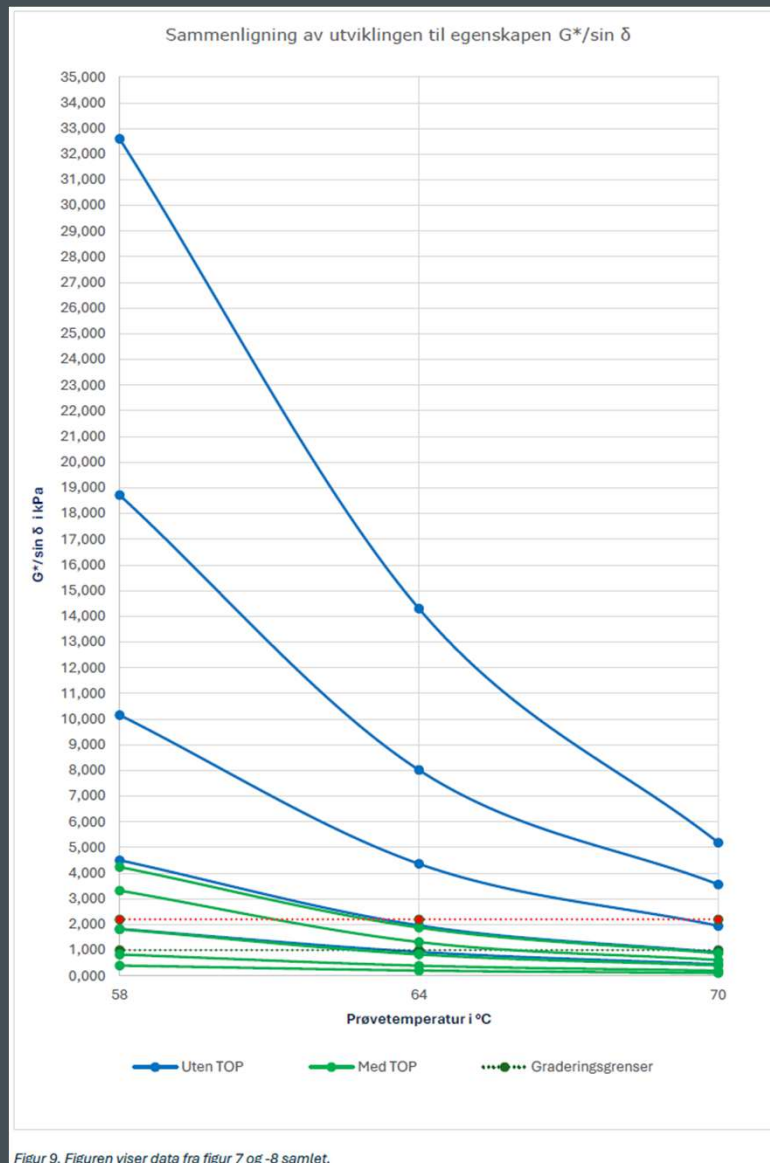


Figur 8. Utviklingen til egenskapen $G^*/\sin(\delta)$ for bitumen substituert med 25% TOP.

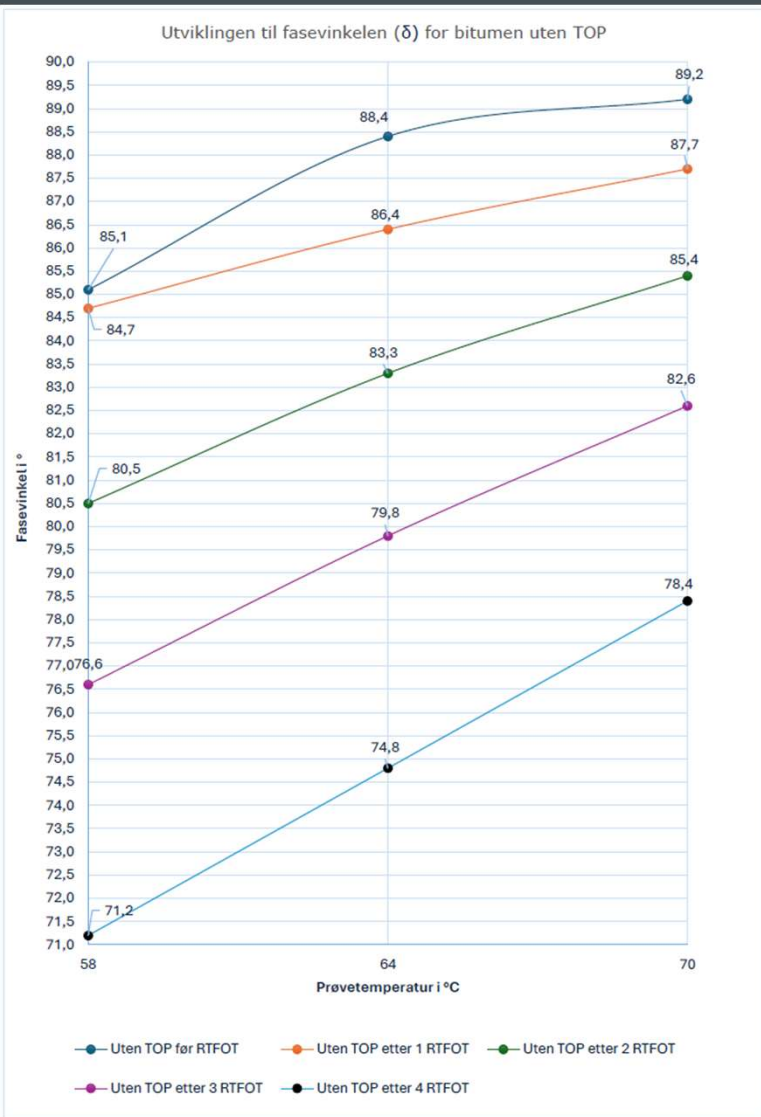
Dissipert arbeid per belastningssyklus ved konstant spenning må minimeres for å redusere spordannelse.

$$W_c = \pi \sigma_0^2 \left[\frac{1}{G^*/\sin \delta} \right]$$

- W_c = arbeid dissipert per belastningssyklus
- σ = spenning påført under belastningssyklusen
- G^* = kompleks skjærmodul
- δ (delta) = fasevinkel



Figur 9. Figuren viser data fra figur 7 og -8 samlet.



Figur 10. Utviklingen til fasevinkelen for bitumen uten TOP.

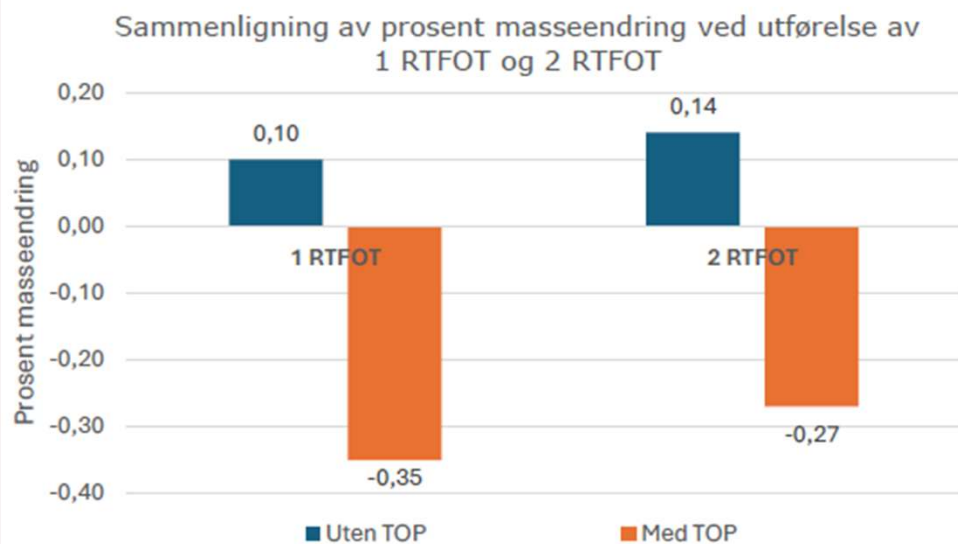


Figur 11. Utviklingen til fasevinkelen for bitumen substituert med 25% TOP.

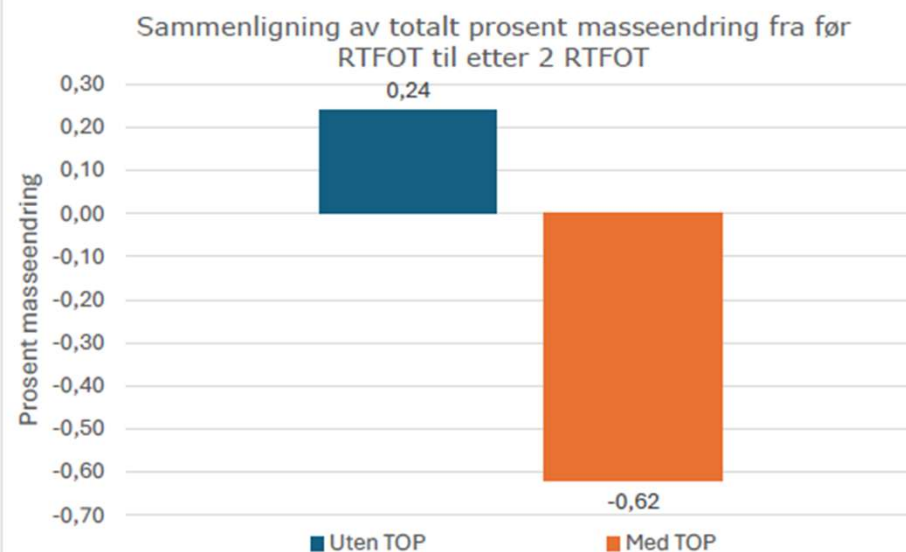
Ønsker at $G^*/\sin \delta$
skal bli høy

↓
 δ må bli lav

Resultat fra RTFOT, prosent masseendring



Figur 12. Sammenligning av prosent masseendring ved utførelse av 1 RTFOT og 2 RTFOT



Figur 13. Sammenligning av total prosent masseendring fra før RTFOT til etter 2 RTFOT.

Konklusjoner

Bitumens mekaniske- og reologiske egenskaper endrer seg

- Fastheten reduseres, med indikasjoner på at den reduseres mindre utover i aldringsprosessen.
- Mykningspunktet reduseres og holder seg stabilt lavere utover i aldringsprosessen.
- Stivheten og elastisitet reduseres ($G^*/\sin\delta$), og forblir lavere med en mindre grad av økning i aldringsprosessen.
- For mye TOP viser stor fare for deformasjon og spordannelse tidlig i bruksfase.

Viktige faktorer:

- Hvor mye bitumen som blir substituert med biogen.
- Andre studier viser at ulike typer TOP gir ulike resultater.
- Andre studier viser at type biomasse bio-oljen er produsert av har betydning på hvordan egenskaper endrer seg.

A scenic landscape photograph featuring a winding asphalt road that curves from the bottom left towards the center. On the right side of the road stands a tall, dark green evergreen tree. The background shows a bright sun low on the horizon, creating a warm orange and yellow glow across the sky and the distant landscape. The sky is filled with soft, wispy clouds. The overall mood is peaceful and contemplative.

Takk for meg

● Henrik Nordahl-Pedersen