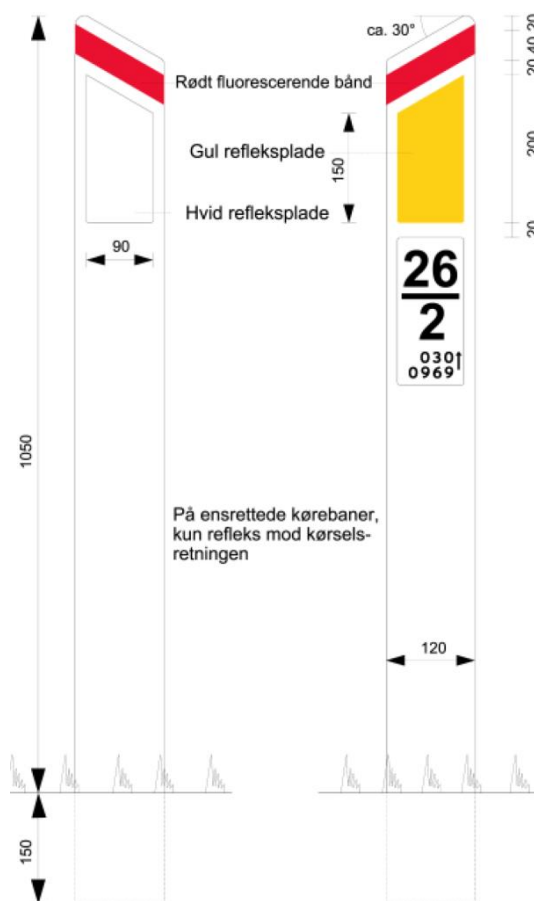


Reflekser i midterrabat

Brug af reflekser på kantpæle og autoværn



Thomas Skallebæk Buch
Søren Underlien Jensen

13. maj 2020

Indhold

1. Baggrund og anbefaling	3
1.1 Typer af kantafmærkning i midteradskillelse i Danmark	3
1.2 Anbefaling	5
2. Dansk lovgivning	7
3. Praksis i Danmark og nabolande	10
4. Etableringsomkostninger	12
5. Drifts- og vedligeholdelsomkostninger	14
Referencer	17
Bilag 1 – Praksis i nabolande	20
Bilag 2 – Litteraturstudie	24

1. Baggrund og anbefaling

Vejdirektoratet har ønsket en undersøgelse af brug af reflekser i midteradskillelsen på motorveje og motortrafikveje.

Formålet med nærværende notat er at give en anbefaling til afmærkning med reflekser i midteradskillelsen på motorveje og motortrafikveje og beskrive grundlaget herfor. Anbefalinger (afsnit 1.2) gives på baggrund af dansk lovgivning, praksis i nabolande, erfaringer fra litteratur samt anlægs-, drifts- og vedligeholdelsesomkostninger ved brug af henholdsvis refleksbrikker på autoværn og kantpæle.

I kapitel 2 gives et overblik over den danske lovgivning i forhold til afmærkning med reflekser i midterrabatter.

I kapitel 3 gives en kort opsamling, hvor dansk praksis sammenstilles med praksis i de fire nabolande. Vejregler i forhold til brug af reflekser i vejmidten er blevet undersøgt for Sverige, Holland, Norge og Storbritannien. Et lidt mere detaljeret resumé af landenes vejregler findes i bilag 1.

Omkostninger knyttet til brug af henholdsvis kantpæle og refleksbrikker på autoværn er angivet, herunder for forskellige tætheder af reflekser på autoværn. Etableringsomkostninger fremgår af kapitel 4 og drifts- og vedligeholdelsesomkostninger af kapitel 5.

Bilag 2 opsummerer litteraturstudiet i forhold til de væsentligste effekter af brug af hhv. kantpæle og reflekser på autoværn i forhold til trafiksikkerhed, tryghed, fremkommelighed, køreoplevelse etc.

1.1 Typer af kantafmærkning i midteradskillelse i Danmark

I nærværende notat undersøges anlægs-, drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i vejmidte i tilknytning til to typer af kantpæle samt refleksbrikker i autoværn.

Almindelige kantpæle

Traditionelt er kantafmærkning i vejmidte udført med almindelige kantpæle svarende til kantpælene i yderrabatten. I midterrabatten fastspændes kantpæle ofte til autoværnet fx med strips. På nogle strækninger er kantpæle placeret i sokler, fordi autoværnet står langt fra kørebanen, men omkostninger til kantpæle i sokler behandles ikke nærmere i dette notat. Beskrivelserne for almindelige kantpæle følger i kapitel 2.

Refleksbrikker afprøvet i Danmark

I Danmark har der været enkelte forsøg med at erstatte kantpælene i midteradskillelsen på motorveje og motortrafikveje med refleksbrikker påsat autoværnet.

På motorveje er det forsøgt at erstatte kantpæle i midteradskillelsen med refleksbrikker fastspændt i siden af autoværnet på strækninger, hvor autoværn er placeret langs belægningskanten, dvs. typisk på ensidigt autoværn. I erfaringskataloget *Kantafmærkning i midterrabat på motorvej* (Vejdirektoratet, 2019) angives, at der regnes med tre enkeltmonterede reflekser pr. 100 m. Refleksarealet på refleksbrikkerne varierer mellem ca. 3.000 mm² og ca. 4.800 mm² afhængig af type (eksempel ses i Figur 1).



Figur 1: Refleksbrik som kan fastspændes i autoværn. Bemærk, at der anvendes hvid refleksfarve i vejmidte.

På motortrafikveje er der også anvendt forskellige alternative refleksløsninger. Fx er der påsat små refleksbrikker på toppen af stålautoværnet med indbyrdes afstand på ca. 20 m på motortrafikvejen mellem Bredsten og Vandel. Et andet eksempel er kabelautoværnet på motortrafikvejen mellem Holbæk og Vig, hvor kantpælene i midten er suppleret med hvide refleksbånd på de blå hætter på ca. hvert femte scepter. Disse løsninger behandles ikke nærmere i dette notat.

Flapkantpæle påsat dobbeltsidet autoværn

Flapkantpæle udført i aluminium er et alternativ til de traditionelle kantpæle, men mest oplagt i forbindelse med dobbeltsidet autoværn. For trafikanterne vil disse i høj grad ligne de almindelige kantpæle (se Figur 2), men flapkantpælens fordel er, at den kan fastspændes en tværbjælke i et dobbeltsidet autoværn, så én flapkantpæl kan fungere som kantafmærkning i begge køreretninger. Der findes også en udgave af flapkantpæle, hvor der kun er reflekser på den ene side, og som kan

sættes på enkeltsidet autoværn. Stykprisen er lavere, men til gengæld skal der benyttes én pr. køreretning.



Figur 2: Flapkantpæl i aluminium påsat en tværbjælke i et dobbeltsidet autoværn.

1.2 Anbefaling

Der er umiddelbart intet i litteraturen, der tyder på, at kantpæle pr. 100 m i midteradskillelsen på motorveje/motortrafikveje har nogen væsentlig betydning for trafikanterne, fordi trafikanterne formentlig ikke kan gøre tilstrækkeligt brug af kantpælenes reflekser. Der er heller intet, der tyder på, at kantpælene gør skade. Årsagen til den manglende gavn hænger sammen med, at reflekserne på kantpælene ofte vil være svære at se i mørke grundet lyset fra modkørendes forlygter, og kantpælene ikke står med en tilstrækkelig tæthed i forhold til placeringen i trafikanternes synsfelt. De forskellige landes krav til brug af kantpæle i vejmidte er i god overensstemmelse med dette, idet de sjældent påkræves (Sverige undtaget). Baseret på litteraturen må det formodes, at en indbyrdes afstand mellem kantpæle på 50 m derimod kan have en lille gavnlig effekt for trafikanterne.

Refleksbrikker fastspændt på siden af autoværn med indbyrdes afstand på 50 m vil formentlig have en tilsvarende lille gavnlig effekt, såfremt der er tale om et ensidet autoværn tæt på belægningskant. Synligheden af disse reflekser vil ikke blive reduceret så meget af modkørendes forlygter som synligheden af reflekser over autoværn. Afstand på 50 m vil være i overensstemmelse med praksis for

refleksbrikker i autoværn i Sverige og Holland. Samtidig vil såvel etableringsomkostninger som drift- og vedligeholdelsesomkostninger blive reduceret i forhold til kantpæle pr. 100 m. Det vides ikke, om der vil være et øget behov for rengøring af refleksbrikker i autoværn frem for kantpæle, fordi de sidder lavere og muligvis er mere udsatte for stænk fra køretøjer. Selv med to årlige vask er drift- og vedligeholdelsesomkostningerne for refleksbrikker i autoværn pr. 50 m imidlertid lavere end for almindelige kantpæle pr. 100 m med én årlig afvaskning.

Der er intet i litteraturen, der tyder på, at indbyrdes afstand på 33 m mellem refleksbrikker i autoværn vil være til større gavn for trafikanterne end 50 m. Dette er blot en dyrere løsning, der tilmed ikke er i overensstemmelse med praksis i andre lande.

2. Dansk lovgivning

Restriktionerne for baggrundsafmærkning i form af N41 Kantpæle er angivet i *Bekendtgørelse om vejafmærkning* (BEK 1632, 2017) og *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* (BEK 1633, 2017). Derudover er der nogle forskrifter, der alene fremgår af vejreglerne. I det efterfølgende refereres alene de forhold, der vedrører kantpæle i vejmidten på motorveje/motortrafikveje, herunder placering af kantpæle, størrelse af reflekser, etc.

Kort opsummeret er det en meget lille andel af de danske motorveje og motortrafikveje, der er omfattet af krav om kantpæle i midterrabatten. Den primære årsag er, at kantpæle ikke påkræves, hvor der er under 1,5 m mellem autoværn og kørebane kant. Kravene til dimensionerne på kantpælene og dertilhørende reflekser er meget detaljerede. Men på strækninger, hvor der ikke er krav om kantpæle i vejmidte, er der hverken krav om brug af eller krav til størrelse på reflekser i vejmidten.

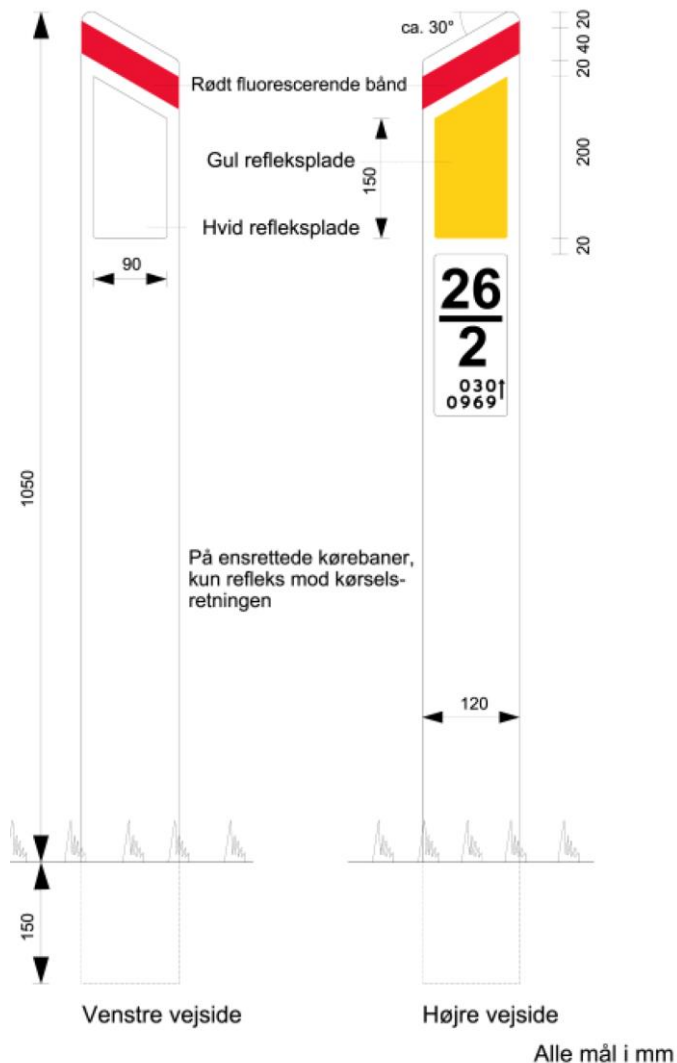
Afmærkningsbekendtgørelsen om kantafmærkning

BEK 1632: Kantpæle har hvid refleks i venstre side (midteradskillelse) og gul refleks i højre side. Afstand mellem pælene er 100 m – dog mindre i vejsving og andre steder med behov for kraftig markering.

BEK 1633: Kantpæle skal udformes som angivet på Figur 3. Afkortede kantpæle må anvendes på autoværn opsat tæt ved kørebane. Ud fra figuren fremgår det, at refleksens placering ca. 80 cm over jordoverfladen og har et samlet areal på 15.750 mm². Dertil kommer et 40 mm bredt rødt fluorescerende bånd.

Kantpælene skal anvendes på statsveje/rutenummererede veje som kontinuert sammenhængende markering. De opstilles parvis både i yderrabat og midterrabat. Kantpæle kan udelades:

- Ved autoværn/brorækværk i en afstand < 1,5 m fra kørebane kant (belægningskant).
- I tættere bebygget område og på vejstrækninger, hvor lokale forhold gør opstilling uhensigtsmæssig, fx fortov eller cykelsti umiddelbart op til kørebane, som dermed ikke efterlader tilstrækkelig plads til opstilling af kantpæl.
- I midterrabat på strækninger med både autoværn i vejmidte og vejbelysning.



Figur 3: Udformning af kantpæle ifølge afmærkningsbekendtgørelse (BEK 1633, 2017, figur 5, s. 27).

På strækninger med kurveradius < 2.000 m skal indbyrdes afstand være mindre end 100 m for at markere kurvens forløb, undtagen hvis der anvendes anden kantafmærkning som N42 eller O41,1. Afstandene fremgår af Tabel 1:

Kurve radius (m)	Afstand mellem kantpæle (målt i vejens midtlinje)	
	I kurvens yderside (m)	I kurvens inderside (m)
< 100	10,0	20,0
100-199	20,0	33,3
200-399	33,3	33,3
400-1.999	50,0	50,0
> 1.999	100,0	100,0

Tabel 1: Afstande mellem kantpæle (BEK 1633, 2017).

Vejreglerne om kantafmærkning

Der medtages kun forhold, der ikke allerede er nævnt i bekendtgørelserne.

Af *Håndbog Færdselstavler, kant- og baggrundsafmærkning* (Vejregler, 2017) fremgår det, at bekendtgørelsernes krav til placering af færdselstavler i forhold til kant af kørebane ikke gælder for N41 Kantpæle. Kantpæle i midterrabatten bør opstilles i en afstand af 0,5 m fra belægningskanten.

Afstanden mellem kantpæle i kurver kan halveres ift. bekendtgørelsen såfremt kurven ikke er tilstrækkeligt afmærket, fx vurderet på baggrund af ulykkesdata.

3. Praksis i Danmark og nabolande

I det følgende er en kort opsamling, hvor vejstandarder for kantafmærkning i midteradskillelse i Danmark sammenlignes med tilsvarende for Sverige, Holland, Norge og Storbritannien. Beskrivelserne omfatter motorveje og i vid udstrækning også øvrige vejtyper med midteradskillelse i åbent land. I bilag 1 findes et længere resumé af praksis i hver af de fire nabolande.

Der er en del såvel forskelle som ligheder i brugen af kantpæle og reflekser i midteradskillelse i Danmark og de undersøgte nabolande. Generelt har landene dog hver sin praksis. I Tabel 2 gives et overblik over krav mv. for kantpæle og/eller reflekser i midteradskillelse på motorveje. Det skal bemærkes, at der i høj grad er tale om en forsimpning, da krav og restriktioner ofte er knyttet til undtagelser. Samtidig er det klare indtryk, at kantpæle/reflekser i vejmidten benyttes mere, end det som minimum kræves i landenes vejregler.

Norge og Storbritannien adskiller sig fra de øvrige lande, idet reflekser på autoværn eller kantpæle i midteradskillelse synes anvendt meget sjældent. I Norge udelades de som følge af vejbelysning, og i Storbritannien anvendes færdselssøm til at understøtte længdeafmærkningen. I Holland betragtes autoværnet i de fleste tilfælde som tilstrækkelig ledning for trafikken, men reflekser/kantpæle i vejmidte anvendes tilsyneladende mere end i Norge og Storbritannien. I Sverige synes der at være et egentligt krav, der i vid udstrækning må omfatte det meste af motorvejs- og motortrafikvejsnettet og ikke blot enkelte atypiske strækninger.

	DK	S	N	NL	UK
Krav om refleks i midte? ¹	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej
Anvendes refleks i midte? ^{1,2}	K	K/R	Nej	Evt. K/R	Nej ⁵
Reflekshøjde over vej (cm)	80	80 (K) 40-60 (R)	80	50	55-100
Refleksareal (mm ²)	15.750	> 7.200 (K)	7.200	> 4.000	-
Refleksfarve	Hvid	Hvid	Hvid	Hvid	Gul
Afstand mellem reflekser (m) ¹	100	100 (K) 50 (R)	50	50	-
R horisontal kurve, der medfører kortere afstand (m)	2.000	700	300	600 ³	-
R i vertikal kurve (bakketop), der medfører kortere afstand (m)	-	2.500	2.500	6.000 ⁴	-
Afstand til belægningskant (m)	0,5	0,5-1,0 (K)	1,0	-	-
Afstand til kørespor (m)	-	-	-	< 2,0	-

Tabel 2: Sammenligning af krav til kantpæle og reflekser i vejmidte på motorveje i Danmark og nabolande. *Noter:* 1) Gældende en lige strækning med typisk tværprofil og udstyr i pågældende land, 2) K=kantpæl, R=refleksbrik (typisk i autoværn), 3) Ikke kortere afstand men krav om refleks i højrekurve, 4) Ikke kortere afstand men krav om refleks, 5) Færdselssøm anvendes til supplerende af kantlinje.

Set på tværs af landene placeres reflekserne på kantpæle stort set i samme højde (ca. 80 cm) i Skandinavien, mens reflekserne placeres lavere på kantpæle i Holland. Refleksbrikker på autoværn placeres ligeledes næsten i samme højde, ca. 50 cm, hvilket de danske forsøg er i overensstemmelse med.

Reflekser på kantpæle er markant større i Danmark end i de øvrige lande. Arealet af det reflekterende område på refleksbrikker i autoværn anvendt i Danmark er i nogenlunde overensstemmelse med hollandske krav, mens der ikke synes at være egentlige krav i Sverige.

Under ”normale” forhold placeres kantpæle med 100 m indbyrdes afstand i Danmark og Sverige, og 50 m indbyrdes afstand i Norge og Holland. Refleksbrikker på autoværn placeres med 50 m indbyrdes afstand i Holland og Sverige og altså ikke de 33 m, som angives i det danske erfaringskatalog (Vejdirektoratet, 2019). Til sammenligning placeres færdselssøm langs kantlinjen med bare 18 m indbyrdes afstand i Storbritannien. Kravene til, hvornår indbyrdes afstand mellem kantpæle/refleksbrikker skal reduceres, er meget uens i de pågældende lande.

4. Etableringsomkostninger

I det følgende opridses etableringsomkostningerne for henholdsvis kantpæle og reflekser. Priser med videre er baseret på oplysninger fra Vejdirektoratets driftsområder. Priserne er lidt usikre og kan ændre sig som følge af såvel mængderabat som konkurrenceniveau på markedet.

Uanset hvor mange refleksbrikker, der bruges som erstatning for kantpæle, og hvilken type kantpæl, der benyttes, antages den samme arbejdstid og udgift til afspærring i forbindelse med opsætning. Dvs. der ses bort fra udgifter til dette i beregningerne.

Prisen på refleksen, der er anvendt på flere strækninger i Danmark, er 34 kr. pr. stk. I det følgende foretages beregninger for 3 forskellige indbyrdes afstande mellem kantpæle: 100 m, 50 m og 33 m. 100 m svarer til afstanden mellem kantpæle, 50 m svarer til praksis i Holland og Sverige, mens 33 m svarer til angivelserne i erfaringskataloget (Vejdirektoratet, 2019).

Prisen på flapkantpælen er ca. 300 kr. pr. stk. ved indkøb af 10 stk., når den er påsat reflekser til begge køreretninger. Denne løsning er tiltænkt dobbeltsidede autoværn, hvor flapkantpælen sættes på en tværbjælke. Til enkeltsidet autoværn er der en flapkantpæl kun med reflekser på den ene side og en stykpris på 200 kr. ved indkøb af 10 stk. For begge typer flapkantpæle er det muligt, at der kan opnås en mængderabat ved større indkøb.

Prisen på kantpæle som normalt anvendes i yderrabatten, men som fastspændes autoværnet fx med strips eller i et beslag, der i forvejen er påsat autoværnet, er i gennemsnit 90 kr. på tværs af de 5 driftsområder. Variationen er dog betydelig fra 73 kr. til 137 kr. Der anvendes én kantpæl pr. retning, uanset om der anvendes enkelt- eller dobbeltsidet autoværn. Ved dobbeltsidet autoværn ser det ud til, at den valgte løsning fx kan være, at de to kantpæle fastspændes sammen.

I Tabel 3 er etableringsomkostninger opgjort. Der beregnes en pris pr. km på en nogenlunde lige strækning, hvor der ikke er krav om øget tæthed af kantpæle i forhold til standarden med én kantpæl pr. 100 m. For hver flapkantpæl på dobbeltsidede autoværn benyttes fx 2 almindelige kantpæle eller 6 refleksbrikker ved indbyrdes afstand på 33 m. Skulle der på en delstrækning være krav om øget tæthed af kantpæle, må det formodes, at refleksbrikker opsættes med en tilsvarende øget tæthed. Som supplement angives prisen pr. refleks/kantpæl.

	Antal pr. km ¹ (stk.)	Pris pr. km (kr.)	Pris pr. stk. (kr.)
Kantpæl uden fundament eller beslag	20	1.800	90
Flapkantpæl (dobbeltsidet autoværn)	10	3.000	300
Flapkantpæl (enkelt-sided autoværn)	20	4.000	200
Refleksbrik pr. 100 m	20	680	34
Refleksbrik pr. 50 m	40	1.360	34
Refleksbrik pr. 33 m	60	2.040	34

Tablet 3: Etableringsomkostninger for forskellige typer af kantafmærkning i vejmidte. Note: 1) Samlet for begge køreretninger.

Refleksbrikker i autoværnet er umiddelbart den billigste løsning i forhold til etablering, men det afhænger i høj grad af tætheden. Største besparelse opnås ved en indbyrdes afstand på 100 m. Kantpæle fastsat i eksisterende beslag og/eller ved hjælp af strips synes at være en anelse billigere at etablere end refleksbrikker med indbyrdes afstand på 33 m. Flapkantpæle er dyrest at etablere. Det gælder særligt løsningen med flapkantpæle på enkelt-sided autoværn, mens merprisen for løsningen til dobbeltsidet autoværn er mindre som følge af et reduceret antal kantpæle.

5. Drifts- og vedligeholdelseskostninger

I det følgende beskrives drifts- og vedligeholdelseskostninger for såvel kantpæle placeret i midterrabat som refleksbrikker placeret på autoværn. Der er imidlertid begrænsende driftserfaringer med refleksbrikkerne, hvorfor nogle forhold vil være uafklarede. Oplysningerne er baseret på erfaringer fra Vejdirektoratets driftsområder. Det forudsættes, at drift og vedligehold sker i forbindelse med anden arbejde i vejmidte, således der ikke inkluderes pris til afspærring mv. Det skal bemærkes, at priserne er behæftet med en del usikkerhed.

Kantpæle og dertilhørende refleksbrikker har en typisk levetid på 5-8 år. Det orange refleksbånd på toppen af kantpælene har en levetid på 2-5 år, men umiddelbart ser det ud til, at dette bånd ofte er slidt af eller helt udeladt på kantpæle i midterrabatten. Refleksbrikkernes levetid er ukendt. Derfor antages det, at de har samme levetid som kantpælene. Flapkantpælene har en levetid på ca. det dobbelte af de almindelige kantpæle. Det antages således, at det er 20 % af kantpælene og refleksbrikkerne på autoværn og 10 % af flapkantpælene, der udskiftes pr. år.

Det antages, at rengøring af kantpæle og refleksbrikker på autoværn bør udføres én gang om året, men rengøring af kantpæle udføres på nuværende tidspunkt ikke i alle driftsområder. Det samme vil umiddelbart gælde refleksbrikker, men der mangler driftserfaringer til verificering af dette. Erfaringen/antagelsen er, at rengøringsprisen er 20 kr. pr. kantpæl (inkl. genopretning), 5 kr. pr. refleksbrik på autoværn og 15 kr. pr. flapkantpæl.

I rengøringsprisen for almindelige kantpæle er der inkluderet udgift til, at 10 % af de almindelige kantpæle skal genoprettes, men ikke udskiftes. Det betyder således, at årligt er det ca. 20 % af kantpælene i vejmidten, der skal udskiftes og derudover ca. 10 %, der skal genoprettes. Kantpæle i beslag skal sjældnere genoprettes end kantpæle i strips og i sokkel. I forhold til kantpæle anbefales gennemgang med henblik på genopretning én gang om året, men egentligt bør de gennemgås hver gang, der er arbejde i vejmidten. På nuværende tidspunkt er det to gange årligt; ved renhold forår og græsslåning efterår. Der forventes ikke at være udgifter til genopretning af refleksbrikkerne samt flapkantpælene, men driftserfaringer for refleksbrikkerne mangler.

Refleksbrikkerne på autoværnet sidder ca. 30 cm lavere end reflekserne på kantpæle. Det øger muligheden for at græs/beplantning i vejmidte kan vokse over reflekshøjden. Der er imidlertid ikke fundet eksempler i litteraturen på, at det skulle være et problem. Reflekserne i autoværn er desuden tiltænkt de strækninger, hvor der er ensidigt autoværn, og dette er placeret så tæt på belægningen, at det ikke forventes, at det vil være et problem.

Ligesom for anlægsomkostninger regnes med, at hvis afstanden mellem kantpæle reduceres, reduceres afstanden mellem refleksbrikker tilsvarende. Dvs. drifts- og vedligeholdelsesudgifter ændres proportionelt for de forskellige kantafmærkningsløsninger.

I Tabel 4 er omkostninger i forbindelse med drift og vedligehold opgjort for de tre typer kantafmærkning samt for forskellige indbyrdes afstande mellem refleksbrikker på autoværn. Priserne er opgjort pr. km dels for rengøring og genopretning, dels for udskiftning og dels som en samlet pris for drift og vedligehold.

	Antal pr. km (stk.) ¹	Pris vask pr. km pr. år (kr.)	Pris udskiftning pr. km pr. år (kr.)	Total pris pr. km pr. år (kr.)
Kantpæl uden fundament eller beslag ²	20	400	360	760
Flapkantpæl (dobbeltsidet autoværn)	10	150	300	450
Flapkantpæl (enkeltsidet autoværn)	20	300	400	700
Refleksbrik pr. 100 m	20	100	136	236
Refleksbrik pr. 50 m	40	200	272	472
Refleksbrik pr. 33 m	60	300	408	708

Tabel 4: Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for forskellige typer af kantafmærkning i vejmidte. *Noter: 1) Samlet for begge køreretninger, 2) Prisen for vask inkluderer også omkostninger til genopretning af 10 % af kantpælene.*

I forhold til drift og vedligehold er kantpæle fastspændt med strips den dyreste løsning, mens udgiften til drift og vedligehold af flapkantpælene på dobbeltsidet autoværn udgør ca. 60 % pga. markant lavere udgift til rengøring og genopretning. Flapkantpæle på enkeltsidet autoværn er næsten lige så dyre i drift og vedligehold som almindelige kantpæle. Alle tre indbyrdes afstande mellem refleksbrikker påsat autoværnet medfører umiddelbart færre udgifter til drift og vedligehold end almindelige kantpæle, men tætheden af refleksbrikkerne har stor betydning. Refleksbrik fastspændt autoværn pr. 100 m er klart den billigste løsning, mens udgiften til refleksbrik pr. 50 m er nogenlunde på niveau med flapkantpæle på dobbeltsidet autoværn.

Hvis det vurderes, at det er nødvendigt at vaske refleksbrikker påsat autoværn to gange årligt (både forår og efterår) vil drift- og vedligeholdelsesudgifterne for en strækning med refleksbrikker pr. 50 m øges til 672 kr. pr. år, hvilket stadig er mindre end udgifterne til almindelige kantpæle.

Sammenholdt med etableringsomkostninger vil refleksbrikker påsat autoværn både ved indbyrdes afstand på 100 m og 50 m være den billigste løsning både på kort og lang sigt. Dette gælder også, hvis refleksbrikkerne påsat autoværn skal vaskes to gange om året. Flapkantpæle på dobbeltsidet autoværn vil dog blive billigere set over en 8-10-årig periode i forhold til refleksbrikker med indbyrdes afstand på 50 m og to årlige vask. Det vurderes dog, at det er relativt sjældent, at refleksbrikkerne vil blive påsat et dobbeltsidet autoværn.

Refleksbrikker påsat autoværn pr. 33 m synes prismæssigt at ligge så tæt på kantpæle fastspændt med strips både i forhold til etablering og drift/vedligehold, at en samlet økonomiske gevinst formentlig vil være lille hvis overheadet opnåelig.

Flapkantpælen er markant billigere i drift og vedligehold på et dobbeltsidet autoværn end almindelige kantpæle, og beregningerne tyder således på, at merudgiften til etablering af flapkantpæle er tjent hjem i løbet af 4-5 år. Til gengæld er flapkantpæle umiddelbart ikke et økonomisk konkurrencedygtigt alternativ til almindelige kantpæle på enkelt-sided autoværn. Besparelserne for drift og vedligehold er umiddelbart så begrænsede, at det dårligt kan modsvare den markant større etableringsomkostning.

Referencer

- Bahar, G., Mollett, C., Persaud, B., Lyon, C., Smiley, A., Smahel, T. og H. McGee (2004): *Safety Evaluation of Permanent Raised Pavement Markers*. National Cooperative Highway Research Program, NCHRP report 518, USA.
- Busch, F. (1981): *Sicherheitsaspekte beim Entwurf künftiger Strassen*. 9th IRF World Meeting, Road design and safety, pp. 1-16, Stockholm, juni 1981.
- BEK 1632 (2017). *Bekendtgørelse om vejafmærkning. Kapitel 5 Afmærkning på kørebanen m.m.* BEK nr. 1632 af 20.12.17. Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, Danmark.
- BEK 1633 (2017). *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning. Kapitel 7 Afmærkning på kørebanen.* BEK nr. 1633 af 20.12.17. Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, Danmark.
- CROW (2015). *Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen 2015*. CROW, Holland.
- Department for Transport (2018a). *Traffic Signs Manual. Chapter 4 Warning Signs*. The Stationery Office, London, Storbritannien.
- Department for Transport (2018b). *Traffic Signs Manual. Chapter 5 Road Markings*. The Stationery Office, Storbritannien.
- Høye, A. (2010): *Trafikksikkerhetshåndboken, kapitel 3.13 Vegoppmerking*. Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norge.
- Kallberg, V-P. (1993): *Reflector Posts – Signs of Danger? Transportation Research Record*, no. 1403, pp. 57-66.
- Krammes, R. A. og K. D. Tyer (1991): *Post-mounted delineators and raised pavement markers: Their effect on vehicle operations at horizontal curves and two-lane rural highways. Transportation Research Record*, no. 1324, pp. 59-71.
- Liu, X., Bullough, J., Tian, L., Jiang, S. og M. Jafari (2018): *Evaluation of Raised Pavement Markers*. Rutgers – New Jersey State University, Rensselaer Polytechnic Institute, report FHWA NJ-2018-004, USA.
- Lundkvist, S-O., Engen, T., Rajamäki, R., Helmers, G. og S. Nygårdhs (2014): *Kantstolpars effekt på trafikantbeteendet*. VTI, rapport 795, Linköping, Sverige.

Lyles, R. W. og W. C. Taylor (2006): *Communicating changes in Horizontal Alignment*. National Cooperative Highway Research Program, NCHRP report 559, USA.

Migletz, J., Fish, J. K. og J. L. Graham (1994): *Roadway Delineation Practices Handbook*. Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA-SA-93-001, USA.

Nygårdhs, S. (2008): *Kantstolpar – En litteraturstudie utförd på uppdrag av NMF*. VTI, notat 18-2008, Linköping, Sverige.

Potts, I. B., Hutton, J. M., Harwood, D. W., Bokenkroger, C. D. og M. K. Curtit (2010): *Benefit/Cost Evaluation of MoDOT's Total Striping and Delineation Program*. Transportation Research Board, Annual Meeting 2010, Washington DC, USA.

Rumar, K. og D. K. Marsh (1998): Lane markings in night driving: A review of past research and of the present situation. University of Michigan, Transportation Research Institute, report UMTRI-98-50, USA.

Schumann, J. (2000): *Post-mounted delineators and perceptual cues for long-range guidance during night driving*. University of Michigan, Transportation Research Institute, report UMTRI-2000-42, USA.

Statens vegvesen (2014a). *Håndbok N300 Trafikkskilt – Del 2 Fareskilt, markeringsskilt, vikeplikt- og forkjørsskilt*. Normal, Håndbok, Statens vegvesen Vegdirektoratet, Norge.

Statens vegvesen (2014b). *Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr – Tekniske krav*. Retningslinje, Håndbok, Statens vegvesen Vegdirektoratet, Norge.

Tie- ja vesirakennushallitus (1981): *Reunapaalujen, taustamerkkien ja aurausvittojen vaikutus liikenneturvallisuuuteen*. Helsingfors, Finland.

Trafikverket (2020a). *Krav. VGU. Vägars och gators utformning*. Publikation 2020:029. Trafikverket, Sverige.

Trafikverket (2020b). *Råd. VGU. Vägars och gators utformning*. Publikation 2020:031. Trafikverket, Sverige.

Uqwoaba, G. U. (1987): *Evaluation of delineation systems for temporary traffic barriers*. Federal Highway Administration, report FHWA-RD-115.1, USA.

Vejdirektoratet (2019). *Erfaringskatalog. Emne: Strækning. Element: Kantafmærkning i midterrabbat på motorvej*. Dokument 15/05395-1 af 30. maj 2019. Vejdirektorat, Danmark.

Vejregler (2017). *Håndbog Færdselstavler, kant- og baggrundsafmærkning*. Vejdirektoratet, Danmark.

Zador, P., Stein, H. S., Wright, P. og J. Hall (1987): Effects of Chevrons, Post-Mounted Delineators, and Raised Pavement Markers on Driver Behavior at Roadway Curves. *Transportation Research Record*, no. 1114, pp. 1-10.

Zwahlen, H. T., Miller, M. E., Khan, M. og R. Dunn (1988): Optimization of Post Delineator Placement from a Visibility Point of View. *Transportation Research Record*, no. 1172, pp. 78-87.

Bilag 1 – Praksis i nabolande

I det følgende er der korte beskrivelser af vejstandarderne for kantafmærkning i vejmidte i Sverige, Holland, Norge og Storbritannien.

Sverige

De svenske vejregler, VGU, er opdelt i "Krav" (Trafikverket, 2020a) og "Råd" (Trafikverket, 2020b). Rådene kan betragtes som anbefalinger, mens kravene er bindende.

Kantpæle skal benyttes på veje uden vejbelysning, med ÅDT > 2.000 og med hastighedsbegrænsning over 80 km/t. Refleksen på kantpælen skal være hvid og placeres i ca. 80 cm højde ift. belægning. Kantpæle skal placeres ca. 1,0 m fra asfaltkant, men ved vejsektioner med bredde på mindst 9,0 m eller grøft tæt på vejkant kan placeringen være ned til ca. 0,5 m fra vejkant. Dette er muligvis mest relevant for kantpæle i højre side. Ved højt værn (fx betonautoværn) skal reflekser af samme type som på kantpæle placeres i samme højde og med samme tæthed, som var de placeret på kantpæle.

På veje med midteradskillelse anvendes rektangulære refleksbrikker på forside af kantpæle på højre side og i midt (ingen refleks på bagside). Refleksbrikken har et areal på min 7.200 mm² med højde op til 200 mm og bredde op til 45 mm.

Afstand mellem stolper skal være 100 m, dog 25 m ved horisontale kurver med R < 700 m og vertikale konvekse kurver med R < 2.500 m. På lige strækninger og i konkave vertikale kurver skal mindst tre kantpæle i samme side være synlige på samme tid. På strækninger med autoværn skal kantpæle placeres på eller bag autoværn. Ved sporbortfald, fx reduktion fra 2 til 1 vognbane på 2+1-vej, skal kantpæle på midtautoværn placeres med indbyrdes afstand på 10,0 m.

Der skal være hvide reflekser på autoværn, hvis der ikke er vejbelysning, og hastighedsbegrænsningen er over 80 km/t. Størrelsen på refleksbrikkerne fremgår ikke, men refleksværdien skal være ≥ 1.100 CIL. Det er muligt, at kravet om reflekser kun er gældende på midtautoværn, hvis værnet er placeret tæt på kørebane kant. På midtautoværn på motorveje og flersporede veje placeres reflekserne i autoværn i 40-60 cm højde med indbyrdes afstand på 50 m.

På midtautoværn på øvrige veje med midteradskillelse skal reflekser i autoværn placeres i en højde på 40-60 cm for hver 50 m eller i en højde på 80 cm for hver 100 m. Det sidste kunne tyde på, at refleksen sidder på en kantpæl placeret på scepteret i forbindelse med kabelautoværn. Ved indsnævring fra 2 til 1 vognbane placeres reflekserne i en højde på 80 cm med indbyrdes afstand på 10 m. Igen er

det samme placering som kantpælenes reflekser. Generelt er det noget uklart, om og i hvor høj grad kantpælenes reflekser kan erstatte reflekser på autoværn.

Holland

Retningslinjer for afmærkning fremgår af *Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen 2015* (CROW, 2015).

Reflekser i vejmidten kan placeres på pæle eller i autoværn. I modsætning til de røde reflekser i højre vejside anses de hvide reflekser i vejmidte (venstre side) ikke for at være strengt nødvendige pga. lysfordelingen fra køretøjernes forlygter. Især hvis der er autoværn i vejmidte regnes autoværnets evne til at lede trafikanterne for at være tilstrækkelig. Dette gælder alle vejtyper med midteradskillelse. Hvide reflekser skal dog anvendes, hvis:

- En kurve har en kurveradius mindre end minimumskurveradien til vejens designhastighed.
- Midteradskillelsen er meget bred eller hvis der er utilstrækkeligt sigt til trafikken i de modgående spor.
- Der ikke er autoværn i midteradskillelsen i den pågældende køreretning.
- Der er fire vognbaner eller flere i en retning (næsten umuligt at se reflekserne i højre side fra venstre vognbane).
- Der er stor risiko for tågedannelse i området.
- Autoværn udbøjes med mere end to meter fx rundt om kunstværker.

På motorveje/motortrafikveje (overordnede veje) skal der være hvide reflekser i midten af vejen i horisontale kurver med $R \leq 600$ m. Muligvis er det kun i den ene retning, idet "buitenbogen" kan oversættes som ydre kurve, så det kunne antyde, at det kun er i køreretningen, hvor der svinges mod højre. Det samme gælder konvekse kurver (bakketop) med $R \leq 6.000$ m.

På motorveje/motortrafikveje med to spor i køreretningen placeres reflekserne maksimalt 2 m fra inderside af kantlinje, på motortrafikveje med ét spor i køreretningen placeres refleksen 1,5 m fra inderside af kantlinje. Reflekserne placeres med 50 m mellemrum.

Reflekserne skal have en størrelse på minimum 4000 mm^2 og placeres i en højde svarende til 50 cm. Reflekserne kan tilføjes LED-belysning, så synligheden på lang afstand øges, så vejforløbet kan erkendes over en længere strækning. Oplysningen kan evt. drives af solceller.

Norge

Brugen af kantpæle er beskrevet i *Håndbok N300 Trafikkskilt – Del 2 Fareskilt, markeringsskilt, vikeplikt- og forkjørsskilt* (Statens vegvesen, 2014a). Refleksfarven er imidlertid angivet i *Håndbok R310 Trafikksikkerhetsutstyr – Tekniske krav* (Statens vegvesen, 2014b).

Kantpæle skal benyttes på statsveje med hastighedsbegrænsning på mindst 80 km/t og ÅDT > 5.000 samt alle statsveje, hvor der benyttes salt i forbindelse med vintertjeneste (saltvedligeholdes). Dertil skal kantpæle anvendes på mellemliggende strækninger, såfremt det giver trafikanterne en mere sammenhængende oplevelse. På andre strækninger benyttes snestokke med reflekser. Kantpæle skal ikke benyttes på veje med vejbelysning. Kantpælenes reflekser laves af hvidt folie.

Ved krav om kantpæle skal de placeres i yderrabat og midteradskillelse. Benyttes betonautoværn i midten kan kantpæle udelades. Det skal bemærkes, at motorveje/motortrafikveje med midteradskillelse i Norge har vejbelysning og derfor sjældent kantpæle. Grundreglen er, at mindst 3 kantpæle skal være synlige på en gang. Kantpæle placeres som udgangspunkt med 50 m mellemrum. I kurver med radius 50-300 m, i konvekse kurver (bakketop) med radius < 2.500 m, ved accelerationsbaner, decelerationsbaner og på ramper placeres de med 25 m mellemrum. Ved kurver med radius < 50 m placeres de med 10 m mellemrum og kun i ydersiden af kurven. Kantpæle placeres så vidt muligt 1 m fra asfalkanten. Ved stålautoværn placeres de bag autoværnet i samme afstand fra vejen som sceptrene i autoværnet. Kantpælene placeres i samme kilometrering i højre og venstre side.

Reflekser på kantpæle i midteradskillelse er rektangulære, som reflekser på kantpæle i vejens højre side. Kantpælene skal være ca. 1.100 mm høje i forhold til kørebaneniveau. Reflekserne placeres i et sort felt på de hvide kantpæle maksimalt 100 mm fra toppen. Det sorte felt er 250 mm højt og udformes som et parallelogram, hvor det sorte felt er tættest på jorden på den side af kantpælen, der er nærmest kørebanen. Selve refleksen skal være ca. 40 mm bred og 180 mm høj. Baseret på ovenstående må det formodes, at reflekserne placeres i en højde i forhold til kørebanen på ca. 80 cm.

Refleksbrikker placeret i autoværn nævnes umiddelbart ikke, formentlig fordi motorveje og øvrige veje med midteradskillelse har vejbelysning.

Storbritannien

Brug af kantpæle i vejmidte beskrives i noget omfang i *Traffic Signs Manual. Chapter 4 Warning signs* (Department for Transport, 2018a).

Reflekser kan placeres på pæle eller på autoværn i vejmidten på steder, hvor vejforløbet anses som værende farligt, og trafikanterne skal have yderligere hjælp til at blive ledt gennem vejforløbet (bjergveje, pludselige indsnævringer etc.). Der advares dog mod at benytte reflekserne på autoværn, rækværk etc., hvis disse ikke følger vejkannten nøjagtigt. Den anbefalede afmærkning af vejens linjeforløb (vejkant) er profileret kantlinje suppleret med færdselssøm.

Hvis der opsættes reflekser skal reflekserne være gule mod midterrabat. Formen af refleksen skal enten være rektangulær eller cirkulær, og refleksen skal placeres mellem 550 og 1.000 mm over vejoverfladen. Monteres reflekser på en kantpæl, skal kantpælen være stribet i sort og hvid på veje i åbent land eller med høj hastighed.

På baggrund af Department of Transport (2018a) må det således formodes, at brug af kantpæle/reflekser på autoværn i midterrabat på motorveje/motortrafikveje er en sjældenhed, og de ikke benyttes som en generel understøttelse af vejens linjeforløb.

Brugen af færdselssøm beskrives i *Traffic Signs Manual. Chapter 5 Road Markings* (Department for Transport, 2018b).

Færdselssøm bør altid benyttes på motorveje og anbefales ligeledes på alle øvrige veje med høje hastigheder, selv hvis der er vejbelysning. Mod midteradskillelsen benyttes gule reflekser i færdselssømmene. Sømmene placeres med en indbyrdes afstand på 18 m. Det angives, at det kan være en lille fordel, hvis søm ved kantlinjer er forskudt 9 m fra søm i delelinjer. I kurver med $R < 450$ m, ved sporbortfald, på strækninger med stor risiko for tåge og på strækninger med alvorlige problemer med blanding fra modkørende anbefales en indbyrdes afstand på 9 m.

Bilag 2 – Litteraturstudie

Der er set på seneste udgave af den norske *Trafikksikkerhåndboken*. Der er udført en litteratursøgning på ScienceDirect, Google Scholar og TRID, hvor der er søgt på en række søgeord fx barrier reflector, guardrail reflector, reflector post, post-mounted delineator, osv. Der er gennemgået artikler i Trafik & Veje om kantpæle og reflekser. For de fundne publikationer er referencer gennemgået for at udvide litteratursøgningen.

To studier forekommer at være særligt vigtige til forståelse af, hvad længdeafmærkning, kantpæle og reflekser har af betydning for bilkørsel på veje, hvor der ikke er vejbelysning. Et meget stort litteraturstudie af Rumar og Marsh (1998) og et kort litteraturstudie med tilhørende udført forsøgsrække af Schumann (2000) angiver, at ved styring af en bil for at holde sig på vejen eller i køresporet – dvs. at dreje på rattet – gør bilførere brug af to synsfelter.

Det ene synsfelt er langtrækkende og ser mindst 5 sekunder frem ad vejen (svarer til mindst 180 m ved 130 km/t og mindst 110 m ved 80 km/t). Ved det langtrækkende synsfelt benytter bilføreren det centrale syn, og synsfeltet bruges sporadisk, men føreren ”sætter kursen” for køretøjet ved at dreje relativt langsomt og bevidst på rattet. Det andet synsfelt er kort rækkende og ser maksimalt 3 sekunder frem ad vejen, dog typisk ca. 1,8-2,0 sekunder frem (svarer til ca. 70 m ved 130 km/t og ca. 40 m ved 80 km/t). Når man kan se langt frem (ting i det langtrækkende synsfelt er synlige), benytter bilføreren typisk det perifere syn til det korttrækkende synsfelt, og føreren udfører oftest ubevidst kompenserende drej i rattet, som har karakter af hurtige små ryk. Det korttrækkende synsfelt benyttes kontinuert og er således næsten hele tiden aktivt for bilføreren. Når man ikke kan se langt frem (ting i det langtrækkende synsfelt er ikke synlige), skifter bilføreren sit centrale syn til det korttrækkende synsfelt, og kørslen og drej i rattet udføres oftest bevidst og bliver mere mentalt belastende. En langvarig høj mental belastning fører som regel til, at bilføreren kompenserer ved fx at sænke farten, at undgå distraktion (fx at stoppe samtale med / lytte til passagerer), at stoppe kørslen, at holde pause, osv.

I mørke benyttes kantpæle og reflekser i høj grad i det langtrækkende synsfelt, da længdeafmærkning (og slet ikke asfaltkant) ofte ikke er synlig så langt frem. Derimod indgår (benyttes) kantpæle og reflekser kun sjældent i det korttrækkende synsfelt, dels fordi længdeafmærkningen er synlig, dels fordi kantpæle og reflekser er for ”upræcise” som input til den kompenserende, præcise styring. Faktisk viser studierne, at kantpæle med reflekser slet ingen indvirkning har på kompenserende styring, men alene på at ”sætte kursen”. Hvis bilføreren (i nogen tid) ikke længere kan se længdeafmærkning / asfaltkant i det korttrækkende synsfelt, altså ca. 1,8-2,0 sekunder frem, så vælger de fleste førere at kompensere ved at nedsætte hastigheden, hvilket ofte sker i kraftigt regnvejr i mørke – også selvom

kantpæle med reflekser eller reflekser på autoværn er synlige længere fremme, da disse ikke anvendes til kompenserende styring.

Et velkendt fænomen er, at erfarne bilførere i langt højere grad gør brug af det langtrækkende synsfelt, end uerfarne bilførere gør. Af den årsag er den erfarne bilfører bedre til at "sætte kursen" for køretøjet og har i mindre udstrækning brug for at udføre kompenserende styring end den uerfarne bilfører. Den uerfarne bilfører er mere mentalt belastet, og kortvarig uopmærksomhed har større betydning for den uerfarne bilførers kørsel end for den erfarne bilfører, da "kursen for køretøjet" oftere må korrigeres / tilrettes.

En konklusion af både Schumann (2000) og Rumar og Marsh (1998) er, at det ikke giver mening at opsætte kantpæle med reflekser eller reflekser på autoværn med en kort afstand mellem hinanden, så længe der er en synlig længdeafmærkning inden for denne korte afstand. Dog kan kantpæle og reflekser virke som advarsel i fx skarpe kurver, men her vil det højst sandsynligt være bedre (men også dyrere) at opsætte baggrunds- eller kurveafmærkning. Kantpæle med reflekser og reflekser på autoværn vil i almindelighed være en hjælp for bilførere, når de står på længere afstand end det korttrækkende synsfelt, hvilket vil sige, at en afstand mellem reflekser på 50-80 m på veje i åbent land vil være hensigtsmæssig. Det er samtidig vigtigt, at disse reflekser er klart synlige i det langtrækkende synsfelt, hvilket vil sige, at de helst skal kunne ses i mørke med nærlys på bilen i en afstand af mindst ca. 120-150 m på 80 km/t veje og en afstand af mindst ca. 200-250 m på 130 km/t veje. Set i det lys vil en optimal afstand mellem reflekser være omkring 50-60 m på veje med en hastighedsbegrænsning på 80-130 km/t. Det skyldes, at reflekserne helst bør danne en ledelinje med mindst 3 synlige reflekser uden for det korttrækkende synsfelt – for at få en god måde at "sætte kursen" på køretøjet.

Kantpæle med reflekser

Transportøkonomisk Institutt (TØI) i Oslo, Norge, har i online versionen af *Trafikksikkerhetshåndboken* kapitel 3.13 Vegoppmerking (Høye, 2010) angivet oplysninger om kantpæle med reflekser.

Baseret på 7 undersøgelser fra 1966-1993 finder Høye (2010), at kantpæle med reflekser giver et fald i personskadeulykker på 7 % og fald i materielskadeulykker på 3 %, men effekterne er ikke statistisk signifikante. Sikkerhedseffekten af både at afmærke kant- og midtlinjer samt opsætte kantpæle med reflekser er langt større (fald i personskadeulykker på ca. 45 %), men det er uvist, om det er linjer eller pæle eller kombinationen heraf, der giver den større effekt. Af de 7 undersøgelser ser det ud til, at kun én omhandler motorveje, nemlig kantpæle på ramper, mens de andre undersøgelser omhandler øvrige veje i det åbne land.

Baseret på 3 undersøgelser anfører Høye (2010), at kantpæle med reflekser medfører en stigning i motorkøretøjernes hastighed, hvilket normalvis vil resultere i en

dårligere trafiksikkerhed, men formentligt er et udtryk for større tryghed og / eller tilfredshed. Desuden mindskes afstanden mellem køretøj og kantlinje ved opsætning af kantpæle, mens variationen i køretøjernes placering i kørespor reduceres, hvilket normalvis vil resultere i en bedre trafiksikkerhed. Heraf kan dog også udledes, at sporkøring muligvis øges.

Der er søgt efter undersøgelserne angivet i *Trafikksikkerheshåndboken*, og de 3 seneste undersøgelser er fundet på internettet og gennemlæst.

En af de fundne undersøgelser er udført af Kallberg (1993) i Finland. Kallberg udførte et eksperiment med 20 matchede par af vejstrækninger, hvor hver vejstrækning var 7-56 km lang. Indenfor hvert matchet par blev en vejstrækning tilfældigt valgt, og her blev opsat kantpæle med reflekser i begge vejsider med 60 m afstand imellem. Kantpæle blev sat 0,5 m fra vejkant, og refleksen var ca. 1 m over kørebanelen. Den anden vejstrækning i det matchede par indgik i en kontrolgruppe. Der var 548 km vej, der fik kantpæle i 1987, heraf 183 km med 80 km/t og i gennemsnit 2.760 i ÅDT, 7,5 m bred kørebane, kurvatur på 32 gon/km og bakkethed på 17 m/km, mens 349 km var med 100 km/t og i gennemsnit 3.140 i ÅDT, 8,5 m bred kørebane, kurvatur på 15 gon/km og bakkethed på 11 m/km. Der var 586 km vej i kontrolgruppen, som også var opdelt i hhv. 80 og 100 km/t veje. Om sommeren kørte bilerne ca. 11 cm tættere på vejkanten på 80 km/t vejene efter kantpælene var etableret, mens de kørte ca. 27 cm tættere på vejkanten på 100 km/t vejene. Om vinteren kørte bilerne endnu tættere på vejkanten som følge af etablering af kantpælene, men Kallberg anfører, at det skyldes, at snepløve ryddede for sne endnu tættere på vejkant, når der var kantpæle. Om sommeren steg hastigheden med 2,2 km/t på veje med 80 km/t (stigning på 5,1 km/t i mørke), mens den faldt med 0,9 km/t på veje med 100 km/t (også fald i mørke). I alt indgår 4.123 uheld i undersøgelsen, heraf 1.149 personskadeuheld. Der er problemer i før-efter uhelds-evalueringen, idet der på nogle kontrolstrækninger er usædvanligt (tilfældigvis) mange uheld i mørke i før-perioden på 80 km/t veje og usædvanligt (tilfældigvis) mange uheld i dagslys i efter-perioden på 100 km/t veje. Af denne årsag er de fundne sikkerhedseffekter forbundet med stor statistisk usikkerhed. Ses på alle uheld og alle veje, så fås, at kantpælene har reduceret antallet af uheld med ca. 4 %, mens antallet af personskadeuheld er steget med ca. 2 %. På 80 km/t vejene er der en stigning i alle uheld på ca. 13 % og en stigning i personskadeuheld på ca. 32 %, mens der på 100 km/t vejene er fald i alle uheld på ca. 12 % og fald i personskadeuheld på ca. 14 %. Sikkerhedseffekterne af kantpæle er i alle tilfælde bedre (både på 80 og 100 km/t veje og alle uheld og personskadeuheld) i dagslys end i mørke. Kallberg konkluderer, at kantpæle med reflekser kan udgøre et sikkerhedsmæssigt problem på veje med lav standard (smal kørebane, mange kurver, osv.) i det åbne land.

De to andre fundne studier (Schumann, 2000; Lyles og Taylor, 2006) har ikke vel-dokumenterede resultater om effekter på hastighed af kantpæle med reflekser. Begge studier viser, at kantpæle med reflekser giver små stigninger i hastigheder, men analyserne er baseret på meget få kørsler (eksperimenter).

Et andet litteraturstudie af Nygårdhs (2008) beskriver to sikkerhedsstudier af kantpæle med reflekser, som ikke er medtaget af Høye (2010). Et finsk studie viste, at kantpæle med reflekser reducerede antallet af eneulykker med 8 %, dog var dette ikke statistisk signifikant (Tie- ja vesirakennushallitus, 1981). Et tysk studie viste, at kantpæle med reflekser gav en optisk ledning og reducerede uheldsfrekvensen med 16 % (Busch, 1981).

Et svensk simulatorstudie (Lundkvist et al., 2014) testede syv opstillinger med kantpæle med reflekser på en 6 km lang 2-sporet vej. I fem opstillinger blev brugt de norske, svenske, danske og finske standardopstillinger af kantpæle på lige strækninger og i kurver, dog med lidt flere kantpæle i kurver i to af de fem opstillinger. I en opstilling blev der ikke opstillet kantpæle på lige strækninger, og i den sidste opstilling blev der ikke opsat kantpæle overhovedet. Studiet viste, at hastigheden var ca. 90 km/t på de fem standardopstillinger med kantpæle, mens den kun var 82 km/t på opstillingen uden kantpæle på lige strækninger og kun 78 km/t på opstillingen uden kantpæle overhovedet. En pointe var, at hastigheden på lige strækninger var langt højere end i kurver på de fem standardopstillinger med kantpæle, mens forskellen i hastighed mellem lige strækninger og kurver var meget mindre i de to opstillinger uden kantpæle på strækninger eller ingen kantpæle overhovedet. Derfor bremsede simulator-testkørerne også oftere og mere på kørsler med de fem standardopstillinger med kantpæle. Undersøgelsen viste, at når man kunne se 400 m frem (kantpæle var synlige så langt frem på lige strækninger), så fik man en stor hastighedsspredning. Konklusionen blev derfor, at på lige strækninger var der ingen grund til, at man kunne se kantpæle mere end 100-200 m frem. Et tidligere svensk simulatorstudie viste, at kantpæle med reflekser øgede hastigheden med ca. 2-10 km/t, men hastighedsforøgelsen afhang direkte af længdeafmærkningens synlighed. Jo mindre synlig længdeafmærkningen var, desto mere steg hastigheden som følge af introduktion af kantpæle med reflekser.

I USA (Migletz et al., 1994) skal kantpæle med reflekser placeres med en indbyrdes afstand på 60-150 m (på nær i kurver hvor afstanden reduceres til 6-90 m). Kantpælen placeres 0,6-2,4 m fra asfaltkant, har en højde på 1,2 m og refleksen sidder ca. 1 m over kørebane og op, og skal kunne ses 305 m væk med nærlys på bilen i klart vejr men mørke. Refleksen skal være hvid i højre side, og gul i midterrabat (gul midtlinje eller kantlinje mod midterrabat).

I en anden amerikansk undersøgelse (Zador et al., 1987) blev eksperimenter udført på 51 strækninger 2-sporet vej i åbent land med kurver. Opsætning af kantpæle med reflekser resulterede i en stigning i gennemsnitshastigheden på 2,5 km/t og medførte, at bilister kørte ca. 2-3 cm tættere på midtlinjen.

Zwahlen et al. (1988) finder, at kantpæle med reflekser, hvor refleksen er ca. 1 m over kørebane og ca. 3,0-4,2 m fra kant af kørespor, har en optimal indbyrdes afstand på ca. 80-120 m på 4-sporede lige veje afhængig af type af refleks. Denne afstand falder dog med kurveradius for vejens centerlinje, således finder de, at den

optimale afstand mellem kantpæle er ca. 40-65 m ved en kurveradius på 900 m og ca. 30-40 m ved en kurveradius på 300 m.

Krammes og Tyer (1991) viser, at hastigheden stiger med ca. 1-3 mph i kurver på 2-sporede veje, når der opsættes kantpæle med reflekser i Texas, USA, og studiet viser også, at bilister kører 1-2 fod (30-60 cm) tættere på vejkant gennem kurver efter opsætning af kantpæle.

Reflekser på autoværn

Transportøkonomisk Institutt (TØI) i Oslo, Norge, har i online versionen af *Trafikksikkerhåndboken* kapitel 3.13 Vegoppmerking (Høye, 2010) angivet oplysninger om "kjørebanereflektorer". De fleste af disse undersøgelser har fokus på reflekser i vejbelægningen, men der er en undersøgelse, hvor reflekser er påsat autoværn.

Baseret på 4 undersøgelser fra 1989-2004 finder Høye (2010), at "kjørebanereflektorer" giver et fald i personskadeulykker på 3 % og fald i alle ulykker på 1 %, men effekterne er ikke statistisk signifikante. Sikkerhedseffekten af både at afmærke med "kjørebanereflektorer" og kantlinjer eller baggrunds- / kurveafmærkning er langt større (fald i ulykker på ca. 45 %), men det er uvist, om det er "kjørebanereflektorer", linjer eller anden afmærkning eller kombinationer heraf, der giver den større effekt.

Den ene undersøgelse, hvor reflekser er påsat autoværn, er udført af Creasey et al. (1989), og omhandler afmærkning af crash-cusions i området med spærreflade ved motorvejsfrakørsler. Disse crash-cusions blev før afmærkning ofte påkørt, og reparation af crash-cusions er meget dyrt, tidskrævende og vejarbejderne udfører et meget risikofyldt arbejde på stedet. Der blev udført 4 forskellige afmærkninger på 8 crash-cusions. På alle 4 afmærkninger blev værnet (eller rettere nogle tønder opsat foran værnet) malet gule og påsat reflekser. Det gav et fald i uheld (registrede påkørsler) på ca. 35 procent. På 3 afmærkninger blev der umiddelbart bag crash-cusion opsat en stor N43 tavle, og på 2 afmærkninger blev der derudover opsat kurveafmærkning (chevrons) til venstre for frakørselsrampe, mens der på 1 afmærkning også blev opsat 2 gul-blink på N43 tavle. Disse yderligere afmærkninger (N43, chevrons og N43+gul-blink), synes at øge faldet i uheld yderligere med ca. 20 %, så det samlede fald blev ca. 55 %. Undersøgelsen viste tydeligt, at udgiften til afmærkninger var mindre end de sparede udgifter til reparation af crash-cusions. Derudover undgik man skader på mennesker og køretøjer.

En undersøgelse af Liu et al. (2018) beskriver og evaluerer indgående reflekser i vejbelægningen. Med baggrund i 12 tidligere amerikanske uheldsevalueringer konkluderer Liu et al., at der ikke er konsensus om sikkerhedseffekten af reflekser i vejbelægningen, idet nogle studier viser, at disse reflekser fører til flere uheld, mens andre studier viser, at de fører til færre uheld. Dette er i overensstemmelse

med effekter angivet i *Trafikksikkerhåndboken* (Høye, 2010). Liu et al. (2018) angiver dog også, at sikkerhedseffekten af reflekser i vejbelægningen forekommer at blive bedre 1) jo flere kørespor vejen har, 2) jo mere trafik (ÅDT) der kører på vejen, og 3) desto mindre kurvet vejen er. Litteraturstudiet viser, at på 4-sporede (eller flere kørespor) veje med mere end 20.000 biler pr. døgn, så medfører reflekser i vejbelægningen en tydelig gunstig sikkerhedsgevinst. Deres egen analyse af sikkerhedseffekten af reflekser i vejbelægningen i New Jersey State viser også, at effekten bliver mere gunstig, jo mere trafik (ÅDT) der er på vejen. Deres litteraturstudie viser også – baseret på opgørelser for 2 millioner reflekser, at den årlige omkostning pr. refleks i vejbelægningen er 2,4 US\$ (svarer til ca. 17 DKK) og refleksens levetid er typisk 3-8 år. Omkring 90 % af delstaterne i USA har reflekser i vejbelægninger i stort omfang. Ca. 20 % af delstaterne i USA bruger reflekser på autoværn i stort omfang. Desuden tester Liu et al. 9 forskellige typer af reflekser, der kan bruges i vejbelægning eller sættes på autoværn, fra 3 forskellige fabrikanter, og finder, at de kan ses ca. 210-380 m væk, og at det især er hvide reflekser, der kan ses langt væk. De udfører en sammenligning af reflekser i vejbelægningen (12 m mellem hver refleks i hver kant af kørespor) med rumleriller i nødspor / kantbaner på en 4-sporet vej med 50.000 biler pr. døgn, og finder, at den årlige udgift til reflekser er 1.163 US\$/mile, mens den årlige udgift til rumleriller er 647 US\$/mile. De forventer, at reflekserne giver et fald i uheld på 6 %, mens rumleriller giver et fald på 19 %, og får derfor, at rumlerillerne er ca. 8 gange mere cost-effektive til at reducere uheld.

I en før-efter uheldsevaluering af ca. 6.350 km vej, heraf 4.365 km motorvej med 4 kørespor, hvor der blev etableret reflekser i vejbelægningen (ved kant-, dele- og midtlinjer) med en indbyrdes afstand på 24 m (i ca. 95 % af tilfældene ellers med en indbyrdes afstand på 12 m), finder forskerne, at på motorveje har reflekserne givet et fald i uheld på 3 % (Bahar et al., 2004). Faldet er nogenlunde det samme, om der ses på personskadeuheld eller materielskadeuheld, eller der ses på uheld i dagslys eller mørke. Dog er effekterne mere gunstige, når der ses alene på uheld i vådt føre eller personskadeuheld i mørke. En meget stor forskel er, at effekten på alle uheld er en stigning på 13 % på motorveje med ÅDT under 20.000, mens der er fald i alle uheld på 6 % på motorveje med ÅDT mellem 20.000 og 60.000 og et fald i alle uheld på 33 % på motorveje med ÅDT over 60.000.

I USA (Migletz et al., 1994) er reflekser på autoværn typisk runde eller firkantede og har et areal på omkring 50-100 cm². Ligesom reflekser på kantpæle skal reflekser på autoværn være hvid i højre side, og gul i midterrabat. Det anbefales ikke at lade reflekser på autoværn erstatte kantpæle med reflekser, fordi reflekser på autoværn hurtigere bliver beskidte, og derved hurtigere mister refleksionsegenskaber.

Uqwoaba (1987) undersøger 3 forskellige reflekser påsat top af betonværn i midterrabat, 3 forskellige reflekser påsat side af betonværn i midterrabat, og 1 refleks i kantlinje (vejbelægning) ind mod midterrabat. Han angiver, at effekten af reflekser på toppen af autoværn begrænses af, at de ikke er synlige, når der er modkørende trafik, da refleksion forsvinder i lys fra modkørende biler. (Det vil

formentligt også gøre sig gældende med reflekser på kantpæle i midterrabat.) Den mest effektive placering af reflekser er ifølge Uqwoaba på siden af autoværn. Dog bliver reflekser hurtigt beskidte og mister ca. halvdelen af refleksionsegenskaben i løbet af en måned, men jo højere refleksion er placeret, desto mindre refleksionsegenskab mistes over tid. Derimod blev reflekser på toppen af autoværn hurtigt tildækket af sne, mens dette ikke var et problem på siden af autoværn. Der var store forskelle i pris på reflekser (0,5-176,5 US\$ pr. stk.) og installationstiden pr. refleks (2-90 sekunder). En spørgeundersøgelse blandt trafikanter på vejen, hvor reflekser var opsat, viste, at bilister foretrak en løsning med Astro-Optics refleks på siden af autoværn. Den løsning havde samtidig de bedste refleksionsegenskaber, kunne ses trods modkørende trafik, og bilister følte sig mere trygge med dem, så de kunne "holde farten".

Potts et al. (2010) har udført en før-efter uheldsevaluering og fundet, at Missouri Department of Transportations (MoDOT) afmærkningsprogram, hvor der udføres bredere kantlinjer, rumleriller samt reflekser på autoværn, har medført et fald i personskadeuheld på ca. 6 %. Med den benyttede metode har forfatterne dog ikke mulighed for at angive, om det er bredere kantlinjer eller rumleriller eller reflekser på autoværn, der har resulteret i effekten.