



Statens vegvesen

Klimastasjoner

RETNINGSLINJER

Håndbok 266



FORORD

Statens vegvesen har i 20 år arbeidet med etablering av et nettverk for klimastasjoner langs vegene i Norge. Stasjonene kan registrere meteorologiske parametere som for eksempel luft- og vegbanetemperatur, luftfuktighet, vind og nedbør, og er plassert langs vegene for å gi informasjon om forhold på og ved veien like mye som opplysning om det generelle været på stedet.

For å sikre oss sammenliknbare data fra stasjonene er det viktig at hver parameter måles på samme måten. Denne håndboken er laget for å sikre en ensartet måte å utføre målingene på, og beskriver en standard for plassering av klimastasjoner og sensorer. Dette er nødvendig og har stor betydning både når informasjonen skal anvendes i et overvåkningssystem for vær- og føreforhold i vinterberedskapen, og når data skal brukes til andre formål som for eksempel beregning av en vinterindeks. Beskrivelse av metoder for vedlikehold av utstyr er også beskrevet i håndboken.

I samarbeid med konsulentfirmaet Klimator, som er tilknyttet Universitetet i Gøteborg, har Trafikksikkerhetsseksjonen utarbeidet generelle retningslinjer for plassering av klimastasjoner og deres sensorer som er beskrevet i denne boken. Det er tatt hensyn til hva slags type utstyr som eksisterer i dag, men det er også viktig at de samme hensyn tas når nytt utstyr kommer inn i systemet.

Prosjektgruppen har bestått av:

Gry Rogstad, prosjektansvarlig Vegdirektoratet

Anette H. Mahle, Vegdirektoratet

Torbjörn Gustavsson, Prosjektansvarlig Klimator

Jörgen Bogren, Klimator

Analyse og databearbeiding ble utført av Louise Björkvald og Cecilia Green, Klimator.

Rapporten har vært på høring hos de største leverandørene av klimastasjoner i Norge, samt hos medlemmene i "Faglig kontaktnett for klimastasjoner og meteorologi i Statens vegvesen".

Oslo, april 2005

Veg- og trafikkavdelingen

Med hilsen



Eva Solvi

Trafikkdirktør

INNHold

INNHold	2
1 INNLEDNING	5
2 KLIMASTASJONER OG SENSORER	7
2.1 BAKGRUNN FOR PLASSERING.....	7
2.2 KLIMAKARTLEGGING.....	9
2.3 STASJONSTYPER	10
3 MÅLING AV METEOROLOGISKE PARAMETERE	13
3.1 TEMPERATURMÅLING.....	13
3.1.1 Faktorer som påvirker temperaturen.....	14
3.1.2 Sensorer for temperaturmålinger.....	16
3.1.3 Plassering av temperatursensorer	17
3.1.4 Vedlikehold av luft- og vegbanetemperatursensorer.....	19
3.2 LUFTFUKTIGHET	20
3.2.1 Plassering av luftfuktighetssensor.....	20
3.2.2 Vedlikehold av luftfuktighetssensor.....	21
3.3 DUGGPUNKSTEMPERATUR	21
3.4 NETTOSTRÅLING.....	22
3.4.1 Plassering av nettostrålingssensor	22
3.4.2 Vedlikehold av sensor for nettostråling	22
3.5 VINDMÅLING	23
3.5.1 Plassering av vindsensor	24
3.5.2 Vedlikehold av vindsensorer	24
3.6 NEDBØRSMÅLING	25
3.6.1 Plassering av nedbørsensor.....	26
3.6.2 Vedlikehold av nedbørsensorer.....	27
4 PLASSERING AV KLIMASTASJONER LANGS VEGEN	29
4.1 REGIONALKLIMATOLOGISKE FAKTORER.....	29
4.2 LOKALKLIMATOLOGISKE FAKTORER	32
4.3 MIKROKLIMATOLOGISKE FAKTORER	33
5 SPESIELT UTSATTE KLIMAMILJØER LANGS VEGENE	37
5.1 SKYGGEOMRÅDER	37
5.1.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i skyggeområder.....	38
5.2 SKOGSOMRÅDE.....	38
5.2.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i skogsområder.....	38
5.3 KALDLUFTSOMRÅDER	38
5.3.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i kaldluftsområder	39
5.4 FJELLOMRÅDER OG HØYDEDRAG.....	39
5.4.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i fjellområder og høydedrag.....	40
5.5 SJØ- OG HAVSOMRÅDER / NÆRHET TIL VÅTMARKER	40
5.5.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i sjø- og havsområder eller nærhet til våtmarker.....	40
5.6 BYOMRÅDER	40
5.6.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i byområder.....	41
5.7 BROER	41
5.7.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i forbindelse med broer	42
5.8 VINDUTSATTE MILJØER	42

5.8.1. <i>Anbefalinger for plassering av klimastasjoner i vindutsatte områder</i>	42
6 SAMMENDRAG AV ANBEFALINGER	43
6.1 Plassering av klimastasjoner	43
6.2 Vedlikehold	44

1 INNLEDNING

Bruk av klimastasjoner gir mulighet til en mer effektiv overvåking av vær- og føreforhold. Ved riktig bruk av informasjonen fra klimastasjonene kan man få informasjon om lokale variasjoner, noe som gir bedre varsel for om det er fare for glatt vegbane. Klimastasjonene kan også gi informasjon om nedbør eller om det er sannsynlig at man må ut og brøyte på grunn av snøfokk. Tanken bak bruk av klimastasjoner er at de skal gi så tidlig indikasjon som mulig på om det er nødvendig med tiltak på vegen. For at dette skal være mulig er det viktig at stasjonene er plassert på beste måte med hensyn til lokal- og mikroklimatologisk miljø, og at det riktige utstyret blir benyttet.

I 1987 fantes det 9 klimastasjoner i Norge, men det var først på 90-tallet at utbyggingen av klimastasjonsnettet skjøt fart og antallet var i 2000 oppe i 180. Per 2005 finnes cirka 230 stasjoner og det kommer stadig nye. Mange av de første stasjonene ble plassert i områder hvor det ble saltet for å komme ut i riktig tid og gjøre de rette tiltakene. Etter hvert har man også oppdaget nytten i områder hvor andre typer tiltak er av større betydning, slik som brøyting på grunn av nedbør eller snøfokk.

Etter hvert har også stasjoner blitt plassert ut i områder med fare for snøskred. Andre kriterier gjelder for stasjoner som skal gi optimal nytte i snøskredvarslingen enn det vi har langs veiene. Denne rapporten fokuserer på stasjoner som plasseres langs vegene med tanke på den daglige vinterdriften.

Det har fra begynnelsen av vært opp til hvert enkelt fylke å avgjøre om de skulle ha klimastasjoner, hvilken type og hvor disse skulle plasseres. Det er flere leverandører av klimastasjoner, og de forskjellige leverandørene har gitt forskjellige anbefalinger om hvordan stasjonene og sensorene skulle plasseres. Av og til har også andre lokale faktorer blitt tatt hensyn til slik at klimastasjonene ikke alltid er plassert slik at informasjonen fra disse er optimal. Denne håndboken gir retningslinjer om hvordan man skal gå frem i utvelgelsen av steder for plassering av klimastasjoner, samt hvordan sensorene skal monteres på disse. Det er viktig at alle stasjonene og sensorene blir plassert og montert etter disse retningslinjene for å kunne gi optimale målinger og sammenliknbare data.

2 KLIMASTASJONER OG SENSORER

2.1 Bakgrunn for plassering

Når et system for klimadata etableres er det viktig å plassere stasjonene slik at de på riktig måte måler de parametere som ønskes. Ved å utføre klimakartlegging (se kapittel 2.2) langs vegstrekninger kan kritiske punkter (punkter hvor det er stor fare for tidlig is- eller rimdannelse på vegen) identifiseres. Risikoen for at det skal bli glatt på vegen avhenger av flere parametere, f.eks. vegkroppens oppbygging, topografi, luftfuktighet, og hvilken klimasone vegen befinner seg i.

I et overvåkningssystem for føreforholdene bør klimastasjonene representere områder langs vegen med økt risiko for glatt vegbane, slik at man tidlig kan få varsel og nødvendige tiltak settes i verk. Det er derfor ofte utsatte områder, eller såkalte kritiske punkter, som er best dekket med klimastasjoner. Det er også viktig med klimastasjoner som registrerer nedbørsvariasjoner, og at nøytrale områder er representert for å ivareta de mer generelle værforholdene.

For å få pålitelige og sammenlignbare data er det viktig med god kunnskap om plassering av klimastasjonene, samt å ha en ensartet plassering av sensorene på master eller i vegbanen. De ulike parametrene må derfor registreres på samme måte på samtlige klimastasjoner. Montering mot vegger eller liknende hindrer fri sirkulasjon rundt sensorene pluss at temperaturen til et hus påvirker temperaturen inntil husveggen, dermed endres forutsetningene og registreringene gir ikke informasjon om forholdene ved vegen (figur 1).



Figur 1. Eksempel på god (A) og dårlig (B) montering av sensorer.

Det er viktig at klimastasjonen representerer det lokalklima den er ment å måle. Store klimavariasjoner kan forekomme over korte avstander, og feil plassering av stasjonen kan forårsake at ønsket informasjon ikke blir tilgjengelig. En klimastasjon som skal representere lokalklimaet på en bro plasseres på broen, og ikke ved siden av denne som vist i figur 2. Viser det seg vanskelig å plassere stasjonene ute på selve broen bør det plasseres en fjernsensor for vegbanetemperaturen ute på broen, noe som kan gjøres opptil 300 meter fra selve stasjonen. Fjernsenser er altså en mulighet når stasjonen ikke kan plasseres på det stedet som er av størst interesse.



Figur 2. Eksempel på klimastasjon ved enden av en bro. Stasjonen styrer skiltet som angir vindhastighet.

Figur 3 viser en godt plassert klimastasjon som representerer et sjønært lokalklima.



Figur 3. Bra plassering av klimastasjon i et sjønært klima.

For å få riktige måleverdier kreves det kontinuerlig service og vedlikehold av klimastasjonene og sensorene på disse. Kalibrering må utføres med bestemte intervall og defekte deler må byttes ut. Det er også viktig å fjerne vegetasjon som kan påvirke forholdene ved klimastasjonen. Energibalansen¹ ved klimastasjonen i figur 4 er, på grunn av den tette vegetasjonen, annerledes enn ved vegen. Stasjonen representerer derfor ikke forholdene ved vegbanen. En stasjon skal plasseres så fritt fra forstyrrende objekter som mulig (se kapittel 4).



Figur 4. Klimastasjon der det ikke er foretatt nødvendig rydding av kratt og busker.

2.2 Klimakartlegging

Kartlegging utføres ved at man monterer en Infrarød- (IR-) termometer på en eller flere biler og registreringer av temperaturen blir foretatt over hele eller deler av vegnettet. Registreringene foretas under ulike værforhold, og dette gir temperaturmønsteret langs vegen under en gitt værforhold. Ved klimakartlegging måles typisk vegbanetemperaturen, lufttemperaturen i 0,3 m og i 2 m høyde, samt luftfuktighet 2 m over vegbanen. De ulike parametrene registreres med et bestemt intervall, f.eks. hver 50. meter. Vindhastighet og værforhold noteres for hver måleserie. Metode for klimakartlegging kan varieres noe avhengig av hvilket firma som utfører arbeidet.

¹ Energibalansen påvirkes av forholdet mellom innkommende og utgående stråling – både varmestråling fra jorden og solstråling, samt hvordan luften transporteres eller blandes med omkringliggende luft.

Dette temperaturmønsteret kan så analyseres og sees i sammenheng med topografiske faktorer, noe som gir kunnskap om risikoen for glatt vegbane langs vegen og forteller oss hvor vi kan finne de kritiske punktene. Klimakartlegging langs vegene gir således viktig kunnskap om områder hvor det er stor risiko for å få tidlig tilfrysing og glatt vegbane.

Kartlegging av vegene må gjøres i vinterhalvåret for å kunne vurdere hvilken innvirkning den lokale topografien har på vegbanen om vinteren. I sommerhalvåret er solhøyden for stor og intensiteten på den innkomne strålingen så stor at skyggeeffekter som påvirker vegbanen kan henge igjen gjennom hele natten.

Ved plassering av klimastasjoner benyttes i første omgang resultater fra klimakartleggingen sammen med lokalkunnskap. I flere tilfeller tas det også hensyn til tilgang på strøm, telefon og eventuelle andre praktiske forhold, noe som ikke alltid gir de beste forutsetninger for at målingene blir optimale. Det er viktig å kjenne til hvilke kriterier som ble lagt til grunn for utvelgelse av stasjonsplassering.

2.3 Stasjonstyper

Det finnes flere leverandører av klimastasjoner, og figur 5 viser bilder av to ulike klimastasjoner som finnes i Norge i dag. De vanligste parameterene som måles ved en klimastasjonene er

- Nedbør
- Vegbanetemperatur
- Lufttemperatur
- Luftfuktighet

Stasjoner i åpent terreng kan også måle vindhastighet og -retning. Noen stasjoner er i tillegg utrustet med strålingssensorer, temperatursensorer under vegoverflaten (dybdetemperatur) samt sensorer for måling av restsalt og frysepunkt. Det finnes også sensorer som gir informasjon om vegbanens tilstand, dvs. om den er våt eller tørr, og om den er dekket med snø eller is. Noen stasjoner har kamera slik at man får et visuelt bilde av forholdene på vegen, og på noen klimastasjoner kombineres klima- og trafikkmålinger.



Figur 5. Bilder av en Scan-Matic stasjon (til venstre) og en Aanderaa stasjon (til høyre). Pilen på Aanderaa stasjonen viser den typiske sensorplasseringen for denne stasjonstypen. Pilen på Scan-Matic stasjonen viser lufttemperatursensorenes plassering. Kapittel 3 beskriver anbefalt plassering av sensorer.

Noen av stasjonstypene for registrering av vær- og føreforhold som brukes i Norge er Scan-Matic (SM 4494, SM 5042), Datainstrument (DR410, DR510), og Vaisala ROSA Road Weather Station. Noen regioner har også kamerabilder av vegbanen kombinert med et utvalg klimaparametere (BiTaD-systemet).

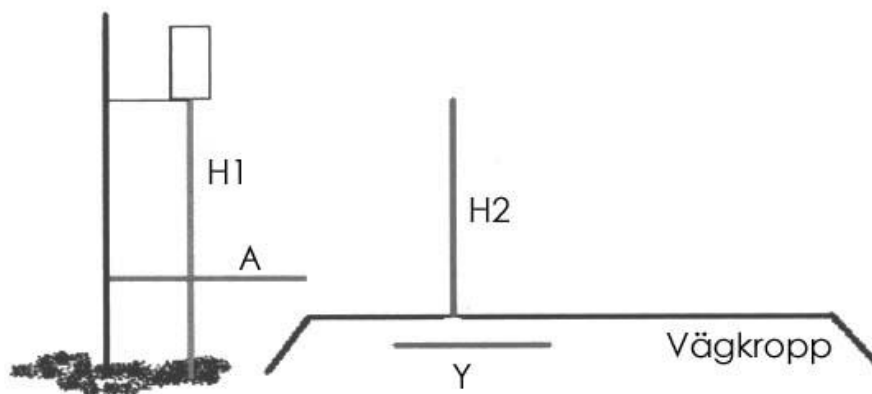
Stasjons- type	Lufttemp (°C)	Vegbane- temp (°C)	Nedbør	Luft- fukt ighet (% RH)	Vind- retning (°)	Vind- hast ighet (m/s)
Vaisala ROSA	Vaisala HMP45A	Vaisala DRS511	Vaisala DRD11A	Vaisala HMP45D	Vaisala WAV151 /WAS425	Vaisala WAA151 / WAS425
Datainstr. DR410	Aanderaa 3455	Aanderaa 3565	Aanderaa 3288	Aanderaa 3445	Aanderaa 3590	Aanderaa 2740
Aanderaa RWS4030	Aanderaa 3455	Aanderaa 3565/3304	Aanderaa 3864	Aanderaa 3445	Aanderaa 3590	Aanderaa 2740
Scan- Matic SM4494	Vaisala HMP45A	Aanderaa 3304	Telub OpticEye	Vaisala HMP45D	Vaisala WAV151	Vaisala WAA 151
BiTaD (Axicon)	Vaisala HMP45A	Aanderaa 3304	—	Vaisala HMP45D	—	—

Tabell 1. Noen ulike stasjonstyper og vanlige sensorer tilknyttet disse.

Flere stasjoner er også utrustet med Aanderaas nettostrålingssensor 2811. Valg av sensortyper kan avvike noe fra det tabell 1 viser. Nye eller oppdaterte versjoner av sensorene dukker opp, og sensorer som måler andre parametere finnes også på markedet.

3 MÅLING AV METEOROLOGISKE PARAMETERE

Det er viktig at de meteorologiske parametrene måles på samme måte på samtlige klimastasjoner. F.eks. må sensoren for lufttemperatur monteres i en ensartet høyde over vegbanen og sensor for vegbanetemperatur skal monteres i vegbanen på en sammenlignbar måte ved samtlige stasjoner, se figur 6. H1 svarer til høyden sensoren er montert i forhold til bakken der stasjonene står, mens H2 svarer til høyden over vegbanen. H1 varierer fra sted til sted, men H2 skal alltid være 2 meter for registrering av lufttemperatur. A, som er avstanden fra klimastasjonen til asfaltkanten, skal være så liten som mulig, dvs. at stasjonen skal stå så nære vegen som praktisk mulig, men allikevel så langt unna at den ikke ødelegges av snøsprut fra brøytebilene. Y svarer til vegbanetempersensorens plassering i vegbanen, og beskrives nærmere i kapittel 3.1.3.



Figur 6. Prinsippskisse for plassering av sensorer ved en klimastasjon.

3.1 Temperaturmåling

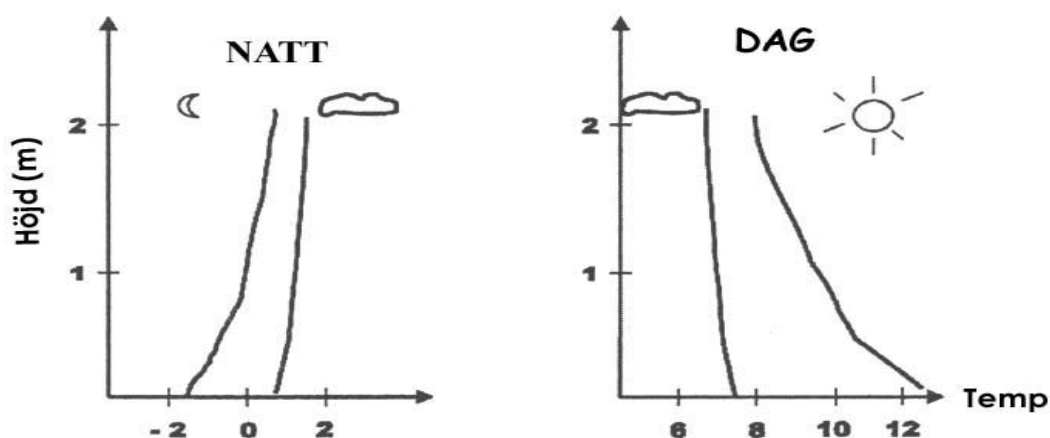
De temperaturparametrene som har størst betydning innenfor vegklimatologi er vegbane-, luft- og duggpunktstemperatur.

Vegbanetemperatur er det samme som vegbanens overflatetemperatur og er viktig å kjenne til for å kunne beregne vegens beskaffenhet ved ulike værforhold. Vegbanen har en viss treghet knyttet til temperaturendringer som skyldes vegkroppens evne til å lagre varme. Således kan vegbanetemperaturen avvike mye fra registrert lufttemperatur ved en gitt klimastasjon.

Lufttemperaturen måles bl.a. for å kunne beregne duggpunktstemperaturen. Lufttemperaturen reagerer betydelig raskere på endringer i det bakkenære luftsjiktet enn vegbanetemperaturen.

3.1.1 Faktorer som påvirker temperaturen

Temperaturen ved overflaten påvirkes bl.a. av mengde inn- og utstråling. Oppvarming gjennom innstråling under en klar dag og avkjøling gjennom utstråling en klar natt medfører at temperaturen endrer seg raskt med høyden i de nederste luftlagene (en kraftig bakkenær temperaturgradient). Denne temperaturforskjellen er størst om våren og høsten. På dagtid kan vegbanens overflate være flere grader varmere enn luftens temperatur ved et par meters høyde, og under klare netter kan en kraftig utstråling medføre at luften nær overflaten blir et par grader kaldere enn luften høyere opp (se figur 7). Denne forskjellen er størst under klare og vindstille værforhold. Overskyet vær medfører en dempning av temperaturvariasjonene gjennom døgnet. Ettersom temperaturen forandres raskt med høyden i det bakkenære luftsjiktet er det viktig å skille mellom vegbane- og lufttemperatur.



Figur 7. I de bakkenære luftsjiktene endres lufttemperaturen raskt med høyden. Merk at skymengden er av betydning for temperaturgradienten.

Temperaturmålinger er følsomme og påvirkes mye av omkringliggende faktorer. Vegbanens temperaturvariasjoner avhenger av flere temporale (tidsavhengige) og spatiale (romavhengige) parametere. De temporale parametrene er:

- Gjeldende værforhold – klare, rolige forhold skaper store temperaturvariasjoner, mens forhold med vind og tåke reduserer effekter av lokalklimaet.
- Tid på året – den mest kritiske perioden med tanke på fare for is- eller rimdannelse på vegen er overgangsperiodene på høsten (november) og om våren (februar-april).
- Tid på døgnet – det er kaldest rett før soloppgang.

De spatiale parametrene er blant annet:

- Høyde over havet - temperaturen avtar med høyden med ca 1 °C/100m. Høydedrag kan dermed tidlig utsettes for glatt vegbane sammenlignet med lavereliggende områder, og nedbøren kan falle som snø i høyden når det regner i lavlandet.
- Områdets topografi – ett kupert terreng kan forårsake kaldluftssjøer der temperaturen kan være betydelig lavere enn for omgivelsene.
- Nærhet til vann – store områder med åpent vann virker dempende på temperaturvariasjonene, så vel over døgnet som over året.
- Skygge – skjerming av vegbanen fra sol og vind medfører lavere inn- og utstråling og økt fare for glatt vegbane. Vegoverflaten varmes ikke opp like raskt som de områdene av vegen som ikke utsettes for skygge, noe som medfører at rimfrost kan dannes, eller bli liggende lengre utover dagen. Skjerming av vind medfører at våt vegbane bruker lengre tid på å tørke opp, og fuktigheten på vegbanen kan fryse dersom vegbanetemperaturen synker til under frysepunktet.
- By- eller landsbygd – byområder er ofte noen grader varmere enn den omkringliggende landsbygda, dette medfører at vegbanen i byen kan være bare for snø og is, mens det utenfor byområdene kan være snø- og/eller isdekke.
- Vegkroppens oppbygging – avgjørende for vegens evne til å lagre og lede varme. God varmelagring reduserer effekten av oppvarming og avkjøling ved vegoverflaten. Lufttemperaturen reagerer raskt på endringer som f.eks. kan skyldes av en svak økning i vindhastigheten eller at skydekket endres, men vegbanetemperaturen er mer jevn og variasjonene skjer ikke så raskt.

- Trafikkintensitet - en høyt trafikkert veg har på grunn av friksjonsvarme høyere vegbanetemperatur enn en mindre trafikkert veg under ellers samme forhold.

Andre faktorer det er viktige å ta hensyn til når det gjelder vegens temperaturvariasjoner er sky-view faktoren. Denne angir hvor mye stråling som kan stråle inn i forhold til hvor mye som kan stråle ut fra vegbanen. Sky-view faktoren avhenger av topografi, vegetasjon og bygninger samt andre faktorer som påvirker inn- og utstrålingen.

Broer, dreneringsrør under vegen og liknende påvirker temperaturmønsteret langs vegen. Disse konstruksjonene har ikke samme varmelagringskapasitet som en tradisjonell vegkropp; dermed avkjøles slike overflater raskere enn den øvrige vegbanen og risikoen for å få glatt vegbane øker. Effektene av dette merkes særlig godt ved rolig og kaldt vær. Duggpunktstemperaturen kan være høyere på en bro enn den øvrige vegen noe som kan medføre kraftig rimfrost på broen, dette skjer særlig i de tilfellene hvor broen går over åpent vann og det er god tilgang på fuktighet.

Forskjellige isoleringsmateriale i vegen fungerer på samme måte som en bro ved at varmelagringskapasiteten er lav. Det er derfor viktig å vite hvor i vegnettet det finnes eventuelle isoleringslagre.

3.1.2 Sensorer for temperaturmålinger

Vegbanetempersensoren måler temperaturen i vegbanen og dens verdi skal representere temperaturen i vegoverflaten ved det spesifikke måletilfellet. Det er viktig å påpeke at den registrerte verdien er en punktverdi som gjelder for en svært liten del av vegbanen. De sensorer som registrerer data ved klimastasjonene må kontinuerlig kontrolleres mot kjente verdier for å kunne garantere for målenøyaktigheten.

En sensor som skal registrere temperaturen i vegbanene må være konstruert slik at den ligger i flukt med vegbanen. Det er viktig at materialet i sensorene har samme farge som vegbanen for at temperaturen som måles skal bli så riktig som mulig.

I tabell 2 presenteres tekniske data over noen av de luft- og vegbanetemperatursensorer som benyttes ved klimastasjonene i Norge.

	Fabrikkat	Måleintervall	Oppløsning	Målenøyaktighet
Vegbane	Vaisala DRS50	-40 til +60 °C		
Vegbane Veg/Bro	Vaisala DRS511* DRS511B*	-40 til +60 °C		
Vegbane	Aanderaa 3565	-43 til +48 °C	0,1 °C	± 0,2 °C
Lufttemp	Vaisala HMP45A	-39,2 til + 60 °C		± 0,2 °C
Lufttemp	Aanderaa 3455	-43 til +48 °C	0,1 % av måleintervall	± 0,1 % av måleintervall
Lufttemp	Rotronic MP100A	-40 til +60 °C		± 0,3 °C

* måler også tykkelsen av vannfilmen på vegbanen

Tabell 2. Oversikt over vegbane- og lufttemperatursensorer samt teknisk data.

3.1.3 Plassering av temperatursensorer

For å oppnå god målenøyaktighet og tiltro til måledataene fra klimastasjonene er det svært viktig at sensorene plasseres riktig.

Vegbanetemperatur

- For måling av vegbanetemperaturen skal sensoren plasseres så nære vegoverflaten som mulig, og den må være i flukt med vegbanen uten å dekkes med asfalt. Sensoren skal plasseres mellom hjulspor og vegkanten, omkring 0,5 m fra kantlinjen – avhengig av vegens bredde (se figur 8). Dersom det finnes to sensorer plasseres den andre midt mellom hjulsporene. Dette anbefales for å få en så representativ måling som mulig samt for å oppnå en lang levetid på sensorene.



Figur 8. Vegbanetemperatursensoren monteres mellom hjulspor og vegkant.

- Samme type sensor kan brukes så vel til den ordinære overflatesensoren som til en evt. fjernsensor for vegbanetemperatur (f.eks. på en bro). Spesielle dybdesensorer (enten levert sammen med overflatesensoren eller separat) kan monteres som tillegg. Dybdesensorene kan plasseres i dybdene 5, 10 og 50 cm under vegoverflaten, men det er viktigste er å kjenne til hvilket dyp de ligger på.

Lufttemperatur

- Lufttemperatursensoren skal plasseres i høyden 2 m over vegbanen, se figur 6. I denne høyden unngås som oftest sensoren å bli dekket av snø, skadet av brøytetiltak, sprut fra trafikken og liknende forhold som kan påvirke målingene.
- For å måle riktig lufttemperatur er det viktig å beskytte termometeret med en tilpasset strålingsbeskyttelse. Denne beskytter også mot nedbør som ellers kan påvirke temperaturregistreringene. Det er ellers viktig at det er fri sirkulasjon av luften omkring temperatursensoren for å registrere representativ temperatur. Eksempelet i figur 9 viser en sensor som er plassert for nære elektronikkskapet, noe som hindrer fri sirkulasjon. Lufttemperatursensoren og sensorene for relativ fuktighet

monteres sammen på en arm cirka én meter fra skapet for å sikre fri sirkulasjon.



Figur 9. Et eksempel der sensoren for lufttemperatur er plassert for nærme elektronikkskapet.

3.1.4 Vedlikehold av luft- og vegbanetempertursensorer

- Sensorenes tilstand må kontrolleres regelmessig og defekte sensorer må byttes ut. Rengjøring må gjøres med minimum 2 måneders intervall, avhengig av trafikkmengde og andre faktorer som kan påvirke målingene.
- Strålingshetten rundt lufttempertursensoren må rengjøres for at skitt ikke skal hindre den frie luftstrømmen gjennom sensoren.
- Vegbanetempertursensoren rengjøres med teknisk sprit for å hindre at det danner seg hinner som påvirker målingene.
- Det er viktig at vegbanetempertursensoren ikke omgis av store ujevnheter der vann, snø og is kan samles og medføre feil i registreringen. Ved reasfaltering av vegbanen må vegbanetempertursensoren tas opp og plasseres på nytt, eller eventuelt byttes ut.
- Vegbanetemperaturen må kontrolleres minimum en gang i året med et håndholdt IR-termometer slik at defekte sensorer oppdages.

- Sensoren for lufttemperatur kalibreres i sertifisert laboratorium minst hvert 2. år.

3.2 Luftfuktighet

Eksempler på luftfuktighetssensorene som kan benyttes på klimastasjonene er beskrevet med tekniske data i tabell 3.

Fabrikkat	Måleområde (% RF)	Målenøyaktighet (%)	Oppløsning (% RF)	Temperaturområde (°C)
Vaisala HMP45D	5-100	± 2.5		-60 till +70
Aanderaa 3445	0-100	± 2	0,1	-40 till +50
Rotronic Mp100A	0-100	± 1,5		-40 till +60

Tabell 3. Teknisk data for ulike luftfuktighetssensorer.

En luftfuktighetssensor måler den relativ fuktigheten (RF), som er et mål på luftens metningsgrad med hensyn til vanndamp under gitte temperaturer. Den relative luftfuktigheten uttrykkes som forholdet mellom mengden vanndamp i en gitt luftpakke og den maksimale mengden vanndamp som kan finnes i luftpakken før den er mettet ved en gitt temperatur. RF avhenger av temperaturen, og en varm luftmasse inneholder mer vann, i masse, enn en kald luftmasse med samme RF.

RF angis i prosent. Ved 100 % RF er luften mettet mht vanndamp og det oppnås kondensasjon. Det vil da dannes dugg, tåke eller frost. Den temperaturen hvor kondensasjonen begynner heter duggpunktstemperaturen.

3.2.1 Plassering av luftfuktighetssensor

Luftfuktighetssensoren plasseres 2 m over vegoverflaten sammen med sensoren for lufttemperatur. Sensoren plasseres i strålingsbeskytter som forhindrer påvirkning fra solen. For beregning av duggpunktstemperaturen er det viktig at lufttemperaturen måles på samme sted som luftfuktigheten.

Opp til ca 0,4 m over bakken gjenspeiler RF prosesser ved vegoverflaten. Over 0,4 m er det omgivelsene som påvirker RF. Det betyr at den luftfuktigheten som måles ved en klimastasjon i stor grad er påvirket av omgivelsene.

3.2.2 Vedlikehold av luftfuktighetssensor

- Sensoren må minimum rengjøres hver 2. måned i likhet med temperatursensorene. Spesielt må hetten for strålingsbeskyttelse rengjøres slik at man opprettholder fri sirkulasjon i sensoren.
- Rengjøring/utskifting av filter og kalibrering må utføres regelmessig – minst hvert 2. år. Det gjøres samtidig med kalibreringen av sensoren for lufttemperatur.
- Kontroll av rust og belegg etc. gjøres minst en gang per sesong.

Det er viktig at sensorene som måler lufttemperatur og relativ fuktighet er plassert nær hverandre, og i samme høyde over vegbanen. Høyde på 2 meter er valgt for at drifting og vedlikeholdet av klimastasjonene skal være gjennomførbart, selv om det selvfølgelig hadde vært mer optimalt for å se på forholdene nede ved vegbanene.

3.3 Duggpunktstemperatur

Duggpunktstemperaturen viser til den temperaturen hvor luften er mettet med hensyn til fuktighet. Duggpunktstemperaturen måles ikke direkte, men beregnes ut fra lufttemperatur og den relative fuktighet.

Duggpunktstemperaturen har stor betydning for vegoverflatens tilstand ettersom dugg eller rim avsettes på vegbanen dersom vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen. Ved å sammenlikne vegbanetemperaturen med duggpunktstemperaturen er det mulig å si noe om faren for glatt vegbane.

Beregning av duggpunktstemperaturen (DuggT) *kan* gjøres etter følgende formel:

$$DuggT = 1,0 / ((1,0 / L1) - (\ln(RF) / 5866,0))$$

der L1 er lufttemperaturen i Kelvin og RF er den relative luftfuktighet. Siden lufttemperaturen og luftfuktigheten måles i 2 m høyde, gjelder også duggpunktstemperaturen i en høyde på 2 m.

Ettersom duggpunktstemperaturen beregnes ved hjelp av lufttemperaturen og luftfuktigheten skal plasseringen av disse to sensorene følge retningslinjene som er gitt. Med formelen over vil en feil i relativ fuktighet på 5 % forårsake en feil i duggpunktstemperaturen på 1 °C, noe som illustrerer hvor viktig det er med gode og korrekte registreringer av lufttemperatur og relativ fuktighet. Det kreves stor nøyaktighet i målingene av lufttemperatur og luftfuktighet for at duggpunktstemperaturen skal bli

korrekt – noe som betyr at vedlikehold og kalibrering av disse sensorene er svært viktig.

Det er ved flere anledninger stilt spørsmål om hvorfor man ikke registrerer RF i lavere nivåer for om mulig å relatere resultatet av duggpunktsberegningen bedre til forholdene nede ved vegbanen. Svaret på det er at ut fra definisjonen av duggpunktstemperatur og metoden som i dag benyttes med sammenlikning av duggpunkt og vegbanetemperatur for å avdekke duggdannelse, så vil ikke informasjonen være like nyttig og evt. måtte tolkes på en annen måte. Som tidligere nevnt vil det også av vedlikeholdshensyn være vanskelig å drifte lufttemperatur- og fuktighetssensorene dersom de plasseres for nære vegbanen.

3.4 Nettostråling

En sensor som måler nettostråling gir informasjon om endringer i stråling ved bakken. Slike strålingssensorer kan gi indikasjoner 1-2 timer i forkant dersom det er fare for glatt vegbane som følge av at skydekket sprekker opp og man får oppklarning. Alternativt gir den informasjon om når det skyer over og at eventuelt forventet nedbør er i anmarsj.

Fordelen med bruk av strålingssensor er at man får direkte informasjon om den aktuelle vær-situasjonen med tanke på skydekke/mengde skyer. Skymengden har avgjørende betydning for de temperaturmønstre som oppstår både i luften og på vegen.

Instrumentet som er mest brukt i Norge, Aanderaa 2811, består av en sensor som registrerer nettostrålingen direkte. Nettostrålingen innenfor ± 2000 W/m^2 måles med en nøyaktighet på ± 1 % og med en oppløsning på 4 W/m^2 .

3.4.1 Plassering av nettostrålingssensor

Sensoren for nettostråling plasseres slik at omgivelsene, øvrige instrumenter, elektronikkskap eller masten ikke påvirker den. For å unngå bl.a. sprut fra trafikken plasseres sensoren i 4 meters høyde, sammen med nedbørsensoren som beskrevet i kapittel 3.6.

3.4.2 Vedlikehold av sensor for nettostråling

Teflonkuppelen må holdes ren for å gi riktige verdier. Denne rengjøres forsiktig med såpevann og skylles godt minst hver andre måned, avhengig av miljøet sensoren er plassert i. Kuppelen må behandles med forsiktighet,

og det er viktig å ikke legge stort trykk på den. Dersom kuppelen har mange riper må sensorene sendes til overhaling, og kuppelen må skiftes.

3.5 Vindmåling

Ved klimastasjonene registreres vindhastigheten og vindretningen med hjelp av forskjellige typer av anemometer. I tabell 4 vises tekniske data over de vindmålere som brukes på klimastasjonene per i dag.

Fabrikat	Måleområde	Målenøyaktighet	Oppløsning	Målegrense
Vaisala WAS425	0 - 65 m/s 0-360°	$\pm 3\%$ / $\pm 0,135$ m/s $\pm 2^\circ$	1°	0,1 m/s
Vaisala WAA151	0,4 - 75 m/s	$\pm 0,5$ m/s		< 0,5 m/s
Vaisala WAV151	0 - 360°	$\pm 3^\circ$	5,6°	
Aanderaa 2740	0,2 - 79 m/s	$\pm 2\%$ / $\pm 0,2$ m/s		< 0,3 m/s
Aanderaa 3590	0 - 360°	$\pm 5^\circ$		< 0,3 m/s

Tabell 4. Tekniske data for anemometer.

Vindretningen angir hvilken retning vinden blåser fra, og måles medurs fra geografisk nord. Det betyr at det blåser fra vest når vindretning er 90°, og 270° svarer til at vinden blåser fra øst. Siden friksjonen avtar raskt med høyden over bakken, øker vindhastigheten raskt med høyden i de bakkenære luftlagene. Litt høyere oppe øker vindhastigheten også med høyden, men ikke så raskt som nede ved bakken. Det er derfor viktig med en standardhøyde for vindmålinger, og for klimastasjonene anbefales 10 m som er den høyden Meteorologisk institutt bruker ved sine værstasjoner. I denne høyden vil ikke vindmålingene forstyrres av forbigående trafikk, og forstyrrelse fra terrenget og vegetasjonene rundt stasjonene blir redusert.

Vindretningen og vindhastigheten kan påvirkes av hinder og bygninger, og slike hindringer bør derfor unngås i forbindelse med utplassering av vindsensorer. Dersom hinder som f.eks. trær finnes i nærheten, bør avstanden mellom vindmåleren og hinderet være minst 10 ganger lengre enn høyden på hinderet. I følge standarden som Meteorologisk institutt benytter i sine plasseringer av vindsensorer, skal sensoren for vindretning plasseres med minst 10 m åpent landskap omkring. Ved klimastasjonene kan ikke

denne standarden følges bestandig siden det er det spesifikke stedets forhold som er av betydning, og ikke den storskala vær-situasjonen. Ved stasjoner som representerer skyggeområder eller skogsområder, se avsnitt 5.1 og 5.2, er det ikke alltid hensiktsmessig å måle vindhastighet og retning.

3.5.1 Plassering av vindsensor

- Vindsensoren skal plasseres fritt eksponert. Den plasseres i høyden 10 meter over bakken. En utstikkende arm skal brukes dersom vindsensoren monteres på en kameramast.
- Ved montering av vindretningsfane er det svært viktig at nordpilen plasseres mot nord og ikke mot sør, ellers vil dataene vise 180° feil.

3.5.2 Vedlikehold av vindsensorer

- For å oppnå korrekte måleverdier er det viktig med balansering av sensoren, og friksjons- og lagerkontroll utføres minst en gang per sesong.
- Det er viktig å følge med på om vegetasjonen rundt klimastasjonen vokser igjen, eller at miljøet rundt stasjonene på andre måter endres, som for eksempel at skog vokser opp eller nye bygninger blir satt opp.

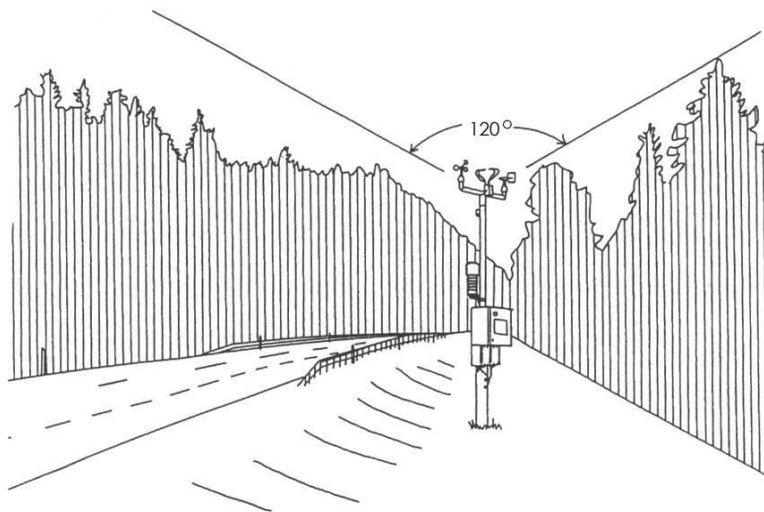
3.6 Nedbørsmåling

I tabell 5 presenteres tekniske data over de vanligste nedbørssensorer som benyttes ved klimastasjonene i dag. Nedbørsmålinger skjer i de fleste tilfeller ved bruk av optiske nedbørssensorer, men det finnes også ikke-optiske sensorer. En av fordelene med optiske nedbørssensorer er at noen typer målefeil som kan oppstå med konvensjonelle nedbørssensorer unngås, som f.eks. fordampning.

Fabrikkat	Måler	Målenøyaktighet	
Telub Optic Eye	Mengde og type	± 25 % (akkumulert nedbør)	
Vaisala PWD11	Mengde og type	± 30 % (akkumulert nedbør)	følsomhet: 0,10 mm/h
Vaisala DRD 11A	Ja / Nei - måler	proporsjonal med intensiteten	
Geonor T200	Mengde		

Tabell 5. Teknisk data for nedbørssensorer.

For at en nedbørssensor skal gi en representativ måleverdi er det viktig at den plasseres i et åpent landskap. Målingen må ikke forstyrres av trær, topografi eller andre objekter. Det anbefales at sensoren skal være fritt eksponert rundt en sektor på 60° omkring sensoren. Åpningsvinkelen ved nedbørsmåleren må være 120° for at den skal anses å være fritt eksponert (figur 10).



Figur 10. Prinsippskisse for hvordan en nedbørsensor bør eksponeres.

Ofte er tiltak som fjerning av vegetasjon tilstrekkelig for å oppnå fri eksponering. Trær, bygninger eller andre objekter med en høyde h får ikke stå nærmere sensoren enn $2 \times h$, og helst bør avstanden være minst $4 \times h$ som tilsvarer ca 120° fri eksponering (se figur 10). Godt eksponerte nedbørssensorer bør også gjenspeile nedbørsvariasjonene på en representativ måte.

Den viktigste feilkilden ved nedbørsmålinger er påvirkningen av vind. Påvirkning av vind medfører en underestimering av nedbørsmengde og ved vindhastigheter over 5 m/s er denne underestimeringen betydelig. Målefeilen er særlig stor ved lette regnskurer og ved måling av snømengde. Årsaken til målefeilen er turbulens og virveldannelse.

På tross av vindpåvirkning på nedbørsmålinger må nedbørsensoren plasseres i en viss høyde over bakken. Dette for å unngå andre forstyrrelser som kan gi målefeil. Dette kan f.eks. være drivsnø, mulighet for at sensoren dekkes av snø, sprut fra trafikken eller nysgjerrige dyr.

3.6.1 Plassering av nedbørsensor

- Eksponering av nedbørssensoren med 120° åpningsvinkel ønskes, se fig. 10. Dersom et hinder er i nærheten plasseres sensoren i en avstand på $2 \times$ høyden av hinderet, om mulig på en avstand som er $4 \times$ høyden av hinderet.
- Sensoren plasseres slik at direkte solinnstråling i mottagerne unngås.

- Nedbørsensoren plasseres i høyden 4 m over vegbanen. Dersom man også har sensor for nettostråling kan disse plasseres på samme utstikkende arm fra masta.

3.6.2 Vedlikehold av nedbørsensorer

For de optiske nedbørsensorene, Vaisala PWD11- og Optic Eye, må belegg på IR-diodenes linser rengjøres minst annen hver måned. Er sensorene plassert ved høyt trafikkerte veger bør rengjøringen gjøres oftere, dette gjelder særlig ved veger hvor salt benyttes.

4 PLASSERING AV KLIMASTASJONER LANGS VEGEN

Ved optimal anvendelse av klimastasjoner er det mulig å drive effektiv føreovervåkning. For å forstå og utnytte informasjonen fra klimastasjonene er det blant annet viktig å kjenne til hvilke lokalklimatologiske miljøer stasjonene er plassert i.

En av hensiktene med klimastasjoner er å få en så tidlig indikasjon som mulig på når det er fare for glatt vegbane. Til denne bruken må klimastasjonene plasseres slik at dette oppnås. Hvor stasjonene skal stå avgjøres best dersom man innleder med en oversiktlig kartlegging av vegnettet og så gjør en mer detaljert analyse av klimakartlegginger langs vegene i det aktuelle området (klimakartlegging er beskrevet i kapittel 2.2).

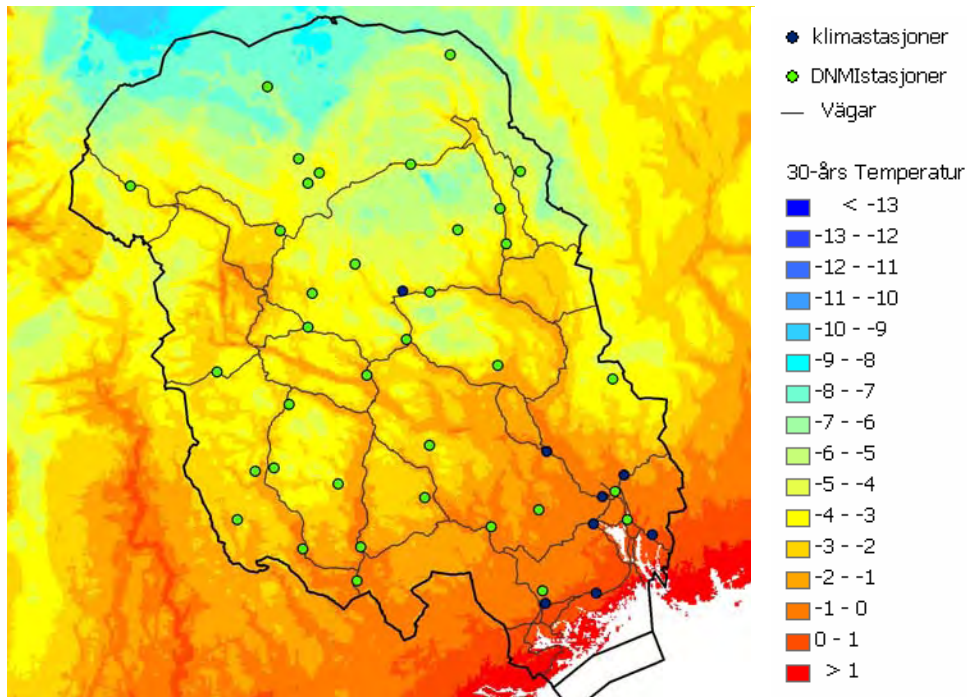
Sidene ulike værforhold gir opphav til ulike måter for dannelse av glatt vegbane, plasseres klimastasjonene i ulike risikomiljøer, som for eksempel skyggeområder, på broer, i høydeområder eller nært åpent vann. For at systemet med klimastasjoner skal fungere optimalt må stasjonene og deres sensorer være riktig plassert og montert, slik at de virkelig representerer det lokal- og mikroklimatologiske området som ønskes.

Informasjonen fra klimastasjoner er også viktig i områder hvor man står overfor andre utfordringer enn glatt vegbane. I områder hvor det er strategi vinterveg benyttes ikke salt, men tiltak gjøres hovedsakelig i form av brøyting, både som følge av nedbør og som følge av snøfokk. Klimastasjoner kan også plasseres ut med tanke på varsling av fare for snøskred, men da er det andre kriterier som må legges til grunn enn forholdene helt nede ved vegen, som kjennskap til vind, nedbør, snødybde og temperatur oppe i fjellssidene (løsneområder). Stasjonsplassering med hensyn til snøskredovervåking er ikke beskrevet i denne håndboken, men plassering av klimastasjoner med ulike formål må koordineres for å oppnå maksimal nytte av stasjonene.

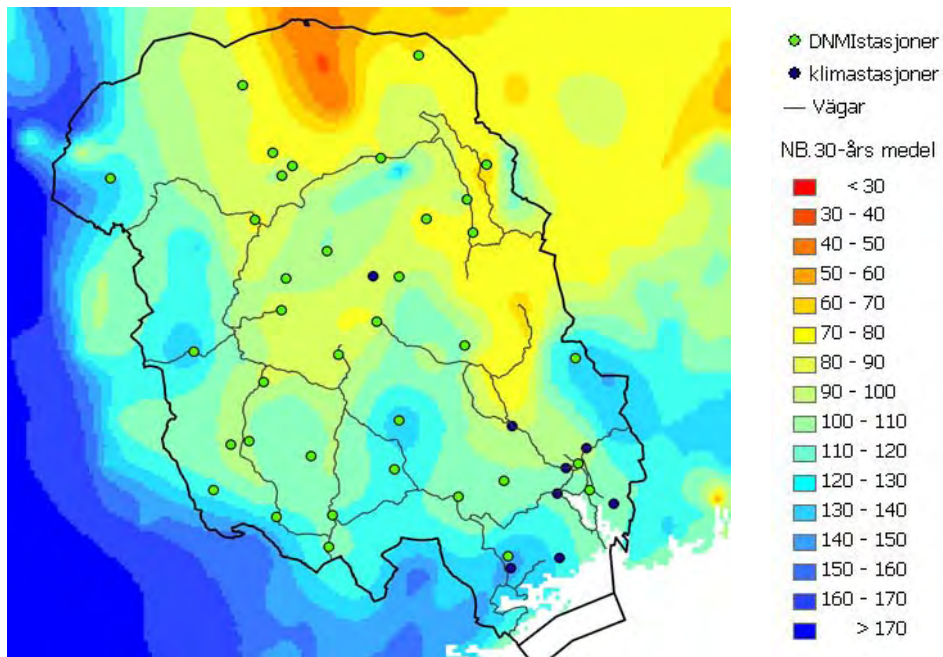
4.1 Regionalklimatologiske faktorer

Regionalklimaet gjenspeiler vanligvis klimaet innenfor en større region, for eksempel et fylke, og har en utstrekning på noen hundretalls kilometer. Regionalklimaet gjenspeiler en mer storskala fordeling av temperatur, nedbør og vind over et gitt område. Det regionale klimaet styres i første rekke av frekvensen av ulike vær-situasjoner gjennom året og månedene. Landskapets utforming, for eksempel fjellområder, og fordelingen mellom land og hav påvirker regionalklimaet.

Regionalklimatologiske faktorer bør det tas hensyn til så tidlig som mulig i oppbyggingen av et stasjonsnett for klimastasjoner. Ved å analysere den regionale temperatur- og nedbørsfordelingen (se figur 11 og 12) kan man få et bilde av hvilke områder hvor det er stor risiko for å få glatt vegbane (temperaturer omkring 0 °C) eller hvilke områder det ser ut til å være store nedbørsmengder i form av snø. Ved å gjøre regional analyse av den nåværende stasjonsplasseringen i forhold til nedbør- og temperaturdata kan man finne ut om alle regionalklimatologiske områder er representert med minst en klimastasjon.



Figur 11. Temperaturfordeling i Telemark for november, basert på 30 års middel.

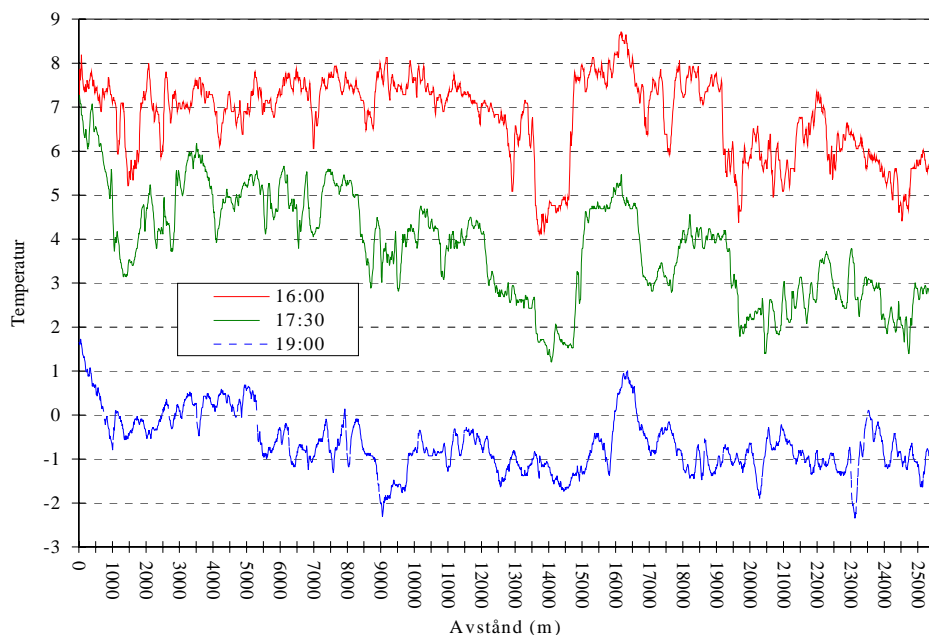


Figur 12. Nedbørsfordeling i Telemark for november, basert på 30 års middel..

4.2 Lokalklimatologiske faktorer

Lokalklimaet gjenspeiler klimaet i et område med horisontal utstrekning fra 100 m til 10 km. Eksempler på lokalklimatologiske miljøer er dalfører, kystsoner og skogsområder. Lokalklimaet påvirkes i første rekke av gjeldene vær og tidspunkt på døgnet, men også faktorer som topografi, landbruk, vegetasjon og nærhet til vann har stor betydning.

Forskjellig vegetasjon har ulik strålingsbalanse, noe som særlig gir variasjoner i temperaturen. Avhengig av vegetasjonen kan temperaturen variere med flere grader over korte strekninger. For eksempel kan temperaturen i en fordypning være flere grader lavere enn inntilliggende terreng. Figur 13 viser resultatet av en klimakartlegging langs en vegstrekning ved tre ulike tilfeller (samme dag, men forskjellige tidspunkt). Variasjonene langs strekningen viser topografiens og vegetasjonenes påvirkning, dvs. lokalklimaets innvirkning på temperaturen. Variasjonen mellom de ulike tilfellene avhenger av variasjoner i værforholdene og tid på døgnet.



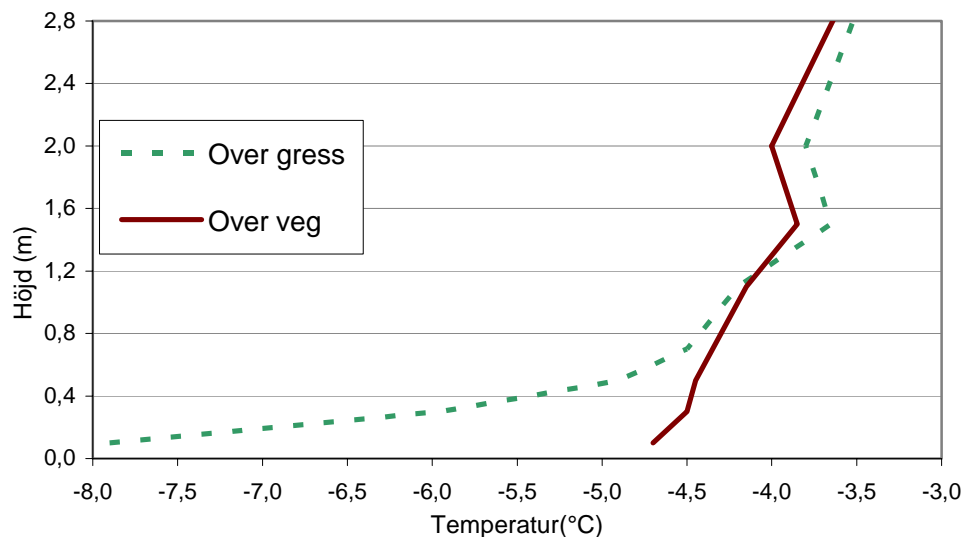
Figur 13. Klimakartlegging langs en vegstrekning under tre ulike tilfeller.

Ved å studere eksisterende stasjonsmiljøer og bedømme deres plassering kan man finne ut hvilke klimasoner eller klimatologiske miljøer som er representert i dagens stasjonsnett. Man kan så finne ut hvilke miljøer som mangler klimastasjon(er) for å få et fullt utbygd stasjonsnett. I kapittel 5 går vi nærmere inn på de ulike klimasonene eller miljøene som bør være

representert av minst en klimastasjon innenfor et begrenset geografisk område som for eksempel et fylke.

4.3 Mikroklimatologiske faktorer

Mikroklimaet gjenspeiler klimaet innenfor et område med en utstrekning på noen få meter opp til noen titalls meter. Mikroklimaet kan for eksempel beskrive klimaet helt inntil en vegoverflate og hvordan klimaet varierer vertikalt over vegoverflaten, se figur 14. Det kan være store temperaturforskjeller mellom nærliggende mikroklimamiljøer, opptil titalls grader. Varigheten til mikroklimatologiske hendelser er ofte kort, fra få minutter opp til noen timer.



Figur 14. Temperaturprofil den 5. mars ved klimastasjonene Surte (Sverige). Profilene illustrerer hvordan temperaturen i de bakkenære luftsiktene påvirkes forskjellig avhengig av underlaget og høyde over bakken.

På en utvalgt vegstrekning er det viktig at stasjonsplasseringen skjer slik at den virkelig registrerer det lokalklimaet som søkes målt. Ut fra mikroklimatologiske synspunkt er det videre svært viktig hvordan sensorene plasseres og monteres på eller ved klimastasjonen. Sensorene må plasseres etter en gitt standard, som beskrevet i denne håndboken, ettersom uheldig plassering og eksponering kan medføre store feil i målenøyaktigheten og redusere påliteligheten av måledataene.

Feltbesøk på utplasserte klimastasjoner for å avgjøre lokal- og mikroklimatologisk miljø bør gjøres jevnlig. Da kan det avgjøres hvor godt stasjonene fyller den funksjonen den er ment for. Det er viktig med

oppfølging av steder der det er plassert klimastasjoner fordi temperatur- og nedbørsmålinger er svært følsomme. Det er derfor viktig at man ved klimastasjonen kjenner til såkalte metadata, dvs. informasjon om omgivelsene og forholdene ved stasjonene og at dette er kjent for de som skal bruke data fra stasjonene.

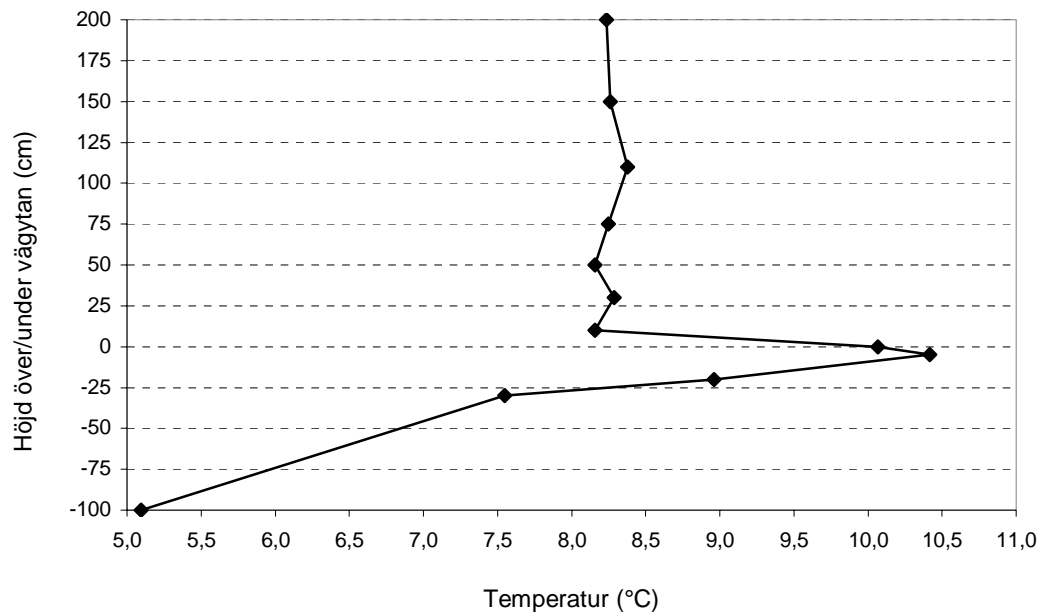
Målehøyden for lufttemperatur er svært avgjørende fordi høyden over bakken avgjør hvilke prosesser som påvirker lufttemperaturen. I de bakkenære luftlagene påvirkes varme- og fuktighetstransporten mye av de forholdene som gjelder på vegbanen. Litt høyere opp, ved anbefalt høyde for lufttemperaturmålinger, bidrar adveksjon og turbulens til at temperaturen i mindre grad påvirkes av forholdene ved vegbanen.

I de bakkenære luftsjiktene forekommer store temperaturvariasjoner i vertikalretningen. Det er derfor viktig at temperaturen virkelig plasseres i 2 meters høyde over vegbanen (se figur 6). Høydeforskjeller kan gi betydelige målefeil av dataene. I figur 14 vises to temperaturprofiler der sensorene er plassert i ulike høyder. Et profil gjelder over en asfaltflate, mens et gjelder over en gressflate – begge flatene ligger nære vegen. Det vises store vertikale variasjoner i temperaturprofilen over disse to flatene.

Temperaturprofilene viser også at store temperaturvariasjoner kan oppstå mellom luft over en gressflate og luft over en asfaltflate.

Temperaturforskjellene er særlig stor i de nederste luftsjiktene. I en høyde på 0,1 meter er temperaturforskjellen 3°C mellom måleseriene i figur 14. Plassering av sensoren i en høyde på 2 meter skal relateres til vegbanen og må ikke forveksles med høyden over bakken der klimastasjonene står plassert som kan være nede i en grøft eller på en liten haug (se figur 6).

Ved måling av temperaturen i vegbanen er det avgjørende hvor dypt ned i vegbanen sensoren er lagt. Plassering av vegbanesensor i ulike dybder resulterer i at store forskjeller i temperaturen registreres (se figur 15). Det kan skilles mer enn 5°C mellom temperaturen i overflaten og temperaturen 1 meter nede i vegbanen. Sensoren som skal registrere vegbanetemperaturen skal plasseres så nære vegoverflaten som mulig, og ikke dekkes av asfalt.



Figur 15. Temperaturvariasjoner med høyden over og dybden under vegoverflaten. Figuren illustrerer betydningen av hvilket dyp vegbanetemperatursensoren monteres i.

5 SPESIELT UTSATTE KLIMAMILJØER LANGS VEGENE

Det finnes flere forskjellige miljø som har en økt risiko for glatt vegbane. Eksempler kan være:

- Skyggeområder
- Skogsområder
- Kaldluftsområder
- Fjell og høydedrag
- Sjø- og havsområder/nærhet til våtmark
- Byområder
- Broer
- Vindeksponerte miljøer

5.1 Skyggeområder

Et skyggeområde beskriver et område som store deler av dagen skjermes for innkommende solstråling. Årsaken til skyggeområde kan være topografi, fjellskjæringer eller skog. Vegstrekninger med skyggeområder er ofte utsatte med tanke på dannelse av glatt vegbane fordi den reduserte solinnstrålingen medfører en mer begrenset varmeveksling med omgivelsene. Resultatet er at vegbanetemperaturen i områdene som ligger i skygge er betydelig lavere enn de solbelyste områdene.

Avhengig av tidspunktet vegbanen ligger i skygge vil vegen i skyggeområdene ha lavere morgen-, dag- og/eller kveldstemperatur. Skygge på vegstrekninger fra morgenen av gjør at det tar tid å varme opp vegbanen fra nattens lave temperaturer og det oppstår store temperaturforskjeller mellom skyggepartier og solbelyste områder. De vegpartier som får skygge på ettermiddagen avkjøles tidligere enn avgrensede solbelyste områder.

Effekten av et skyggeområde avgjøres av solinnstrålingens intensitet samt skyggeområdets tetthet, størrelse og avstand fra vegen. I vinterhalvåret kan selv lave objekter gi en lang skygge fordi solen står lavt over horisonten. Høst og vår er mest kritisk med hensyn til risiko for glatt vegbane. Dette

fordi temperaturredifferansen mellom solbelyste og skyggeområder da er størst, og temperaturene ofte svinger omkring 0 °C.

Skyggeområder medfører også en mer langsom opptørkning av vegbanen, og snø og is smelter saktere. På den kalde vegbanen som ligger i skygge kan dugg og rimfrost dannes lettere enn på de varmere solbelyste strekningene. Objekt som skygger for vegbanen kan også virke som en beskyttelse mot vind. Dette reduserer omblending av luftmassene nær vegen og forlenger tiden det tar før våt eller fuktig veg tørker opp.

5.1.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i skyggeområder

En klimastasjon som skal representere et skyggeområde må plasseres med hensyn til skyggeobjektets orientering og himmelretning i forhold til vegstrekningen. Sensoren bør være i skygge så mye som mulig gjennom dagen. For å registrere maksimal skyggeeffekt bør stasjonen plasseres på sørsiden av vegen hvis mulig. Nedbør og vind kan eventuelt måles med fjernsensor i et mer åpent område.

5.2 Skogsområde

Ettersom skog påvirker inn- og utstrålingen samt vindforholdene nede ved bakken, har skogsområder et annerledes klima nær vegoverflaten enn andre områder. Trær demper energiutvekslingen, noe som medfører redusert oppvarming på dagtid og redusert avkjøling om natten.

Temperaturvariasjonene gjennom døgnet svekkes derfor, og dessuten virker trær som hinder for vinden slik at vindhastigheten reduseres.

5.2.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i skogsområder

Tett skog nær vegen medfører ofte skyggeeffekter og da gjelder de samme forhold som for skyggeområder. For å kunne registrere de effektene skogen gir opphav til skal avstanden mellom skogkant og veg være relativt kort. Det er lite hensiktsmessig å ha nedbørsensor på en klimastasjon som står i et skogsområde dersom sensoren ikke er fritt eksponert for nedbøren.

5.3 Kaldluftsområder

Gjennom utstråling i løpet av klare og vindstille netter avkjøles bakken i åpent terreng kraftig. Den kalde bakken avkjøler så det nederste luftlaget, og siden kald luft er tyngre enn varm luft vil denne kalde luften nær bakken bevege seg etter terrenget til lavereliggende områder som for eksempel ned i dalfører. Der dannes det som kalles kaldluftsjøer. Den luften som transporteres bort fra høyden erstattes med varmere luft fra høyere i atmosfæren som så avkjøles av bakken og beveger seg mot lavereliggende

områder i terrenget. Jo kraftigere avkjølingen er jo mer kaldluft kan produseres.

Åpent terreng med svak helling er godt egnet for produksjon av kaldluft. Oppsamling av kaldluft i dalfører gir opphav til store temperaturforskjeller mellom lavtliggende områder omkringliggende høyere terreng. Hvor utsatt området er for vind er også en viktig faktor fordi kraftig vind bidrar til omrøring av luftmassene slik at oppsamling av kaldluft uteblir.

Oppsamling av kaldluft skjer i løpet av natten og brytes opp om morgenen når solstråling varmer opp bakken som igjen varmer opp luften over. Om vinteren når solen står lavt og kanskje ikke når helt ned i bunnen av dalførene, kan kaldluften bli liggende lenge, noen ganger i flere døgn.

Kaldluftsområder er viktige å kjenne til spesielt i forbindelse med dannelse av tåke nær åpent vann som øker sannsynligheten for rimdannelse og dermed plutselig glatte veier. Veier i slike områder vil oppleve først at det fryser til dersom det kommer nedbør, og man skal være spesielt oppmerksom ved underkjølt regn og regn som fryser på bakken.

5.3.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i kaldluftsområder

En klimastasjon som skal representere et kaldluftsområde må plasseres i terrengets laveste punkt, og ikke for eksempel oppe i sidene av dalføret. Dersom det er mulig plasseres stasjonene i nærheten av en åpen plass der utstrålingen er stor, og i beskyttelse av skog for å redusere vindhastigheten. I slike miljøer er det gode forutsetninger for måling av vind og nedbør.

5.4 Fjellområder og høydedrag

Gjeldende værforhold påvirkes av hvordan temperaturen avtar med høyden over bakken. Generelt avtar temperaturen med 0.5-1.0°C/100m hvilket betyr at fjellområder og høydedrag ofte har lavere temperatur enn omkringliggende lavere terrengpartier. Ved 75-90 m over en gjeldende referanseflate kan høydeeffekten observeres ved at nedbør kan falle som snø i stedet for regn. Ved orografisk heving av luften, dvs. luften stiger pga. et topografisk hinder, er også nedbørsmengdene større i høydeområdene enn i lavereliggende områder. Høydeområdets påvirkning på temperaturen er best synlig ved overskyet vær med noe vind fordi andre effekter av lokalklimaet (for eksempel skyggeområder og kaldluftsjøer) da reduseres. Generelt øker også vindhastigheten over høydeområder og dermed utjevnes også temperaturvariasjonen over døgnet.

5.4.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i fjellområder og høydedrag

Klimastasjoner i fjellområder og høydedrag kan gi tidlig varsel om fare for glatt vegbane, hovedsakelig ved overskyet vær med vind siden det er under disse værforholdene temperaturen generelt avtar med høyden. For at stasjonene skal representere høydedraget langs en veg skal stasjonen plasseres ved vegstrekingens høyeste punkt.

5.5 Sjø- og havsområder / nærhet til våtmarker

Klimaet langs veger som ligger nære større vann påvirkes av disse vannmassene. Klimaet nær hav, sjøer, elver og større våtmarker kjennetegnes ofte av høy luftfuktighet. Dette medfører økt risiko for tåkedannelse og utfelling av fukt/rim på vegbanen. I tilknytning til store vannmasser og hav utvikles også ofte høye vindhastigheter.

Vannmassene har en dempende effekt på temperaturvariasjonene både over døgnet og over året. Dette skyldes vannets termiske treghet som betyr mindre avkjøling om natten og mindre oppvarming om dagen sammenliknet med variasjonene man finner i bakken eller vegbanen. Om høsten, frem til det har lagt seg is på vannet, demper hav eller større sjøer avkjølingen av nærliggende landområder. Om våren virker vannmassen dempende på oppvarmingen.

5.5.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i sjø- og havsområder eller nærhet til våtmarker

En klimastasjon plassert i et kystområde skal ha åpen sikt mot havet. Den skal allikevel ikke plasseres for nære for eksempel en klippekant da turbulensen er høyere der. Turbulens påvirker både vind-, nedbør- og temperaturmålinger. Vind- og nedbørmålinger bør gjøres på kystnære stasjoner, men sjøsprut må unngås.

5.6 Byområder

Klimaet i en by avviker betydelig fra klimaet på den omkringliggende landsbygda. Årsaken til dette skyldes i hovedsak byens egenskaper med høy tetthet av bygninger, bygningsmaterialer og en høyere konsentrasjon av partikler i luften. Alle disse faktorene påvirker energibalansen. Effekten på klimaet avhenger bland annet av byens størrelse, topografi, oppbygning, folkemengde og breddegrad.

Generelt er byer varmere enn det omkringliggende landskapet og det kan dannes noe som kalles varmeøyer. Om natten er temperaturen høyest i

bykjernen og avtar gradvis etter hvert som tettheten av bygninger reduseres. Forskjellen mellom by og bygd er mest synlig under klare rolige netter, og temperaturdifferansen kan være på flere grader.

Siden temperaturen ofte er høyere inne i byene, vil den relative fuktigheten være lavere der under en gitt vær-situasjon (fordi den totale mengden fuktighet i luften ikke varierer så mye ved en gitt vær-situasjon, og varmere luft kan holde på mer fuktighet en kald luft). Dette betyr at under en gitt vær-situasjon vil man kunne få utfelling av fukt/rim tidligere i områder utenfor bykjernen enn inne i byen. Ved temperaturer rundt 0 °C kan nedbør falle som regn/snøblandet regn i byen, mens det snør på landsbygda.

Områder med potensiell økt risiko for glatt vegbane i forbindelse med byområder er for eksempel bruer og viadukter, vegstrekninger inntil skogspartier og åpne områder. Varmeøyas effekt er noe redusert på disse stedene, og sannsynligheten for vanskelige føreforhold er større enn midt i bo- eller bygningsområdet.

5.6.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i byområder

For plassering av klimastasjoner i byområder er avstanden til bygninger av stor betydning. Hus og bygninger avgir varme og gir opphav til skyggeområder, slik at stasjonene/sensorene ikke kan plasseres inntil bygningene. Avstand til nærmeste bygg bør noteres for hver stasjon. Man bør unngå å plassere klimastasjoner i forbindelse med trafikkerte vegkryss, siden trafikken påvirker temperaturen.

5.7 Broer

Konstruksjonene til en bro er ikke like dyp som tilgrensende vegkropp, noe som medfører at broer har lavere varmekapasitet og konduktivitet. Broer har derfor en annen temperaturvariasjon over døgnet enn nærliggende vegkropp. Brooverflater avkjøles raskere og har høyere risiko for å bli glatte enn vegen inntil broen. Lufttemperaturen omkring broen kan derimot være relativt høy i forhold til omgivelsene forutsatt at broen ikke ligger i en kaldluftsjø. Duggpunktstemperaturen kan da være høyere på broen enn på nærliggende veg, og utfelling av dugg eller rimfrost på broen kan skje – og denne utfellingen kan være kraftig.

Temperaturforskjeller mellom bro og nærliggende veg er mest fremtredende under klare og rolige værforhold, både når det gjelder avkjøling og oppvarming. Viktige faktorer for temperaturen på broer er konstruksjonsmaterialet, lengde, volum og type bro. En bro over vann har

annerledes temperaturutvikling enn for eksempel en viadukt. Derfor er nærhet til vann og det omliggende terreng viktige faktorer for temperaturen.

5.7.1 Anbefaling for plassering av stasjoner i forbindelse med broer

Det er viktig at stasjoner som skal vise forholdene på broen virkelig plasseres oppå broen slik at sensorene kan registrere de avvik som broen skaper. Stasjonen skal ikke plasseres i skygge eller i le av andre objekter. Det er også viktig å vite om broen går over vann eller en annen veg etc. Hvis det av praktiske grunner ikke er mulig å plassere stasjonen oppe på broen kan vegbanetemperaturen på broen måles med fjernsensorer.

5.8 Vindutsatte miljøer

Ved for eksempel skogfrie høyder eller åpne sletter kan lokal økning i vinden forekomme. Ved overganger mellom skogspartier, sletter og kystområder, eller ved tunnelmunninger kan sidevinder overraske trafikanter, og kjennskap til vind i slike områder kan være ønskelig i mange tilfeller. Kombinasjon av vind og nedbør i form av snø kan medføre snøfokk.

5.8.1. Anbefalinger for plassering av klimastasjoner i vindutsatte områder

Stasjonene plasseres så åpent som mulig. Dersom klimastasjoner plasser på høyfjellet hvor det er risiko for store snømengder og høye brøytekanter må det gjøres en lokal vurdering om andre krav skal innføres for plassering av både klimastasjonene og sensorene på disse. Dersom stasjonene monteres på en annen måte enn anbefalingen i denne håndboken er det viktig at dette gjøres kjent.

6 SAMMENDRAG AV ANBEFALINGER

6.1 Plassering av klimastasjoner

Når sted skal velges for en klimastasjon med tanke på å varsle fare for glatt vegbane, er det viktig å se på de ulike faktorer som forårsaker glatt vegbane og variasjonene i disse. Regionalt klima, dvs. nedbørs- og temperaturfordelingen avhenger av topografi, nærhet til hav etc. Ved å analysere kart som viser fordeling av temperatur og nedbør kan man danne seg et inntrykk av hvor stasjonene bør plasseres både for å fange opp nedbør, områder som er krevende med hensyn til snøfokk, og selvfølgelig områdene med fare for glatt vegbane som følge av temperatursvingninger omkring 0 °C.

Ved hjelp av klimakartlegging kartlegges ulike lokal- og mikroklimatologiske områder, og man kan se hvordan risikoen for glatt vegbane varierer over korte avstander langs vegbanen. Stasjoner bør plasseres i utsatte områder med tanke på å gi et tidlig varsel om at det kan bli glatt. Det er ønskelig med en variasjon i stasjonsplasseringen, for eksempel kaldluftsjø, skyggeområde og høydeområde. Også nøytrale steder bør være representert for å ivareta storskala mønsteret. I de tilfellene klimastasjonene skal utplasseres med tanke på snøskredvarsling, anbefales rådføring med ekspertise innenfor dette fagområdet.

Videre er det viktig med riktig plassering og montering av sensorer. Tabell 7 gir et sammendrag av kravene for plassering av sensorer.

Sensor	Krav	Henvisning
Lufttemperatur	Plasseres på 2 m høyde over vegbanen, Strålingsbeskyttelse og fri sirkulasjon.	Se kapitel 3.1
Vegbane-temperatur	I flukt med vegoverflaten, ikke tildekt. Mellom vegkant og hjulspor.	Se kapitel 3.1
Nettostråling	Må ikke forstyrres av andre sensorer. 4 m over vegbanene	Se kapitel 3.4
Luftfuktighet	2 m over vegbanen sammen med sensoren for lufttemperatur. Strålingsbeskyttelse og fri sirkulasjon.	Se kapitel 3.2
Vind	Fritt eksponert i en høyde på 10 m over vegbanen.	Se kapitel 3.5
Nedbør	120° fri vinkel, minste avstand fra hinder er 2 ganger høyden av hinderet, unngå direkte solinnstråling på mottakeren. 4 m over vegbanen	Se kapitel 3.6

Tabell 7. Sammendrag av krav for plassering av sensorer.

6.2 Vedlikehold

Stasjonssystemet krever kontinuerlig service og vedlikehold av sensorer og miljøet rundt stasjonene. Dette inkluderer rengjøring, utbytting av defekte deler, kalibrering med bestemte intervall samt rydding av vegetasjon som vokser til rundt stasjonen og som kan forstyrre registreringene. Tabell 8 oppsummerer anbefalinger for vedlikehold av de forskjellige sensorene.

Sensor	Type vedlikehold	Frekvens	Anm.
Lufttemperatur og Relativ fuktighet	Kontroll og rengjøring av strålingshette	Min. hver 2. mnd	
	Kalibrering i lab. og utskiftning av filtre	Min. hvert 2. år	Manuell kontroll kan utføres innimellom.
Vegbanesensorer	Kontroll og rengjøring med teknisk sprit	Regelmessig, min. hver 2. mnd	Spesielt viktig ved salting Kontroll bør foretas med håndholdt IR-termometer
Nettostråling	Rengjøring av kuppel med såpevann	Min. hver 2. mnd	Ved mye riper på kuppelen må denne skiftes ut.
Vind	Kontroll av friksjon og lagre	Min. en gang per sesong	Vær obs på vegetasjonen rundt sensorene
Nedbør	Rengjøring	Min. hver 2.mnd	Spesielt viktig i områder med salting

Tabell 8: Sammendrag av krav for vedlikehold av sensorer.