Vegdirektoratet
Vegavdelingen
Drift, vedlikehold og vegteknologi
16. oktober 2019

Statens vegvesen

Lærebok vegoppmerking

Anbefalinger og råd om utførelse av vegoppmerking

STATENS VEGVESENS RAPPORTER Nr. 452

Profilert vegoppmerking nedfrest plant spor Dråpeflex i

Nordisk materialsertifisering – RV 2, Haslemoen – Hedmark fylke – Region øst

Profilert vegoppmerking ekstrudert termoplast - kamflex

Forsterket midtoppmerking med plan linje i nedfrest sinusrille

Statens vegvesens rapporter

NPRA reports
Norwegian Public Roads Administration

Tittel
Lærebok
Vegoppmerking

Undertittel
Anbefalinger og råd om utførelse av vegoppmerking

Forfatter
Bjørn Skaar og Terje Giæver

Avdeling
Vegavdelingen

Seksjon
Drift, vedlikehold og vegteknologi

Prosjektnummer
604662

Rapportnummer
Nr. 452

Prosjektleder
Terje Giæver

Godkjent av
Bjørn Skaar

Emneord
Lærebok, vegoppmerking

Sammendrag
Denne læreboken gir anbefalinger og utdyper kravene til vegoppmerking gitt i håndbøkene N302 Vegoppmerking og R310 Trafikksikkerhetsutstyr. Videre inneholder boka beskrivelser av vegoppmerkingsmaterialer, maskiner og utstyr og ulike utleggingsteknikker. Det er også beskrevet metoder for siktmåling og hvordan formerking bør utføres.

Title
Textbook
Road Marking

Subtitle
Road Marking Recommendations

Author
Bjørn Skaar and Terje Giæver

Department
Roads Department

Section
Operation, Maintenance and Road Technology

Project number
604662

Report number
No. 452

Project manager
Terje Giæver

Approved by
Bjørn Skaar

Key words
Textbook, Road Marking

Summary
This textbook gives recommendations and elaborates the requirements for road marking given in the manuals N302 Road Marking and R310 Road Traffic Safety Equipment. The book also contains descriptions of road marking materials, machines and equipment and various laying techniques. Methods are also described for sight measurement and how premarking should be performed.

Antall sider 109
Dato 16. oktober 2019

Pages 109
Date October 16, 2019

Forord

Regelverket om vegoppmerking er angitt i:

- Håndbok N302 Vegoppmerking
- Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr – Del 6. Tekniske krav til vegoppmerkingsmaterialer og utførelse på veg.

Denne læreboka gir anbefalinger og utdyper kravene til vegoppmerking gitt i N302 og R310. Videre inneholder boka beskrivelser av vegoppmerkingsmaterialer, maskiner og utstyr og ulike utleggingsteknikker. Det er også beskrevet metoder for siktmåling og hvordan formerking bør utføres. Et eget kapittel i boka gir en oversikt over data om vegoppmerking som er lagt inn eller som kan legges inn i Nasjonal vegdatabank (NVDB).

Boka er kommet i stand med bidrag fra flere fagspesialister, både i og utenfor Statens vegvesen.

I Vegdirektoratet har Terje Giæver, Vegavdelingen og Bjørn Skaar, Transportavdelingen vært ansvarlige for arbeidet med denne læreboka. Trond Cato Johansen, Rambøll (kapittel 2, tekst og foto) og Bjørn Nossen, Geveko (kapittel 6 og 7, tekst og foto) har gitt viktige bidrag til læreboken. Videre har vegoppmerkingsmiljøene i Statens vegvesens regioner bistått med nyttige råd , erfaringer og foto. Kapittel fra NVDB er utarbeidet av Vilhelm Børnes, Transportavdelingen i Vegdirektoratet. Fotos som ikke er kreditert med kilde er fra Statens vegvesens arkiv håndbøker etc. og/eller ukjent opphav.

Vegdirektoratet

Oktober 2019

Innhold

Forord 1
1 Vegoppmerking – trafikantenes behov 7
1.1 Innledning 7
1.2 Tekniske krav til en funksjonell vegoppmerking 7
1.3 Plane og profilerte linjer 10
1.4 Oppmerking lagt i et fresespor for å beskytte linjene 11
1.4.1 Forsterket vegoppmerking i nedfrest sinusrille 12
1.4.2 Vegoppmerking i plane fresespor 13
2 Vegoppmerkingsmetoder – og strategier 15
2.1 Innledning 15
2.2 Vegoppmerkingens funksjonelle levetid 15
2.3 Vegoppmerkingens levetidskostnader 17
2.4 Aktuelle metoder for vegoppmerking i Norge 18
2.4.1 Maling 18
2.4.2 Termoplast 19
2.5 Prosjekt «Beste praksis vegoppmerking» 23
3 Valg og plassering av langsgående linjer i vegens tverrprofil 29
3.1 Ulike typer langsgående linjer 29
3.2 Linjer i plant nedfrest spor 30
3.3 Forsterket vegoppmerking 31
3.4 Bruk av ulike typer langsgående linjer - anbefalinger 32
3.4.1 Gule linjer 32
3.4.2 Hvite kantlinjer 33
3.4.3 Brede 2-felts veger uten midtdeler 35
3.5 Plassering av linjer i vegens tverrprofil 35
4 Forsterket vegoppmerking – utførelse og kontroll 37
4.1 Generelt 37
4.2 Forsterket midtoppmerking (FMO) 37
4.3 Forsterket kantoppmerking (FKO) 39
4.4 Forsterket kant- og midtoppmerking 40
4.5 Kravspesifikasjon til fresespor 41
4.5.1 Generelle krav 41
4.5.2 Utforming og tillatte avvik 41
4.5.3 Kontrollomfang 42

4.5.4 Dekkekvalitet ... 43
5 Siktmåling – utførelse og kontroll ... 44
5.1 Stoppsikt ... 44
5.2 Siktmåling for oppmerking av kjørefeltlinje på 2-felts veg ... 45
5.2.1 Siktkrav ... 45
5.2.2 Siktmåling ... 46
5.2.3 Minimum lengde av kjørefeltlinje ... 50
5.2.4 Kjørefeltlinjer ved vikepliktsregulerte kryss ... 52
6 Vegoppmerkingsmaterialer – typer og egenskaper ... 53
6.1 Innledning ... 53
6.2 Linjetyper ... 54
6.2.1 Langsgående oppmerking ... 54
6.2.2 Tverrgående oppmerking, symboler og tekst ... 54
6.2.3 Symboler og tekst ... 54
6.3 Funksjonelle krav til vegoppmerking ... 54
6.3.1 Retrorefleksjon ... 55
6.3.2 Friksjon ... 57
6.3.3 Fargekoordinater ... 58
6.4 Materialtyper ... 60
6.4.1 Maling ... 60
6.4.2 Termoplast ... 62
6.4.3 Prefabrikkert termoplast ... 63
6.4.4 2-komponent og epoxy ... 64
6.4.5 Drop-on-glass og friksjonsaggregat ... 65
6.5 Slitasjeegenskaper ... 65
6.6 Nordisk sertifisering av vegoppmerkingsmaterialer ... 67
6.7 Helse, miljø og sikkerhet ... 69
6.8 Linjefeil ... 70
6.8.1 Orientering av drop-on-glasset og retrorefleksjon ... 70
6.8.2 Vedheft ... 72
6.8.3 Krakelering ... 73
6.8.4 Glødeskall ... 74
6.8.5 Sverting ... 74
6.8.6 Dårlig spraybilde ... 75
6.8.7 Sprut ... 75
7 Maskiner og utstyr for vegoppmerking ... 77
7.1 Generelt ... 77

7.2 Historikk ... 77
7.3 Smeltegryter ... 78
7.4 Tverrgående oppmerking ... 78
7.4.1 Smelte- og produksjonsenheter ... 78
7.4.2 Utleggingsutstyr ... 79
7.5 Langsgående oppmerking med termoplast ... 81
7.5.1 Smelte- og produksjonsenheter ... 81
7.5.2 Spraymaskin ... 82
7.5.3 Ekstrudermaskin ... 84
7.5.4 Malemaskin ... 86
7.6 Glasspåføring ... 87
8 Formerking – utførelse og utstyr ... 89
8.1 Hensikt ... 89
8.1.1 Innmåling av støttepunkt ... 89
8.1.2 Bruk av midlertidige vegbanereflektorer ... 90
8.1.3 Formerking av midt- og kantlinjer ... 91
8.1.4 Formerking på flerfelts veger ... 92
8.2 Formerking før utførelse av fresing (sinusriller eller plane spor) ... 92
8.3 Formerking av gult sperreområde/kanalisering vist med vegoppmerking ... 95
8.4 Koding av linjetyper i vegbanen ... 95
8.5 Kjøretøy og utstyr for utførelse av formerking ... 97
9 Vegoppmerking og Nasjonal vegdatabank ... 99
9.1 Om Nasjonal vegdatabank ... 99
9.2 Vegoppmerking i NVDB ... 100
9.2.1 Vegoppmerking, tverrgående ... 100
9.2.2 Vegoppmerking, langsgående ... 102
9.2.3 Vegoppmerking, forsterket (FVO) ... 104
10 Fremtidig faglig utvikling – ønsker og behov ... 105
10.1 Tilstandsstyrt planleggingssystem – Road Marking Management System ... 105
10.2 Nye metoder og arbeidsoperasjoner ... 106
10.2.1 Siktmåling ... 106
10.2.2 Erstatte manuelt utførte arbeidsoperasjoner med maskinelle ... 106
10.2.3 Automatisert mengdekontroll på utleggerenheter (maskiner) ... 108
10.2.4 Øvrig automatisering for utførelse av vegoppmerking ... 109
10.2.5 Formalisere kompetansekrav, fagbrev e.l. ... 109

1 Vegoppmerking – trafikantenes behov

1.1 Innledning

En vegoppmerking som skal dekke trafikantenes behov skal:

- være synbar i dagslys
- være synbar i mørke
- gjengi korrekte farger (gul og hvit)
- ha god friksjon

I tillegg er oppmerking som avgir vibrasjon/støy ved overkjørsel en egenskap som etterlyses i stadig større omfang. Denne type oppmerking har vist seg å ha meget god effekt på trafikksikkerheten.

I de senere årene har det vært en stor innsats på å utvikle vegoppmerkingsmetoder som bedre imøtekommer utfordringene vi har i Norge med hensyn til at linjene skal være mest mulig intakt gjennom hele året, også i vinterhalvåret. Slitasje fra piggdekk og mekaniske påkjenninger fra vinterdriften er en stor utfordring i denne sammenhengen.

Når vegoppmerking utføres på et nytt asfaltdekke er det normalt ingen stor utfordring å imøtekomme de tekniske kravene til en god og funksjonell vegoppmerking. Utfordringen er å opprettholde vegoppmerkingens egenskaper over tid, slik at behovet for reparasjoner og ny oppmerking ikke inntreffer for tidlig. Valg av vegoppmerkingsmateriale og vedlikeholds-strategi er derfor av stor betydning.

Omsetning til vegoppmerking i 2017 utgjorde totalt ca. 315 mill.kr, henholdsvis 155 mill.kr på riksveg og 160 mill.kr på fylkesveg fordelt på:

1. Nye asfalterte vegdekker: Vegoppmerking som følge av nye asfalterte vegdekker utgjør i dag ca. 30% av tildelingen
2. Vedlikehold: Vedlikehold, reparasjon av eksisterende oppmerking (linjer, symboler, tekst) – utgjør i dag ca. 70 % av tildelingen.

Kostnader til vegoppmerking på nye vegparseller som åpnet for trafikk i 2017 var ca. 30 mill.kr.

1.2 Tekniske krav til en funksjonell vegoppmerking

Statens vegvesens håndbok R 310 Trafikksikkerhetsutstyr – Del 6 angir tekniske krav til vegoppmerking:

- Å være synbar i dagslys er definert gjennom nivå på oppmerkingens luminans – koeffisient (Q_d)
- Å være synbar i mørke både på tørr og våt vegbane er definert gjennom nivå på oppmerkingens retroreflekterende egenskaper (R_L – retrorefleksjonskoeffisient)
- Å gjengi korrekt farge er definert gjennom x-y fargekoordinater
- Å ha tilstrekkelig friksjonsegenskaper som angis ved å måle oppmerkingens SRT-verdi med TRRL-pendel, alternativt μ-verdi med PFT (Portable Friction Tester)

I tillegg må vegoppmerkingsmateriale ha tilfredsstillende

- slitasjeegenskaper
- vedheftingsegenskaper til vegdekket

Disse egenskapene skal være tilstede hele perioden hvor oppmerkingen brytes ned som følge av trafikkbelastning, mekaniske påkjenninger etc.

Synbarhet i mørke ved våt vegbane ($R_{L,\ våt}$)

Når vegbanen (asfalten) er tørr vil en tradisjonell plan oppmerking lett kunne imøtekomme trafikantenes behov for optisk (visuell) ledning. I mørke og ved regnvær vil imidlertid utfordringene være langt større for å oppnå samme synlighet (retrorefleksjon) av oppmerkingen. Vannspeil legger seg over oppmerkingen og hindrer at lys fra billykter avgir retrorefleksjon, men avgir speiling i stedet.

De senere års utvikling av såkalte profilerte linjer (Type II) utført både som nedfrest oppmerking og lagt direkte på vegdekket har gitt mulighet for å innføre krav til vegoppmerkingens synbarhet også i mørke ved våt vegbane (regnvær).

I R310 er det angitt følgende krav:

> For alle kantlinjer på riksveger med ÅDT $\geq$ 2000 er det krav til våtfunksjon. Kravet til våtfunksjon gjelder imidlertid ikke på vegstrekninger med vegbelysning. I tillegg skal det ved bruk av profilerte linjer tas hensyn til støy for nærliggende bebyggelse etter vanlige regler.

Kravet gjelder hvite kantlinjer, da det er disse som gir størst bidrag til å vise vegens linjeføring ved kjøring i mørke.

Stor slitasje på sperreområde for å vise kanalisering av vegkryss

Stor slitasje på gangfelt

Stor slitasje på langsgående kant – og midtlinjer

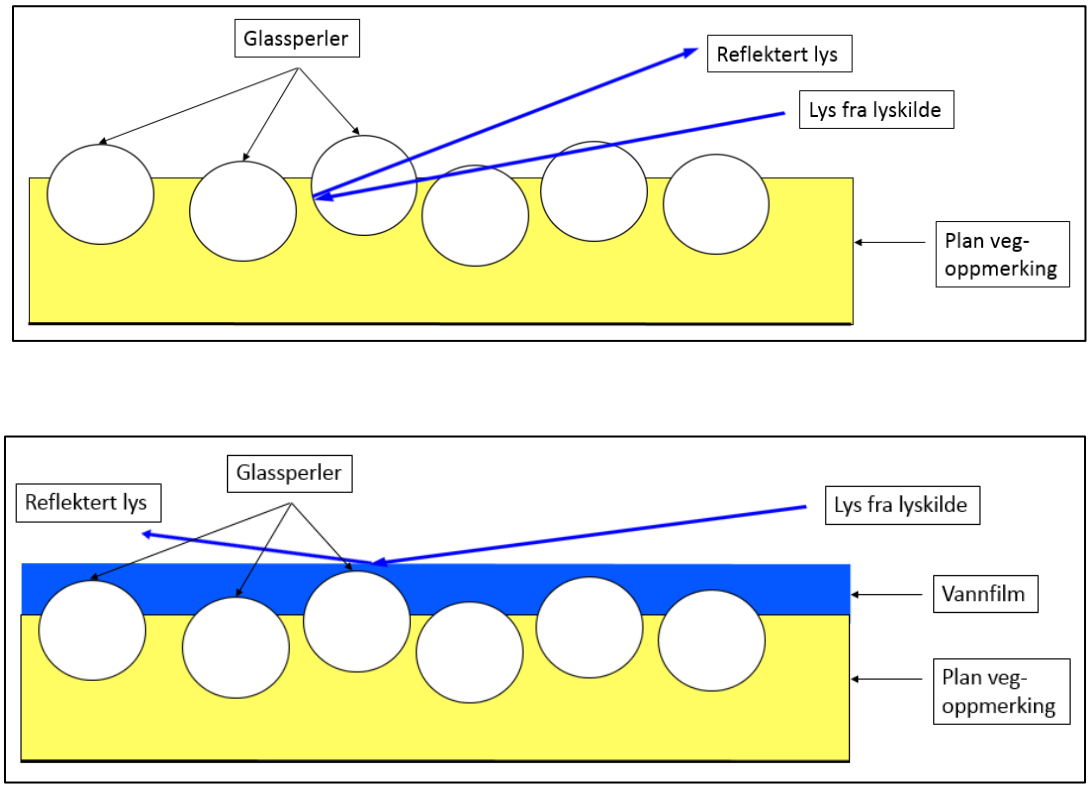
Nylagt vegoppmerking på nytt vegdekke

Figur 1.1: Eksempel på slitasjeutsatt vegoppmerking og nylagt vegoppmerking

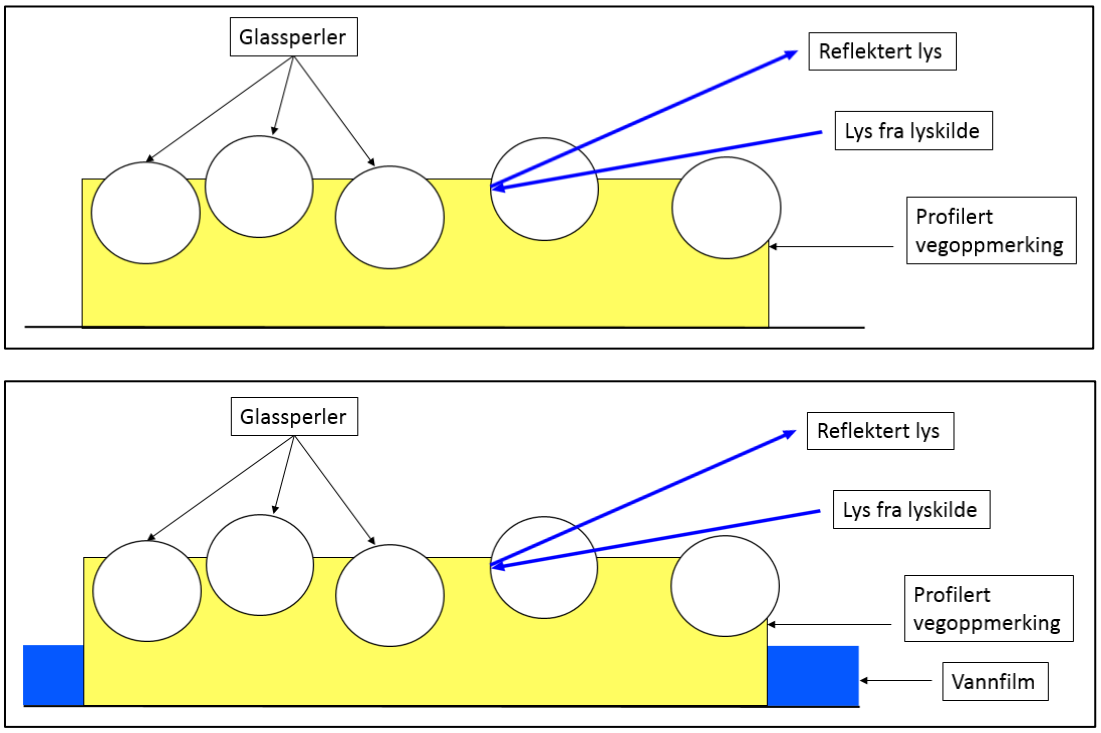
1.3 Plane og profilerte linjer

På vegnettet i dag merkes i hovedsak både langsgående linjer, symboler og tekst med bruk av tradisjonelle plane linjer (type I). Likevel ser vi en utvikling i retning av at en stadig større andel av den langsgående vegoppmerkingen skjer med bruk av profilerte linjer (type II).

Da profilerte linjer ble introdusert i Norge var det særlig egenskapen vibrasjon/støy ved overkjørsel som fikk mest oppmerksomhet. I andre land i Europa var fordelene med bruk av profilerte linjer i første rekke forklart med at slike linjer hadde bedre synbarhet i mørke ved våt vegbane (i regn) sammenlignet med plane linjer. Dette forklares med at profilene på vegoppmerkingen stikker opp over vannspeilet på et vått asfaltdekke slik at refleksjon fra en lyskilde (bilens lyskaster) muliggjøres. Plane linjer vil i motsetning til profilerte linjer ligge under vannspeilet og resultere i en speiling av lys bort fra linjene, og ikke tilbake til fører av kjøretøy.



Figur 1.2: Retrorefleksjon ved plan vegoppmerking. Lys fra kjøretøy reflekteres tilbake til bilfører ved tørr vegoppmerking, men ikke ved våt vegoppmerking.



Figur 1.3: Retrorefleksjon ved profilert vegoppmerking. Lys fra kjøretøy reflekteres tilbake til bilfører både ved tørr og våt vegoppmerking.

Erfaringene i Norge med profilerte linjer er at slike linjer er svært utsatt for mekaniske påkjenninger (vinterdrift) og derved ressurskrevende å holde intakt. Det er også en sterk negativ respons på bruk av slike linjer nær boligbebyggelse fordi overkjørsel av oppmerkingen kan oppleves som plagsom støy, særlig når boligene ligger nær vegen. Dette har ført til restriksjoner for bruk av slike linjer. I tillegg må bruken av slik vegoppmerking anvendes med varsomhet på strekninger der sykkelandelen er høy.

1.4 Oppmerking lagt i et fresespor for å beskytte linjene

Forsøk med å frese et spor i asfaltdekket og legge oppmerkingen ned i fresesporet for å beskytte linjene startet i Norge rundt år 2000.

Tanken om å beskytte linjene må ses i sammenheng med ønsket om at vegoppmerkingen skulle fremstå mer intakt og med bedre synbarhetsegenskaper både ved kjøring i dagslys og mørke. Der hvor vegoppmerkingen var utsatt for store mekaniske skader ville for eksempel linjer lagt i et fresespor bedre imøtekomme ønsket om lengre varighet. Metoden vil i stor grad redusere mengden av vegoppmerkingsmaterialer som havner i vegkanten etter en vintersesong, og dette vil også være et fornuftig miljøtiltak med tanke på redusert spredning av mikroplast.

Det å kombinere vegoppmerking sammen med et mest mulig formålstjenlige fresespor ble etter hvert en viktig utfordring. Mange varianter er utprøvd og dokumentert de senere årene.

Samme utvikling har foregått i Europa og USA. I Norge har vi funnet det mest formålstjenlig å kombinere flere effekter.

Figur 1.4: Langsgående vegoppmerking lagt ned i et fresespor

To varianter av fresespor benyttes i dag:

1. Forsterket vegoppmerking – sinusrille og nedfrest sinusrille
2. Vegoppmerking i plane fresespor

1.4.1 Forsterket vegoppmerking i nedfrest sinusrille

Bruk av forsterket vegoppmerking utføres i henhold til bestemmelser angitt i N302 – Vegoppmerking (2015). Se også kapittel 4 i denne veilederen for nærmere beskrivelser. Det er angitt normalbestemmelser for når bruk av forsterket midtoppmerking (FMO) og forsterket kantoppmerking (FKO) skal vurderes.

Restriksjoner på bruk av forsterket vegoppmerking er i første rekke knyttet til utfordringer slik oppmerking utgjør for syklende. Når for eksempel FKO anvendes skal syklende ha tilbud om løsning langs lokalt vegnett. FMO skal ikke benyttes dersom potensialet for antall gående og syklende overstiger 50 i et normaldøgn, eller dersom strekningen er skoleveg.

Figur 1.5: Forsterket vegoppmerking i nedfrest sinusrille

Undersøkelser av effekt av forsterket vegoppmerking er meget gode. FMO viser svært stor TS-effekt (Statens vegvesen, Effekt av forsterket midtoppmerking, 2016-08-25). Statens vegvesen har under gjennomføring et program for å etablere FMO på alle riksveger som imøtekommer kriteriene som gjelder for bruken av dette tiltaket. Det er gitt tilsvarende anbefalinger på fylkesvegene.

Anvendelse av FKO er pr i dag ikke formalisert i tilsvarende program for gjennomføring som forsterket midtoppmerking.

1.4.2 Vegoppmerking i plane fresespor

Når vegoppmerking legges i plane fresespor, representerer ikke denne løsningen samme utfordring i forhold til syklende. Tiltaket bør likevel anvendes med varsomhet langs veger med mye sykkeltrafikk.

Utforming og bruk av vegoppmerking i plane fresespor er nærmere beskrevet i kapittel 3.

Figur 1.6: Vegoppmerking dråpeflex i plant fresespor

2 Vegoppmerkingsmetoder – og strategier

2.1 Innledning

Ved valg av metoder og strategier for vegoppmerking er det flere faktorer å ta hensyn til. Det grunnleggende er at trafikantenes behov for informasjon, sikkerhet og visuell ledning ivaretas på best mulig måte i hele den funksjonelle levetiden for vegoppmerkingen. Med funksjonell levetid menes den perioden vegoppmerkingen oppfyller funksjonskravene som gjelder.

Trafikantenes behov og hvilke tekniske krav som skal gjelde er beskrevet i kapittel 1. Krav til synbarhet gjelder både i dagslys og i mørke, både på våt og tørr vegbane. Disse synbarhetskravene gir trafikantene visuell leding som gjør dem i stand til å planlegge sin kjøring på en sikker og komfortabel måte. I tillegg ivaretas informasjons- og regulerings-behovet ved linjeutforming og fargebruk (gul og hvit vegoppmerking).

Ved valg av vegoppmerkingsstrategi må det tas hensyn til hvilke metoder som er best egnet til å oppfylle funksjonskravene i en forventet levetid. Til denne vurderingen bør det knyttes et kostnadselement, slik at valget er underlagt en kost/nytte-vurdering, og samtidig innenfor de muligheter som gis i årlige budsjetter.

Hvilke metoder som kommer best ut i en slik totalvurdering har ofte ikke et enkelt og entydig svar. Det finns en rekke faktorer som påvirker levetiden hver for seg, eller i et samspill som noen ganger kan være vanskelig å definere.

2.2 Vegoppmerkingens funksjonelle levetid

Vegoppmerking som legges ut, enten som nye linjer på et nyasfaltert vegdekke eller som reparasjon på eksisterende vegdekke, vil over tid slites ned. Slitasjen kan registreres både som fysisk reduksjon i areal og tykkelse, men også som redusert funksjonsevne. Som regel går den fysiske slitasjen hånd i hånd med den funksjonelle, men det er ikke alltid tilfelle.

Slitasjen over tid drives av ytre faktorer som kan deles i mekaniske og «kjemiske».

Typisk mekanisk slitasje er:

- Mengde overkjøringer. Det vil si trafikkbelastningen, som har sammenheng med vegens ÅDT. Trafikkbelastningen påvirkes også av vegens kurvatur, samt vegbredde
- Vinterdrift som brøyting og høvling
- Piggdekk-bruk i vinterhalvåret

Asfaltdekkets makrotekstur, dvs. overflatens grovhet vil også påvirke den mekaniske slitasjen.

De «kjemiske» slitasjefaktorene er typisk:

- Salting på vinterveg
- Oljesøl og annen forurensing
- Solens UV-stråling som bryter ned vegoppmerkingens overflate
- Regn og vind som vasker bort løse partikler etter UV-nedbrytingen

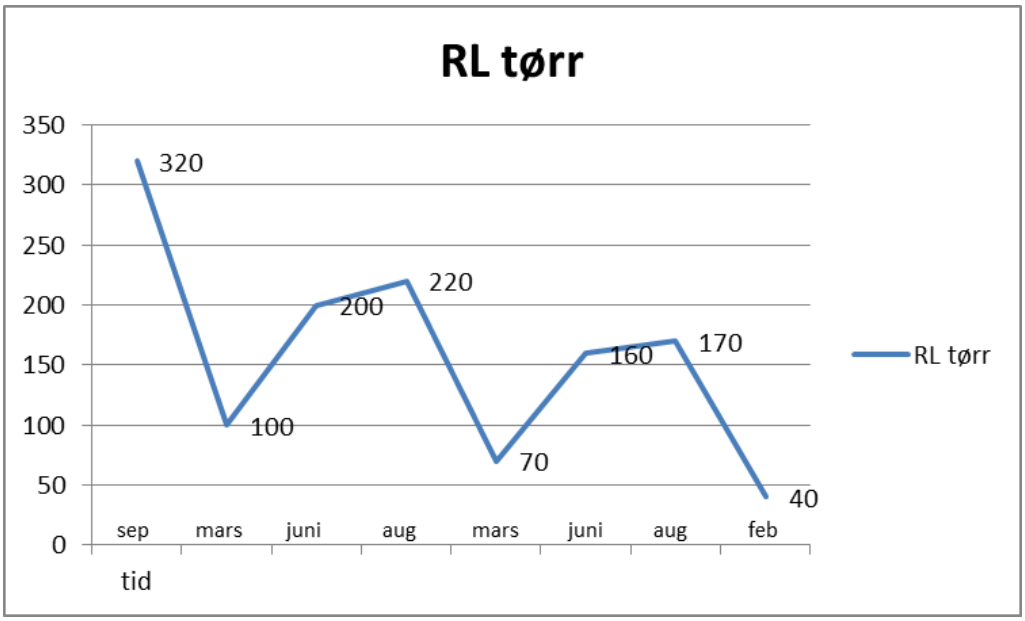
Man ønsker gjerne en vegoppmerking som er mest mulig holdbar, både med tanke på fysiske og funksjonelle egenskaper. Det er også ønskelig med en kontrollert nedsliting av vegoppmerkingen, slik at linjenes overflate stadig fornyes og de funksjonelle egenskapene opprettholdes. Viktigheten av denne rensingen av vegoppmerkingens overflate, som er påvirket av sol, regn og vind, er betydelig. I en tunnel vil vi ikke oppnå denne påvirkningen av vær, samtidig som vegoverflaten i tunnel ofte vil være utsatt for annen forurensing. Selv den beste vegoppmerking faller derfor raskt under funksjonskravene inne i en tunnel.

I Norge har vi spesielle utfordringer i forhold til klima som påvirker vegoppmerkingens levetid. Vinter er i varierende grad preget av kulde og snø, der brøytingen kan påføre vegoppmerkingen betydelig slitasje eller skade. En annen utfordring er bruken av piggdekk vinterstid. Kjøring med piggdekk på vegoppmerking vil knuse mange av mikroglassperlene som ligger i overflaten av vegoppmerkingen. Disse glassperlene tjener som refleksmedier, og reflekterer lyset fra kjøretøyenes lykter tilbake til føreren (retrorefleksjon).

For å møte vinterens utfordringer i Norge er det viktig at materialene som brukes til vegoppmerking innehar en viss kuldefleksibilitet. I Vest-Europa er det kun Finland, Sverige og Norge som har disse kulde- og piggdekkproblemene i forbindelse med vegoppmerking. Materialene som brukes her må derfor være spesielt tilpasset våre behov. Det vil si at materialer som brukes i sydligere og varmere klima ikke uten videre er egnet til bruk i Norge. Tilsvarende kan vi si at materialer som fungerer godt i Norge ikke nødvendigvis vil være bra i land med varmere klima.

Krevende vinterforhold vil også medføre at det er vanskelig for selv meget god vegoppmerking å opprettholde nødvendige funksjonsegenskaper gjennom vinteren. De nevnte problemene med piggdekkbruk og brøyting er en del av forklaringen, men også saltingen av vegene gir vegoppmerkingen problem med å fungere som ønskelig. Saltet binder fuktighet, og en fuktig hinne på vegoppmerkingen vil redusere retrorefleksjonen (synbarhet i mørke) betydelig. I tillegg er selvfølgelig møkk, skitt og søle på linjene årsak til at synbarheten reduseres.

I Figur 2.1 nedenfor beskrives et typisk forløp for utviklingen av retrorefleksjonen over års-syklusen. Fra en relativ høy nyverdi (320 $mcd \cdot m^{-2} \cdot lx^{-1}$) taper nivået seg om vinteren, men tar seg opp igjen på forsommeren. I løpet av sommeren øker nivået noe, før vinteren igjen gjør seg gjeldende. Deretter gjentar dette forløpet seg, men med stadig lavere nivå på grunn av generell slitasje. Tallverdiene i figuren er hentet fra reelle tilstandsmålinger, men er her kun ment som et eksempel på en ganske vanlig utvikling.



Figur 2.1: Utvikling av retrorefleksjon

De nivåfallene som opptrer, spesielt retrorefleksjonsverdiene vinterstid er selvfølgelig uønsket, men pr. i dag har man ikke funnet noen løsning på denne problemstillingen.

2.3 Vegoppmerkingens levetidskostnader

Som tidligere nevnt er det nødvendig å knytte et kostnadselement til valget av metode for vegoppmerking. De ulike vegoppmerkingsmaterialene og utleggingsmetodene har et stort spenn i anskaffelsespris og holdbarhet. Det er derfor nødvendig å ha kunnskap om forventet funksjonell levetid på de ulike vegoppmerkingsalternativene, og knytte dette opp mot respektive anskaffelsespriser. Dette kan gjøres ved hjelp av kost/nytte-analyser gjennom den funksjonelle levetiden (også kalt LCC, Life Cycle Cost).

Når det legges nytt dekke på en veg så skal det også legges ny vegoppmerking. Oppmerking på nytt dekke kalles nylegging. Valg av material og metode for nyleggingen gjøres ut fra kriterier som bl.a. vegtype, ÅDT og linjetype. Etter en viss tid, som kan være fra ett til flere år, inntrer en slitasje som nødvendiggjør reparasjon av vegoppmerkingen. Reparasjonsbehovet varierer med valgt metode for nyleggingen og flere andre faktorer. I noen tilfeller, hvis slitasjen er stor, velger man en heldekkende reparasjon, men som regel reparerer man bare der slitasjen er størst. I løpet av dekkets levetid vil vi altså ha en nyleggingsprosess og et antall reparasjonsprosesser.

Metoden man velger for nylegging er ofte en annen enn man velger for reparasjoner. Ved å summere de totale kostnadene for nyleggingen og alle reparasjonene i hele vegdekkets levetid vil vi altså få et uttrykk for vegoppmerkingens totale kostnader fra nylegging til vegen blir reasfaltert. Ved å dele denne totale kostnaden på antall år fra nylegging til reasfaltering får vi altså levetidskostnaden pr år for vegoppmerkingen i hele dekkets levetid. Ved å sammenligne levetidskostnad pr år for ulike vegoppmerkingsmaterialer og utleggingsmetoder kan vi altså fastslå hvilke metoder som er mest kostnadseffektive under gitte forutsetninger, samtidig som funksjonsnivået ivaretas som forutsatt.

Det ble gjennomført et prosjekt i Statens vegvesen, Region øst og Region sør med feltforsøk og målinger fra 2008 til 2012. Prosjektet gikk ut på å prøve ut de aktuelle vegoppmerkings-metodene i større omfang, der de variable påvirkningsfaktorene ble systematisert, og dermed holdt under kontroll. Målet med prosjektet var å dokumentere levetidskostnader pr år for de aktuelle metodene, og ved hjelp av dette å etablere en felles vegoppmerkingsstrategi i regionene. Prosjektet ble konkludert og rapportert i 2013, og ga grunnlaget for en felles best praksis i de to regionene. Resultatet fra dette prosjektet er det gjort nærmere rede for i kapittel 2.5.

2.4 Aktuelle metoder for vegoppmerking i Norge

De metodene som er i bruk i Norge i dag baserer seg på to typer materialer, termoplast og vannbasert maling. I Europa benyttes også løsemiddelbasert maling og ulike typer to- eller flerkomponent kaldplast. De sistnevnte materialtypene er for tiden ikke i bruk i Norge. Løsemiddelbasert maling blir ikke anvendt i Norge på grunn av helse- og miljøhensyn. Kaldplast har foreløpig ikke samme evne som termoplast til å fornye overflaten ved slitasje, og materialet blir dermed problematisk i forhold til piggdekkslitasje. Dette betyr at en kaldplast overflate som mister sin funksjonsevne i løpet av vinteren, vanligvis ikke vil ta seg opp igjen i sommerhalvåret.

2.4.1 Maling

Vannbasert maling påføres hovedsakelig ved bruk av applikasjonsutstyr som er montert på store lastebiler. Se Figur 2.2. Denne utleggingsmetoden er effektiv, og egner seg spesielt for langsgående oppmerking over lange strekninger. For mindre oppdrag finnes også små selvgående maskiner og håndutstyr.

Malingen sprøytes på vegdekket i tynne sjikt, typisk 0,4 mm våt film. Når denne malingsfilmen tørker, bl.a. ved at vannet fordamper, blir tykkelsen også redusert. Hvor mye avhenger av tørrstoffandelen i materialet. Denne tynne tørre malingsfilmen er ikke spesielt slitesterk, og maling brukes derfor helst som kantlinje på det lavtrafikkerte vegnettet. Typisk tørketid for maling ligger i området 2-20 minutter. Tørketiden avhenger av utlagt tykkelse, relativ luftfuktighet og lufttemperatur, jf. Kapittel 6.4.1.

Det er sjelden at det legges vannbasert maling på veger med ÅDT > 1000. Men selv på lavtrafikkerte veger med ÅDT < 1000 kan det oppstå mye slitasje på relativt kort tid. Hvis f.eks. vegen er smal og svingete og har grov dekkestruktur vil det oppstå slitasje i løpet av få måneder. Denne slitasjen vil typisk arte seg som bortslitte partier, spesielt i høyrekurver. Dette fordi kjøretøyene legger seg mot høyre, og ofte over kantlinjen i høyrekurver.

På den annen side er det mulig å legge maling også på høytrafikkert veg, dersom det ikke er mange kjøretøy som krysser linjen. Dette kan f.eks. være tilfelle på venstre kantlinje på 4-felts veg, der kantlinjen ligger tett opp mot midtdeler, eller slik plassert at den ikke får trafikkbelastning. Selv om vannbasert maling har relativt dårlig holdbarhet, så veier det positivt for denne metoden at det relativt sett er et billigere alternativ. Både kort holdbarhet og lav kostnad må legges inn som faktorer i kost/nytte-analysen.

Figur 2.2: Utlegging av vannbasert maling

2.4.2 Termoplast

Det andre materialalternativet som benyttes i Norge er termoplast. Dette er en materialtype som er i fast form ved normal utetemperatur, og leveres enten som granulat (pulver) eller i blokkform. Før utlegging varmes materialet opp i store smeltegryter, og ved ca. 200 ^{o}C er materialet flytende og kan påføres vegdekket. Etter utlegging kjølner materialet i løpet av noen sekunder, og går igjen over til fast form. I motsetning til maling kan utlagte linjer med termoplast overkjøres i løpet av kort tid. Utlagt linjetykkelse vil for termoplast ikke reduseres under overgang til fast form.

For termoplastmaterialer er det to ulike utleggingsmetoder for langsgående linjer som benyttes i Norge. Vi skiller mellom ekstrudert og sprayet termoplast.

<u>Sprayet termoplast</u>
Det finnes varianter av sprayet termoplast som kan påføres tynt, dvs. nesten ned til malingstykkelse, men dette vil igjen gå ut over slitasjeegenskapene. Det mest vanlige er å legge sprayet termoplast i tykkelser mellom 1,0 og 2,0 mm. I Norge brukes for tiden sprayet termoplast vanligvis i tykkelser på 1,5 og 2,0 mm.

Normalt sett er sprayet termoplast et dyrere alternativ å legge enn vannbasert maling, men vanligvis vil også den funksjonelle levetiden være lengre. Sprayet termoplast brukes som oftest ved nylegging og reparasjon av kantlinjer, særlig på det «mellomtrafikkerte» vegnettet med ÅDT ca. 1000 – 5000.

Figur 2.3: Utlegging av sprayet termoplast

Ekstrudert termoplast.
Dette er det mest kostbare alternativet, men også det mest holdbare og slitesterke materialet vi anvender i Norge i dag. Ekstruderte termoplastlinjer legges gjerne i 3 mm tykkelse, men også 2 mm forekommer. Dette er den mest valgte metoden for både nylegging og reparasjon av midtlinjer, da denne linjetypen blir utsatt for mye trafikkslitasje. På høytrafikkerte veger, med ÅDT > 5000, er ekstrudert termoplast også det eneste reelle alternativet for kantlinjer.

Figur 2.4: Utlegging av ekstrudert termoplast. Den varme massen presses ut gjennom et klaffesystem som en sammenhengende film, gjerne med 3 mm tykkelse.

Ekstrudert termoplast er også det materialet som anvendes til profilerte linjer, og forsterket midt- og kantoppmerking. Når termoplasten brukes til profilerte linjer, er det noen ganger nødvendig å tilpasse materialets egenskaper, slik at profilene kan opprettholdes, og ikke valses ned av trafikken.

Figur 2.5: Eksempel på profilert kantlinje. Her i typen Dråpeflex. Fra øyehøyde i en personbil ser linjen sammenhengende ut fremover.

Forsterket vegoppmerking er vegoppmerking som er lagt i et fresespor i asfaltdekket, se Figur 2.6. Fresingen skal gi vibrasjon i kjøretøyet, og bidra til at bilfører ikke utilsiktet forlater kjørefeltet. Det vanlige i dag er å frese et sinusformet spor som vegoppmerkingen legges i. Denne utformingen vil skape en viss støy og vibrasjon inne i kjøretøyet, uten at det skapes generende støy i omgivelsene.

Figur 2.6: Forsterket midtoppmerking. Dobbel plan sperrelinje lagt i nedfrest sinusrille.

Langsgående vegoppmerking kan også legges i freste plane spor, enten som plane eller profilerte linjer. Selve fresingen vil nødvendigvis medføre en ekstra kostnad ved nylegging, men vil til gjengjeld gi lenger holdbarhet, både fysisk og funksjonsmessig enn linjer som ligger ubeskyttet på overflaten av asfaltdekket. Det har vært gjort flere studier av disse forholdene i Norge gjennom mange år, og de fleste erfaringer viser at den økte levetiden vegoppmerkingen oppnår ved nedfresing langt overstiger den ekstra kostnaden ved nylegging. I en LCC-analyse skal selvfølgelig både den ekstra fresekostnaden og den økte levetiden tas med i betraktningene.

2.5 Prosjekt «Beste praksis vegoppmerking»

Statens vegvesen Region øst og Region sør startet henholdsvis i 2006 og 2007 hvert sitt prosjekt for å analysere og dokumentere vegoppmerkingspraksisen som ble fulgt i regionenes

distrikter. Det ble etter hvert klart at det ville være synergieffekter i å samordne de to prosjektene, og prosjektene ble derfor slått sammen og drevet av de to regionene i fellesskap. Prosjektet ble rapportert og avsluttet i 2013.

For det første var det et behov for å analysere dagens praksis og dokumentere den, med tanke på kompetanseoverføring til nye framtidige byggeledere o.a. Den andre begrunnelsen for prosjektene var et behov for en mer sikker analyse av riktig material- og metodevalg ved vegoppmerking. Det ble her lagt vekt på at vegoppmerkingstiltak i størst mulig grad skulle velges ut fra de beste funksjonelle og økonomiske forutsetningene, der reelle levetidskostnader for de relevante alternativene ble lagt til grunn. Etter endt prosjekt var det en forutsetning at regionene skulle etablere en enhetlig og samlet felles praksis, basert på kunnskapen som ble innhentet i prosjektet.

Vegoppmerkingen på riks- og fylkesvegene i de to regionene ble fulgt opp av tilsammen 10 byggeledere; fem i hver region og én i hvert fylke. Med utgangspunkt i et noe forskjelligartet vegnett og ulike problemstillinger knyttet til bl.a. trafikkmengder og vintervedlikehold, praktiserte byggelederne til dels ulik strategi både når det gjaldt nylegging og reparasjon/vedlikehold av eksisterende oppmerking i sine områder. Til tross for en del geografiske og trafikale ulikheter mellom fylkene, så er det også svært mange fellestrekk som burde tilsi at en felles vegoppmerkingsstrategi er gangbart og lønnsomt for Statens vegvesen. Gjennom prosjektet ønsket man å belyse faglige og økonomiske problemstillinger ved valg av materialer og metoder.

På basis av den informasjonen som ble samlet i fylkene, samt estimater av alternativenes levetider, reparasjonssykluser og enhetspriser, ble det utarbeidet en beregningsmodell for levetidskostnadene for de alternative materialer og metoder. Prosessen og resultatene av den beskrives i to rapporter i 2008. Der dokumenteres også beregningsmodellen som er benyttet for å kalkulere alternativenes antatte levetidskostnader pr år.

Utkastet til en initial felles strategi tok utgangspunkt i vegoppmerkingens formål, etablert praksis og erfaringer, og anerkjent kunnskap om vegoppmerking. Likeledes tok man utgangspunkt i trafikantenes behov for regulering og visuell leding. Forslaget til felles initial vegoppmerkingsstrategi ble med det utgangspunktet basert på analysen av levetidskostnadene (LCC) for de alternative metodevalgene.

Den første felles strategi ble etablert på basis av «beste felles multiplum» av eksisterende praksiser i regionene, og ble ansett som en hypotese, som skulle testes og eventuelt korrigeres på grunnlag av feltforsøkene i den neste fasen av prosjektet.

Feltmålingene ble innledet i 2008 ved at et antall nye dekkeparseller i alle daværende 7 distrikter i hver region (totalt 14 distrikter) ble valgt ut for å følge forskjellige typer vegoppmerking gjennom hele den funksjonelle livssyklusen. Det ble lagt ut vegoppmerking av forskjellige typer og metoder på en systematisk måte for å kunne sammenligne utvikling i funksjon og slitasje under mest mulig sammenlignbare forhold. Ved å følge hele ”livsløpet” til ulike typer vegoppmerking vil det også være mulig å fastslå funksjonell levetid og reelle levetidskostnader per år (LCC – Life Cycle Costs).

Det var kun den langsgående vegoppmerkingen som ble studert i dette prosjektet, altså kantlinjer, midtlinjer og kjørefeltlinjer. Den funksjonsegenskapen som ble studert var vegoppmerkingens retrorefleksjonskoeffisient R_L (evne til å tilbake reflektere billys, altså et uttrykk for synbarhet i mørke). R_L var dermed prosjektets ”avhengige variable”, som påvirkes

av en rekke ”forklarende variable”. Disse er først og fremst:

- Vegens ÅDT
- Vegdekke- og skulderbredde
- Vintervedlikehold (brøyting, salting, sanding mm)
- Kurvatur (mye, middels, lite)
- Beliggenhet og klima (kyst, innland, høyfjell)
- Dekkets makrotekstur
- Vegoppmerkingens alder

På de utvalgte prøvestrekningene ble vegoppmerkingen fulgt opp, fra den var nylagt og ut den funksjonelle levetiden, med årlige retrorefleksjonsmålinger. Det ble ikke gjort reparasjonstiltak i de årene man fulgte opp med målinger på de utvalgte strekningene.

Det ble lagt ut alternative typer vegoppmerking på sammenlignbare dekkeparseller for å kunne måle dem opp mot hverandre under mest mulig sammenlignbare forhold.

Disse vegoppmerkingstypene var med i prosjektet:

- Maling i 0,4 mm våtsjikt
- Sprayet termoplast i 1 mm, 1,5 mm og 2 mm tykkelse
- Ekstrudert termoplast i 2 mm og 3 mm tykkelse
- Dråpeflex (fra 2009)

Det var ca. 80 parseller i Region sør og ca. 70 parseller i Region øst som ble fulgt opp med målinger og analyser. Disse parsellene var inndelt i ÅDT-kategorier som vist i Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Inndeling i ulike ÅDT-kategorier ved analyser

Inndeling i ulike ÅDT-kategorier						
0-300	300-1000	1000-1500	1500-3000	3000-5000	5000-15000	>15000

På de lavtrafikkerte parsellene ble maling og tynn sprayet termoplast lagt ut, mens tykkere sprayet termoplast og ekstrudert termoplast ble lagt ut på de mer høytrafikkerte parsellene.

Denne systematiske utprøvingen av de ulike materialtypene har gitt en del informasjon om hvordan vegoppmerkingen påvirkes av ulike faktorer. De ulike påvirkningsfaktorene virker ofte i et samspill, og det kan derfor være vanskelig å isolere effekten av en enkelt faktor. Imidlertid kan man gjøre en del generelle betraktninger på basis av den informasjonen som er samlet inn i prosjektet.

Vegens ÅDT har selvfølgelig en stor innvirkning på vegoppmerkingens holdbarhet. Med økende ÅDT blir det flere hjulpasseringer på vegoppmerkingen og den mekaniske slitasjen akselererer. Derfor ser vi ofte at oppmerking i tynne sjikt, som maling og tynnspray kan fungere tilfredsstillende i lang tid på en lavtrafikkert veg, men blir veldig fort bortslitt ved høyere trafikkbelastning.

På høytrafikkert veg kan selv en 3 mm ekstrudert termoplastlinje være nedslitt etter 1 år. Imidlertid ser vi også at selv på høytrafikkerte veger kan tynnsjikt oppmerking ligge godt i flere år, dersom linjene er plassert slik at de i liten grad blir utsatt for trafikkbelastning. Et

eksempel på dette er venstre kantlinje på motorveg, spesielt der kantlinjen blir liggende tett opp mot rekkverk.

Vegens asfalterte bredde avgjør mulig bredde på kjørefelt og skulder. Smale kjørefelt og smale skuldre skaper liten mulighet for sideveis distribusjon av trafikken. En stor andel av kjøretøyene, ikke minst de tunge, tvinges da inn i et kjøremønster som medfører mye trafikk på vegoppmerkingen. Dette medfører gjerne stor slitasje på vegoppmerkingen. På bredere asfalterte dekker blir det mindre trafikk på linjene, og dermed mindre slitasje.

På veger med mye kurvatur vil også vegoppmerkingen påvirkes. Spesielt i høyrekurver vil det ofte bli mye slitasje på grunn av stor trafikkbelastning

Dekkets tekstur har betydning på vegoppmerkingens funksjon og holdbarhet. Dekker med grov overflate medfører som regel større slitasje på vegoppmerkingen. Slike dekker legges gjerne på mindre trafikkerte veger, der det ofte benyttes oppmerking i tynnere sjikt. Et viktig poeng med grove dekker er at vegoppmerkingen legges i en film som er tykk nok til å dekke den grove overflaten. F.eks. vil en tynn malingsfilm, eller en tynnspray, ikke ha stor nok spesifikk overflate til å dekke hele overflaten.

Vintervedlikeholdet kan vi dele i mekanisk rydding, som brøyting og høvling, eller kjemisk rydding, som salting. Rene brøyteskader er en ytre påvirkning som reduserer vegoppmerkingens funksjon, uansett hvor god den er i utgangspunktet.

Hvis vi ser bort fra ytre påvirkningsfaktorer som f.eks. brøyteskader, så ser det ut til at kombinasjonen dekkebredde, kurvatur og ÅDT har størst innvirkning på vegoppmerkingens holdbarhet. Smal veg med mye kurver medfører ofte stor slitasje på vegoppmerkingen, selv ved moderat ÅDT. Det vil da være hensiktsmessig og bruke en mer holdbar vegoppmerking enn vegklassen ellers skulle tilsi.

I prosjektet ble det etablert en modell for å beregne årlige levetidskostnader for alle material- og metodealternativer i de respektive ÅDT-klasser. Denne beregningen hadde disse faktorene som input:

- Material/metode for kant- og midtlinjer ved nylegging
- Forventet levetid for nylagt oppmerking
- Reparasjonssyklus og –prosent
- Material/metode ved reparasjon
- Forventet levetid på reparasjon
- Regionenes enhetspriser for alternative vegoppmerkingsmetoder pr meter
- Forventet levetid på dekket i de respektive ÅDT-klasser

Levetidskostnaden ble beregnet som de totale kostnadene for vegoppmerking i hele dekkets levetid, som da inkluderte nylegging og et antall reparasjoner. Levetidskostnad pr år ble da den totale kostnaden for vegoppmerkingen, dividert med antall år (dekkets levetid).

Metodevalgene i den felles beste praksis som ble etablert var basert på laveste levetidskostnader for nylagt vegoppmerking, og altså beregnet på grunnlag av gjennomsnittlige enhetspriser i Region øst og Region sør i 2011. Det har over de siste årene vist seg at enhetsprisene for vegoppmerking varierer ganske mye, slik at levetidskostnadene for de respektive alternativene må oppdateres jevnlig.

Prosjektet «Beste praksis» ble avsluttet med en sluttrapport i 2013. Det ble etablert en beste praksis-matrise som skulle gjelde som en veileder for all nylegging og reparasjon av vegoppmerking i Region øst og Region sør, se Figur 2.7.

Statens vegvesen Region Sør og Øst

Felles praksis for nylegging og reparasjon av langsgående vegoppmerking

Plane linjer

Basert på erfaringer fra feltforsøk 2008 - 2012

Veg	Nylegging	Reparasjon
Midtlinje v/ÅDT		
0 - 300	x	x
300 - 1000	E 2,0	S 1,5
1000 - 1500	E 2,0	E 2,0
1500 - 3000	E 2,0	E 2,0
3000 - 5000	E 3,0	E 2,0
5000 - 15000	E 3,0	E 2,0
> 15000	E 3,0	E 3,0
Kantlinje v/ÅDT		
0 - 300	S 1,0	M 0,4
300 - 1000	S 1,0	M 0,4
1000 - 1500	S 1,5	S 1,0
1500 - 3000	S 1,5	S 1,5
3000 - 5000	S 1,5	S 1,5
5000 - 15000	E 3,0	E 2,0
> 15000	E 3,0	E 3,0

E=Ekstrudert, S=Spray, M=Maling

Figur 2.7 Beste praksis-matrisen som ble etablert i Region øst og sør i 2013

Denne beste praksis-matrisen er altså basert på omfattende feltforsøk gjennom flere år, der fokus har vært å velge ut fra en lavest mulig levetidskostnad pr. år, med opprettholdt funksjonsevne på linjene. Likevel finnes det situasjoner der man bør eller kan avvike fra matrisen, f.eks. på grunn av forhold som påvirker totaløkonomi eller rent praktisk operative forhold. Hvis man f.eks. skal gjennomføre vegoppmerking på en strekning som krever lang transport av oppmerkingsutstyr, og denne strekningen i henhold til matrisen skal ha oppmerking med 2 ulike metoder, så kan det være bedre totaløkonomi å kun kjøre ut én maskin og legge hele strekningen med én metode.

For å ta høyde for ulike behov for avvik fra matrisen ble det skrevet inn et sett med fotnoter til praksismatrisen. Dette er vist i Figur 2.8.

Noter:

1. Feltforsøkene er basert på nylagt vegoppmerking på nytt dekke. Reparasjonstiltak er ikke verifisert i felt.
2. Metodevalgene er basert på laveste levetidskostnader for nylagt oppmerking, og beregnet på grunnlag av gjennomsnittlige enhetspriser i Region Øst og Sør i 2011.
3. For nylagt midtlinje i ÅDT-klasse 300-1000 har S 1,5mm lavest levetidskostnad, men E 2,0mm velges ut i fra en totaløkonomisk vurdering.
4. For nylagt kantlinje i ÅDT-klassene 0-1000 har M 0,4mm lavest levetidskostnader, og kan benyttes på veg med lite kurvatur og lite trafikk på linjene.
5. Ved 4-felts veg (og mer) kan venstre kantlinje legges som tynnsjikt også ved høy ÅDT, spesielt når linjen legges opp mot guardrail eller fysisk midtdeler
6. Ved spesielt smale dekker og mye kurvatur vil vegoppmerkingen bli utsatt for ekstra stor slitasje. Vegoppmerkingen kan da forsterkes i forhold til ÅDT-klasse
7. Ved kort restlevetid på dekket kan vegoppmerkingen legges som tynnsjikt (0,4-1,5mm).
8. Maling bør ikke benyttes senhøstes eller når det er dårlige forutsetninger for rask opptørking.
9. 100% reparasjon med maling kan være en kostnadseffektiv løsning, dersom man ønsker å løfte en hel strekning med varierende kvalitet på oppmerkingen.
10. Ved grov dekkestruktur (f.eks. EO, ASG) kan det legges kantlinjer i S1,5 eller E2,0 også i de laveste ÅDT-klasser
11. Ved lave temperaturer kan det være nødvendig å øke tykkelsen på spraylinjer fra 1,0mm til 1,5mm
12. For kantlinje på Rv med ÅDT over 2000, og der det ikke er veglys, er det krav til våtfunksjon på linjene. For å oppnå våtfunksjon kan det avvikes fra metodevalg i tabellen over.

Figur 2.8 Fotnoter til «Beste Praksis»-matrisen

I tiden etter at dette prosjektet ble avsluttet har det blitt utviklet både nye materialtyper og utleggingsteknikker. Eksempel på dette er legging av profilert oppmerking, f.eks. dråpeflex i nedfreste plane spor og profilerte og plane linjer i nedfreste sinusriller. Det er også kommet nye krav til våtfunksjon på kantlinjer og nye fargekrav til midtlinjer. Dette taler for at det også i tiden framover bør gjennomføres prosjekter for å etablere LCC-analyser som også favner nye materialer og utleggingsmetoder.

3 Valg og plassering av langsgående linjer i vegens tverrprofil

3.1 Ulike typer langsgående linjer

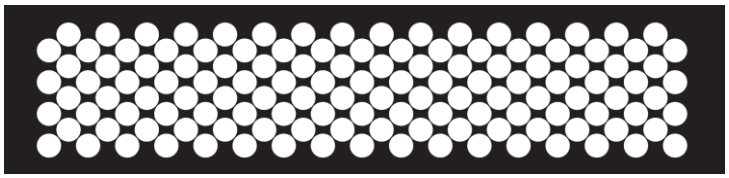
Langsgående linjer (midtlinje, delelinje, skillelinje og kantlinjer) kan benyttes som:

- Plane linjer — Type I
- Profilerte linjer — Type II
- Linjer i plant nedfrest spor — Plane eller profilerte linjer lagt i et plant nedfrest spor
- Forsterket vegoppmerking — Plane eller profilerte linjer lagt i nedfrest sinusrille

Plan linje type I er vegoppmerking som er lagt ut i en jevn ekstrudert eller sprayet film, der hensikten er å produsere en linje med en plan (slett) overflate.

Profilert linje type II er vegoppmerking som er lagt ut som en brutt linje, eller en linje med en ujevn eller strukturert overflate. Hovedhensikten med å anvende profilerte linjer er å oppnå bedre synbarhet i mørke ved kjøring på våt vegbane og/eller akustiske effekter ved overkjøring. Den ujevne overflaten kan være preget av en spesiell struktur, mønster, profiler eller en tilfeldig struktur.

De mest vanlige typer langsgående linjer er vist i Figur 3.1.

	Plan linje Ingen profilering - Type I
	Kamflex Profilert linje- Type II
	Longflex Profilert linje- Type II
	Dråpeflex Profilert linje- Type II Dråpekombi Profilert linje - Type II Dråpekombi er dråpeflex som legges oppå en plan linje

Figur 3.1 Plan (Type I) og profilert vegoppmerking (Type II)

Bredden på linjene skal være i henhold til krav i håndbok N302 Vegoppmerking. Det foreligger ikke pr. i dag normalbestemmelser om detaljutforming av mønstre, men følgende anbefalinger gis om materialforbruk:

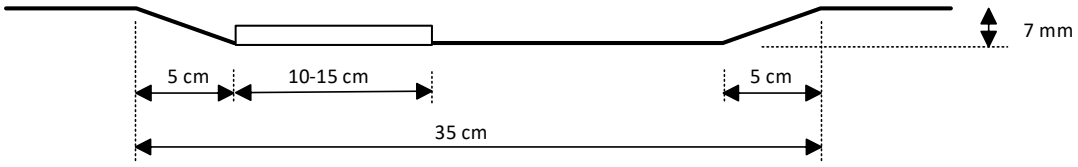
- Ekstruder normal tykkelse 3 mm materialforbruk 6 kg/m^2
  - Plan normal tykkelse 3 mm materialforbruk 6 kg/m^2
  - Kamflex normal tykkelse 3mm materialforbruk 4-5 kg/m^2
  - Longflex normal tykkelse 3mm materialforbruk 3,0 kg/m^2
  - Dråpeflex normal tykkelse 4mm materialforbruk 4,5 – 5,0 kg/m^2
- Spray normal tykkelse 1,5 mm materialforbruk 3 kg/m^2
- Maling normal tykkelse 0,4 mm materialforbruk 0,66 kg/m^2

3.2 Linjer i plant nedfrest spor

Hovedhensikten med å legge vegoppmerking i et plant nedfrest spor er å skåne linjene for mekaniske påkjenninger (vinterdrift, piggdekk o.a.) samtidig som denne metoden muliggjør bruk av vegoppmerkingstyper som gir bedre synbarhet i mørke ved kjøring på våt vegbane og samtidig lang levetid.

Ved planfresing på 2-felts veger anbefales det at man freser et 35 cm bredt spor som vist i Figur 3.2.

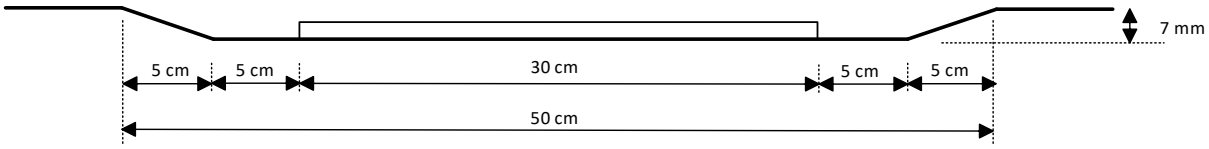
Kantlinjen legges til venstre i det freste sporet sett i kjøreretningen Skulderbredden bør være ≥ 0,5 m slik at man unngår fresing i skulderens hele bredde.



Figur 3.2: Plassering av kantlinje og utforming av planfrest spor på 2-felts veg

Ved planfresing på flerfelts motorveger freses det et 50 cm bredt spor som vist i Figur 3.3.

Kantlinjen sentreres i det freste sporet. Planfresing kan benyttes både på venstre (gul) og høyre kantlinje (hvit).



Figur 3.3: Plassering av oppmerking og utforming av planfrest spor på motorveger

Skillelinjer ved av- og påkjøringsramper kan legges i planfrest spor. Fresesporet tilpasses linjens bredde, og bør ha en bredde på 35 eller 50 cm.

3.3 Forsterket vegoppmerking

Plassering av oppmerking og utforming av sinusrille ved forsterket vegoppmerking er beskrevet i kapittel 4.

Figur 3.4: Forsterket midtoppmerking (FMO)

3.4 Bruk av ulike typer langsgående linjer – anbefalinger

3.4.1 Gule linjer

Midtlinje som skiller mellom motgående kjørefelt

Følgende alternativer kan anvendes ved oppmerking av gule midtlinjer (skille mellom motgående kjørefelt):

Alternativ 1	Plane linjer
Alternativ 2	Forsterket midtoppmerking med plan linje i sinusrille
Alternativ 3	Plane linjer i plant nedfrest spor

Figur 3.5: Forsterket midtoppmerking med plan linje i sinusrille (alternativ 2)

Figur 3.6: Plan midtlinje i plant nedfrest spor (alternativ 3)

Langsgående linje inn mot midtdeler på flerfeltsveger

Følgende alternativer kan anvendes:

Alternativ 1	Plan linje
Alternativ 2	Profilert linje - type II -kamflex -longflex
Alternativ 3.	Forsterket midtoppmerking med plan linje i sinusrille

Det stilles ikke krav til retrorefleksjon på våt gul vegoppmerking hverken som tradisjonell profilert linje (type II) eller anvendt som forsterket midtoppmerking.

Figur 3.7: Profilert linje type II – kamflex (alternativ 2)

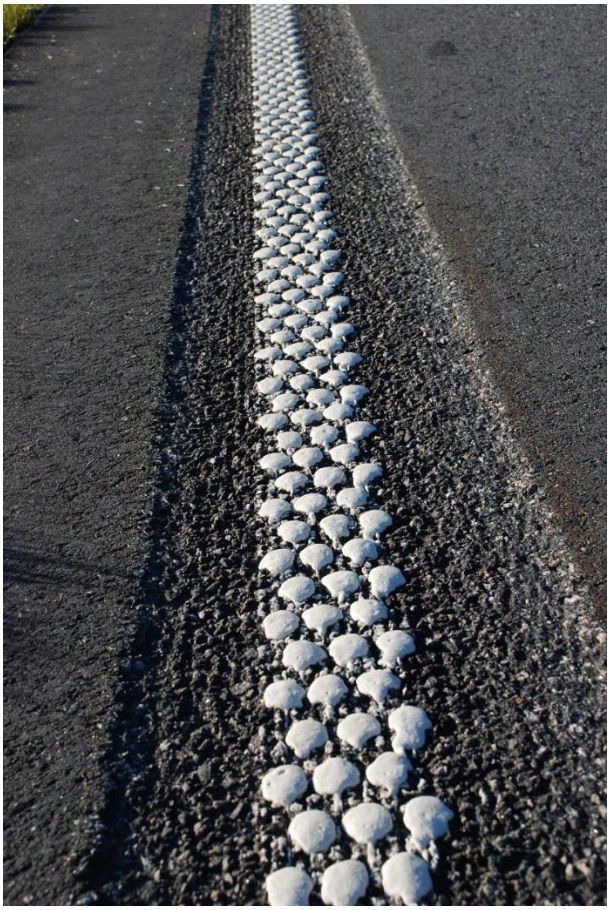
3.4.2 Hvite kantlinjer

Følgende alternativer kan anvendes:

Alternativ 1	Plane linjer – type I
Alternativ 2	Profilerte linjer – type II kamflex longflex
Alternativ 3	Linjer lagt i plant nedfrest spor

	*dråpeflex – type II
Alternativ 4	Forsterket kantoppmerking plane linjer – type I profilerte linjer – type II - alle typer

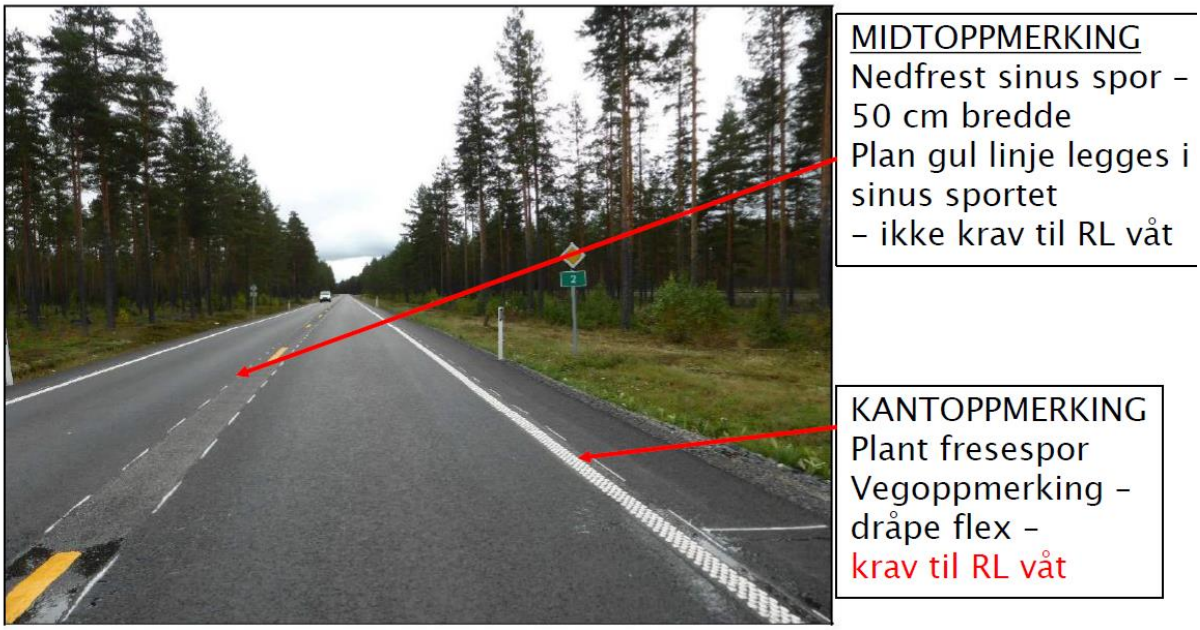
**Det stilles krav til retrorefleksjon på våt vegoppmerking i de tilfeller kantlinjene er lagt i et plant nedfrest spor, $R_{L\ våt} \geq 50$ mcd/lx/m^2*



Figur 3.8: Profilert kantlinje type II lagt i plant nedfrest spor – dråpeflex (alternativ 3)

3.4.3 Brede 2-felts veger uten midtdeler

På brede 2-felts veger med asfaltert bredde 7,5-10 m og uten midtdeler anbefales en løsning som vist i Figur 3.9.



Figur 3.9: Forsterket midtoppmerking og plan nedfresing på kant

I midt benyttes forsterket midtoppmerking og plan nedfresing på kant. Ved å benytte dråpeflex på kant vil krav til retrorefleksjon på våt vegbane kunne oppnås. Oppmerking i plant frestspor er i første rekke et tiltak utenfor tettbygd strøk og oppleves normalt ikke som en særlig stor utfordring i forhold til sykkeltrafikk. Tiltaket bør likevel vurderes restriktivt på strekninger med mange syklister.

3.5 Plassering av linjer i vegens tverrprofil

I Håndbok N100 Veg- og gateutforming beskrives utforming av tverrprofil på nye veger.

1-felts veg har ikke midtlinjer, mens 2-felts veg har midtlinjer.

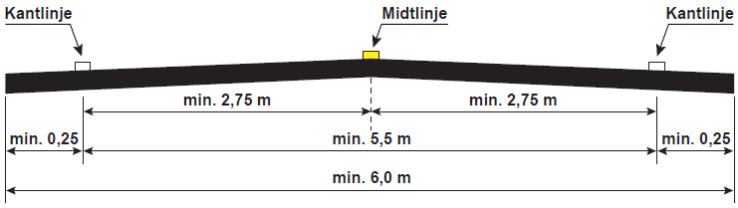
Vegen skal oppmerkes som 1-felts veg dersom asfaltert bredde er mindre enn 6,0 m.

Vegen skal oppmerkes som 2-felts veg (se Figur 3.10) dersom:

- Asfaltert bredde er 6 m eller mer *)
- Asfaltert bredde varierer, og asfaltert bredde er minimum 6 m over en strekning på 2 km eller mer

*) *Unntak: Dersom en veg er avlastet av ny veg og således ikke lengre har hovedvegsfunksjon, kan midtlinjeoppmerking sløyfes til fordel for å trekke inn kantlinjer (stiplet kantlinje) for å etablere bred skulder tilrettelagt for gående og syklende. Da skal fartsgrensen settes i henhold til gjeldende fartsgrensekriterier (NA-rundskriv 2011/7).*

Dersom man etablerer bred skulder for å tilrettelegge for gående og syklende og avstanden mellom kantlinjene blir 5,5 m eller større, skal vegen ha midtlinje.



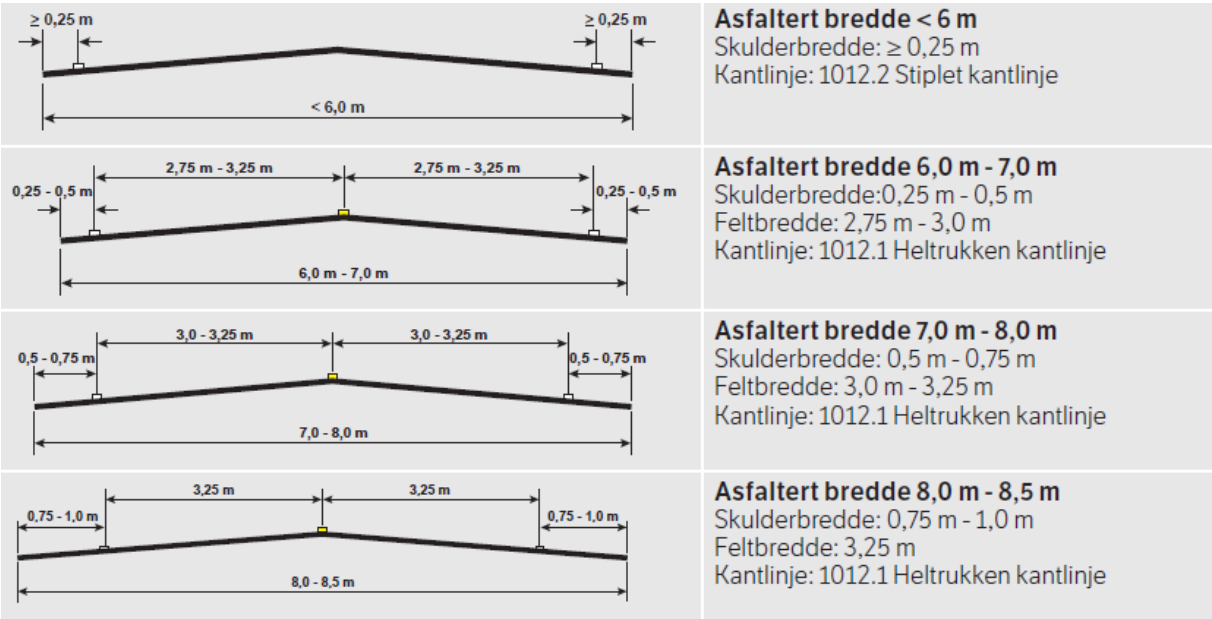
Figur 3.10 Minste breddekrav for oppmerking av midtlinje

Oppmerking av langsgående linjer og inndeling av tverrprofilet på eksisterende veger skal utføres som vist i Figur 3.11.

Skulderbredden skal være minimum 0,25 m. Ved gitte asfalterte bredder over 6 m har en mulighet til å velge ulike kjørefelt- og skulderbredder. Ved asfaltert bredde på 6,5 m har man f.eks. mulighet til å benytte:

- Kjørefeltbredde 3,0 og skulderbredde 0,25
- Kjørefeltbredde 2,75 og skulderbredde 0,5

Valg av kjørefelt- og skulderbredde foretas ut fra en vurdering om man skal prioritere bredt kjørefelt eller bred skulder.



Figur 3.11 Skulder- og kjørefeltbredde på eksisterende 1- eller 2- felts veg

For andre typer langsgående linjer på fri vegstrekning vises det til håndbok N302 - Vegoppmerking.

4 Forsterket vegoppmerking – utførelse og kontroll

4.1 Generelt

Forsterket vegoppmerking er et trafikksikkerhetstiltak i vegbanen som avgir støy/vibrasjon ved overkjørsel for å varsle trafikanter om behovet for å korrigere kurs.

Det er i dag restriksjoner til hvor tradisjonelle profilerte linjer kan anvendes. Statens vegvesen mottok tidligere mange klager om at slik vegoppmerking var forbundet med uønsket støy til nærliggende bebyggelse. Dette utløste behovet for å utvikle alternative løsninger.

Utvikling av «sinusriller» ble først kjent fra Danmark.

Fordelen med sinusprofilene er at de avgir tilstrekkelig vibrasjon i kjøretøyene ved overkjøring, samtidig som støy til nærliggende bebyggelse er neglisjerbar.

Videreutviklingen av den danske sinusrillen til den vi i Norge benevner som nedfrest sinusrille ivaretar et ønske om å legge vegoppmerkingen beskyttet ned i et fresespor. Samtidig opprettholdes de positive effektene, som neglisjerbar støy til omgivelsene og ønsket vibrasjon i kjøretøy ved overkjøring. I Norge betegnes tiltaket som – forsterket vegoppmerking og kan benyttes både som forsterket midtoppmerking (FMO) og forsterket kantoppmerking (FKO)

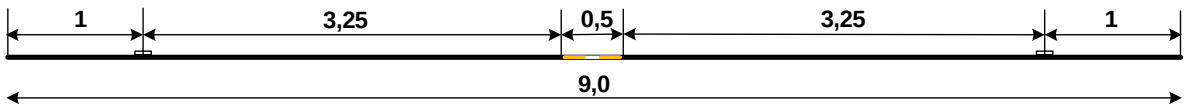
Forsterket vegoppmerking kan i dag benyttes på veger med fartsgrense ≥ 70 km/t.

Forsterket vegoppmerking skal utføres som nedfrest sinusrille. I tunneler kan det benyttes sinusrille uten nedfresing.

4.2 Forsterket midtoppmerking (FMO)

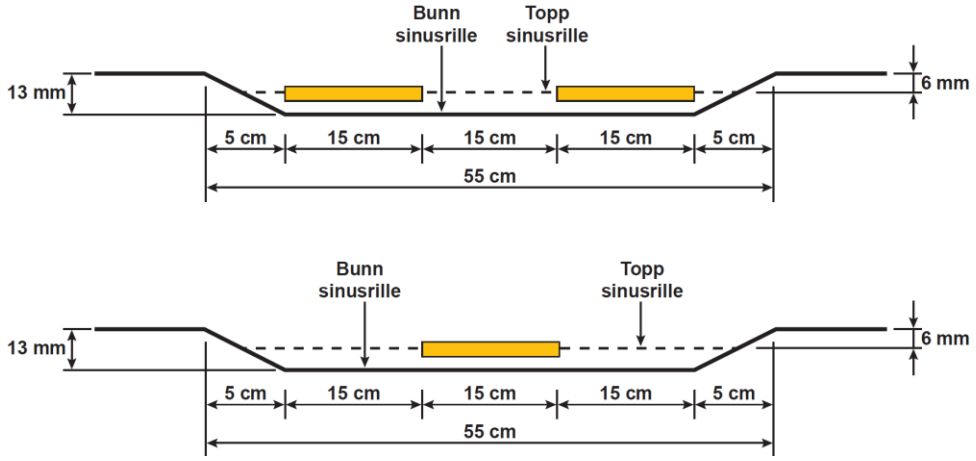
Forsterket midtoppmerking skal ikke benyttes dersom potensialet for antall gående og syklende langs vegen overstiger 50 i et normaldøgn, eller dersom strekningen er skoleveg.

Det kan etableres forsterket midtoppmerking både på nye og eksisterende veger. På ny veg gjelder tverrprofil vist i Figur 4.1.



Figur 4.1 Tverrprofil for forsterket midtoppmerking på ny 9 m veg

I Figur 4.1 er forsterket midtoppmerking vist med bredde på 0,5 m. Fresesporet er 0,55 m bredt og har utforming som vist i Figur 4.2. Vegoppmerkingen, som har en maksimal bredde på 0,45 m skal legges i fresesporet.



Figur 4.2 Utforming av fresespor med 0,55 m bredde

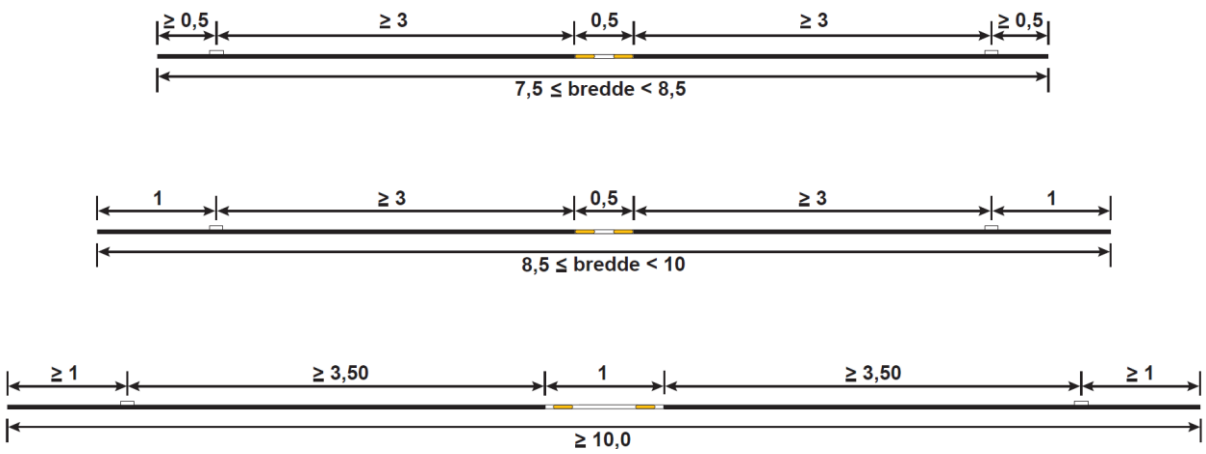
På eksisterende veg kan forsterket midtoppmerking benyttes på veger med asfaltert bredde ≥ 7,5 m.

I Figur 4.3 er det vist noen alternativer på hvordan tverrprofilet kan deles inn ved ulike asfalterte bredder. Dersom forsterket midtoppmerking vurderes etablert på riksveger med smalere asfaltert bredde enn 7,5 m skal det søkes fravik i samsvar gjeldende retningslinjer.

Ved vegbredder < 8,5 m har man muligheter til å prioritere bredde på enten skulder eller kjørefelt. Ved vegbredde 8 m kan man f.eks. ha 3,25 m kjørefelt og 0,5 m skulder, eller 3 m kjørefelt og 0,75 m skulder.

Ved vegbredder 8,5-9,9 m skal skulderen være 1 m bred, og økende vegbredde fordeles kun på kjørefeltene.

Ved vegbredder ≥ 10 m fordeles økende vegbredde på kjørefelt og skulder.



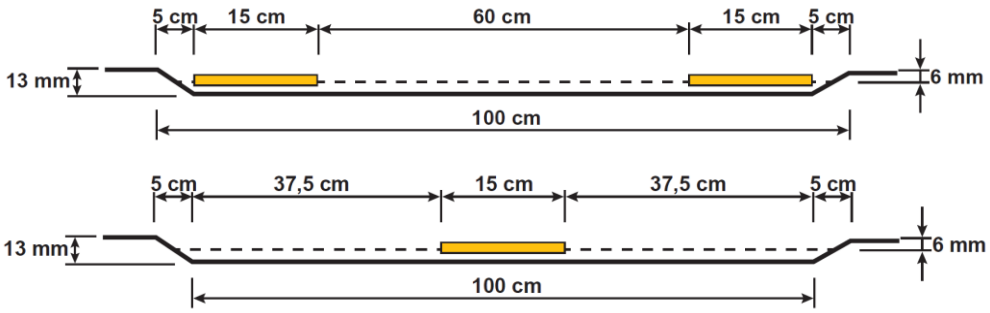
Figur 4.3 Tverrprofil ved forsterket vegoppmerking på eksisterende veg

Vegskulder skal ikke gjøres smalere enn den er i utgangspunktet er ved etablering av forsterket midtoppmerking på eksisterende veger.

Følgende bredder på fresespor benyttes ved forsterket midtoppmerking på eksisterende veg:

- Ved de smaleste tverrprofilene (7,5 - 9,9 m) freses det et 0,55 m bredt spor som vist i Figur 4.2.

- Ved asfaltert bredde ≥ 10 m freses det et 1 m bredt spor med utforming som vist i Figur 4.4. Vegoppmerkingen legges i fresesporet.



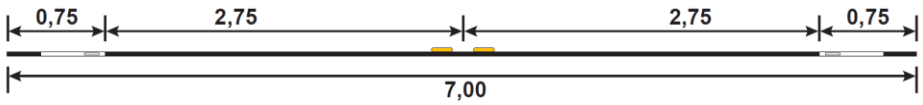
Figur 4.4 Utforming av fresespor med 1 m bredde med henholdsvis dobbel sperrelinje og varsellinje/kjørefeltlinje

4.3 Forsterket kantoppmerking (FKO)

Det kan etableres forsterket kantoppmerking på eksisterende veger med asfaltert bredde ≥ 7 m. Ved kombinasjon av forsterket kant- og midtoppmerking skal asfaltert bredde være ≥ 8 m, se kapittel 0.

Ved forsterket kantoppmerking skal de syklende tilbys løsninger langs lokalt vegnett.

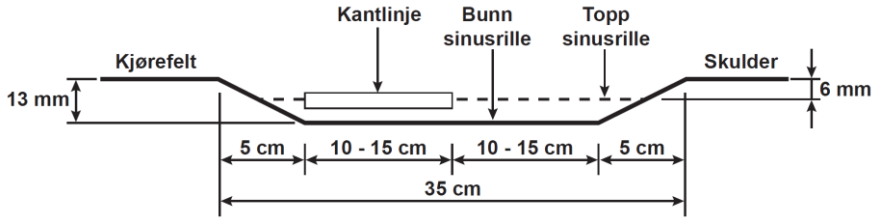
Tverrprofil ved forsterket kantoppmerking ved asfaltert bredde på 7 m er vist i Figur 4.5.



Figur 4.5 Tverrprofil ved forsterket kantoppmerking ved asfaltert bredde på 7 m

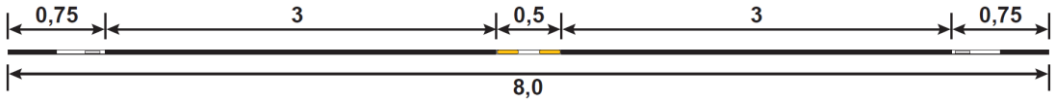
4.4 Forsterket kant- og midtoppmerking

På 2-feltsveger freses det et 0,35 m bredt spor på kant som vist i Figur 4.6. Vegoppmerkingen legges i fresesporet.



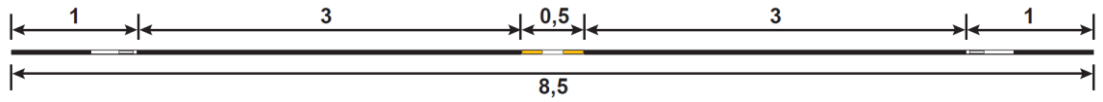
Figur 4.6 Utforming av fresespor med 0,35 m bredde på kant

Tverrprofil ved minste asfalterte bredde ved kombinert forsterket kant- og midtoppmerking er vist i Figur 4.7.



Figur 4.7 Forsterket kant- og midtoppmerking ved asfaltert bredde på 8 m

Figur 4.8 viser tverrprofil med kombinert kant- og midtoppmerking ved asfaltert bredde på 8,5 m.

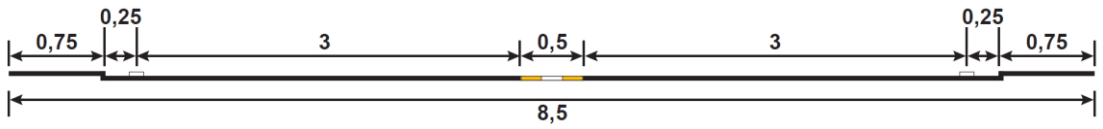


Figur 4.8 Forsterket kant- og midtoppmerking ved asfaltert bredde på 8,5 m

Utforming av fresespor skal være i samsvar med Figur 4.2 og Figur 4.6.

På motorveger kan forsterket vegoppmerking benyttes både inn mot midtdeler og langs høyre kantlinje. Fresesporets bredde skal være 0,5 m. Skillelinjer ved av- og påkjøringsramper skal ikke legges i sinusriller, men eventuelt i plane fresespor.

I tunneler og på bruer er det ikke samme krav til skulder som på veg i dagen. Forsterket midtoppmerking kan benyttes dersom kravene til kjørefeltbredde i dette kapitlet er tilfredsstilt. I tunnelprofil T8,5 kan derfor profil vist i Figur 4.9 benyttes hvor 1 m skulder erstattes med 0,25m skulder og 0,75 m bankett.



Figur 4.9 Forsterket midtoppmerking i tunnel for tunnelprofil T8,5

4.5 Kravspesifikasjon til fresespor

4.5.1 Generelle krav

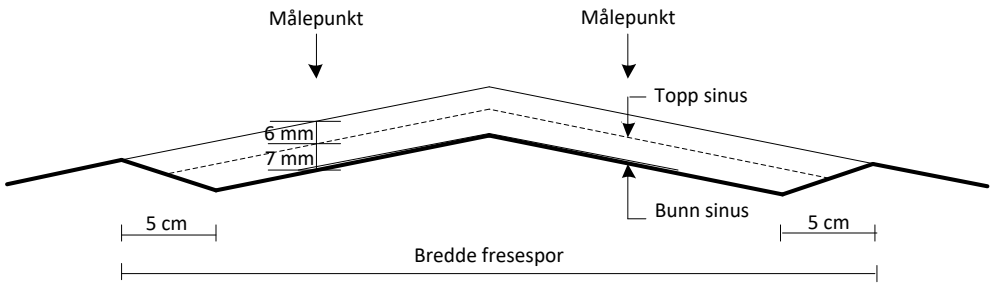
Følgende generelle krav gjelder for fresespor:

- Ved forsterket vegoppmerking skal det benyttes nedfrest sinusrille
- Dekkets tverrprofil. Ved fresing for forsterket midtoppmerking skal dekkets takfall på rettlinjer/i slake kurver og ensidig fall i krappere kurver beholdes
- Ved fresing av parallelle spor aksepteres det at sinuskurvene kan være i motfase
- Forhøyninger/rygger mellom parallelle freste spor aksepteres ikke. Parallelle spor skal freses med overlapp
- Det skal ikke være vesentlig steinslipp i spor etter fresing. Overflatestrukturen bør bære mer preg av en slipt enn en grov flate. For å få til dette må sammenhengen mellom fresehastighet, trommelhastighet og tannavstand være tilpasset

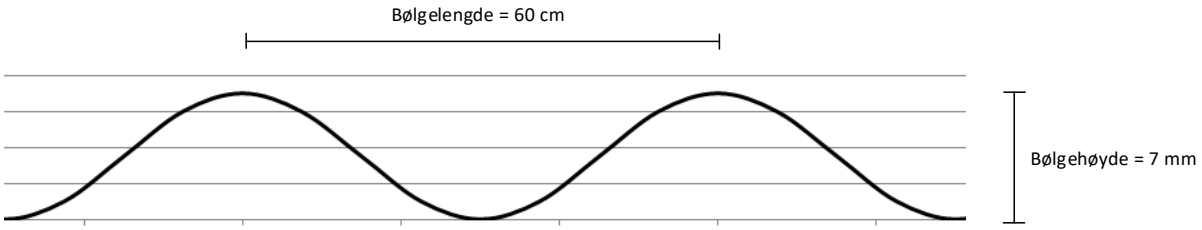
4.5.2 Utforming og tillatte avvik

Nedfreste sinusriller skal utformes slik (jf. Figur 4.10 og Figur 4.11):

- bredde 55 eller 100 cm ved midtoppmerking (avhengig av vegens asfalterte bredde)
- bredde 35 cm ved kantoppmerking
- bølgelengde sinus 60 cm
- bølgehøyde sinus 7 mm (2*amplitude)
- nedfresing 6 mm
- bredde skråkant 5 cm (målt til bunn sinusrille)



Figur 4.10: Fresespor med takfall



Figur 4.11: Sinuskurve

Følgende avvik fra utformingen ovenfor tillattes:

- bredde ± 2 cm
- bølgelengde ± 2 cm
- bølgehøyde ± 3 mm
- nedfresing +3/-2 mm
- bredde skråkant ± 1 cm

Bølgehøyde og nedfresing skal måles midt i fresespor, jf. Figur 4.10. Det skal kontrolleres for begge kjøreretninger.

4.5.3 Kontrollomfang

Antall målesteder som skal kontrolleres er basert på *Nordisk metode for funksjonskontroll av vegmerking*. Minimum antall målesteder på en strekning er 3, og maksimum 5. På hvert målested skal det måles i to punkter, ett i hver kjøreretning. Antall målesteder er avhengig av strekningslengden, og er vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.1: Antall målesteder ved ulike strekningslengder

Strekningslengde (km)	Antall målesteder
≤ 3,5	3
3,6-5,9	4
≥ 6	5

Dersom en av verdiene for utforming av fresespor ligger utenfor tillatt avvik er dette målepunktet underkjent. Tabell 4.2 viser krav til antall godkjente målepunkt på aktuell strekning.

Tabell 4.2: Krav til antall godkjente målepunkt

Antall målepunkt	Krav til antall godkjente målepunkt
6	5
8	6
10	7

System for av utvelgelse av målesteder for kontroll skal skje etter metodebeskrivelse – Nordisk veiledning for funksjonskontroll for vegoppmerking, jfr. NA Rundskriv 2006/11.

4.5.4 Dekkekvalitet

Kravspesifikasjonene gjelder for nye dekker med god kvalitet. Med god kvalitet forstås:

- at asfaltskjøt ligger i vegmidte, slik at eventuelt takfall følger midten av vegen
- at det ikke er høydeforskjell i asfaltskjøt
- at komprimering i området for fresespor er i henhold til krav
- at det ikke er ujevnheter i vegens lengderetning

Dersom dekket har så dårlig kvalitet at det påvirker freseresultatet skal entreprenør ta dette opp med Statens vegvesen før fresing. Det kan da avtales alternative krav til fresespor.

5 Siktmåling – utførelse og kontroll

Sikt fremover i kjøreretningen er viktig for vegens kvalitet og sikkerhetsnivå. Ulike siktkrav gir føringer for bruken av ulike typer langsgående linjer. Langsgående linjer kan gi både informasjon om siktforholdene og om eventuelle endringer i vegforholdene (kryss, ramper, trafikkøyer, innsnevringer mm.) To ulike siktkrav kan ha betydning for hvilke typer linjer som skal benyttes:

- Stoppsikt, L_s
- Minimum siktlengde for oppmerking av kjørefeltlinje, L_{ko}

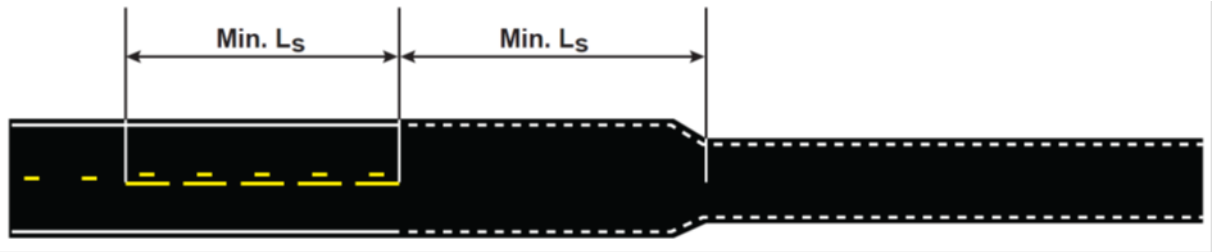
Stoppsikt er nødvendig siktlengde frem til et objekt for at bilføreren skal kunne oppdage objektet, reagere, vurdere om han skal bremse og bremse kjøretøyet til stopp.

Ved beregning av stoppsikt tas det utgangspunkt i et gitt fartsnivå (fartsgrense + eventuelt et fartstillegg). På grunnlag av førerens reaksjonstid (2 sekunder) beregnes det en reaksjonslengde, og på grunnlag av en friksjonsverdi med tilhørende sikkerhetsfaktor (varierer med fartsnivå) beregnes bremselengden. Reaksjonslengde + bremselengde utgjør stoppsikten. For nærmere beskrivelse vises det til håndbok 120 Premisser for geometrisk utforming av veger.

Minimum siktlengde for oppmerking av kjørefeltlinje er fastsatt med utgangspunkt i en regnemodell. Ut fra gitte betingelser og forutsetninger kan et kjøretøy foreta en forbikjøring av et annet kjøretøy innenfor denne siktlengden.

5.1 Stoppsikt

I håndbok N302 Vegoppmerking er det i enkelte sammenhenger angitt stoppsikt for å vise hvordan ulike typer langsgående oppmerking skal benyttes. Eksempel på dette er vist i Figur 5.1.



Figur 5.1: Overgang mellom 2-feltsveg og 1-feltsveg

Krav til stoppsikt er angitt N100 Veg- og gateutforming. I Tabell 5.1: er krav til stoppsikt i forbindelse med vegoppmerking vist ved ulike fartsgrenser.

Tabell 5.1: Krav til stoppsikt, L_s

Fartsgrense (km/t)	Stoppsikt (m)
50	45
60	70
70	90
80	115
90	175
100	255

5.2 Siktmåling for oppmerking av kjørefeltlinje på 2-felts veg

5.2.1 Siktkrav

Midtlinjer på 2-felts veg utføres som kjørefeltlinje, varsellinje eller ulike typer kombinerte linjer. Kjørefeltlinje kan anvendes alene eller i kombinasjon av varsellinje eller sperrelinje. Bruken av kjørefeltlinje er avhengig av siktforholdene fremover langs vegen, og skal kun benyttes dersom fartsgrensen er 70 km/t eller høyere.

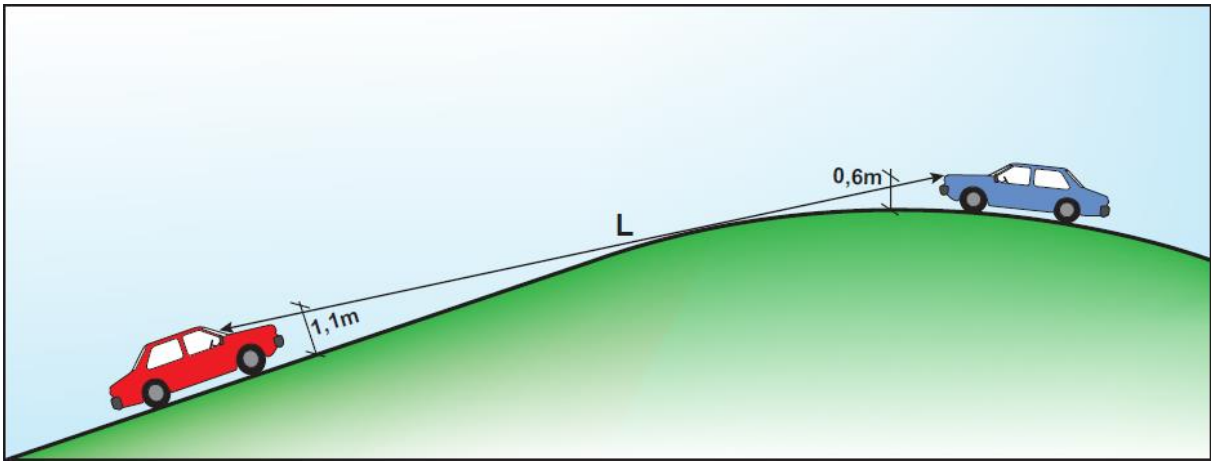
Krav til siktlengde for å merke opp kjørefeltlinje, L_{ko} er gitt i håndbok N302 Vegoppmerking, og kravene for ulike fartsgrenser er gjengitt i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinje, L_{ko}

Fartsgrense (km/t)	Minimum sikt, L_{ko}, for oppmerking av kjørefeltlinje (m)
70	230
80	280
90	330

5.2.2 Siktmåling

Ved oppmerking av kjørefeltlinje skal det være fri sikt (L) mellom bilfører og møtende kjøretøys kjørelys over en lengde på minst L_{ko}. Sikten måles langs midtlinjen, fra bilførers øyehøyde 1,1 m over vegbanen og til kjørelysene på møtende kjøretøy 0,6 m over vegbanen, se Figur 5.2.



Figur 5.2: Siktkontroll i vertikalkurvatur

Utstyr og personell

Utføring av siktmålingen krever to biler, én forbil med fører og én målebil med fører og måleoperatør.

Forbilen utstyres med en lampe, som monteres bak på venstre side, 0,6 m over vegbanen. Målebilen utstyres med et bevegelig kamera i venstre fremkant, 1,1 m over vegbanen. Begge kjøreøyene må være utstyrt med kalibrerte og synkroniserte triptellere og radiosamband slik at kjøretøyene kan holde korrekt avstand mellom seg ved kjøring.

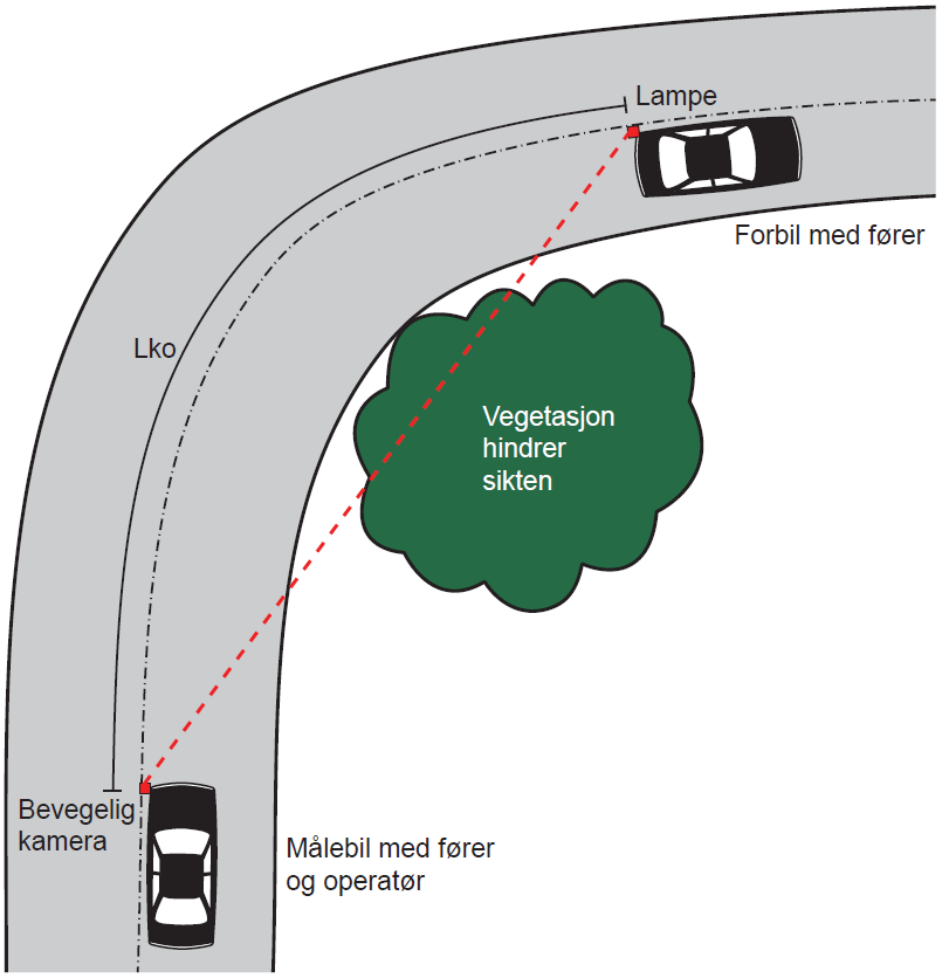
Varsling og varslingsutstyr skal være i samsvar med gjeldende bestemmelser for varsling av arbeid på offentlig veg (Håndbok N301 Arbeid på og ved veg).

Målemetodikk

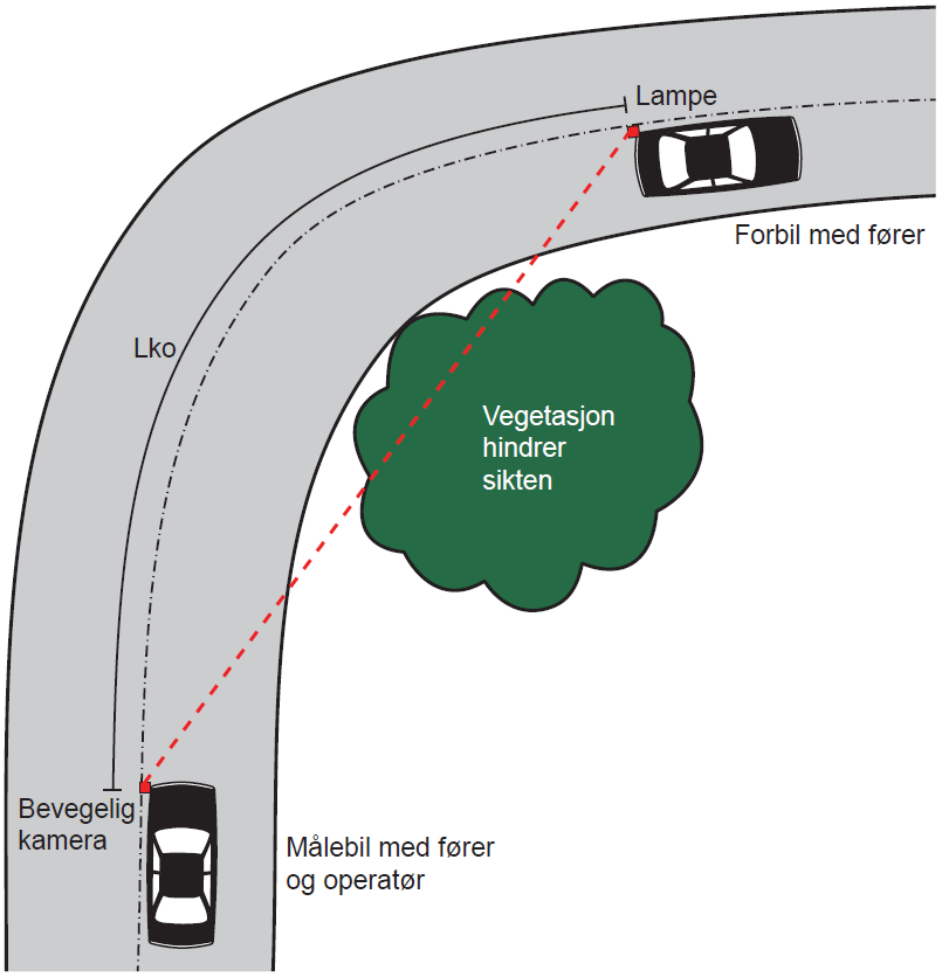
Målebilens kilometereller følger alltid vegens kilometrering. Forbilens kilometerteller har følgende innstilling i forhold til vegens kilometrering:

- Med kilometreringsretningen: L_{ko} under vegens kilometrering
- Mot kilometreringsretningen: L_{ko} over vegens kilometrering

Begge kjøretøyene plasserer seg inn mot midten av vegen, se

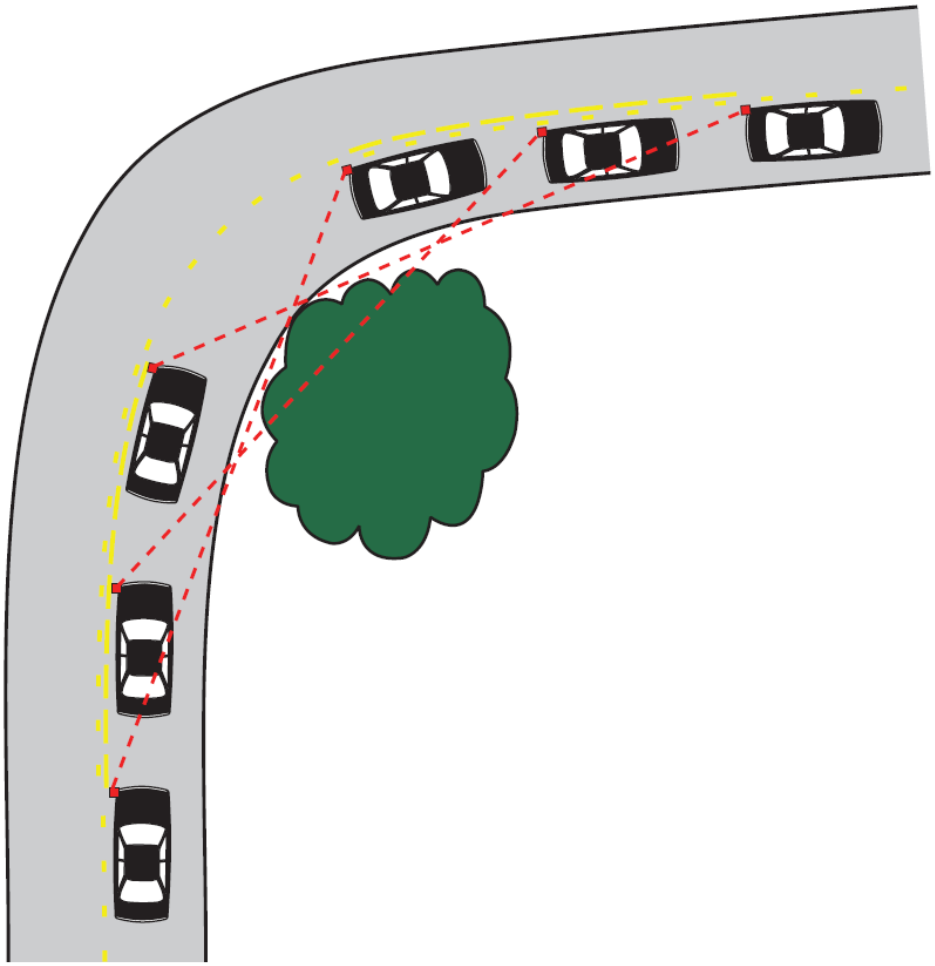


Figur 5.3. Både lampe i forbil og kamera i målebil vil dermed tilnærmet være over vegens senterlinje. Målebilen følger forbilen ved at føreren holder en konstant avstand, likt gjeldende siktkrav, L_{ko}. Måleoperatøren sitter som passasjer og styrer kameraet mot forbilens lampe. Kamerabilde overføres trådløst til pad eller annen ekstern skjerm. Måleoperatør styrer kamera med fjernkontroll, slik at man hele tiden sikter mot forbilens lampe. Så lenge det er sikt til forbilens lampe, registreres sikten som tilstrekkelig. I de tilfeller sikten blir for kort og operatøren ikke kan se lampen gjennom kameraet, er sikten utilstrekkelig.

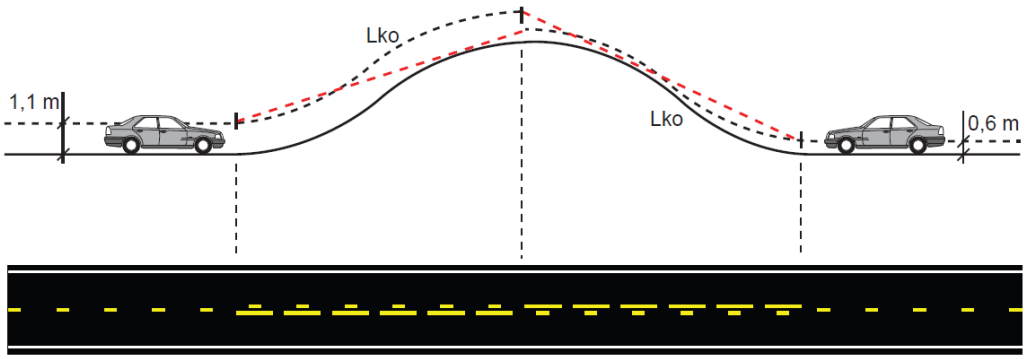


Figur 5.3: Prinsippskisse for siktmåling

I horisontalkurvatur vil det være sideterrenget som begrenser sikten, mens i vertikalkurvatur (høybrekk) vil det være vegbanen, se Figur 5.4 og Figur 5.5. Dette vil imidlertid ikke ha noen betydning for selve målemetoden. Med denne målemetoden vil det også være tilstrekkelig å kjøre siktmåling i én retning.



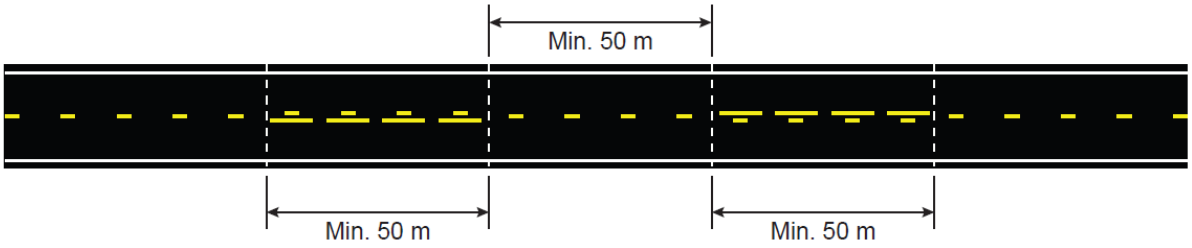
Figur 5.4: Eksempel på oppmerking etter siktmåling gjennom horisontalkurve



Figur 5.5: Eksempel på oppmerking etter siktmåling gjennom vertikalkurve

Dersom kombinasjonslinjen blir kortere enn 50 m forlenges den bakover mot kjøreretningen til min. 50 m, se Figur 5.6.

Dersom kjørefeltlinjen mellom to kombinasjonslinjer blir kortere enn 50 m sløyfes den. Da går en i stedet rett over for FV til VF (kombinasjonslinjene trekkes mot hverandre).



Figur 5.6: Minimumslengder på kjørefelt- og kombinasjonslinje

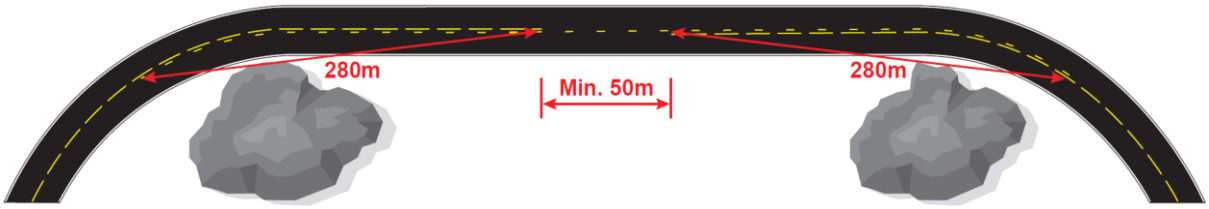
5.2.3 Minimum lengde av kjørefeltlinje

Sammenhengende lengde av kjørefeltlinje, $L_{kjørefeltlinje}$, i kjøreretningen må minimum være lik siktkravet for å merke opp kjørefeltlinje. Dersom kjørefeltlinjen sett i kjøreretningen blir kortere enn L_{ko} erstattes denne av varsellinje.

I eksemplene nedenfor er det vist hvordan oppmerkingen blir ved ulike siktforhold. Fartsgrensen i eksemplene er 80 km/t og dette betyr at L_{ko} = 280 m.

$L_{kjørefeltlinje}$ > L_{ko}

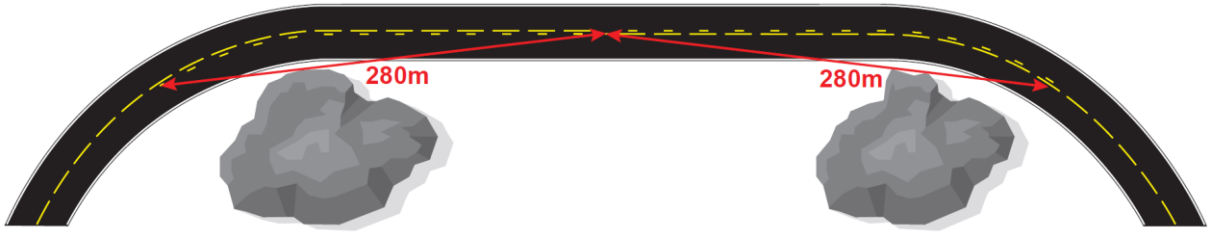
Her er siktforholdene så gode at sammenhengende kjørefeltlinje i kjøreretningen blir større enn siktkravet for å merke opp kjørefeltlinje. Her kan det merkes opp kombinasjonslinje for begge kjøreretninger (VF og FV), og i tillegg en strekning med kjørefeltlinje (F) mellom kombinasjonslinjene. Dersom kjørefeltlinjen mellom kombinasjonslinjene blir kortere enn 50 m sløyfes kjørefeltlinjen ved at kombinasjonslinjene forlenges.



Figur 5.7: Kjørefeltlinje mellom kombinasjonslinjer

$L_{kjørefeltlinje}$ = L_{ko}

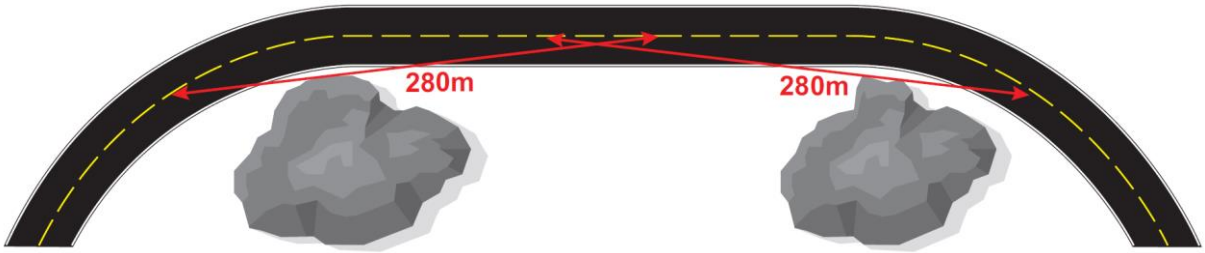
Her er siktforholdene noe dårligere slik at sammenhengende kjørefeltlinje i kjøreretningen blir eksakt lik siktkravet for å merke opp kjørefeltlinje. Her kan det merkes opp kombinasjonslinje for begge kjøreretninger (VF og FV), men det er ikke plass til kjørefeltlinje (F) mellom kombinasjonslinjene. Dvs at en går direkte over fra VF til FV.



Figur 5.8: Kombinasjonslinjer uten mellomliggende kjørefeltlinje

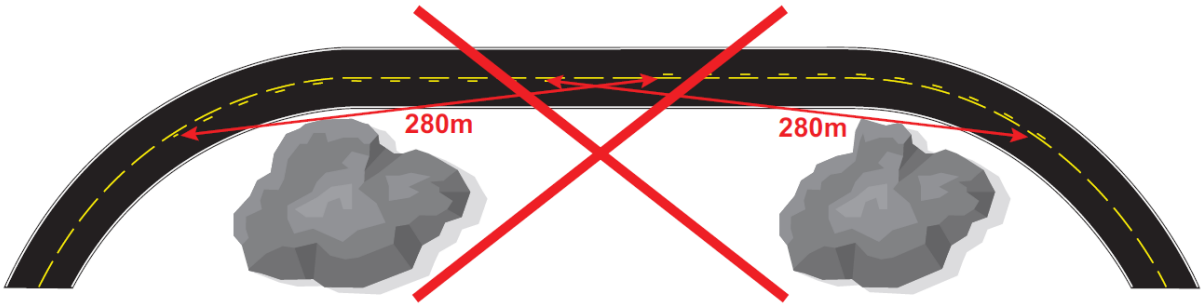
$L_{kjørefeltlinje} < L_{ko}$

Her er siktforholdene så dårlige at lengden på en eventuell kjørefeltlinje i kjøreretningen ville blitt mindre enn siktkravet for å merke opp kjørefeltlinje. Det kan derfor ikke merkes opp kjørefeltlinje. Hele strekningen får varsellinje (V).



Figur 5.9: Varsellinje på hele strekningen

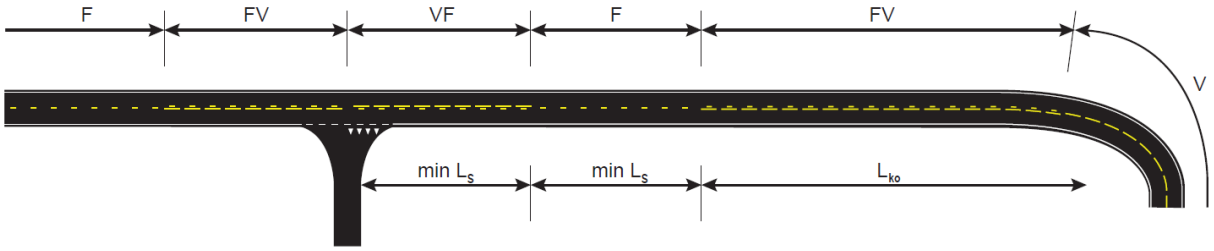
Det skal <u>ikke</u> merkes opp som vist i Figur 5.10.



Figur 5.10 Korte kjørefeltlinjer skal ikke benyttes

5.2.4 Kjørefeltlinjer ved vikepliktsregulerte kryss

Minste sammenhengende kjørefeltlinje kan være kortere enn angitt i kapittel 5.2.3. Dette gjelder for eksempel i vikepliktsregulerte kryss, jf. Figur 5.11.



Figur 5.11: Oppmerking i vikepliktsregulerte kryss

Sammenhengende kjørefeltlinje ut fra krysset skal være minst 2*L_s. Begrunnelsen for at sammenhengende lengde kan være kortere enn angitt i kapittel 5.2.3, er at det er krysset som begrenser bruken av kjørefeltlinje og ikke siktforholdene. Minste siktlengde ut fra krysset blir da 2*L_s + $L_{kjørefeltlinje}$. Større avkjørsler med mye trafikk som fremstår som vegkryss kan vurderes på samme måte.

6 Vegoppmerkingsmaterialer – typer og egenskaper

6.1 Innledning

Vegoppmerkingsmaterialer som benyttes i Norge, og i oppmerkingskontrakter med Statens vegvesen, er i dag i all hovedsak av typen vannbasert maling og termoplast.

Termoplast er en betegnelse på de materialtyper som smeltes ved oppvarming og deretter legges ut med tilpasset utstyr som ferdig oppmerking.

I St. meld. nr. 34, Norsk veg- og vegtrafikkplan 1994 – 1997, ble det slått fast at vegmerkemaling som inneholdt løsemidler skulle erstattes av andre produkter. Dette medførte at sprayet termoplast erstattet løsemiddelbasert maling på det lavtrafikkerte vegnettet.

Parallelt med at sprayet termoplast tok over for løsemiddelbasert maling ble det utviklet nye og bedre typer av vannbasert vegmerkemaling. På prøvefelt ble det konstatert at denne type maling kunne være godt egnet på vegnett med lav trafikkbelastning. I dag representerer vegoppmerking utført med vannbasert maling mer enn 30% av det oppmerkede linjeareal i Norge.

Tabell 6.1: Fordeling av ulike materialtyper i Norge pr. 2016

Materialtype	Forbruk (tonn)	Oppmerket areal (m^2)
Maling	1 000	1 500 000
Termoplast - Håndlegging	2 401	401 500
Termoplast - Prefabrikkert	111	18 500
Termoplast - Ekstrudert	6 955	1 405 000
Termoplast - Spray	2 740	1 210 000
Sum	**13 207**	**4 535 000**

Hvor, og til hvilke oppgaver, de ulike materialtyper og tykkelse av disse blir benyttet, vil være et resultat av "Beste praksis", se kapittel 2 Materialer – anbefalinger og valg av strategi.

Resultatet av "Beste praksis" har medført at det er gitt grove anbefalinger for linje/materialtypene ved langsgående oppmerking utført som nylegging relatert til trafikkbelastning, se Tabell 6.2.

Tabell 6.2: Grovinndeling av bruksområde for ulike linjetyper

Linje/materialtype	Midtlinje (ÅDT)	Kantlinje (ÅDT)
Maling	-	300 - 1.000
Termoplast - Spray	< 1.000	1.000 - 1.500
Termoplast - Ekstrudert	> 1.000	> 1.500

6.2 Linjetyper

Vegoppmerking, slik det er definert i håndbok N302 "Vegoppmerking - Tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming", definerer oppmerkingen (gul og hvit) som følgende kategorier av oppmerking:

- Langsgående oppmerking
- Tverrgående oppmerking
- Symboler og tekst

6.2.1 Langsgående oppmerking

Langsgående linjer kalles:

- Midtlinjer når de skiller mellom motgående trafikkretninger
- Delelinjer når de skiller mellom vanlige kjørefelt i samme retning
- Skillelinjer når de skiller mellom vanlige og spesielle kjørefelt i samme retning
- Kantlinjer når de markerer kjørebanens ytterkant

Langsgående linjer legges ut ved hjelp av maskiner og det benyttes maling, sprayet- eller ekstrudert termoplast.

6.2.2 Tverrgående oppmerking, symboler og tekst

Tverrgående oppmerking er et supplement til skilt hvis ikke annet er angitt. Tverrgående linjer legges normalt manuelt med håndleggermateriale; enkelte maskinbyggere har imidlertid utviklet maskinell utlegging av tverrgående oppmerking.

Tverrgående vegoppmerking omfatter bl.a. stopplinjer, vikelinjer, gangfelt, skravering i sperreområder, sykkelkryssinger og merking av biloppstillingsplasser.

6.2.3 Symboler og tekst

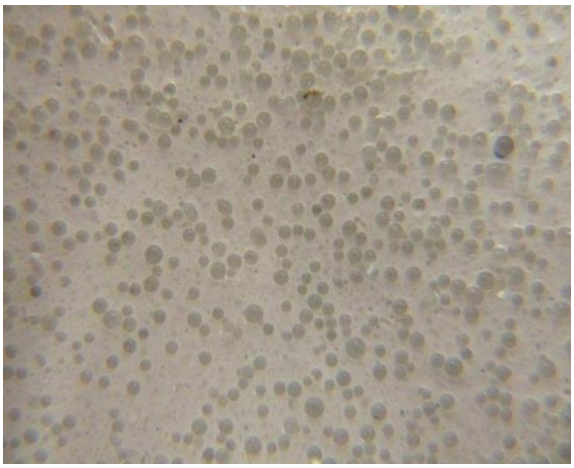
Denne kategorien er en underkategori til tverrgående vegoppmerking. Symboler og tekst omfatter piler, vikesymbol, gang- og sykkelsymbol, parkeringssymbol, symbol for bevegelseshemmede, samt tekster (f.eks. BUSS).

Symboler og tekst legges normalt manuelt med håndleggermateriale. Symboler og tekst kan også legges i form av prefabrikkert materiale.

6.3 Funksjonelle krav til vegoppmerking

De funksjonelle krav til vegoppmerking er behandlet i kapittel 1 Funksjonelle krav – trafikantenes behov. Evnen til å oppfylle disse kravene avhenger av materialtype og type oppmerking som legges.

For at vegoppmerkingen skal kunne oppfylle sine funksjonelle krav har materialene og linjene sin spesifikke oppbygging. I forhold til bruk av glassperler er det en vesentlig forskjell mellom maling og termoplast. Begge disse materialtypene tilføres drop-on-perler og eventuelt friksjonsaggregat ved utlegging som bidrar til at linjene kan innfri de initiale krav til funksjon, men det er bare termoplast som har et innblandet innhold av glassperler for å kunne bidra til funksjon over tid når vegoppmerkingen slites ned.



Figur 6.1: På overflaten av vegoppmerkingsmaterialet appliseres det drop-on-perler for å gi initial retrorefleksjon

Figur 6.2: I termoplast finnes det også innblandet glass, såkalte premiksperler. Disse bidrar til retrorefleksjon også når linjen er slitt og drop-on-perlene er borte.

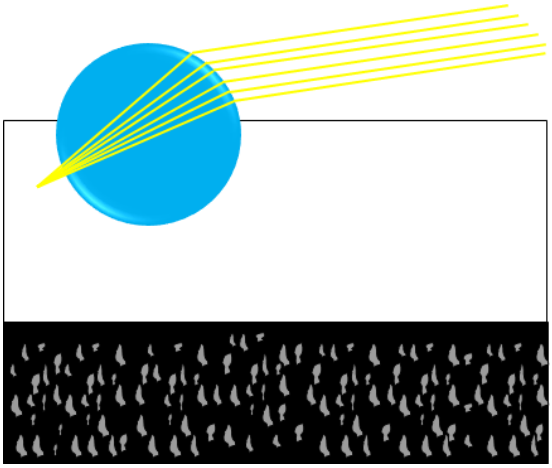
6.3.1 Retrorefleksjon

Synbarhet i mørke (R_L)

Vegoppmerkingens synbarhet i mørke skapes av at lyset fra billyktene reflekteres i linjens overflate og sendes tilbake til bilisten. Dette betegnes som retrorefleksjon og måleenheten er millicandela pr. m² og lux (mcd/m²/lx).

Retrorefleksjon i vegoppmerking oppnås initialt ved hjelp av drop-on-perler som tilføres linjeoverflaten ved utlegging. Termoplast og prefabrikkert termoplast inneholder også såkalte premiksperler som kommer fram ved slitasje og gir retrorefleksjon under linjens levetid også når drop-on-perlene er slitt bort.

Drop-on- og premiksperlene fungerer som linser. De samler og fokuserer lyset fra billyktene mot baksiden av glassperlene, og her treffer de en hvit eller gul flate og reflekteres tilbake til bilisten.



Figur 6.3: I en glassperle vil lyset brytes og fokuseres i bakkant av perlen

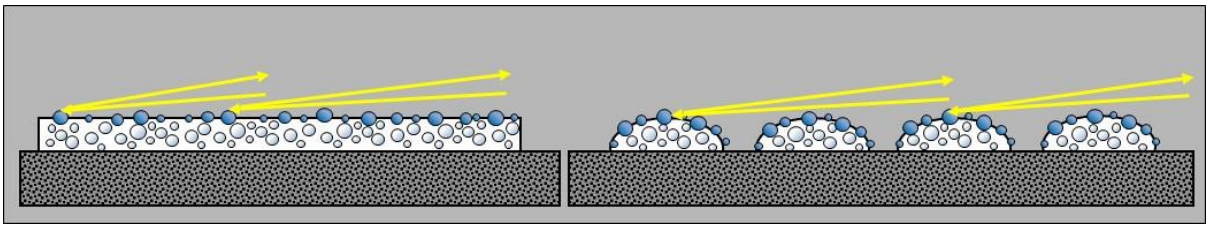
Figur 6.4: I bakkant av perlen treffer lyset hvit eller gul flate ("speil") og reflekterer tilbake mot kilden

Desto hvitere materialet er, og desto flere glassperler (linser) det inneholder, jo større evne har utlagte linjer til å innfri kravene til retrorefleksjon. Gule materialer har ikke samme evne til å reflektere lys som hvite materialer, hvilket også gjenspeiles i de funksjonelle lystekniske kravene til hvit og gul vegoppmerking.

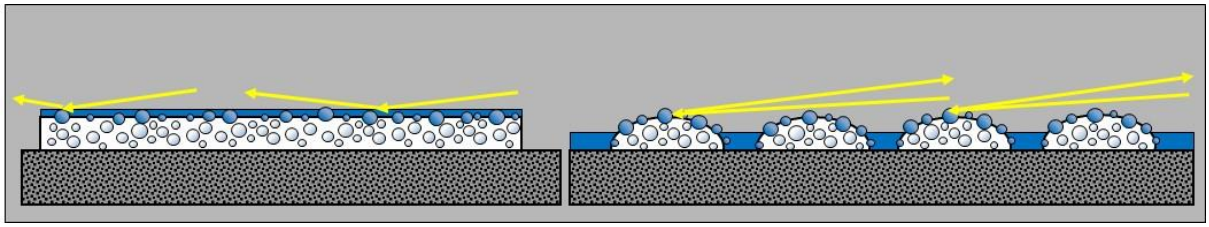
Det stilles egne krav til glasset som brukes som drop-on- og premiksperler. Kravene er nedfelt i EN 1423 (Road marking materials - Drop on materials - Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two) og EN 1424 (Road marking materials – Premix glass beads). Av vesentlige faktorer som påvirker glassets evne til å reflektere lyset kan nevnes brytningsindeks, rundhet, innhold av gassblærer etc.

Synbarhet i mørke, når vegbanen og vegoppmerkingen er våt, vil være sterkt redusert ettersom vannet vil forhindre lyset i å nå fram til baksiden av glassperlene, og i stedet totalreflektere i vannfilmen på overflaten av linjene. Det er utviklet egne profilerte linjetyper som lar vannet dreneres bort, og på den måten kan det oppnås bedret synbarhet i mørke når vegoppmerkingen er våt. Til disse linjetypene benyttes det fortrinnsvis ekstruder-materialer med helt spesielle tiksotropiske egenskaper.

Under visse betingelser (for linjer med liten trafikkbelastning) kan også vannbasert maling i kombinasjon med store drop-on-perler benyttes for å oppnå bedret synbarhet i mørke når linjene er våte.



Figur 6.5: Refleksjon fra billykter ved tørr vegoppmerking



Figur 6.6: Refleksjon fra billykter ved våt/fuktig vegoppmerking

Når vannet dekker glassperlene på plane linjer vil lys fra kjøretøy gi speiling, og ikke reflektere tilbake til bilfører. En profilert linje derimot drenerer bort vannet og muliggjør refleksjon tilbake til trafikantene.

Figur 6.7: Eksempler på profilerte linjetyper som har forbedret lysreflekterende egenskap i våt tilstand

Synbarhet i dagslys (Q_d)

Synbarhet i dagslys og gatebelysning (Q_d) vil bl.a. avhenge av vegoppmerkingens hvithet/farge og areal slik det oppfattes av trafikanten på 30 m avstand. Måleenheten for dagsynbarhet er millicandela pr. m² og lux (mcd/m²/lx).

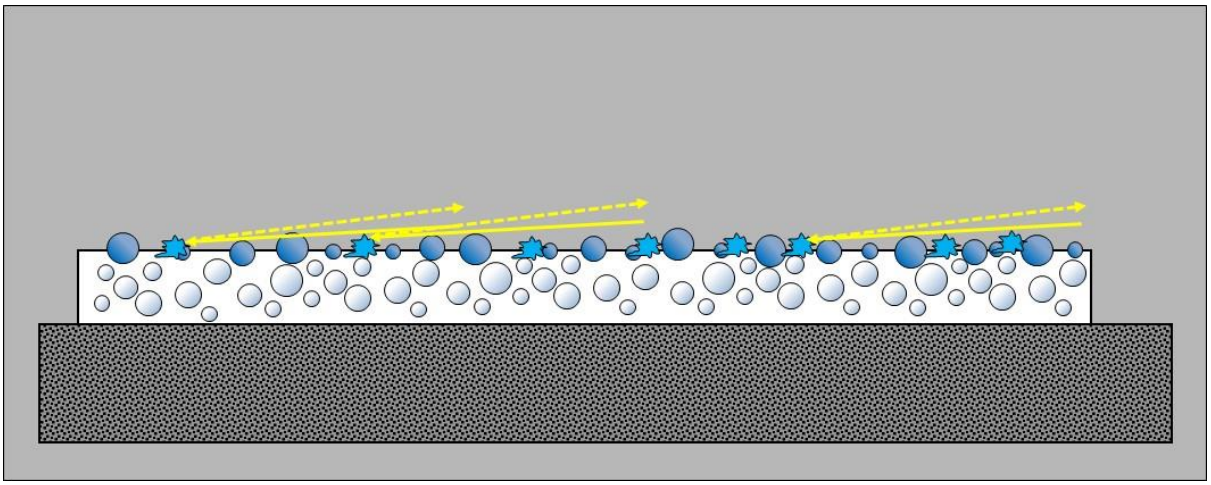
Profilert vegoppmerking, som ikke er heldekkende, vil kunne få redusert dagsynbarhet når slitasjen blir så stor at linjen ikke lenger oppfattes som heldekkende på 30 meters geometri.

I motlys kan profilerte linjer oppfattes som mørkere sammenlignet med plane linjer. Grunnen til dette er at man som bilist observerer den mørkere skyggsiden av profilene, dette fenomenet fanges ikke opp ved lysteknisk måling ettersom denne er basert på diffus belysning.

Figur 6.8: Profilerte linjer kan oppfattes mørkere i motlys fordi man observerer skyggesiden av linjeprofilen

6.3.2 Friksjon

Friksjon på vegoppmerking oppnås initialt ved hjelp av friksjonsaggregat innblandet i drop-on-glasset. Senere i oppmerkingens levetid vil det være materialets innhold av grove partikler og struktur i underlaget som har betydning for hvilken friksjon som kan oppnås.



Figur 6.9: Forbedret friksjon på vegoppmerking oppnås ved å tilføre friksjonsaggregat sammen med drop-on-glasset. Enkelte av disse aggregatpartiklene vil kunne hindre lyset i å nå fram til glassperlene, derfor erfarer man ofte at øket friksjon kan redusere linjenes lysreflekterende egenskaper.

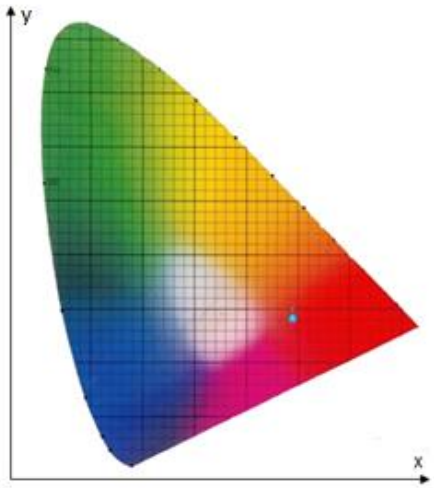
Friksjon kan måles med Skid Resistance Tester (friksjonspendel) og betegnes med SRT-enheter. Alternativt kan andre målemetoder som har en dokumentert korrelasjon til Skid Resistance Tester anvendes. PFT (Portable Friction Tester, ver. 4) er et godkjent instrument som kan benyttes.

For tverrgående oppmerking er kravet til friksjon høyere enn for langsgående oppmerking.

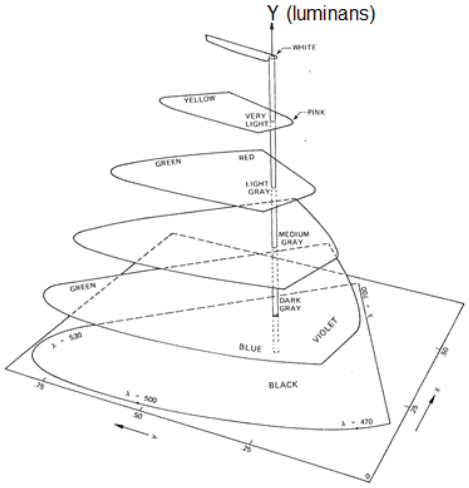
6.3.3 Fargekoordinater

Fargekoordinatene til hvit og gul vegoppmerking er angitt som x- og y-koordinater i CIE-fargesystemet. Fargesystemet har også en tredje dimensjon, luminans (Y). Denne beskriver den lysmengde som reflekteres.

Hvite materialer oppnår sin hvithet ved bruk av titandioksyd, mens gule materialer får sin farge ved bruk av organiske pigmenter i kombinasjon med titandioksyd.



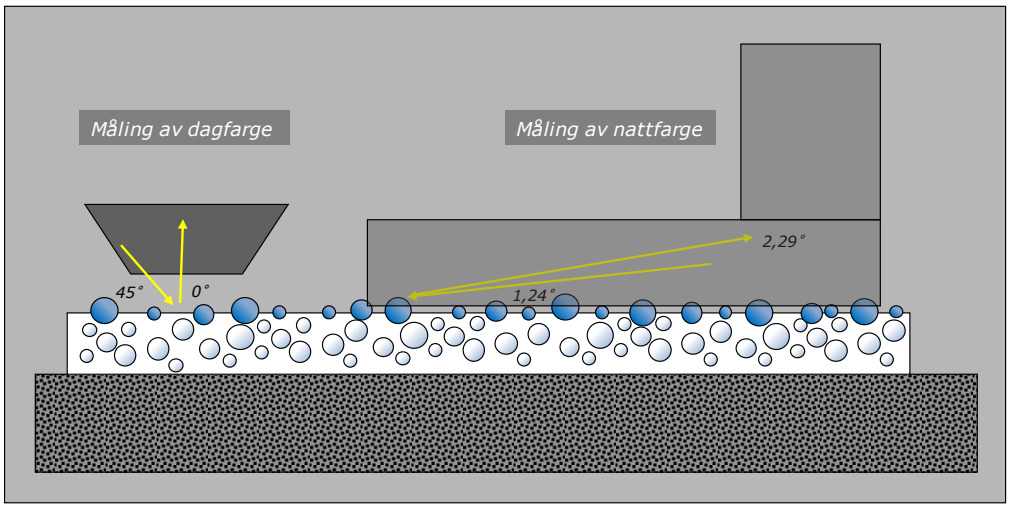
Figur 6.10: CIE-fargesystem



Figur 6.11: Den tredje dimensjon i CIE-fargesystem, luminans (Y)

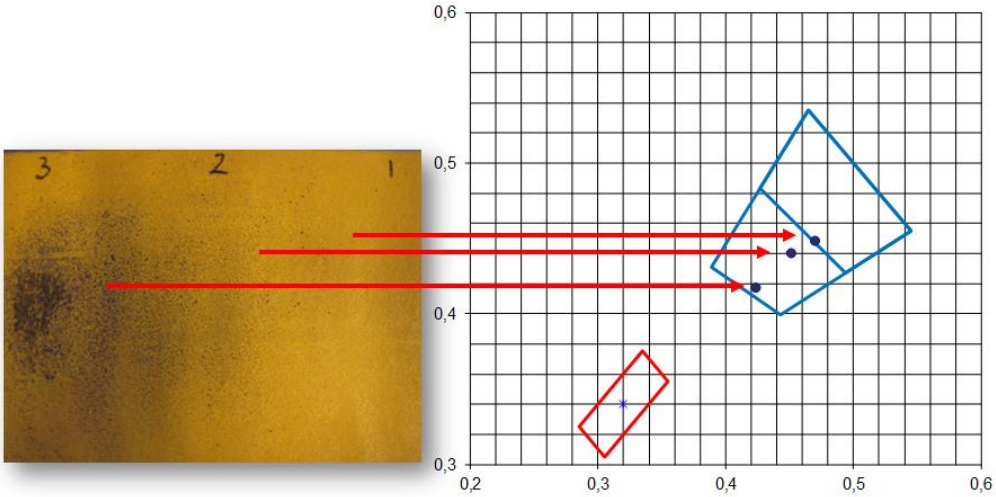
Det er to sett fargekrav til vegoppmerking, dagfarge og nattfarge. Dagfargen angir fargen av vegoppmerkingen slik den oppfattes ved vanlig dagslys og måles som den reflektere lysfarge på overflaten ved en belysningsvinkel på 45° og reflektert lys ved 0°.

Nattfargen angir den fargen vi oppfatter fra vegoppmerkingen i form av det reflekterte lyset fra billyktene, og måles som den reflektere lysfarge på overflaten ved en belysningsvinkel på 1,24° og reflektert lys ved 2,29°. Dette er samme geometri som brukes for å måle linjenes retrorefleksjon.



Figur 6.12: Illustrasjon som viser lysteknisk forskjell på måling av dagfarge og nattfarge

Når fargekoordinatene på gul vegoppmerking skal bestemmes er det spesielt viktig at flaten som måles er ren og ikke svertet, slik at målingene reflekterer de reelle fargekoordinater av vegoppmerkingsmaterialet.



Figur 6.13: Fargekoordinater som er påvirket av måling utført på svertet/uren materialoverflate kan trekke fargekoordinatene i retning av hvit. Skissen viser fargekoordinater og krav til dagfarge på hhv. gul og hvit vegoppmerking.

6.4 Materialtyper

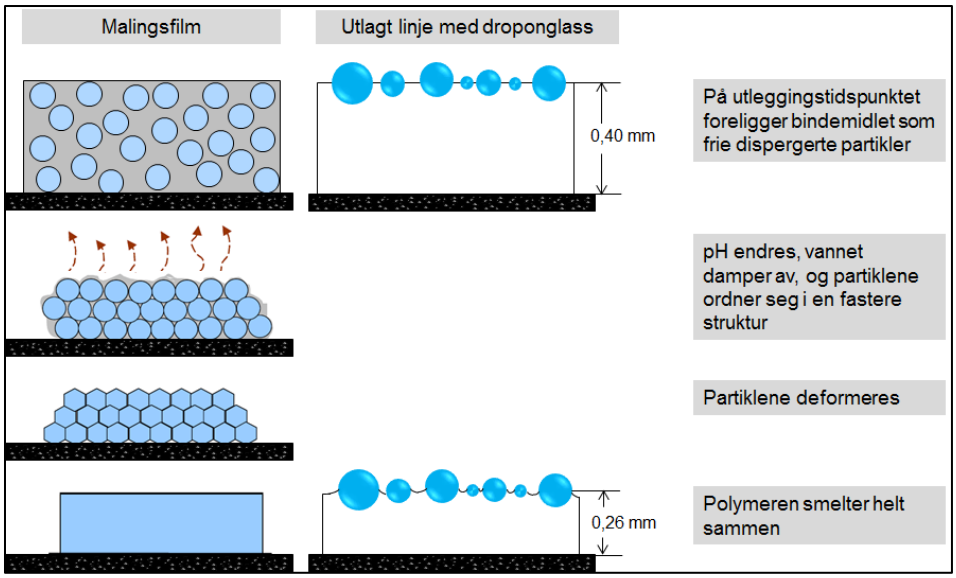
6.4.1 Maling

Tidligere ble det brukt løsemiddelbasert maling med ca. 50% organisk løsemiddel som dampet av i tørkeperioden. Løsemiddelbasert maling ble faset ut fra tidlig på 1990-tallet, og siden den gang har vannbasert maling vært den dominerende malingstypen til vegoppmerking. Allikevel benyttes det fremdeles noe løsemiddelbasert maling bl.a. til formerking og annen privat oppmerking.

Vannbasert vegmerkemaling brukes i hovedsak som kantlinjemerking på lavtrafikkert vegnettet i tillegg til oppmerking på flyplasser.

Malingen er av typen akryl hvor bindemidlet er emulgert i en vannfase. Sammensetningen i maling avhenger av kvaliteter, men kan forenklet se slik ut:

- Bindemiddel 15 – 20 %
- Pigment 1 – 10 %
- Fyllstoff 30 – 40 %
- Vann 40 – 50 %
- Additiver 1 – 2 %



Figur 6.14: Skjematisk prinsipp av tørkeprosessen i vannbasert maling. Fra å starte med en våtfilm-tykkelse på ca. 0,40 mm ender man opp med en tørr malingsfilm med tykkelse ca. 0,26 mm.

Vannbasert maling inneholder ikke premiks-perler, men ved utlegging tilføres linjene drop-on-perler i overflaten. Linjens tykkelse i våt tilstand er ca. 0,40 mm. En ferdig tørket malingslinje vi oppnå en tykkelse på ca. 0,26 mm.

Tørketiden på malingsfilmen vil avhenge av utlagt tykkelse, lufttemperatur, fuktighet og luftvekslinger. Ved lav luftfuktighet (40 – 50% RH) og høy temperatur (20 – 25°C) vil en nylagt malingslinje kunne overkjøres allerede etter et par minutter. Det kan imidlerid ta opptil 15 - 20 min. før en malingslinje kan overkjøres ved høy luftfuktighet (90% RH) og lav temperatur (5 – 10°C).

Nødvendig tørketid før linjene kan utsettes for overkjøring kan reduseres ved at linjen sprayes med syre, f.eks. eddiksyre (endring av pH). Dette bruks ofte i områder hvor overkjøring kan være et problem (kryssområder) eller når værforholdene tilsier at det er nødvendig å framskynde tørkeprosessen.

Slitasjestyrken på vannbasert maling er i stor grad bestemt av egenskapen til bindemidlet/polyméren i malingen og den tykkelse som linjene er applisert i.

Vannbasert maling leveres i 1.000 liter fluidbag evt. i spann á 20 liter til mindre oppmerkingsjobber og trenger ingen forbehandling før utlegging.

Figur 6.15: Fluidbag med 1.000 liter vannbasert maling

6.4.2 Termoplast

Termoplast et begrep innenfor området plast-kvaliteter som har til felles at de smelter ved oppvarming (f.eks. i motsetning til herdeplaster). Sammensetningen varierer mellom de ulike kvaliteter og linjetyper de er designet for, og en grov inndeling kan se slik ut:

- Bindemiddel (harpiks, mykgjører, polymér) 18 – 22 %
- Pigment (titandioksyd el. organisk gult pigment) 1 – 10 %
- Fyllstoff (dolomitt, sand, friksjonstilsetning) 25 – 60 %
- Glassperler (premiks) 20 – 50 %

Termoplast kan deles inn i to hovedgrupper, alkyd- og hydrokarbonbasert, avhengig av hvilken type harpiks som brukes. De to typene er ikke kompatible med hverandre og må derfor ikke blandes. De ulike komponentene i termoplasten tilfører materialet forskjellige egenskaper alt etter hvilket bruksområde og funksjonsegenskaper det er designet for.

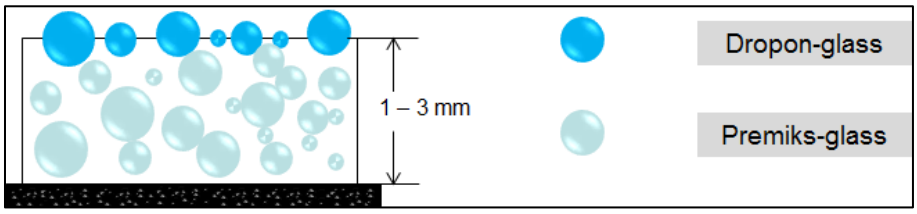
Type av polymér og materialets fysikalske egenskaper, f.eks. hardhet er avgjørende for hvilken slitasjestyrke som oppnås. For materialer til bruk i klimatiske områder likt det vi har i Norge, hvor det også brukes piggdekk, er det viktig at materialet har fleksibilitet også ved lav temperatur.

For å oppnå ønsket kulør/farge brukes det ulike typer pigment i materialet. For hvite produkter brukes titandioksyd, mens det i gule produkter brukes organisk gult pigment i kombinasjon med titandioksyd. Evnen til å reflektere lys er sterkt avhengig av innholdet av titandikosyd, desto høyere innhold av dette jo mer retrorefleksjon kan det oppnås.

Premiksperlene har varierende størrelse (ca. 0,1 – 1,0 mm) og innholdet er også avgjørende for den refleksjonen som kan oppnås.

For termoplast vil den utlagte linjetykkelse være den endelige

- Håndlagt - 3 mm
- Ekstrudert - 2 eller 3 mm
- Spray - 1 eller 1,5 mm



Figur 6.16: Termoplast legges ut i ønsket tykkelse (1 – 3 mm) og tilføres drop-on-glass i overflaten. Utleggingstykkelsen er identisk med linjetykkelsen etter at termoplasten er avkjølt.

Figur 6.17: Ulike leveranseformer av termoplast; pulver i bigbag, pulver i småsekk eller smeltet som blokk

<u>Utlegging av termoplast</u>

Utlegging av termoplast skjer ved at materialet smeltes og varmes opp til ca. 200°C i spesielle oljemantlede gryter på egne smeltebiler eller direkte på utleggingsbilen. Smelteprosessen, omrøringstid og utleggingstemperatur har stor innvirkning på materialets egenskaper ved utlegging. De enkelte komponentene i materialet smelter ved ulike temperaturer, og det er av stor viktighet at alle komponenter blir jevnt fordelt i materialet for at den utlagte linjen skal oppnå homogen kvalitet. Benyttes for kort omrøringstid og for lav temperatur, kan dette bl.a. medføre redusert vedheft til underlaget eller redusert vedheft på drop-on-glasset. Benyttes det for lang omrøringstid og for høy temperatur kan det medføre at drop-on-glasset synker og at polyméren brytes ned med øket slitasje som en følgeeffekt. Det vises til eget avsnitt i forhold til eksempler på linjefeil som følge av feil materialbehandling og feil innstilling på utleggingsutstyr.

6.4.3 Prefabrikkert termoplast

Prefabrikkert termoplast har i utgangspunktet samme sammensetning som vanlig termoplast. Prefabrikkert leveres med en viss mengde drop-on-glass på overflaten, men ved utlegging kan det være behov for å tilføre ytterligere drop-on-glass og eventuelt friksjonsaggregat for å

oppnå ønsket funksjon.

Figur 6.18: Eksempler på tekst og symboler som fortrinnsvis legges med prefabrikkert termoplast (1050.2 BUSS, 1039 Sykkelsymbol og 1037 Gangsymbol)

Prefabrikkerte symboler kan også levers i andre farger enn gult og hvitt.

Utlegging av prefabrikkert termoplast

Ved utlegging av prefabrikkert termoplast er det viktig å rengjøre underlaget for eventuelt løse partikler. Deretter bør underlaget forvarmes og tørkes godt før symbolet legges ned, for så å varmes opp med en gassvarmer til det smelter og binder seg godt til underlaget. I den smeltede og varme overflaten kan det eventuelt tilføres ekstra drop-on-glass og eller friksjonsaggregat.

6.4.4 2-komponent og epoxy

Til spesielle oppmerkingsprosjekter kan det også benyttes andre produkter, som f.eks. 2-komponent eller epoxsybaserte systemer. Innenfor vegoppmerking har dette de siste årene blitt brukt til bl.a. sykkelfelt i bymiljø.

Figur 6.19: Eksempler på bruk av 2-komponent materiale til sykkelfelt (eksempel fra Sverige)

6.4.5 Drop-on-glass og friksjonsaggregat

For at utlagt vegoppmerking skal kunne oppnå ønsket initial retrorefleksjon og friksjon må det tilføres drop-on-glass og eventuelt friksjonsaggregat i overflaten.

Det finnes en egen standard som klassifiserer drop-on-glasset, EN 1423 (Road marking materials – Drop-on materials - Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two).

Ulike materialer og linjetyper vil påvirke hvilken størrelse (siktekurve) og hvilke coating/overflatebehandling glasset bør ha. Coating er et sjikt av enten silikon, silan, en kombinajon av disse eller andre forbindelser som er tilført overflaten av glassperlene. Coatingen påvirker hvordan glassperlene orientere seg i overflaten av vegoppmerkingen og vedheften mellom glasset og vegoppmerkingsmaterialet. Eksempelvis vil silikoncoating forhindre at drop-on-glasset synker for langt ned i linjen, men det er ikke optimalt i forhold til vedheft mellom glasset og materialet. Med silancoating vil det være vanskeligere å kontrollere flyten på drop-on-glasset, mens vedheft mellom glass og materialet blir optimal. Små glassperler har en større tendens til å synke ned i linjen sammenlignet med større glassperler.

Ved linjeutlegging brukes det en mengde drop-on-glass tilsvarende ca. 300 – 400 g/m² og størrelsesfordelingen på dette glasset ligger i området 0,1 og 1,0 mm.

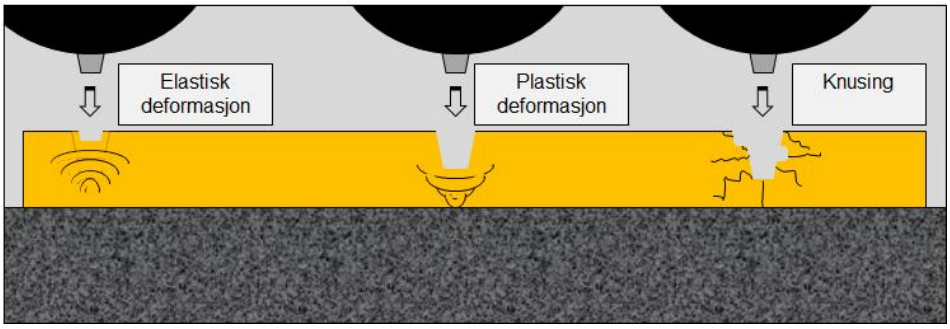
Hvis drop-on-glasset har et innhold av friksjonsaggregat vil dette påvirke hvilken retrorefleksjon som oppnås. Jo høyere innhold av friksjonsaggregat desto lavere vil retrorefleksjonen kunne bli. Blandinger av drop-on-glass til tverrgående oppmerking vil ha et høyere innhold av friksjonsaggregat sammenlignet med blandinger av drop-on-glass for langsgående oppmerking.

6.5 Slitasjeegenskaper

Tidligere utgaver av Håndbok R310 (Trafikksikkerhetsutstyr) inneholdt også konkrete krav til slitasjestyrke på vegoppmerkingsmaterialer. Kravene var relatert til en klasseinndeling definert i EN1871 (Vegmerkingsmaterialer – Fysiske egenskaper) basert på deres slitasjestyrke uttrykt som Trögerverdi. I dagens utgave av R310, med faglig innhold fra 2011, har de konkrete kravene til slitasjestyrke falt bort til fordel for "Garanti for funksjon i en 2-års-periode".

Etter at det fra 2015 er innført et nordisk materialsertifiseringssystem vil kravet til slitasjestyrke ivaretas som P-klasseinndeling i angitte materialtykkelser, se kapittel 6.6.

De egenskaper i vegoppmerkingsmaterialene som påvirker slitasjestyrken i vårt klima og ved belastning fra piggdekk, er deres evne til å omforme energi som tilføres ved eksponering fra trafikk, piggdekk og vintervedlikehold til elastisk eller plastisk deformasjon og ikke i form av knusing.



Figur 6.20: Ulike former for omforming av energi fra piggdekkeksponering på vegoppmerkings-materialer, elastisk deformasjon, plastisk deformasjon og knusing

Slitasjestyrke på maling styres i stor grad av inngående polymérer og applisert tykkelse. Normal tykkelse på tørr malingsfilm er 0,26 mm og erfaringsvis fungerer dette tilfredsstillende som kantlinjer på lavtrafikkert vegnett eller på andre steder hvor linjene blir utsatt for minimal trafikkbelastning.

I termoplast må man tilføre materialet lavtemperaturfleksibilitet i form av type og mengde polymér samtidig med at man regulerer materialets hardhet i form av stempelinntrykk. Materialet skal ha tilstrekkelig hardhet på varme sommerdager til å unngå utvalsing og deformasjon/dekkavtrykk, samtidig med at det skal være fleksibelt ved lave temperaturer slik at det ikke knuses for mye under piggdekkeksponering.

Om materialet gjøres for slitasjebestandig kan det redusere muligheten til å opprettholde gode lystekniske egenskaper i form av retrorefleksjon. Man er avhengig av en viss slitasje for å frembringe nytt premiksglass for å erstatte knust og slitt glass i overflaten.

6.6 Nordisk sertifisering av vegoppmerkingsmaterialer

De nordiske vegmyndigheter samarbeider i dag om en felles sertifiseringsordning for vegoppmerkingsmaterialer. Det er etablert prøvestrekninger i Norge, Sverige og Danmark. Strekningene i Sverige og Norge gjelder for sertifisering av materialer for bruk i disse 2 landene, mens den danske prøvestrekningen tester materialer for bruk i Danmark. Finland er foreløpig på vent, men vil muligens tilslutte seg systemet etterhvert.

Prøvefeltene er plassert på vanlig veg, der materialene utsettes for reell trafikk og for vær- og klimaforhold som er representative for de nordiske landene. Materialene følges opp med funksjonsmålinger gjennom ett eller to år, og sertifiseringen omfatter krav til retrorefleksjonskoeffisient R_L, luminanskoeffisient Q_d, friksjon og fargekoordinater. Antall hjulpassasjer som materialene årlig utsettes for blir registrert, slik at materialenes funksjonelle levetid kan settes i relasjon til den trafikkbelastningen linjene utsettes for. Sertifiserings-systemet inneholder også en materialidentifisering, slik at stikkprøvekontroller under senere kontraktsarbeid er mulig.

Trafikkeksponeringen måles som antall overrullinger/hjulpasseringer og inndeles i klasser i henhold til Tabell 6.3, og det er en forutsetning at alle linjer må ha vært trafikkeksponert i minimum ett kalenderår.

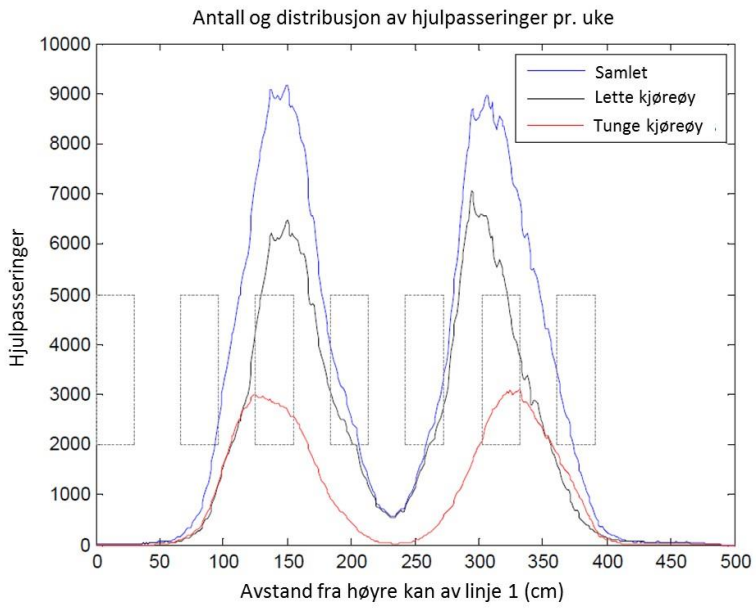
Tabell 6.3: P-klasser relatert til antall hjulpasseringer

Klasse	Antall hjulpasseringer/ overrullinger
P0	≤ 50 000
P1	Mellom 50 000 og 60 000
P2	100 000 ± 20%
P3	200 000 ± 20%
P4	500 000 ± 20%
P5	1 000 000 ± 20%
P5.5	1 500 000 ± 20%
P6	2 000 000 ± 20%

Sertifiseringssystemet vil gi verdifull informasjon om de forskjellige produkters og utleggingsmetoders funksjonelle holdbarhet, og dermed gi nyttig input til fremtidige LCC-analyser. Det ble i 2018 etablert krav til at materialer som benyttes i offentlige kontrakter i Skandinavia skal være sertifisert i den nordiske ordningen.

Figur 6.21: Nordisk prøvefelt i Sunne i Sverige etter første vinter. Enkelte av materialene har fått kraftig slitasje i hjulsporene.

Figur 6.22: Nordisk prøvefelt - fra prøvefelt på RV 2 på Haslemoen, Hedmark fylke Region øst i Norge



Figur 6.23: Antall og distribusjon av hjulpasseringer på prøvefelt for materialsertifisering (VTI rapport 912A)

6.7 Helse, miljø og sikkerhet

I forbindelse med bruk av de ulike oppmerkingsmaterialene må det tas hensyn til generelle sikkerhetsforskrifter og de spesifikke sikkerhetsdatablad som leverandørene utgir. Vannbasert maling og termoplastprodukter er normalt ikke merkepliktige, men det kan forekomme kvaliteter av disse som er merket som "Irriterende" på bakgrunn av de enkelte råvarer som benyttes.

Vannbasert maling appliseres med store maskiner hvor malingen håndteres i et lukket system fram til spraypistolen. Operatørene sitter godt beskyttet fra eventuell ammoniakkdamp som kan frigjøres fra nylagte linjer.

Termoplast avgir oljedamp og oljetåke ved oppvarming avhengig av materialtype og temperatur. Dersom man eksponeres direkte over en smelte- eller produksjonsgryte, f.eks. ved påfylling eller inspeksjon, er det viktig at man beskytter seg i forhold til mulig eksponering for oljedamp og oljetåke over administrativ norm.

Varm, smeltet termoplast skal behandles med forsiktighet i forhold til mulige brannskader. Selv små dråper av smeltet termoplast kan gi alvorlige brannskader.

Ved smelting av termoplast er det viktig å forsikre seg om at pulver som tilføres gryten er tørt, hvis det er fuktig kan det oppstå støtkoking og risiko for sprut av smeltet termoplast.

Det settes krav til maksimalt innhold av tungmetaller i de glassperler som benyttes til vegoppmerking og gjeldene krav for "Class 1" er maksimalt 200 mg/kg av hvert av elementene As, Pb og Sb.

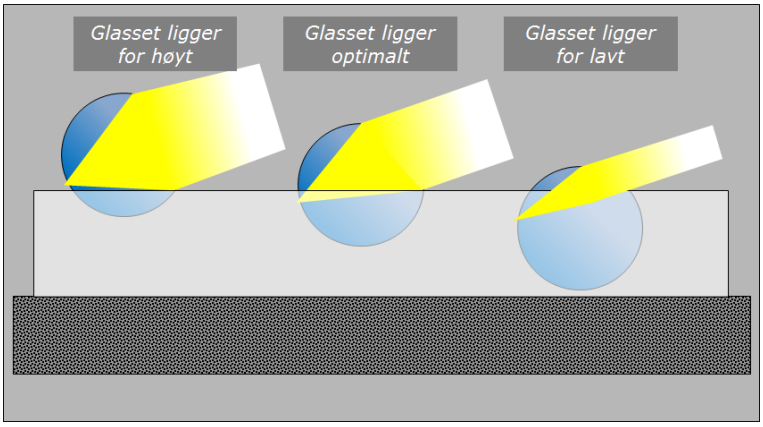
6.8 Linjefeil

Ved utlegging av vegoppmerking er det flere faktorer som påvirker funksjon og utseende, og kan ha vesentlig betydning for endelig resultat av utlagt materiale. I dette delkapitlet er disse faktorene nærmere omtalt.

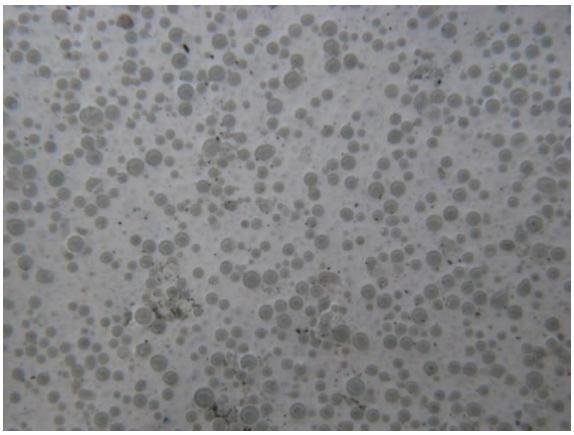
6.8.1 Orientering av drop-on-glasset og retrorefleksjon

I forhold til den retrorefleksjon som oppnås er nedsynkingen av drop-on-glasset av stor betydning. Jo lenger ned glasset orienterer seg jo mindre belyst overflate oppnås det og mindre lysmengde trenger inn i glasset for senere å bli reflektert.

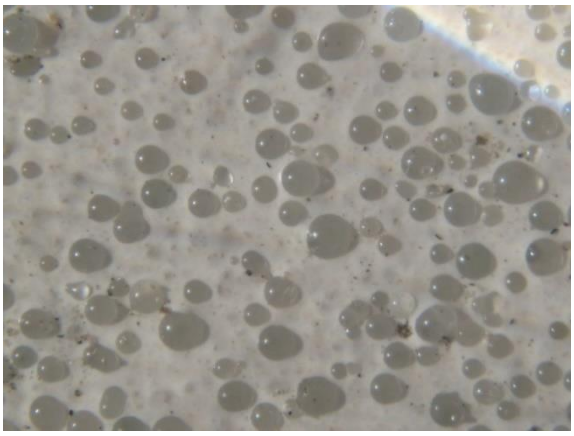
Ligger glasset for høyt risikerer man at lyset ikke brytes tilstrekkelig for å treffe bakkanten med reflekterende materiale og i stedet går tvers gjennom glasset.



Figur 6.24: Om glasset orienterer seg for høyt i linjen vil det passere gjennom glassperlen uten å reflekteres. Om glasset ligger optimalt fanger det opp maksimal lysemengde og reflekterer denne. Om glasset ligger for lavt vil bare en mindre lysmengde fanges opp og kunne reflekteres.



Figur 6.25: Drop-on-glass som er optimalt orientert i linjeoverflaten



Figur 6.26: Drop-on-glass som ligger for høyt i linjeoverflaten

Figur 6.27: Når drop-on-glass blir liggende for lavt i linjeoverflaten vil overflaten ha større tendens til å krakelere

Feil coating på drop-on-glass kan medføre glassynk

Den mest vanlige coating som benyttes på drop-on-glass til termoplast og vannbasert maling i Norge er silikoncoating. Denne type coating vil hindre glasset i å synke for langt ned i linjene og dermed gi optimalt areal for lysrefleksjon. Selv om vedheften mellom glasset og materialet ikke blir optimalt vil dette ikke være avgjørende for funksjonen da det meste av drop-on-glasset normalt slites bort i løpet av den første vinteren på midt- og delelinjer. På kantlinjene vil vi kunne oppleve at drop-on-glasset bidrar til retrorefleksjonen også etter den første vinteren.

Feil størrelse på drop-on-glass kan medføre glassynk, eller at det orienterer seg for høyt i linjen

For tynnere linjer, maling og spray, benyttes det normalt drop-on-glass med mindre størrelse sammenlignet med tykkere linjer av ekstrudermateriale. Dette fungerer fordi termoplast applisert i tynnere sjikt vil avkjøles raskere og dermed hindrer glasset i å synke for langt ned i linjen. Benyttes det for store glassperler kan det være en risiko for at de orienterer seg for høyt i linjen, spesielt om det appliseres tynne sjikt på kaldt underlag. Da øker faren for at drop-on-glasset raskt slipper mot materialet etter kort tids trafikkeksponering.

For høy materialtemperatur kan medføre glassynk

Dersom et termoplastmateriale utsettes for høy temperatur over lang tid, eller får for kraftig omrøring vil dette kunne ødelegge det nettverket som polyméren danner i materialet. Dette kan medføre at både premiksglasset og fyllstoffer faller til bunnen og det oppstår sedimentasjon i produksjonsgrytene. I tillegg vil den utlagte linjen få problemer med glassynk avhengig av størrelsen på drop-on-glasset. For å bøte på dette kan produksjonsgryten tilføres nytt materiale med kortere røretid og lavere temperatur.

6.8.2 Vedheft

For å oppnå god vedheft mellom materialet og underlaget er det en forutsetning at underlaget er tørt og rent. Det vil alltid finnes fuktighet nede i asfalten, og når overflaten tettes med varm termoplast vil denne fuktigheten begynne å vandre. Har materialet som legges ut tilstrekkelig temperatur, og fått tilstrekkelig omrøringstid, vil fuktigheten ha en mulighet til å trenge gjennom materialsjiktet. Dersom dette ikke skjer er det fare for at det dannes en lomme mellom materialet og underlaget som hinder materialet i å oppnå god nok kontakt for optimal vedheft.

Figur 6.28: Vann/fuktighet fra underlagt som trenger gjennom linjen ved utlegging. Om fuktigheten sperres inne vil det oppstå lommer med redusert vedheft.

Redusert vedheft kan også oppstå dersom underlaget har mye urenheter som hindrer materialet i å feste seg til asfalt eller gammel oppmerking. Det kan oppnås en betydelig bedre vedheft om underlaget rengjøres før utlegging; dette gjelder spesielt når vegoppmerking skal legges i fresespor.

Dersom redusert vedheft ikke avsløres etter kort tid, vil den ofte kunne vises i form av avskallinger i løpet av vinteren når materialet er kaldt og sprøtt og det utsettes for mekanisk påvirkning, f.eks. fra vintervedlikehold.

Figur 6.29: Dårlig vedheft kan først vise seg i løpet av vinterperioden når linjene utsettes for mekanisk påvirkning ved vintervedlikehold. Bildet viser linjer med dårlig vedheft som er knust av plogen.

I enkelte situasjoner kan det oppleves problematisk å oppnå optimal vedheft til underlag av gammel oppmerking. Dette kan skyldes ulike årsaker, bl.a. vil gammel termoplast ofte ha en oksydert overflate, noe som gjør det vanskelig å smelte de to sjiktene sammen. Det anbefales å applisere med noe forhøyet temperatur når det utføres reparasjonsoppmerking på gammel termoplast. Alternativt kan det foretas en rubbing av overflaten f.eks. med vannfres for å fjerne noe av den oksyderte overflaten.

Man har også erfart at det er mer utfordrende å oppnå god vedheft til gammel alkydbasert termoplast ved reparasjon med hydrokarbonbasert termoplast. Likeledes vil man svært ofte oppleve redusert vedheft om underlaget er vannbasert maling når det repareres med termoplast av ulike typer.

Underlag av betong gir generelt dårligere vedheft sammenlignet med et underlag av asfalt. Forbedret vedheft til betong kan oppnås ved forbehandling bl.a. med primer.

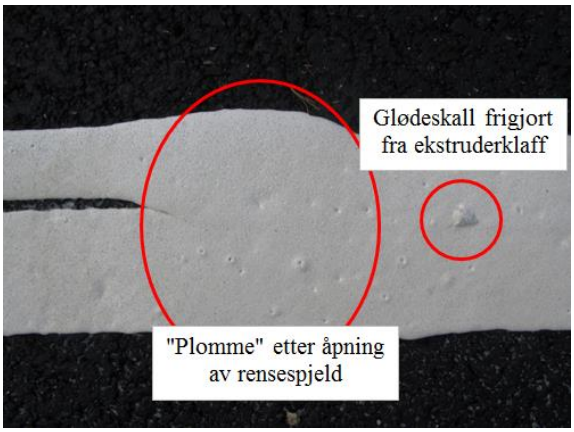
6.8.3 Krakelering

Krakelering av termoplast kan skje på linjer som legges uten drop-on-glass eller hvor drop-on-glasset har sunket og eventuelt på steder hvor overflaten eksponeres over lang tid uten trafikkbelastning (f.eks. sperrefelt).

I tillegg kan det oppstå noe mer krakelering i overflaten av materialer som har vært utsatt for lang oppvarmingstid og høye temperaturer. Krakelering har i utgangspunktet ingen negativ effekt på funksjon eller levetid, men i de tilfeller hvor krakelering er et resultat av lang oppvarmingstid og høye temperaturer kan slitasjestyrken være noe redusert.

6.8.4 Glødeskall

På innsiden av smelte- og produksjonsgryter danner det seg etter en viss tid et lagvis sjikt av brent termoplast. Hvis dette sjiktet blir for tykt, eller blir utsatt for mekanisk påvirkning, kan biter av sjiktet (glødeskall) løsne og blande seg med det smeltede materialet. Utleggingsutstyret har sil-anordninger som skal forhindre at slike glødeskall finner veien fram til utleggerskoen, men i enkelte tilfeller kan glødeskallene allikevel passere og sette seg fast i klaffeåpningen på ekstruderskoen og gi striper i de utlagte linjene. For å bøte på dette har operatøren mulighet for å åpne rensespjeldet for å slippe ut glødeskallet, dette resulterer i en "plomme" i linjen.



Figur 6.30: Glødeskall i ekstruderklaff, samt plomme etter åpning av rensespjeld

6.8.5 Sverting

På varme sommerdager, og ofte i tilknytning til nylagt asfalt, kan man oppleve at nylagte linjer misfarges (sverter) ved overkjøring. Svertingen er rester av bitumen og gummi som overføres fra bildekk og som fester seg til overflaten av termoplasten. Moderat sverting er forbigående og vil etter relativt kort tid bli borte når overflaten oksyderes og utsettes for nedbør. I den perioden oppmerkingen er svertet vil dette påvirke både farge, dag- og nattsynbarhet av oppmerkingen.

For å redusere sverting og for å kunne slippe på trafikk tidligere er det ikke uvanlig å kjøle ned nylagte linjer med vann. Påføres vann for tidlig kan det redusere den retrorefleksjon som oppnås på langsgående linjer.

Figur 6.31: Eksempel på sverting på nylagt oppmerking

6.8.6 Dårlig spraybilde

Dersom et spraymateriale legges ut ved for lav temperatur, eller at utstyret ikke er korrekt justert, kan dette resultere i dårlig spraybilde ved at linjene får en uensartet tykkelse i tverrsnittet. Typisk når materialet ikke har oppnådd tilstrekkelig utleggingstemperatur, eller har for kort omrøringstid, er at linjene kan bli tykke på midten og tynne i kanten. Drop-on-glasset vil feste seg til midten av linjene, men ligge for høyt og løsne etter kort tid på sidene av linjene. Resultatet er at trafikanten opplever oppmerkingen som smalere når de observeres i belysning fra bilen.

Figur 6.32: Uensartet spraybilde, linjen er tynn i kanten og tykkere på midten. Drop-on-glasset har allerede løsnet fra kanten av linjen.

6.8.7 Sprut

På spraylinjer kan det oppstå sprut/"splæsj" i spraybildet. Årsaken kan være at det er applisert på fuktig underlag, eller at materialet er for tyntflytende. Slik sprut oppstår når sprederluften i spraypistolen blåser for tett ned på linjen og at denne ikke har tilstrekkelig vedheft til underlaget grunnet fuktighet.

Ved å øke høyden mellom spraypistolen og vegbanen, eller applisere ved noe lavere temperatur kan man redusere risikoen for slik sprut.

Figur 6.33: Sprut/"splæsj" forårsaket av fuktig underlag

7 Maskiner og utstyr for vegoppmerking

7.1 Generelt

Maskiner og utstyr som brukes til vegoppmerking varierer stort mellom ulike land avhengig av hvilke materialtyper som brukes, hvilke typer oppmerking som etterspørres og krav myndighetene f.eks. har satt til helse-, miljø og sikkerhet i forbindelse med vegoppmerking.

De rene vegoppmerkingsprosesser som opphandles av Statens vegvesen inndeles i følgende prosesser:

- Tverrgående oppmerking med termoplast, håndlagt og prefabrikkert - 77.32
- Langsgående oppmerking med vannbasert maling - 77.42
- Langsgående oppmerking med termoplast spray - 77.44
- Langsgående oppmerking med termoplast ekstrudert - 77.45

Stort sett benyttes utstyr som er spesialdesignet for hver enkelt prosess, men det finnes også utstyr som dekker flere prosesser med mindre utskifting av selve appliseringsenheten (spraypistol eller ekstruderingshode); såkalte kombimaskiner.

Utstyr for utlegging av maling er enkeltstående enheter hvor all materialbehandling skjer på utleggingsenheten.

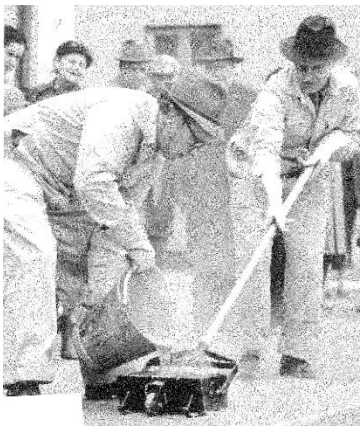
For utlegging av termoplast må materialet gjennom en smelteprosess og forbehandling i form av omrøring og elting. Dette er en viktig del i materialbehandlingen for å oppnå korrekt utleggingskvalitet på materialet. I denne forbehandlingen blir polymerer og øvrig bindemiddel i materialet strukket og fordelt jevnt ut i massen. På den måten bygges det opp et ønsket nettverk som bidrar til vedheft og slitasjestyrke i materialet. Når en slik forbehandling er avsluttet kan materialet overføres til en egen produksjonsgryte, eller det kan legges ut direkte fra smeltegryten.

Enheter for tverrgående oppmerking består i hovedsak av en kombinert smelte- og produksjonsgryte, mens enheter for langsgående oppmerking er bygget opp med separate smeltegryter og overføring til egne produksjonsgryter etter ferdig forbehandlet materiale. Det er ikke uvanlig med separate maskiner som kun foretar smelting og forbehandling av termoplastmaterialet, for deretter å overføre det til en utleggingsenhet med produksjonsgryter.

7.2 Historikk

De første vegoppmerkinger som ble utført, også det som kan betegnes som langsgående oppmerking, ble applisert manuelt.

Siden den tid har den tekniske utvikling, krav til effektivisering og arbeidsmiljø bidratt til at all langsgående oppmerking utføres med store maskineneheter. Det er også utviklet enheter for maskinell legging av tverrgående oppmerking.



Figur 7.1: Eksempler på manuelt utført vegoppmerking, Dead Man's Curve i Michigan USA i 1917, håndlegging med slepesko i Sverige på 1950-tallet og maling av stiplet kantlinje i Bulgaria, også på 50-tallet

7.3 Smeltegryter

De smeltegryter som brukes i Norge omgis av en kappe fylt med hetolje og oljen varmes opp med en dieselbrenner. I gryten er det et røreverk (drives av et hydraulikkaggregat) som bidrar til fordeling av varmen, samt den viktige bearbeidingen slik at de ulike komponentene fordeles jevnt ut i materialet.

Røreverket i smeltegrytene kan ha ulik utforming, også i forhold til hvilken form materialet som skal smeltes har. Materialer levert som blokk krever en særskilt utforming på røreverket, mens materialer levert som pulver kan brukes men alle typer røreverk. For å oppnå mest mulig effektiv smelting og bearbeiding av materialet er røreverkene utstyrt med en vender som gjør at røreverket vekselvis endrer omdreiningsretning.

Ved tilførsel av termoplastpulver vil mange operatører velge å ikke tappe smeltegrytene helt ned når det overføres materiale til produksjonsenheten. De lar det gjerne være igjen en rest som utgjør 1/3 av full gryte, da dette bidrar til at nytt tilført termoplastpulver smelter raskere.

7.4 Tverrgående oppmerking

7.4.1 Smelte- og produksjonsenheter

De enkleste enhetene som brukes ved tverrgående oppmerking er mindre frittstående tilhengere eller krokpåheng som kan medbringes på lasteplan. Størrelsen på de minste grytene er ca. 400 liter, mens de største lastebilbårne grytene er på ca. 800 liter (400 liter holder til ca. 250 løpemeter gangfeltstolper, som utgjør ca 12 gangfelt). Enkelte enheter har 2 gryter for henholdsvis hvit og gul oppmerking, men det vanligste er at slike håndeggerenheter kun medbringer én farge.

Figur 7.2: Eksempel på håndleggerenhet med smelte-/produksjonsgryte

7.4.2 Utleggingsutstyr

I Norge blir det i all overveiende grad benyttet håndleggerskope for utlegging av tverrgående oppmerking. Slike skoper leveres i ulike bredder avhengig av formålet. Det er ikke uvanlig å kombinere flere parallelle linjer for å oppnå ønsket bredde, f.eks. legges 50 cm gangfelt ofte som 2 x 25 cm.

Figur 7.3: Håndleggerskoper for legging av tverrgående oppmerking

Den tykkelse som legges bestemmes av et gangjern på siden av skopen som regulerer avstanden mellom spalteåpningen under skopen og underlaget. Det må bemerkes at høyden på gangjernet vil bestemme linjetykkelsen over asfaltoverflaten og at det alltid vil medgå ekstra materiale for å fylle opp overflatestrukturen i asfalten. Det samme vil gjelde om det benyttes slepesko ved utlegging.

Glasspåføring er en viktig del av appliseringsprosessen og er avgjørende for den kvalitet som oppnås. Glass og friksjonsaggregat må appliseres på riktig tidspunkt og i korrekt mengde for at det skal synke tilstrekkelig ned i linjen og gi ønsket funksjon. Appliseres det for sent vil det være en fare for at man ikke oppnår tilstrekkelig heft til materialet og at det raskt slites bort. Det er viktig å fjerne overskudd og løst drop-on-glass etter utlegging slik at dette ikke virker som et "kulelager" i overflaten.

Figur 7.4: Håndlegging med skope med etterfølgende glasspåføring

Noen maskinbyggere har utviklet maskinenheter beregnet for maskinell utlegging av tverrgående vegoppmerking. Utviklingen har vært et resultat av et krav til at merkemannskap ikke skal eksponeres i vegbanen i forbindelse med oppmerkingsarbeider på høytrafikkert vegnett i Sverige. Et eksempel på en slik enhet er vist i Figur 7.5.

Figur 7.5: Maskinell applisering av tverrgående oppmerking

For applisering av prefabrikkert termoplast er det ikke påkrevet med egne smelteenheter. Utlegging skjer ved at prefabrikkerte stykker av termoplast legges ned på tørr og rengjort asfalt, og deretter smeltes med gassbrenner til det oppnår tilstrekkelig vedheft.

Figur 7.6: Applisering av prefabrikkert HC-symbol ved hjelp av gassbrenner. Drop-on-glass påføres manuelt med egen glassdispenser.

7.5 Langsgående oppmerking med termoplast

7.5.1 Smelte- og produksjonsenheter

Det benyttes både separate smelteenheter og kombinerte smelte- og produksjonsenheter ved utlegging av langsgående oppmerking med termoplast. Hva som velges av den enkelte entreprenør bestemmes bl.a. av hvilket behov det er for kapasitet, én eller to farger, hvilken type kontrakt enhetene skal betjene etc.

En separat smelteenhet har også mulighet til å bringe med seg ekstra materiale og drop-on-glass for etterfylling i smeltegrytene. Overføring av materiale fra smelteenheten til produksjonsenheten skjer ved at materialet pumpes over.

Materialprodusentene anbefaler en bearbeidings/omrøringstid på ca. 45 min. for ferdig smeltet termoplast. Dette for å oppnå jevn fordeling av polymérer og korrekt flyt på materialet ved utlegging. Det er således opp til entreprenøren å dimensjonere utstyrets kapasitet for å kunne gjennomføre oppmerkingsoppgavene på en mest mulig rasjonell måte.

Produksjonsgryten har normalt lavere temperatur på hetoljen og lavere omrøringshastighet på røreverket. Dette for å unngå at materialet brytes ytterligere ned og kun opprettholder stabil utleggingstemperatur mest mulig konstant utleggingsegenskap.

Figur 7.7: Separat smelteenhet for termoplast med 4 gryter

Figur 7.8: Kombinert smelte- og produksjonsenhet for termoplast med 4 gryter; 2 smeltegryter og 2 produksjonsgryter

Mange av de utleggingsenhetene som brukes på det norske markedet har ett sett hvite, og ett sett gule produksjonsgryter.

Tidligere var små enmannsbetjente merkemaskiner mye brukt, men disse er nå i overveiende grad erstattet med store maskiner. Fremdeles kan det være enkelte oppmerkingsarbeider hvor de små maskinene har sine fordeler, f.eks. til sykkelveger eller andre steder hvor de store maskinene ikke kommer like lett til.

Figur 7.9: Liten enmannsbetjent merkemaskin

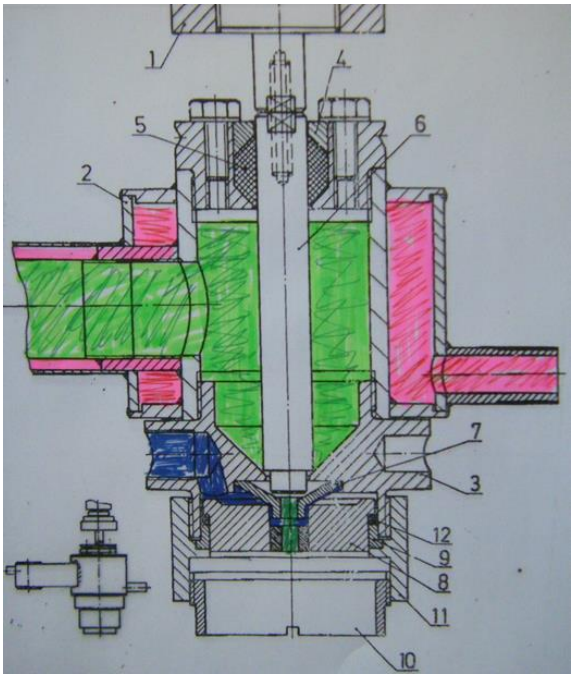
7.5.2 Spraymaskin

I prinsippet er det ikke mye som skiller maskiner som legger ut spray og ekstrudert. Mange av de maskiner som benyttes i dag kan med relativt enkle grep veksles over til den andre appliseringsteknikken ved å bytte ut spray- eller ekstruderhodet. Slike enheter går også under betegnelsen "kombimaskiner". En forutsetning er også at programvare/styringsboks er tilpasset de to appliseringsteknikkene.

Materialet som benyttes til spray har en lavere viskositet (bedre flyt) sammenlignet med materialer for ekstrudering. Flyteegenskapene er avgjørende for materialets sprayegenskaper og det appliseres vanligvis ved en temperatur fra 200 – 210°C.

Figur 7.10: Spraypistol på utleggerenhet; noe røyk kan forekomme

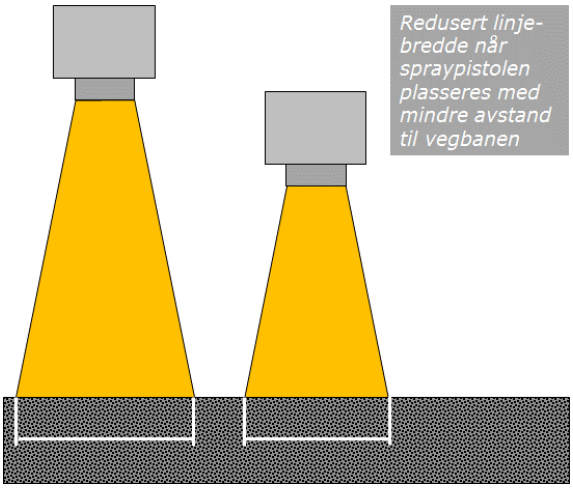
Fra produksjonsgryten går materialet via en pumpe som opparbeider et trykk ut til spraypistolen. I spraydysen (7 i Figur 7.11) vil sprederluften bidra til en forstøving av spraymaterialet og fordele dette jevnt i linjetverrsnittet begrenset av skjørtet (10 i Figur 7.11) og avstanden mellom underlaget og spraypistolen slik at korrekt linjebredde oppnås.



Figur 7.11: Skisse av spraypistol for termoplast (rødt; hetolje, grønt; spraymateriale, blått; sprederluft)

Figur 7.12: Spraypistol på utleggerenhet, og glasspistol til venstre på bildet

Den linjebredde som oppnås reguleres bl.a. med avstanden mellom spraypistolen og underlaget, se Figur 7.13. Selv om denne avstanden i utgangspunktet burde være konstant ettersom spraypistolen støtter seg på et hjul som har kontakt med underlaget, vil det allikevel forekomme noe variasjon i linjebredde dersom det appliseres på veger med mye sporslitasje og stort takfall. Tykkelsen på spraylinjene justeres med pumpetrykket.



Figur 7.13: Avstanden mellom spraypistol og underlag påvirker linjebredden

7.5.3 Ekstrudermaskin

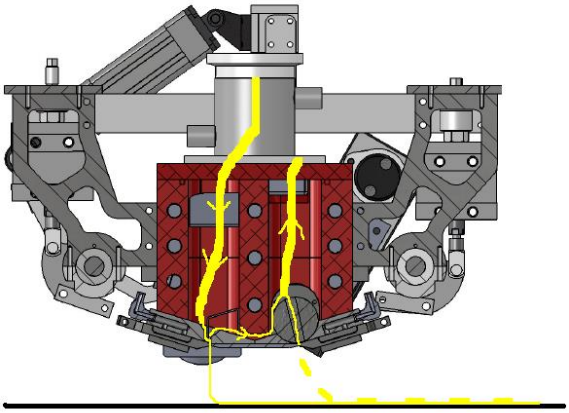
Det finnes en rekke varianter av ekstruderingssko på markedet, men de som benyttes i Norge fungerer stort sett etter samme prinsipp. På samme måte som ved sprayapplisering vil materialet tilføres ekstruderskoen med et trykk som opparbeides med en pumpe eventuelt med en skrue.

I bunnen av ekstruderingsskoen er det et sett med klaffer med bredde 5 cm som kan åpnes individuelt via styringsboksen slik at ønsket linjebredde og linjeutforming oppnås. Linjetykkelsen reguleres bl.a. med materialtrykket og med hvor stor spalteåpning de enkelte klaffene åpnes. Dersom klaffene ikke åpner eller lukker synkront vil dette resultere i ujevn start/avslutning på de appliserte linjene, se Figur 7.15.

Figur 7.14: Ekstruderingssko på utleggerenhet

Figur 7.15: Usynkron åpning/lukking av klaffer ved applisering av 15 cm linje

Noen maskinbyggere har utviklet ekstruderingssko med egenskaper som gjør de i stand til å applisere svært avanserte linjetyper, bl.a. for å oppnå våtfunksjon. I Figur 7.16 vises en variant som også kan applisere kombinerte linjer i én operasjon. I dette tilfelle appliseres en bunnlinje ved å åpne klaffesettet i front av ekstruderingsskoen, og deretter appliseres det dråper på toppen av denne linjen ved at materialet passerer gjennom en roterende valse med gjennomgående hull. Åpning og lukking av denne linjedelen skjer også med klaffer under valsen i bakre kant av ekstruderingsskoen.



Figur 7.16: Skisse av avansert ekstruderingssko (Multiapplicator fra Trysil Maskin AS)

Figur 7.17: Dråpekombi produsert med Multiapplicator fra Trysil Maskin AS

En ekstruderingssko kan produsere et utvalg av linjetyper ved åpning og lukking av klaffer regulert av programvaren i styringsboksen. Eksempler på linjetyper som kan produseres vises i Figur 7.18.

Figur 7.18: Utvalg av linjetyper som kan produseres med ekstruderingssko og tilhørende styringsboks (longflex, sjakkmønster, trappflex, kamflex)

Også på ekstruderte linjer kan det forekomme variasjoner i linjebredde til tross for at klaffene åpnes i det antallet á 5 cm som skal gi ønsket linjebredde. Årsaken kan være at ekstruderingsskoen ligger for høyt over underlaget og at det skjer en kontraksjon i linjebredden når materialet faller fra klaffeåpningen og ned mot underlaget.
Det kan også være at den trykkregulering som skal skje når det appliseres kombinasjonslinjer ikke fungerer slik den skal. Når det åpnes et ekstra sett klaffer ved applisering av kombinasjonslinjer skal dette utløse en hastighetsøkning på pumpen slik at materialstrømmen ut gjennom klaffene i ekstruderingsskoen opprettholdes på et konstant nivå. Dersom dette ikke skjer risikerer man å få redusert linjebredde og redusert tykkelse på det stedet kombinasjonen forekommer.

Figur 7.19 Redusert linjebredde fra 10 cm til 9 cm ved åpning av ekstra klaffesett når det appliseres kombinasjonslinjer

Figur 7.20: Typisk slitasjemønster på kombinasjonslinjer ved feil på ekstruderutstyret

7.5.4 Malemaskin

Malemaskiner finnes i flere størrelser alt avhengig av hvilken jobb de er tiltenkt å utføre. Små maskiner er ofte brukt til oppmerkingsjobber på parkeringsplasser, spesiell farget oppmerking på flyplasser etc. Maskinene kan enten være lavtrykks- eller høytrykksmaskiner. Høytrykksmaskiner krever en malingskvalitet som er spesielt tilpasset maskinen, og malingen til disse maskinene leveres i 20 liters spann.

Mellomstore malemaskiner er i dag lite brukt og er erstattet av større maskiner som vist på Figur 7.21. For disse maskinene brukes det stort sett bare lavtrykksmaling, og det er denne type maskiner som brukes i større oppmerkingskontrakter med bl.a. Statens vegvesen.

Malingen leveres som 1.000 liter fluidbag hvor hele bagen med maling settes på planet og kobles på rørsystemet på maskinen. En fluidbag vil holde til ca. 25.000 m 10 cm linje.

Spraypistoler for lavtrykksmaling fungerer etter samme prinsipp som for termoplast spray ved at trykket på malingen opparbeides med en pumpe og sprederluft tilføres i spraypistolen. Likeledes vil man ha samme problemstilling i forhold til linjebredde som man har med termoplast spray.

Før en malingslinje kan overkjøres tar det lenger tid enn for termoplast spray. For å fremskynde tiden før overkjøring kan skje kan overflaten sprayes med syre (f.eks. eddiksyre). Eddiksyren sprayes over linjen fra utleggerbilen etter glasspåføring.

Alternativt kan det også legges skumdotter på linjene for å varsle bilistene at det er våt maling som ikke skal kjøres på. Når skumdottene har løst seg opp er det mulig å kjøre på linjene uten at malingen smitter utover.

Figur 7.21: Malemaskin

7.6 Glasspåføring

Påføring av drop-on-glass er en vesentlig del av utleggingen, både for tverrgående- og langsgående oppmerking. Det er viktig at glasset et korrekt tilpasset det materialet og den linjetypen som det skal benyttes på.

For tverrgående oppmerking brukes det drop-on-glass med et høyt innhold av friksjonsaggregat for å oppnå tilstrekkelig friksjon og retrorefleksjon. Til langsgående linjer vil normalt innholdet av friksjonsaggregat være noe lavere ettersom kravet til friksjon er lavere og kravet til retrorefleksjon er høyere.

Påføring av drop-on-glass på tverrgående oppmerking skjer manuelt, og i mange tilfeller på en svært enkel måte med hagekanne, se Figur 7.22. Noen andre løsninger kan sees på Figur 7.4 og Figur 7.6.

Figur 7.22: Glasspåføring på tverrgående oppmerking ved hjelp av hagesprøyte

For langsgående maskinell oppmerking har maskinene stort sett egne trykksatte tanker for drop-on-glass som rommer fra 500 til 1.000 kg glass. Det er viktig at glasset ikke blir fuktig, da dette kan medføre tilstopping i rør og eventuell ujevn påføring på linjene.

Fra glasstanken går glasset i slanger til glasspistoler plassert rett i bakkant av spraypistolen eller ekstruderingsskoen. I forhold til å kunne optimalisere hvordan glasset orienterer seg i overflaten av linjen er det viktig å kunne justere avstanden mellom materialutløpet og der glasset treffer linjen. Det kan også være en fordel å ha en beskyttende skjerm på siden av glasspåføringen for å sikre at glasset treffer linjen når det appliseres i sterk sidevind.

Dersom det appliseres profilerte linjer må man også være påpasselig med å orientere glasspåføringen slik at det ikke bare treffer forkant av linjeprofilen, men fordeles mest mulig på begge sider av profilen.

Figur 7.23: Ulike typer av glassdispensere for bruk på maskiner for langsgående oppmerking

8 Formerking – utførelse og utstyr

8.1 Hensikt

Utførelse av formerking er viktig for å sikre best mulig resultat når den permanente vegoppmerkingen skal påføres vegbanen.

Med formerking menes innmåling med punkter/linjer eller annen anvisning som angir hvor og hvordan den permanente vegoppmerking skal være:

- Plassering av langsgående linjer og angi hvilken type linje i tverrprofilet (midt-, kant- og delelinjer)
- Kryssoppmerking (sperrefelt, svingefelt o.a.)
- Symboler, tekst og piler

For at vegoppmerkingen skal kunne tilfredsstille tekniske og estetiske krav skal formerkingen være utført nøyaktig og konsekvent.

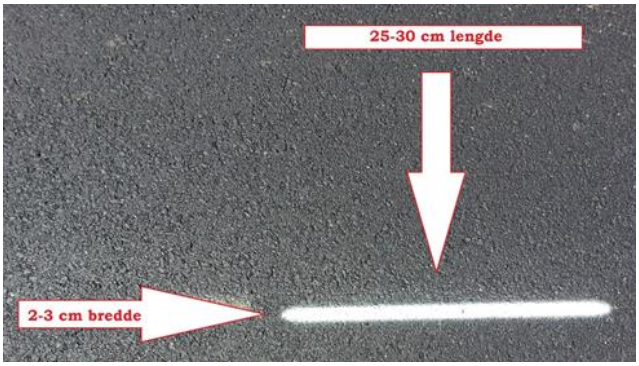
Utførelse av formerking i Statens vegvesen er normalt en myndighetsoppgave.

8.1.1 Innmåling av støttepunkt

Når nye asfaltdekker legges må det samtidig sikres at korrekt plassering av vegoppmerkingen i tverrprofilet er ivaretatt. Dette gjøres med innmåling og merking av støttepunkter i det nye asfaltdekket samtidig eller umiddelbart etter at dekkeleggingen er ferdig utført.

Støttepunkt for midtlinje bør ikke avvike mer enn 5 cm fra midtpunktet mellom dekkekanter i vegens tverrprofil. Da midtskjøten ofte ikke vil være sammenfallende med midtpunktet må denne måles inn og merkes av i det nye asfaltdekket. Slike støttepunkter kan merkes med 40-50 meter avstand på rettlinjer og 20-30 meter avstand i kurver. Det anbefales at tre merker (støttepunkter) er synlig i kjøreretningen.

Merking av støttepunkter utføres med hvit oppmerking som vist i Figur 8.1. Det anbefales en linjelengde på 25-30 cm og linjebredde på 2-3 cm.



Figur 8.1 Eksempel på oppmerking av støttepunkt

8.1.2 Bruk av midlertidige vegbanereflektorer

På veger uten vegbelysning bør det i tillegg benyttes gule, midlertidige vegbanereflektorer/ refleksbrikker som midtoppmerking når asfaltering skjer etter 1. august og høstmørke setter inn. Det anbefales at reflektorene monteres med ca. 50 meter avstand på rettlinjer og ca. 25 meter avstand i kurver. Det bør være synlig 3 reflektorer i kjøreretningen ved kjøring i mørke.

Det må påses at reflektorene er virksomme og fornyes/vedlikeholdes etter behov i perioden frem til permanent oppmerking er gjennomført.

Figur 8.2: Eksempel på bruk av midlertidige reflektorer

8.1.3 Formerking av midt- og kantlinjer

Arbeidsvarsling

Formerkerenheten starter med å sette opp arbeidsvarsling med bruk av skilt i begge ender av asfaltparsellen som skal formerkes. Om nødvendig etableres også skilting på sideveger. Føring av loggbok skal skje i overensstemmelse med N301 – Arbeidsvarsling.

Normalt vil personell som utfører formerkingen først kontrollere at oppmerkingen av støttepunkter (jf kapittel 8.1.1) er korrekt utført slik at korrekte linjeplasseringer kan formerkes.

Dersom det nye vegdekket ikke er angitt med støttepunkter for plassering av midtlinje må denne bestemmes.

Valg av bredde på kjørefelt og skulderbredde bestemmes ut fra gjeldende vegstandardklasse eller tilgjengelig asfaltert bredde. Anbefalte skulder- og kjørefeltbredder på eksisterende 1- og 2- felts veger er vist i kapittel 3.

Formerkingen anbefales utført med ca. 0,25 – 0,50 m lange strek og avstand mellom disse 2,5 – 5 m. Ved innsving av kantlinjer i kryss fortettes formerkingen manuelt. Dette vil også kunne være tilfelle ved broer.

Det benyttes i dag noen ulike alternativer ved formerking av kant- og midtlinjer.

Formerking uten støttepunkt i midten av vegen

Steg 1 - Formerkebilens venstre pistol stilles inn slik at det kan merkes støttepunkter nær midten av vegen i høyre kjørefelt med fast avstand fra vegkant (asfaltkant) i hele asfaltparsellens lengde.

Steg 2- Formerkebilen kjøres fremover og merker støttepunkter i høyre kjørefelt som beskrevet i steg 1. For å holde korrekt avstand til asfaltkanten må et siktepunkt langs vegkant også benyttes. Det kan med fordel anvendes en laser montert på formerkebil som angir et siktepunkt som hjelp for å holde korrekt avstand til vegkant.

Steg 3- Tilsvarende metode benyttes for overfart i retur for å sette ut tilsvarende støttepunkter i det andre kjørefeltet.

Steg 4- Midtlinjens plassering i vegbanen kan deretter formerkes ferdig med angivelse midt mellom de 2 støttepunktene.

Steg 5 – Kantlinjen kan formerkes med utgangspunkt i de samme støttepunktene som er angitt nær midten. Formerkebilen kjører fremover med disse som siktepunkt og angir kantlinjens plassering med den bredden som er valgt og innstilt på formerkebilens høyre pistol. Denne metoden vil ivareta et hensyn til breddeutvidelser i kurver og gir fast skulderbredde over hele asfaltparsellens lengde

Formerking når støttepunkter har angitt midten av vegdekket

Er det satt støttepunkter som beskrevet i kapittel 8.1.1 kan utførelse av formerking av midtlinjen gjøres uten andre forberedelser. Midt og kantlinje kan formerkes samtidig der kjørebanebredden er fast uten breddeutvidelse. Ved breddeutvidelse formerkes kantlinjen slik at kjørefelt blir bredere i kurven enn på rettstrekning. Formerkingen må derfor i kurvene ta utgangspunkt i asfaltkant slik at skulderbredden holdes konstant.

Figur 8.3: Eksempel på formerking på 2- felts veg

8.1.4 Formerking på flerfelts veger

Formerking på flerfelts veger kan med fordel utføres på avsperret veg.

Dersom vegen ikke kan stenges benyttes støtputebiler (TMA) i henhold til vilkår besluttet i godkjent varslingsplan.

Når nye asfaltdekker legges må det samtidig sikres at opprinnelig plassering av vegoppmerkingen i tverrprofilet er ivaretatt. Dette gjøres med innmåling og merking av støttepunkter i det nye asfaltdekket samtidig eller umiddelbart etter at dekkeleggingen er ferdig utført.

8.2 Formerking før utførelse av fresing (sinusriller eller plane spor)

For å tilrettelegge for utførelse av fresing av sinusriller eller plane spor bør formerkingen utføres med ca. 0,5 m lange streker med ca. 0,5 m opphold mellom strekene. På denne måten ivaretas hensyn til å kunne sikre nøyaktig freseutførelse.

Ved fresing av et 55 cm bredt spor kan det med fordel benyttes 57-58 cm c/c mellom formerkelinjene. På denne måten vil formerkingen også være synlig etter at fresingen er utført, og kan derved utnyttes som formerking før den permanente vegoppmerkingen skal utføres.

Dette forholdet vil ikke gjelde når fresesporet har bredde på 1,0 m Da må formerking for plassering av midtlinjer i fresesporet gjøres på tradisjonelt vis.

Figur 8.4: Formerking før utførelse av fresing av sinusriller med bredde 1 m for forsterket midtoppmerking og tradisjonell kantoppmerking

Figur 8.5: Eksempel på formerking for forsterket midtoppmerking – nedfrest sinusrille med bredde 55 cm

Figur 8.6: Eksempel på formerking før fresing av spor for nedfrest kantlinje

8.3 Formerking av gult sperreområde/kanalisering vist med vegoppmerking

Formerking av sperreområde kan utføres på to måter:

Alternativ 1, bruk av stikningsdata,

Før asfaltering sikres eksisterende oppmerking ved at utformingen av sperreområdet registreres og måles inn som stikningsdata. De samme stikningsdata benyttes etter at ny asfaltering er utført med å angi støttepunktene i vegdekket slik at sperreområdet kan etableres med formerking som skal vise hvordan den permanente oppmerkingen replasseres.

Alternativ 2, bruk av inn målte støttepunkt, manuelt

Sperreområde settes ut med utgangspunkt i faste inn målte støttepunkt fra asfaltkant til oppmerkingspunkt angitt linje/delelinje, e.a. Innmåling gjøres manuelt med målehjul/stav.

Alternativ 1 anses både som den mest trafikksikre og effektive metoden og samtidig metoden som gir det beste resultatet.

Etter utsetting av støttepunkt kjøres formerking maskinelt. Koding settes ut som beskrevet i kapittel 8.4.

8.4 Koding av linjetyper i vegbanen

Etter at de langsgående linjene er formerket og angitt med korrekt plassering i vegdekket skal koder som angir linjetyper også angis i vegbanen. Hvilke typer midtlinje som skal oppmerkes skal kodes i begge retninger, se Figur 8.7.

Figur 8.7 Eksempel på koding av midtlinje

Ulike linjetyper og linjekombinasjoner for midtlinjer er vist i Tabell 8.1.

Tabell 8.1: Koding av ulike linjetyper og linjekombinasjoner for midtlinjer

Fartsgrense (km/t)	Linjetype eller linjekombinasjon	Kode
50	Tettstedslinje (varsellinje 3-1) Tettstedslinje/sperrelinje Sperrelinje/tettstedslinje Dobbel sperrelinje	T TS ST SS
60	Varsellinje (9-3) Varsellinje/sperrelinje Sperrelinje/varsellinje Dobbel sperrelinje	V VS SV SS
70, 80 og 90	Kjørefeltlinje Varsellinje Kjørefeltlinje/varsellinje Varsellinje/kjørefeltlinje Kjørefeltlinje/sperrelinje Sperrelinje/kjørefeltlinje Varsellinje/sperrelinje Sperrelinje/varsellinje Dobbel sperrelinje	F V FV VF FS SF VS SV SS

Koding av kantlinje, delelinje og ledelinje er vist i Tabell 8.2.

Tabell 8.2: Koding av kantlinje, delelinje og ledelinje

Heltrukken kantlinje	S
Kantlinje gjennom forkjørsregulerte kryss	2-2
Stiplet kantlinje	3-3
Delelinjer	1-3 /3-1/S
Ledelinje i kryss	1-1

Etter at koding er utført fjernes arbeidsvarsling. Tidspunktet for dette angis i loggbok.

Som siste kontroll kjøres asfaltparsellen over for å sjekke at kodingen er riktig

8.5 Kjøretøy og utstyr for utførelse av formerking

Utførelse av formerking er en sikkerhetsmessig utsatt arbeidsoppgave, særlig når arbeidet skal foregå samtidig som trafikkavvikling skal opprettholdes.

Formerking anbefales utført med:

- Ledebil
- Formerkebil

Kommunikasjon mellom disse 2 enhetene ivaretas med samband. Sambandet bør kontrolleres før arbeidet startes.

Følgende prosesser inngår i en sikker utførelse av oppgaven:

- Ledebilen har som hovedoppgave å varsle møtende trafikk og få ned hastigheten ved å informere trafikantene om at formerking pågår
- Avstand mellom ledebil og formerkebil er normalt ca. 70-80 m
- Normalt utføres formerkingen med en hastighet på 15-30 km/t. Ved dårlige siktforhold langs vegparsellen hvor arbeidet utføres kan det være aktuelt å øke avstanden ved at ledebilen kjører forbi neste sving for å stanse møtende trafikk
- Kortere avstand benyttes når det kan være aktuelt å slippe trafikken forbi de 2 formerkebilene
- Når det blir lang kø bak formerkebilen kan køen slippes forbi på høyre side ved busslommer eller lignende plasser som har tilstrekkelig bredde slik at passering er mulig
- Om nødvendig stoppes møtende trafikk slik at køen bakfra blir styrt forbi på venstre side av formerkebilen

Figur 8.8: Eksempel på bruk av varsling med pilsymbol på formerkebil for å lede trafikken forbi ved stopp

Figur 8.9: Eksempel som viser at trafikken slipper forbi via busslomme til høyre

Figur 8.10: Eksempel på bruk av lasersikte ved formerking

Fordelen med lasersikte ved formerking er et lengre siktpunkt foran. Bruk av laser gjør det unødvendig å montere siktestang. Ulempene er hyppig behov for å sjekke at laser er rikig innstilt og at lyspunktet fremstår dårligere i motlys og regn (våt vegbane).

9 Vegoppmerking og Nasjonal vegdatabank

9.1 Om Nasjonal vegdatabank

Nasjonal vegdatabank - NVDB er en database designet for å lagre informasjon om vegnett og tilhørende fagdata som f.eks. vegoppmerking.

Vegnettet i NVDB er representert både geometrisk, topologisk og i form av vegreferanser. Geometrien gir plassering av vegens referanselinjer/senterlinjer i form av linjer med angitt høyde (z-koordinat). Det opereres med nøyaktighet innenfor +/- 2 meter i grunnriss. Topologien beskriver vegnettet i form av lenker og noder og kopling mellom disse i kryssområder. Vegreferansen beskriver vegnettet i form av vegkategorier, vegnummer, vegstatus, parsellnummer og meterverdier innenfor hvert enkelt fylke. NVDB inneholder komplett vegnett for alle vegkategorier i Norge, det inkluderer også gang-/sykkelvegnett og ferjestrekninger.

NVDB innehar en rekke fagdata relatert til vegnettet, bla kan nevnes:

- Om vegnettet: Vegfunksjon, riksvegruter, sykkelruter, fartsgrense, bruksklasse, envegskjøring, forkjørsveg, tunneler, bruer osv
- Vegens bestanddeler, «Inventar»: Vegdekke, grøfter, kummer, skilt, vegoppmerking, belysning, tunnelutstyr, beplantning
- Erfaringsdata: Trafikkmengde, ulykkesstrekninger, skredfare, kolonnestrekning, etc.
- Andre data: Trafikkulykker, skred, tilstand/skade

Alle typer fagdata håndteres som vegobjekter i NVDB. Et vegobjekt er en representasjon i NVDB av en forekomst/fenomen ute på vegen, et konkret rekkverk på E6 er eksempel på et vegobjekt. Et vegobjekt må være av en Vegobjekttype. Datakatalogen til NVDB definerer lovlige vegobjekttyper. Rekkverk er eksempel på en vegobjekttype. Datakatalogen definerer videre hvilken informasjon det skal være mulig å gi om et vegobjekt av en bestemt vegobjekttype i form av egenskapstyper. Høyde, lengde, rekkverkstype, eier er eksempel på egenskapstyper. I Datakatalogen er det også fastlagt hvilke verdier som skal kunne angis på egenskapstypene, hvilke enheter som skal benyttes, hvor store tallverdier som er tillatt osv.

Vegobjektene stedfestes til vegnettet i form av punkt eller strekning. I tillegg kan de ha egengeometri i form av punkt, linje eller flate for eksakt geometrisk stedfesting. Datakatalogen fastsetter hvilke muligheter det er for stedfesting for de enkelte vegobjekttyper.

Når en vegobjekttype er definert i Datakatalogen er det mulig å legge inn vegobjekter i NVDB ved hjelp av NVDB sine registreringsverktøy. Vegobjektene er da tilgjengelig for visning på kart, analyse og rapport. Vegobjekter i NVDB er også tilgjengelig gjennom nettbaserte programmeringsgrensesnitt (API).

Arbeidet med å definere vegobjekttypene i Datakatalogen gjøres av Datasekretariatet i samarbeid med fagmiljøet som vegobjekttypen hører inn under. I denne prosessen kreves det god dialog med ulike interessenter slik at en sikrer seg at alle behov for data ivaretas.

I tillegg til selve definisjonene i Datakatalogen kan det utarbeides produktspesifikasjon for en vegobjekttype. I en slik produktspesifikasjon vil det være eksempler som viser hvordan ulike varianter av vegoppmerking skal registreres.

9.2 Vegoppmerking i NVDB

I Datakatalogen er det definert tre vegobjekttyper for å ivareta behov for lagring av vegoppmerkingsinformasjon i NVDB. Dette er

- «Vegoppmerking, langsgående» - Skal ivareta langsgående linjer og sperreområder
- «Vegoppmerking, tverrgående» - Skal ivareta tverrgående linjer, tekst, piler og symboler
- «Vegoppmerking, forsterket» - Skal ivareta forsterket vegoppmerking.

Det er utarbeidet produktspesifikasjoner for disse tre.

Informasjon om vegoppmerking i NVDB skal dekke følgende behov:

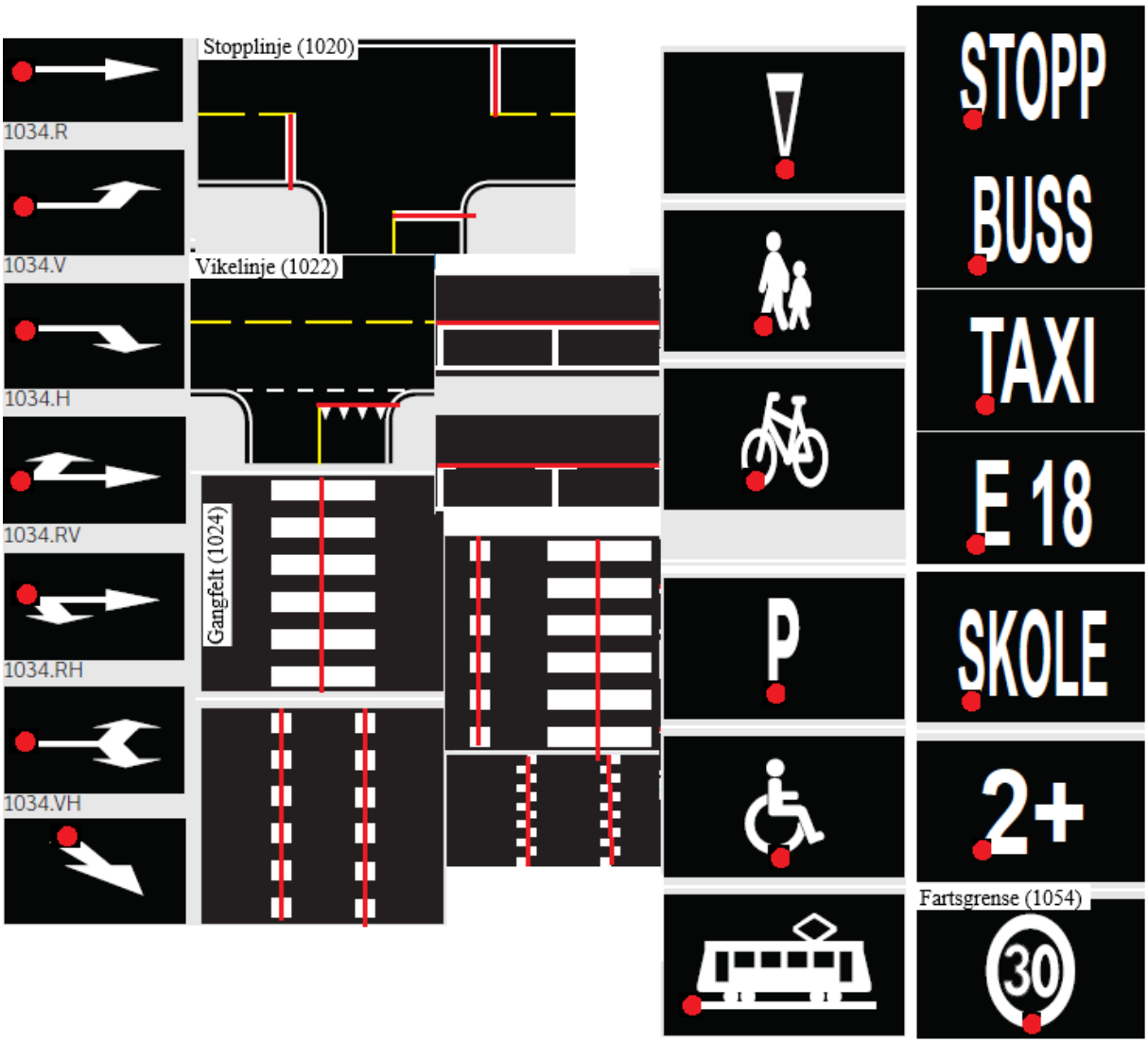
- Oversikt og statistikk: Grunnlag for å kunne framskaffe statistikk. I strategiarbeid, arbeid med NTP o.l etterspørres det hvor vi har midtlinje på 2-feltsveger, hvor vi har forsterket midtoppmerking, i hvor stort omfang benytter vi symboler i vegbanen osv. Data i NVDB skal gi svar på slike spørsmål.
- Behov for vedlikeholdsmidler – MOTIV: Data i NVDB benyttes for å beregne behov for vedlikeholdsmidler til vegoppmerking for riks- og fylkesveger for hele landet og per fylke/region.
- Grunnlag for forvaltning og drift av vegoppmerkingsdata: Data i NVDB skal vise hvor det finnes ulike typer vegoppmerking. Dette vil være grunnlag for å fatte vedtak i samsvar med skiltforskriften, planlegging, mengdeberegning og budsjettering av vegoppmerkingstiltak samt direkte underlag for oppmerkingskontrakter.
- Geometrisk grunnlag for vegoppmerking: Stedfesting fra NVDB benyttes for å plassere vegoppmerking på riktig sted. Det forutsettes at geometrien har god kvalitet er plassert i henhold til regelverket. Dette er i første rekke aktuelt for tverrgående vegoppmerking, men kan også være aktuelt for langsgående vegoppmerking, eksempelvis for markering av hvor det er endring i type midtlinje, sperrelinje, kjørefeltlinjer, etc. I prinsippet er det mulig å hente geometri fra NVDB direkte til maskinstyringsprogramvare via NVDB-apiet.

I det følgende beskrives det noen føringer for registrering av vegoppmerkingsinformasjon i NVDB.

9.2.1 Vegoppmerking, tverrgående

NVDB skal gi oversikt over alle forekomster av tverrgående linjer, symboler og tekst i vegbanen.

Vegobjektene representeres med punkttilknytning til vegnettet. Tverrgående linjer skal ha egengeometri av type linje. Tekst og symbol skal være representert med et punkt. Figur 9.1 viser hvordan ulike symbol skal plasseres.



Figur 9.1: Representasjon av tverrgående vegoppmerking

Det skal for all tverrgående vegoppmerking som er registrert i NVDB være angitt hvilken type den er av. Dette gis ved hjelp av egenskapstype «Type», denne informasjonen gir også føringer for hvilke andre egenskapstyper som er relevant. Tabell 9.1 gir en oversikt over øvrige egenskapstyper og hvilke typer tverrgående vegoppmerking de er relevant for. Hver kolonne representerer en egenskapstype.

Tabell 9.1: Informasjon om tverrgående vegoppmerking i NVDB

Type	Bredde	Lengde	Symbolhøyde (<60, >60, sykkel)	Nedfresing (j/n)	Areal (m)	Vedtaksnummer (stk)	Tekst, vegvisning (stk)	Antall viketrekanter (stk)	Antall romlelinjer (stk)	Antall gangfeltstaver (stk)	Antall mark. firk. (stk)	Punkt/Linje	Plassering	Kjørefeltkode
Fartsgrense (1054)	1	1	2	1	1	1						P		2
Stopplinje (1020)	2	2		1	1	1						L	S	2
Vikelinje (1022)	2	2	2	1	1	1		2				L	S	2
Gangfelt (1024)	2	2		1	1	2*				2		L	S	2
Sykkelkryssing (1026.1)	2	2									2	L		
Sykkelkryssing inntil gangfelt (1026.2)	2	2									2	L		
Fartshump (1027)	2	2									2	L		2
Parkeringsfelt (1028)	1	2										L		
Rumlefelt	2	2		1	1				2			L		
Vikesymbol (1036)	1	1	2	1	1							P		2
Gangsymbol (1038.1)	1	1	2	1	1							P		2
Sykkelsymbol (1038.2)	1	1	2	1	1							P		2
Parkeringssymbol (1040)	1	1	2	1	1							P		
Symbol for forflytningshemmede (1042)	1	1	2	1	1							P		
Skinnekjøretøy (1044)	1	1	2	1	1							P		
Tekst, stopp (1050.1)	1	1	2	1	1							P		
Tekst, buss (1050.2)	1	1	2	1	1							P		
Tekst, taxi (1050.3)	1	1	2	1	1							P		
Tekst, vegvisning (1050.4)	1	1	2	1	1		2					P		
Tekst, skole (1050.5)	1	1	2	1	1							P		
Tekst, sambruksfelt (1052)	1	1	2	1	1							P		
Pil, kjøreretn, (1034.x)	1	1	2	1	1							P		2

2 = skal angis, 1 = kan angis, ingen verdi = ikke relevant
*gjelder når gangfeltet ikke er skiltet med 516 skilt

For mer detaljer om de enkelte egenskapstypene samt flere eksempler for hvordan data skal registreres henviser vi til Datakatalogen og tilhørende produktspesifikasjoner.

9.2.2 Vegoppmerking, langsgående

NVDB skal gi oversikt over alle forekomster av langsgående vegoppmerking.

Langsgående vegoppmerking deles opp i vegobjekter med ensartede egenskapsdata med lengst mulig utstrekning, dvs vegobjekter skal ikke splittes med mindre det er endring i en eller flere egenskapsverdier.

Vegobjektene skal representeres med strekningstilknytning til vegnettet, dvs det angis hovedparsell og meterverdi ved start og slutt. Det skal i tillegg angis sideposisjon.

Det stilles ikke generelt krav om egengeometri i tilknytning til langsgående vegoppmerking i NVDB.

Egengeometri kan være krevende å holde ajour for linjer hvor det er endring over tid. Dette gjelder f.eks midtlinje på veger hvor det stadig er endring i stiplingsmønster, og kantlinjer

hvor det kan være endring på hvor langt ut linja legges. For linjer på veger av høy standard, sperreområder, linjer inn mot fysiske begrensninger som kantstein, rekkverk, etc vil det være få endringer og dermed enklere ajourhold.

Egengeometri gjør det enklere å presentere vegoppmerkingsdata på kart og skille de ulike linjene fra hverandre. Det er dermed gunstig å ha egengeometri i områder med mange linjer.

Det er i prinsippet mulig å anvende egengeometri fra NVDB direkte i styring av kjøretøy/maskin som foretar selve utleggingen av vegoppmerkinga. I en slik setting vil det være fordel å ha mest mulig egengeometri med god nøyaktighet i NVDB.

Hvilke egenskapsdata som skal angis for de enkelte vegobjektene avhenger av hvilken type langsgående vegoppmerking det er tale om. For hvert vegobjekt skal det alltid være angitt linjetype. Tabell 9.2 viser hvilke egenskapstyper (kolonner) som er aktuelle for langsgående vegoppmerking ut fra valgt linjetype.

Tabell 9.2: Informasjon om langsgående vegoppmerking i NVDB

Type	Bruksområde (midt. kant, dele, skille, lede)	Linjemønster (9+3. 3+1)	Bredde, enkeltlinje	Lengde (om avvik fra strekningslengde)	Farge (gul, hvit)	Vedtaksnummer	Profilering (plan, kamfl, longfl, dråpe, kombi)	Nedfresing (ja, nei)	Vegbanereflektor (ja, nei)	Areal av fylt sperreomr (kvm)	Løpemeter skravur (m)	Lengde omslutningslinje (m)	Tykkelse (mm)	Materiale (Malaing, Ekstrudert plast, sprayet ,	Egengeometri (linje)	Kjørefeltkode	Sideposisjon
Kjørefeltlinje (1000-F)	2	2		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Tettstedlinje (1002-T)		2		1	1		1	1					1	1	1	1	1
Varsellinje (1002-V)		2		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Sperrelinje (1004-S)				1	1	2	1	1	1				1	1	1	1	1
Kjørefelt-/Varsellinje (1006.1-FV)		2		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Varsel-/Kjørefeltlinje (1006.1-VF)		2		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Sperre-/Kjørefeltlinje (1006.2-SF)		2		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Kjørefelt-/Sperrelinje (1006.2-FS)		2		1	1	2	1	1	1				1	1	1	1	1
Varsel-/Sperrelinje (1006.3-VS)		2		1	1	2	1	1	1				1	1	1	1	1
Sperre-/Varsellinje (1006.3-SV)		2		1	1	2	1	1	1				1	1	1	1	1
Dobbel sperrelinje (1006.4-SS)				1	1	2	1	1	1				1	1	1	1	1
Åpning i dobbel sperrelinje				1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Dobbel varsellinje (1006.5 -VV)		2		1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
Skillelinje (1008)				1	1		1	1					1	1	1	1	1
Ledelinje (1010)				1	1		1	1					1	1	1	1	1
Kantlinje, heltrukket (1012.1)				1	1		1	1					1	1	1	1	1
Kantlinje, stiplet (1012.2)				1	1		1	1					1	1	1	1	1
Sperreområde, oppmerket (1014)				1	1		1	1		2	2	2	1	1	2	1	1
Sperreområde, fysisk (1014)				1	1		1	1		1	1	2	1	1	2	1	1
Linje, parkering				1	1			1					1	1	1	1	1
Kjørefeltlinje (1000-F)				1	1		1	1					1	1	1	1	1

Linjer som ligger ut mot vegkant skal angis med sideposisjon H eller V. Midtlinjer skal ha sideposisjon M, MV eller MH. MV og MH benyttes om linjer inn mot midtdeler på henholdsvis høyre og venstre side.

Linjer mellom kjørefelt skal gis kjørefeltkode i henhold til feltet som ligger innenfor, dvs. linje mellom kjørefelt 1 og 3 skal gis kjørefeltkode 1. På strekninger med flere parallelle linjer i samme retning bør også kantlinjene gis kjørefeltkode.

For mer detaljer om de enkelte egenskapstypene henviser vi til Datakatalogen til NVDB med tilhørende produktspesifikasjoner.

9.2.3 Vegoppmerking, forsterket (FVO)

NVDB skal gi oversikt over alle forekomster av forsterket vegoppmerking.

Forsterket vegoppmerking deles opp i vegobjekter med ensartede egenskapsdata med lengst mulig utstrekning, dvs vegobjekter skal ikke splittes med mindre det er endring i en eller flere egenskapsverdier.

Forsterket vegoppmerking registreres i NVDB uavhengig av registrering av langsgående vegoppmerking.

Vegobjektene skal representeres med strekningstilknytning til vegnettet, dvs det angis hovedparsell og meterverdi ved start og slutt.

Det stilles ikke generelt krav om egengeometri i tilknytning til forsterket vegoppmerking i NVDB.

Tabell 9.3: Informasjon om forsterket vegoppmerking i NVDB

Type	Fresemetode (Nedfrest sinus, sinus, Annet)	Bredde (cm)	Etableringsår	Tilleggsinformasjon	Geometri, linje	Sideposisjon
Forsterket midtoppmerking	2	2	2	1	1	M
Forsterket oppmerking mot midtdeler	2	2	2	1	1	MH/MV
Forsterket kantoppmerking	2	2	2	1	1	H/V

Det skal angis sideposisjon for linjene. Kantlinjer gis sideposisjon H eller V, midtlinjer gis sideposisjon M, MV eller MH. MV og MH benyttes for linjer inn mot midtdeler.

10 Fremtidig faglig utvikling – ønsker og behov

10.1 Tilstandsstyrt planleggingssystem – Road Marking Management System

Gjennomføring av en vegoppmerkingssesong i regi av Statens vegvesen er i dag i grove trekk basert på skjønnsmessige vurderinger med stor grad av lokalkjennskap. Selv om gjeldende standard- beskrivelser angir tekniske krav og hvilke nivåer som anses som akseptabel i forhold til slitasje, er oppfølgingen i liten grad basert på tilstandsmålinger som dokumenterer objektivt vegoppmerkingens tilstand.

Oppgavene administreres i dag ulikt fra region til region og fylke til fylke, og er i stor grad avhengig av lokale medarbeideres kompetanse, erfaring og arbeidsrutiner enten disse er basert på egenutviklede manuelle systemer som f.eks. Excel- ark eller noe tilsvarende. Lokale registeringer/vurderinger medfører at store datamengder nyttiggjøres i angjeldende sesong, men at disse i liten grad tas vare på og benyttes til å planlegge/dokumentere fremtidig tilstandsutvikling og kommende års vedlikeholdsbehov hverken på lokalt, regionalt eller landsdekkende nivå. Det utføres årlig manuelle registeringer/vurderinger av vegoppmerkingens tilstand og tilhørende behov for reparasjoner. Dette er tidkrevende, arbeidskrevende og kostbart og er ikke en fremtidsrettet og innovativ arbeidsform. Den er heller ikke tilpasset dagens krav til moderne kontraktsoppfølging.

Krav om at denne oppgaven bør imøtekomme smartere samhandling og ha bedre verktøy for budsjettering/prioritering som også innehar effektiviseringspotensialet bør gjelde.

Dette vil utløse behov for utvikling av et mer moderne planleggings- og styringsverktøy. Et slikt system kan tilpasses flere forvaltningsnivåers behov, som Statens vegvesen ved Vegdirektoratet og regionene og fylkenes veg avdelinger v/fylkeskommunene. Muligens også de største bykommunene.

Et nordisk prosjekt (NordFou) ble igangsatt i 2017 med formål å utvikle et tilstandsstyrt vedlikeholdssystem for drift og vedlikehold av vegoppmerking - Road Marking Management System (RMMS). Målet er å utvikle et brukervennlig web-basert planleggingsverktøy for vegoppmerking som kan implementeres i eksisterende IKT-infrastruktur (NVDB).

Parallelt med dette pågår et annet NordFou-prosjekt som inneholder et program for tilstandsmålinger av vegoppmerking i Norge, Sverige og Danmark som gjennomføres i perioden 2017 – 2021. Tilstandsmålingene skal blant annet bidra til å bygge opp datagrunnlag til bruk for et fremtidig planleggings- og vedlikeholdssystem (RMMS)

Statens vegvesen deltar sammen med Danmark og Sverige i begge NordFou-prosjektene.

10.2 Nye metoder og arbeidsoperasjoner

Innovasjon og utvikling for å vurdere overgang fra dagens manuelle arbeidsoperasjoner til mer automatiserte arbeidsoppgaver bør ha høy prioritet. Noen eksempler på slike arbeidsoperasjoner er siktmåling, oppmerking i vegbanen og automatisert mengdekontoll.

10.2.1 Siktmåling

Kan en mer trafikksikker og effektiv metode for utførelse på veg utvikles?

Av trafikksikkerhetsmessige hensyn er hovedregelen at etablerte siktstrekninger skal kontrolleres og opprettholdes som del av god forvaltning.

For vegoppmerkingen betyr dette at eksisterende midtlinjetyper (f.eks. kjørefeltlinjer i forbindelse med sikt) skal reetableres når vegoppmerkingstiltak utføres etter dekkefornyingstiltak. Det er ikke profesjonell forvaltning å justere midtlinjekombinasjon (fra f.eks. kjørefeltlinje til varsellinje) som følge av tilgroing og dårligere sikt lang strekningene.

De metodene som regionene i Statens vegvesen i dag benytter for siktmåling/siktkontroll er ikke optimale sett i forhold til sikkerhet hverken for operatører eller trafikanter og effektivitet ved utførelse. Det er ønskelig at mer formålstjenlige metoder utvikles for å utføre denne oppgaven, og at dagens metode utfases. Utførelse av denne oppgaven bør skje med mobilt utstyr i jevn fart, slik at trafikken forstyrres minimalt. Sikkerheten for operatører kan ivaretas bedre ved at behovet for stans og snuing i vegbanen reduseres. Oppgaven i dag er i Statens vegvesen ansvarsplassert i etatens byggherreorganisasjon og utføres av stillingsgruppen – formerkere.

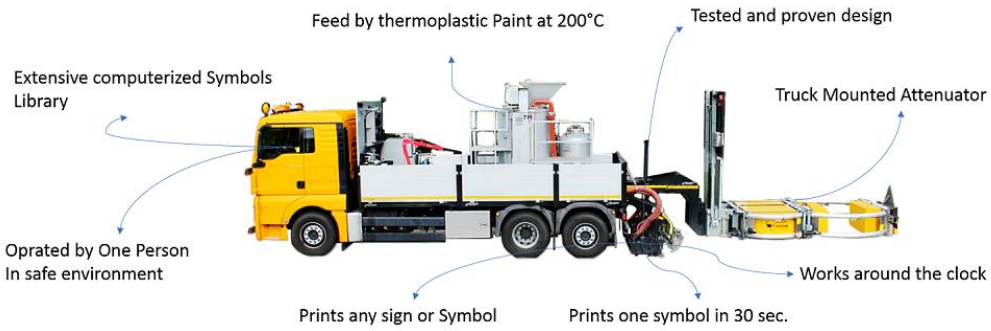
10.2.2 Erstatte manuelt utførte arbeidsoperasjoner med maskinelle

Oppmerking av symboler, tekst og flere linjetyper som gangfelt, skravur i sperrefelt o.a. gjøres i dag manuelt. Arbeidet består i å tappe oppmerkingsmateriale fra gryter til utleggerskope, gå med skope frem til oppmerkingssted og manuelt påføre oppmerkingen vegbanen.

Figur 10.1: Manuell oppmerking av gangfelt

Oppgaven er ikke tilpasset krav som bør stilles til en moderne arbeidsplass med mer automatiserte prosesser for utførelse. Oppgaven utføres som oftest samtidig med normal trafikkavvikling med risiko slike forhold innebærer.

Utvikling innenfor dette område kan først skje når myndigheter øker kravet til blant annet HMS. Dette vil gi bransjen nødvendig insitament til å forestå nødvendig utvikling og investering slik teknologi krever.



Figur 10.2: Enmannsbetjent automatisert utleggerenhet som kan erstatte manuell utførelse av håndlagt vegoppmerking som symboler, piler og tekst m.m. Utviklet av Trysil Maskin.

10.2.3 Automatisert mengdekontroll på utleggerenheter (maskiner)

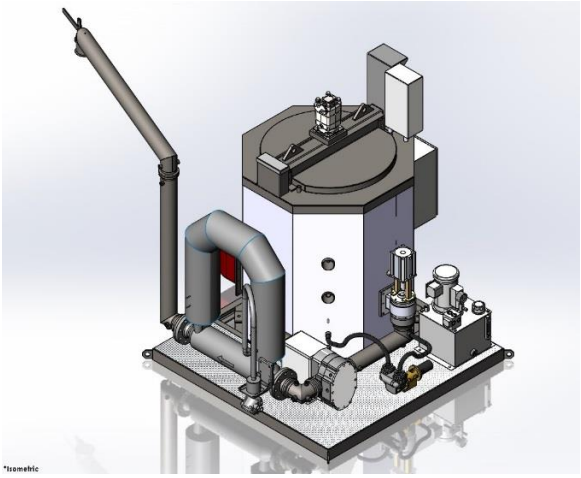
Statens vegvesen beskriver i dag vegoppmerking angitt som ønsket materialvalg og tykkelse i sin bestilling.

Eksempelvis:

- Vannbasert maling 0,4 mm
- Sprayet termoplast 1,5 mm
- Ekstrudert termoplast 3,0 mm

Bestillinger omfatter således en stor mengde med oppmerking som angis med ønsket geometri (lengde strek, opphold og eventuelle kombinasjonslinjer) og ønsket tykkelse. Forholdet er i prinsippet umulig å ha kontroll på at blir utført som angitt. Her gis det således mulighet for å komme unna med noe smaler linje, noe tynnere linje og andre avvik som er vanskelig å følge opp med dagens rutiner lagt til grunn.

Fremtidige kontrakter kan med fordel kreve en maskinutrustning som dokumenterer hvilket forbruk av materiale som har medgått til produksjon på veg og at oppdraget økonomisk gjøres opp basert på dette.



Figur 10.3: Automatisert mengdekontroll for dokumentasjon av materialforbruk under produksjon på veg. Utvikling i regi av Trysil maskin/Statens vegvesen Region sør.

10.2.4 Øvrig automatisering for utførelse av vegoppmerking

Det er i prinsippet mulig å anvende data (egengeometri) fra NVDB direkte i styringen av vegoppmerkingsmaskiner som foretar selve utleggingen på veg. Det kan med fordel formaliseres et samarbeid om en utvikling på dette området. Potensialet for effektivisering anses å være vesentlig sammenlignet med dagens rutiner både for vegmyndigheter og entreprenører.

10.2.5 Formalisere kompetansekrav, fagbrev e.l.

I dag eksisterer det ikke formaliserte krav til kompetanse for den utførende delen av bransjen, annet enn det som gjelder for arbeidsvarsling – varsling og sikring av arbeidssteder langs offentlig veg og dokumentert HMS – sikkerhetskurs.

Opplæring knyttet til behandling av materialer og produksjonsutførelse på veg foregår internt i bedriftene. For å øke status for faget vegoppmerking har bransjen ved flere anledninger anmodet Statens vegvesen om å få på plass en mer formalisert utdanning som kan bidra til å sikre fremtidig rekruttering og utvikling også for disse arbeidstakerne. Et opplæringstilbud på lik linje med fagarbeidere innenfor asfalt og dekkelegging kan være en aktuell løsning.

Statens vegvesen tilbyr i dag bransjen deltagelse på temadager, konferanser og kurs. Det er utviklet et grunnkurs i vegoppmerking som med fordel kan gjennomføres hyppigere, både for statlige, fylkeskommunale, kommunale og den private delen av bransjen (konsulenter, material produsenter og entreprenører)

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

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen