

Veiledning om avbøtende tiltak på smal firefelts motorveg

Endelig versjon 06.07.2023

1. Innledning

I Statens vegvesens normal N100 Veg og gateutforming, kapittel 3.3.3 beskrives krav til utforming av H3 – Nasjonal hovedveg, ÅDT >12 000 og fartsgrense 110 km/t. Vegnormalen åpner for at det kan bygges med redusert skulderbredde dersom det benyttes avbøtende tiltak som sikrer at ulykkesfrekvens og skadekostnad ikke øker, sammenlignet med å benytte full skulderbredde. Utbygger er da forpliktet til å dokumentere **avbøtende tiltak** og den risikoreduserende effekt av disse.

I denne veiledningen beskrives ulike avbøtende tiltak som *kan ha* en risikoreduserende effekt på motorveger med smal skulder. Hvor stor denne effekten er, vil avhenge av en rekke lokale forhold. Det må derfor alltid gjøres individuelle vurderinger av tiltakenes risikoreduserende effekt, og dokumentasjon må foreligge for hvert prosjekt. Det vil også som oftest være nødvendig å kombinere flere avbøtende tiltak for å oppnå tilstrekkelig trafikksikkerhet.

Det anbefales videre at det gjøres en risikovurdering av å redusere skulderbredden, der en ser på mulige konsekvenser av å benytte smale skuldre og hvilke tiltak som kan forhindre uønskede hendelser. Det vises blant annet til Statens vegvesens veileder V721 Risikovurderinger i vegtrafikken.

Til grunn for denne veiledningen om avbøtende tiltak ligger blant annet prosjektnotat fra Sintef om *Avbøtende tiltak på smale motorveger* (Foss, T, 2023.)

1.2 Oversikt over mulige avbøtende tiltak

Den største utfordringen for trafikksikkerheten ved smal skulder, er manglende plass for kjøretøy til å stoppe og til å evakuere fra kjøretøyet dersom akutte hendelser oppstår. Dette medfører igjen fare for påkjørsler. I tillegg har profilet mindre plass for vedlikeholdsaktiviteter, som igjen kan føre til driftsforstyrrelser og påvirke framkommeligheten negativt.

Følgende tiltak vil kunne ha en risikoreduserende effekt, og er beskrevet i denne veiledningen:

- Kapittel 2 - Automatisk detektering av hendelser
- Kapittel 3 - Kameraovervåking av spesielle strekninger
- Kapittel 4 - Bruk av variable skilt og informasjonstavler
- Kapittel 5 - Bruk av kjørefeltsignal
- Kapittel 6 - Kombinerte ITS-tjenester og tiltak
- Kapittel 7 - Sideterreng og rekkverk
- Kapittel 8 - Økt bruk av stopplommer
- Kapittel 9 - Permanent nedsatt fartsgrense

I tillegg til dette, vil god geometrisk utforming/sikt, samt bruk av forsterket midtoppmerking være positivt for trafikksikkerheten på strekninger med smal skulder. Dette vil imidlertid ikke være tilstrekkelig som avbøtende tiltak. Tiltakene som omtales i veiledningen er ikke en komplett liste.

2. Automatisk detektering av hendelser på vegstrekninger

2.1 Automatisk detektering av hendelser – fra veggside

Automatisk detektering av hendelser (Automatic Incident Detection – AID) er en ITS-tjeneste som detekterer uønskede hendelser i en trafikkstrøm. Typiske eksempler på slike hendelser kan være:

- trafikkulykker
- kjøretøy som er stoppet av ulike årsaker
- kjøretøy som kjører spesielt sakte eller fort
- kjøretøyer i feil retning
- fotgjengere eller dyr i kjørebane
- gjenstander i kjørebane
- dårlig trafikkavvikling (f.eks. stillestående eller saktegående kø).

For å detektere hendelser brukes både sensorer i infrastrukturen og algoritmer. Algoritmene bruker data fra sensorene til å detektere og, med en viss sikkerhet, bekrefte at det har inntruffet en hendelse som krever handling.. Typiske eksempler på sensorer er:

- Kamera med logikk som kan behandle bildene enten lokalt eller sentralt.
- Termokameraer. Disse kan brukes for å detektere kjøretøyer i kjørefelt, på skulder og fotgjengere eller dyr i kjørebane
- Detektorer i kjørebane som registrerer volum, hastighet og tetthet på kjøretøystrømmen
- Sensorer i tunneler som registrerer sikt, temperatur og giftige gasser
- Radarer

Bruk av AID krever kontinuerlig dekning på strekningen for å kunne oppdage hendelser, og ulike værforhold kan skape utfordringer.

En annen type teknologi er Distributed Acoustic Sensing (DAS). Dette er en noe mindre moden teknologi, som oppdager vibrasjoner i fiberkabler som ligger langs vegen. Det vil derfor ta tid før teknologien blir robust nok til bruk i sikkerhetskritiske applikasjoner.

Før bruk, bør det vurderes hva som er akseptable grenser for deteksjon, og hvor presise og nøyaktige systemene skal være.

2.2 Automatisk detektering av hendelser - fra kjøretøy

Etter hvert som ITS-tjenester også bygges inn i nye kjøretøyer, vil kjøretøyene automatisk (eventuelt utløst av fører eller passasjer) kunne sende meldinger om hendelser. Det foreligger allerede en europeisk standard for slike meldinger (Decentralized Environmental Notification Message – DENM) i en ETSI-standard (ETSI EN 302 637-3 ITS). Pr i dag er det kun få bilmodeller som har DENM-standard installert, og det er ingen juridiske krav til installasjon.

Det er fremdeles uklart hvilke konsekvens smale firfeltsveger vil ha på automatiseringsfunksjoner i kjøretøy, men det er en risiko for at avanserte førerstøtte funksjoner/selvkjøring på nivå 3 og 4 ikke vil kunne aktiviseres på strekninger med smale skuldre.

2.3 Varsling av detekterte hendelser

Automatiske detekterte hendelser bør kunne bekreftes og følges opp manuelt av en operatør i en trafikkstyringssentral. Det bør også være mulig å innhente mer detaljerte data om hva som har

skjedd, for eksempel om den saktegående trafikkstrømmen skyldes et kjøretøy som er stoppet i et kjørefelt eller om det har skjedd en kjedekollisjon eller utforkjøring.

Det bør vurderes hva som er akseptabel tid før en hendelse detekteres til tiltak iverksettes.

Praksis i dag på vegtrafikksentralene er at hendelser skal verifiseres av en trafikkoperatør fra den enheten som styrer og regulerer trafikken på den aktuelle strekningen før tiltak iverksettes.

2.4 Mulige effekter av bruk av automatisk detektering av hendelser

Automatisk detektering vil kunne fange opp hendelser raskt, og dermed mulighet for snarlig å iverksette andre tiltak som reduserer faren for uheldige hendelser som påkjørsler. Men på samme måte som ved kameraovervåking, vil det ofte forutsette svært rask handling fra en trafikkoperatør. Det må også være aktuelle tiltak tilgjengelig (se kapittel 4 og 5).

Systemer for automatisk detektering av hendelser er kostbare, og det må vurderes virkning og kostnad for de enkelte strekningene. Det må også beregnes driftskostnader for bruk av trafikkoperatører.

3. Kameraovervåking av spesielle strekninger

Hendelser på veg kan detekteres gjennom kameraovervåking av spesielle strekninger. Det kan sendes bilder eller videostrøm til en trafikkstyringssentral, hvor det er operatører som overvåker den spesielle strekningen og tolker bilder/videoer. Tiltakets virkeområde er som regel begrenset til kortere strekninger, f.eks. tunneler, som er spesielt utsatt for hendelser og/eller hendelser som vil ha en vesentlig påvirkning på trafikantenes liv og helse eller på trafikkstrømmen.

På bakgrunn av overvåkingen kan en trafikkoperatør iverksette andre tiltak (se kapittel 4 og 5).

Bruk av kamera krever god sikt om de skal dekke lengre strekninger, og ulike værforhold som tåke, sludd, snø, regn og lav sol (blending) kan skape utfordringer.

3.1 Mulige effekter av bruk av kameraovervåking

Kameraovervåking vil kunne ha god effekt på hendelser dersom det er en operatør som kontinuerlig følger med og dermed raskt kan iverksette tiltak. Det forutsetter også at trafikkoperatøren har mulighet for å gripe inn for eksempel gjennom å dirigere trafikken vekk fra en hendelse, og/eller sette ned farten. Utfordringen er at hendelser raskt oppstår, og tidsluken for å reagere kan være svært liten.

4. Bruk av variable skilt og informasjonstavler

Tiltaket avhenger av automatisk detektering av hendelser eller kameraovervåking.

Ved hjelp av variable skilt og informasjonstavler kan trafikantene i forkant bli informert om hendelser som har oppstått på motorveger som følge av smal skulder. Dette kan for eksempel være kjøretøy som står stille på vegskulder/delvis inn i kjørefeltet, og som kan skape farlige situasjoner eller hindre andre trafikanter.

Det er også mulig å iverksette tiltak, som å styre trafikken eller sette ned hastigheten. God informasjon om hendelsene vil trolig øke respekten for de reguleringene som vegholder har iverksatt.

Bruk av variable skilt og informasjonstavler er beskrevet i Statens vegvesens veiledning V321 Variable trafikkskilt. Plassering og størrelse på de ulike skiltene er beskrevet i Statens vegvesens normal N300 Trafikkskilt.

I tillegg til variable trafikkskilt, kan det benyttes såkalte *Informerende budskap* ved hjelp av skilt 560 Opplysningstavle. Regler for oppbygging av budskap på opplysningstavler er behandlet i Statens vegvesens veileder V321 Variable trafikkskilt. Skiltet kan gi opplysninger om veg- og trafikforhold som ikke kan formidles ved andre trafikkskilt.

4.1 Mulige effekter av bruk av variable skilt og informasjonstavler

Den største effekten knyttet til bruk av variable skilt som avbøtende tiltak vil først og fremst være nedsatt hastighet. Sammenhengen mellom fart og ulykker er godt dokumentert blant annet i Elvik m.fl 2019. Førere som ankommer hendelsen vil få lengere tid til å observere og reagere på hendelsen og bremsestrekningen vil bli kortere.

Selv om automatisk detektering av en hendelse kombinert med nedsetting av fartsgrensen vil være det viktigste avbøtende tiltaket, vil trafikkskilt eller opplysningstavler som beskriver hendelsen på en lettfattelig måte (gjerne med avstand til hendelsen), trolig bidra til større forståelse og respekt for en nedsatt fartsgrense. Informasjonen bør være maskinlesbar.

Det kan være en utfordring at førerstøttesystemer i kjøretøy ikke oppfatter informasjon på variable fartsgrenseskilt basert på LED-teknologi.

5. Bruk av kjørefeltsignal

Tiltaket avhenger av automatisk detektering av hendelser eller kameraovervåking. Bruk av variable fartsgrenseskilt er også en forutsetning.

Dersom en hendelse er detektert og varslet, kan vegholder ved hjelp av regulerende kjørefeltsignaler styre kjøretøy fra et felt som er helt eller delvis blokkert over til andre felt forbi hendelsesstedet.

Bruk av kjørefeltsignaler og krav til plassering mm er beskrevet i Statens vegvesen retningslinje R311 Trafikkstyringssystemer på veg. Før bruk av kjørefeltsignaler, bør tillatt hastighet på den aktuelle strekningen reduseres.

5.1 Mulige effekter av bruk av kjørefeltsignal

Bruk av kjørefeltsignaler er først og fremst et tiltak som brukes til å regulere trafikken. Det foreligger imidlertid undersøkelser som viser at bruk av kjørefeltsignaler kan bidra til å redusere antall potensielle konflikter mellom kjøretøyene. Det kan også optimalisere trafikkavviklingen ved hendelser på smale motorveger, hvor smal skuldbredde fører til at høyre kjørefelt blir helt eller delvis blokkert.

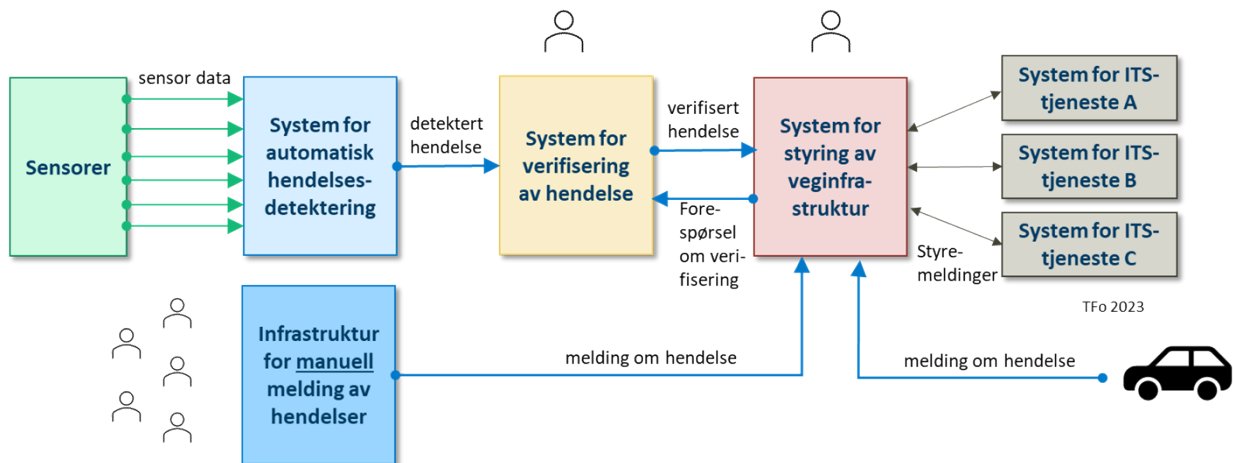
Det er gjennom feltstudier og simuleringer vist at regulering av trafikken med signaler kan redusere faren for påkjøring bakfra-ulykker ved rask nedbremsing. Det kan også redusere konflikter og påkjøring bakfra-ulykker ved feltskift (Qi, Y., and Zhao, Q., 2017 og Wang, Y et al., 2009).

6. Kombinerte ITS-tjenester og tiltak

Det vil være nødvendig å kombinere flere avbøtende tiltak for å sikre at ulykkesfrekvensen og skadekostnaden ikke øker ved smale skuldre. I systemskissen under, er det vist hvordan man kan

kombinere system for hendelsesdetektering med varsling og verifisering, og deretter iverksetting av tiltak.

På venstre side av figuren vises de ulike sensorene som kontinuerlig sender data til *System for automatisk hendelsesdetektering*. I dette systemet behandler en algoritme for detektering av hendelser alle innkommende sensordata, og sender videre en melding til *System for verifisering av hendelse* i de tilfellene algoritmen med en viss sikkerhet kan si at det er inntruffet en hendelse som må verifiseres.



Figur 1: Systemskisse for avbøtende tiltak basert på ITS-tjenester (utarbeidet av Sintef)

Slik verifisering kan enten gjøres av en algoritme som bruker andre sensordata eller de samme sensordataene på en annen måte, eller verifiseringen kan gjøres manuelt, f.eks. av en operatør på en vegtrafikksentral. Systemet for verifisering kan også få en forespørsel fra *System for styring av infrastruktur* om å verifisere en hendelse som er meldt manuelt, f.eks. fra førerens eller passasjerens mobiltelefon, fra en nødetat som har fått en melding eller fra en nødtelefon i en havarilomme. I fremtiden vil også kjøretøyene automatisk kunne sende en melding til et forhåndsdefinert system om en registrert hendelse. En variant av slike meldinger finnes allerede i eCall som er et system for automatisk varsling til nødetatene hvis kjøretøyet havner i en ulykke.

Den verifiserte hendelsen sendes videre til *System for styring av veginfrastruktur*, f.eks. en vegtrafikksentral. Her kan en verifisert hendelse automatisk initiere en relevant ITS-tjeneste som avbøtende tiltak eller en operatør kan iverksette den samme ITS-tjenesten, f.eks. reduksjon av fartsgrensen.

Som figuren viser trenger ikke avbøtende tiltak basert på ITS-tjenester nødvendigvis å være basert på automatisk hendelsesdetektering, men i mange tilfeller vil systemet for automatisk hendelsesdetektering trolig være raskere enn manuell rapportering fra involverte. Dette kan være en meget viktig tidsforskjell mht. å iverksette det eller de avbøtende tiltakene så raskt som mulig. Med det følger også en redusert risiko for trafikkulykker som følger av hendelsen.

7. Sideterreng og rekkverk

7.1 Bruk av sideterreng til nødstop

I Statens vegvesens vegnormaler er det beskrevet hvordan sideterreng med grøfter skal utformes.

Hvis vegprofilen utenfor den asfalterte skulderen utformes slik at et kjøretøy kan kjøre her i en nødsituasjon, kan dette arealet brukes til en nødstop ved at skulder og sideterreng til sammen har

bredde nok til et parkert kjøretøy. Dette vil også gi bredde nok til at personer i kjøretøyet kan komme seg ut av kjøretøyet uten å være nødt til å gå ut i høyre kjørefelt. Løsningen må være i henhold til gjeldende vegnormaler.

Tiltaket vil fungere dårlig om vinteren, når arealet utenfor skulderen ikke brøytes eller benyttes til snø-opplag.

7.2 Bruk av smal skulder og rekkverk

Statens vegvesens normal N101 Trafikksikkert sideterreng og vegsikringsutstyr har krav til plassering av rekkverk i forhold til asfaltert skulderkant. Ved bruk av smal skulder og rekkverk, vil det kunne oppstå problemer for personer som ønsker å forlate et kjøretøy på høyre side slik at de unngår å bevege seg ut i vegbanen.



Figur 21: utfordringer ved rekkverk inntil skulderkant (Kilde: Google maps/Streetview)

Et avbøtende tiltak på strekninger der det er en kombinasjon av smal skulder og rekkverk, kan være å utvide vegprofilen utenfor den asfalterte skulderen, og sette rekkverket lenger ut fra skulderkanten. Man må da også vedlikeholde arealet mellom skulderkant (asfaltkant) og rekkverk slik at det ikke oppstår en farlig kant mellom skulderkant og sideterreng.

7.3 Mulige effekter av endret utforming av sideterrengen og rekkverksplassering

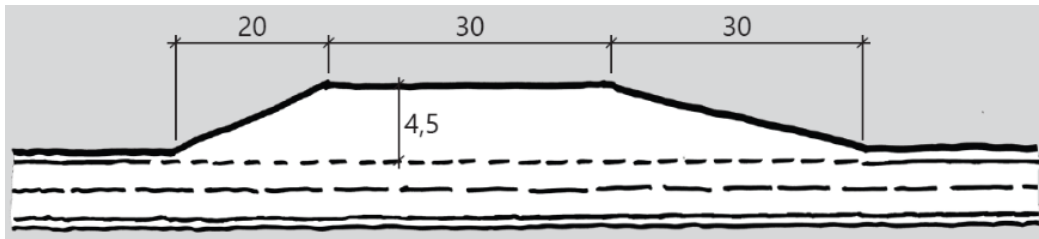
En utforming av vegprofilen/sideterrengen slik det er beskrevet i kapittel 7.1 kan gi noen av de samme effektene som bredere skulder, dvs. redusert ulykkesfrekvens og alvorlighetsgrad.. Effektene er også begrenset til perioder av året hvor sideterrengen ikke brukes til snø-opplag.

Det er heller ikke mulig å kvantifisere noen effekt av å flytte rekkverk lengre ut. Statens vegvesens normal N101 Rekkverk og vegens sideområder anbefaler at andre tiltak enn rekkverk i størst mulig grad benyttes langs veg. Alternative løsninger som nevnes i normalen er bl.a.:

- benytte lukkede grøfter
- benytte påkjørselssikre støyskjermer
- fylle opp sideterrengen
- flate ut fyllinger og runde av skråningstopper og -bunner
- utvide bergskjæringer og legge opp avrundete voller mot bergskjæringene
- sprengte ut bergskjæringer med jevnest mulig overflate
- benytte jordvoll eller fanggrøfter i stedet for rekkverk

8. Økt bruk av stopplommer

I Statens vegvesens normal N100 Veg- og gateutforming, er en stopplomme beskrevet som en «lomme for kortere stans eller nødstopp». Enkelte steder brukes også begrepet havarilommer.



Figur 3: Geometri for stopplommer (Kilde: N100 Veg- og gateutforming)

For H2 Nasjonal hovedveg ÅDT 6 000 – 12 000 og fartsgrense 90 km/t skal det være en stopplomme for hver 5 km. For H3 Nasjonal hovedveg ÅDT > 12 000 og fartsgrense 110 km/t er det ikke oppgitt noen verdi for avstand mellom stopplommer da det ikke vil være behov for dette med en tilstrekkelig bred skulder. Dersom bredden på skulderen reduseres, vil det oppstå et behov for stopplommer.

Et avbøtende tiltak vil være hyppig bruk av stopplommer, med en med en viss minimumsavstand mellom lommene.

8.1 Mulige effekter av økt bruk av og stopplommer

Gitt at stopplommene ligger tett nok, vil de kunne være et avbøtende tiltak på en del uønskede hendelser. Noen hendelser krever imidlertid en umiddelbart stopp, som f.eks. bilbrann, punktering, illebefinnende hos fører eller akutt drivstoffmangel. Skal tiltaket fange opp slike hendelser, må stopplommene ligge svært tett.

Dersom stopplommer skal brukes som et avbøtende tiltak, er det viktig at inn- og utkjøringsstrekninger må dimensjoneres ut ifra fartsgrensen. Det er også anbefalt at stopplommene merkes tydelig for trafikantene og forvarsles.

9. Permanent nedsatt fartsgrense

Permanent nedsatt fartsgrense, f.eks. fra 110 km/t til 100 km/t, vil kunne kompensere for smale vegskuldre.

9.1 Effekter av nedsatt fartsgrense

Flere omfattende undersøkelser viser at risikoen for trafikkulykker øker når skulderbredden reduseres (Stamatiades, J. P. et al 2009, Ben-Bassat, T. and Shinar, D., 2011, Mecheri, S. et al., 2017 og Zeeger, C. V. and Council, F. M., 1995.) En reduksjon av en skulder på 2,75 meter til 2,0 meter, vil øke antall ulykker (alle typer og alvorlighetsgrader) med ca. 10 %. Tilsvarende reduseres risikoen for trafikkulykker når hastigheten reduseres (Vadeby, A. og Bjørketun, U., 2015 og Elvik, R., Vadeby, A., Hels, T., & van Schagen, I 2019).

En reduksjon i fartsgrensen fra 110 km/t til 100 km/t vil dermed kunne kompensere for risikoøkningen ved smalere skulder. Det vises også til Foss, T. og Skjermo, J., 2021 for beskrivelse av andre tilsvarende undersøkelser som sier noe om forholdet mellom skulderbredde og trafiksikkerhet.

Referanser

Ben-Bassat, T. and Shinar, D., 2011. Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behaviour, *Accident Analysis & Prevention*, 2011 – Elsevier Mecheri, S. et al., 2017

Elvik, R., Vadeby, A., Hels, T., & van Schagen, I 2019. Updated estimates of the relationship between speed and road safety at the aggregate and individual levels. *Accident Analysis and Prevention*, 123, 114-122.

Foss, T, 2023. Avbøtende tiltak på smale motorveger. Prosjektnotat Sintef.

Qi, Y., and Zhao, Q., 2017, Safety impacts of signalized lane merge control at highway work zones, *Transportation Planning and Technology*

Stamatiades, J. P. et al, 2009. Impact of Shoulder Width and Median Width on Safety. National Cooperative Highway Research Program Report 633

Vadeby, A. og Bjørketun, U., 2015, Utvärdering av ändrade hastighetsgränser – Långtidseffekter på trafiksäkerhet, VTI Rapport 860

Wang, Y. et al., 2009, Lane Change Guidance for Freeway Incident Management, Proceedings of the 12th IFAC Symposium on Transportation Systems, September 2-4, 2009

Zeeger, C. V. and Council, F. M., 1995. Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements. *Transportation Research Record No. 1512*, National Research Council, pp 29-36