

Origo Skibotn

► Analyse av temperaturinversjon i Skibotn, Troms

Oppdragsnr.: 52305309 Dokumentnr.: KVT/2024/R034/ASH Versjon: J01 Dato: 2024-04-03



Oppdragsgiver: Origo Skibotn
Oppdragsgivers kontaktperson: Harald Willumsen Østbø
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Tærudgata 16, NO-2004 Lillestrøm
Oppdragsleder: Øystein Skutevik
Fagansvarlig: Hálfván Ágústsson
Andre nøkkelpersoner: Amund Søvde Haslerud

J01	2024-04-03	Endelig rapport	Amund S. Haslerud	Hálfván Ágústsson	Bjørn Egil Nygaard/ Øystein Skutevik
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Norconsult har ikke noe ansvar overfor tredjepart som eventuelt måtte benytte dette dokumentet.

► Sammen drag

Modelldata for Skibotn, Troms, er analysert for å vurdere temperaturinversjoner. Modelldata er evaluert mot tilgjengelige målinger. Modellgrunnlaget for tidligere utført spredningsanalyse fanger opp inversjoner med forholdsvis kort varighet, og representerer heller generelt stabil luft, med noe høyere vindhastigheter enn vindmålinger tilsier.

Modellen representerer i hovedsak temperaturen i Skibotn godt. En langvarig inversjonsperiode er identifisert, og for denne overestimerer modellen temperaturen ved bakken. Overestimeringen av temperatur i modellen sammenfaller med overestimering av vindstyrke, selv om målt vindhastighet vurderes til å være noe lav på grunn av skjerming fra skog og bygninger. Overestimeringen kan skyldes at luften ved bakken er mer frakoblet fra luften i høyden enn det modellen klarer å fange opp.

En finskala simulering er analysert og viser i hovedsak at temperaturen i høyden er forholdsvis uavhengig av modellopløsning, men at bakketemperaturer ved inversjonsperioder blir kaldere med høyere modellopløsning. Den analyserte inversjonsperioden får dermed lengre varighet i høyoppløst datasett, og det er rimelig å anta at dette vil gjelde for en generell inversjonsperiode.

Det ser ut til at modellen har noe høy vindstyrke når det blåser ut Skibotndalen, men det er uvisst om dette skyldes en generell overestimering eller at modellen ikke fanger opp at luften nederst i dalen skal være mer frakoblet vinden i høyden.

Det høyoppløste datasettet ser ut til å fange bedre opp temperaturinversjoner enn tidligere brukt datasett, og modelldata for en vintermåned er tilrettelagt for en luktanalyse. En luktanalyse hvor inversjoner er bedre fanget opp vil sammen med den opprinnelige analysen gi en indikasjon på om inversjoner er viktig for luktanalysen. Det kan også vurderes hvilken effekt overestimert vind har for spredningsanalyse, ved å redusere vindhastighetene brukt i analysen.

Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Temperaturinversjon og atmosfærisk stabilitet	6
2	Metode og datamateriale	8
2.1	Modelldata	8
2.1.1	<i>KVT Meso – beskrivelse</i>	9
2.2	Analyse	9
3	Resultat	11
3.1	Evaluering av modellert temperatur	11
3.2	Evaluering av modellert vind	12
3.3	Modellerte inversjonsperioder	14
3.3.1	<i>Kombinasjon av modell og målinger</i>	14
3.4	Analysert inversjonsperiode	16
3.4.1	<i>Vertikalprofil av temperatur</i>	16
3.4.2	<i>Evaluering av modellert temperatur og vind</i>	17
4	Konklusjon	19

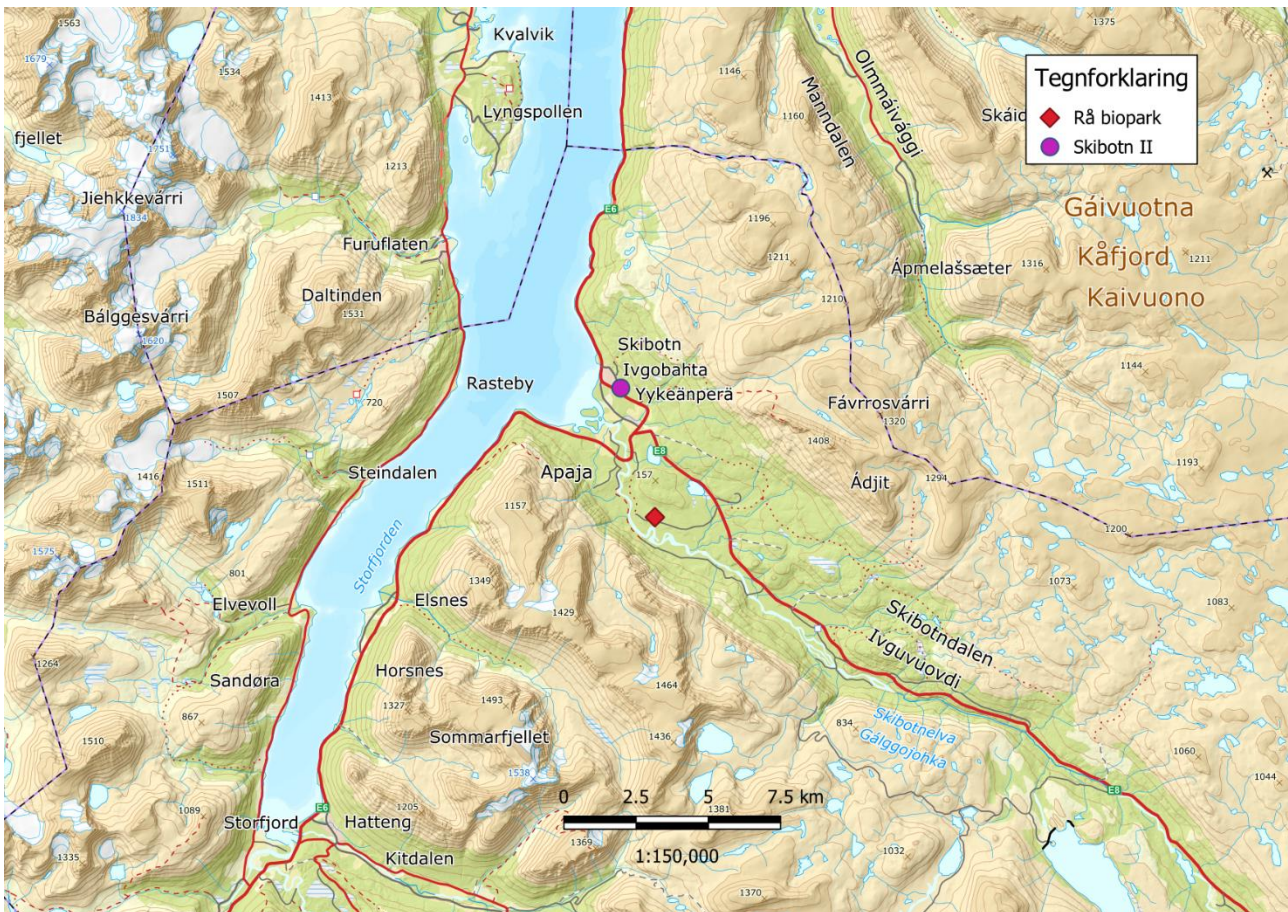
1 Bakgrunn

I forbindelse med prosjektering av biogassanlegg ved Rå biopark i Skibotn, har det kommet opp bekymringer om at avgass og forurensning kan bli fanget ved bakken når det er svært stabilt vær om vinteren, og at de så transporteres med vinden fra anlegget ned til Skibotn. Årsaken er erfaring med dagens anlegg, der lukt fra komposteringsanlegg ofte kommer ned til Skibotn. Slike episoder oppstår oftere når det er kaldt ved bakken og temperaturen øker med høyden, noe som kalles en temperaturinversjon, men omtales som regel bare som inversjon. Det kan nevnes at kortvarige inversjoner også er forventet under finværsperioder om sommeren når dalen avkjøles etter en varm dag. Dette vil sette opp en svak vind ut dalen etter solnedgang.

For Skibotndalen er det også slik at overordnet vind fra sør og øst ofte vil bringe kald luft ned langs dalen, selv ved svake inversjoner eller når det er en statisk stabil atmosfære uten inversjon. En statisk stabil værsituasjon betyr at luft som løftes oppover vil falle ned igjen fordi løftingen avkjøler luften slik at den blir kaldere og tyngre enn den omkringliggende luften. I en ustabil atmosfære vil luft som løftes fortsette å stige av seg selv, noe som for eksempel oppstår på sommeren når solen varmer opp bakken.

Det er tidligere utført en luktanalyse for biogassanlegget, og til dette ble det benyttet meteorologiske data fra en atmosfæremodell [1]. Her presenteres inversjonsproblematikk generelt og modelldataene som ble benyttet i luktanalysen blir analysert med fokus på inversjoner. Modellert temperatur og vind evalueres mot målinger i Skibotn, og det presenteres en inversjonsperiode som er modellert med en modell med finere oppløsning enn benyttet i grunnlaget for luktanalysen. Dette datasettet vil kunne benyttes for å vurdere om det opprinnelige datasettet ikke fanger opp transport av lukt ned til Skibotn i inversjonsperioder.

Rå biopark ligger på ca 33 m.o.h., om lag 4 km sørøst for Skibotn, og er omgitt av bratt fjell mot sørvest og en lokal høyde mot nordøst. Figur 1-1 viser et oversiktskart over Skibotn og Rå biopark, samt målestasjonen (Skibotn II) som er benyttet i denne rapporten.



Figur 1-1: Oversiktskart over Rå biopark og Skibotn.

1.1 Temperaturinversjon og atmosfærisk stabilitet

Når det snakkes om forurensning, kobles det gjerne til atmosfærens statiske stabilitet og temperaturinversjoner, som igjen kan gi et mål på i hvilken grad forurensning ikke transporteres vekk eller tynnes ved blanding med annen luft. Atmosfærisk statisk stabilitet er knyttet til hvordan temperaturen endres med høyden, og det vanlige i atmosfæren er at temperaturen avtar med høyden. Men selv om temperaturen avtar med høyden så er ofte luften statisk stabil, særlig om vinteren.

Om vinteren er luften som regel statisk stabil, men luften vil fremdeles kunne skiftes ut slik at forurensning ikke blir liggende der den er generert. Forenklet kan vi si at det er to grunner til dette. Under stabile forhold vil det settes opp lokale vindsystemer i terrenget, og lokalt er luften dermed alltid i svak bevegelse. På en større skala så kan den regionale vinden som blåser i høyden blande ned renere luft, øke vindhastigheten ved bakken og bidra til en kontinuerlig utskifting av forurenset luft.

Men i visse tilfeller kan luften være svært stabil, for eksempel når det er kald luft ved bakken og varmere luft og svak vind i høyden. At temperaturen øker med høyden er omvendt av det vanlige (temperaturrendringen er invertert), og gjør at dette fenomenet omtales som temperaturinversjon eller bare inversjon. Det kan enten være at temperaturen øker kontinuerlig fra bakken, eller at temperaturen først endres lite med høyden før den øker raskt. Temperaturinversjon er hovedsakelig et vinterfenomen, men kan også forekomme under høytrykksituasjoner i sommerhalvåret når bakken avkjøles etter en varm dag. Når luften avkjøles ved bakken

vil den som nevnt sige mot lavere terreng, og dette vil for daler som Skibotndalen sette opp en svak vind ut av dalen (såkalt katabatisk vind). Terreng og plasseringen av bioparken i Skibotndalen er dermed slik at det om sommeren kan oppstå katabatiske vinder forbi og over parken og videre nedover i dalen. De sterkeste inversjonene vil likevel oppstå om vinteren, så denne analysen har konsentrert seg om månedene oktober-mars.

Dersom inversjonen er sterk vil luft som blåser forholdsvis sakte over området ikke klare å trenge ned gjennom inversjonen, siden den varme luften på toppen ligger som et «lokk» over den kalde luften. Dette medfører at luften vil bli fanget og forurensning som slippes ut vil dermed bli værende nede under inversjonen, helt til inversjonen brytes opp. Inversjonen brytes typisk opp når værsituasjonen endres markant, for eksempel ved at kraftigere vind kommer inn mot området.

Vanligvis er det svak eller lite vind når temperaturinversjoner oppstår. Typisk starter en inversjon med en høytrykksituasjon der bakken avkjøles, mens det i høyden er varmere temperaturer. Det kan likevel være noe vind under en inversjon, både ved bakken og høyere oppe, som typisk skyldes at kald luft dreneres mot lavereliggende høyder.

For en dal som Skibotndalen vil det ofte forekomme at kald innlandsluft siver ned i dalen. Luften i innlandet har gjerne blitt avkjølt ved bakken, og storskala luftstrømmer (vanligvis fra sør og øst) gjør at den kalde luften renner ned i Skibotndalen og ut mot Skibotn. Når dette skjer så er det stabil luft, men ikke nødvendigvis temperaturinversjon. En slik kald vind vil kunne bli forholdsvis sterk.

2 Metode og datamateriale

For å analysere temperaturinversjoner er det nødvendig med temperaturdata i ulike høyder. Dette finnes ikke slike målinger for Skibotn, der kun én målestasjon er tilgjengelig (Tabell 2-1). Siden det ikke finnes målinger i høyden, analyseres derfor modellert temperatur, som også evalueres mot målinger på bakken. Målestasjonen i Skibotn måler for øvrig også vind 10 m over bakken, men måleren er omgitt av skog og bygninger, og representerer i så måte ikke vinden 10 m over en overflate uten hindringer.

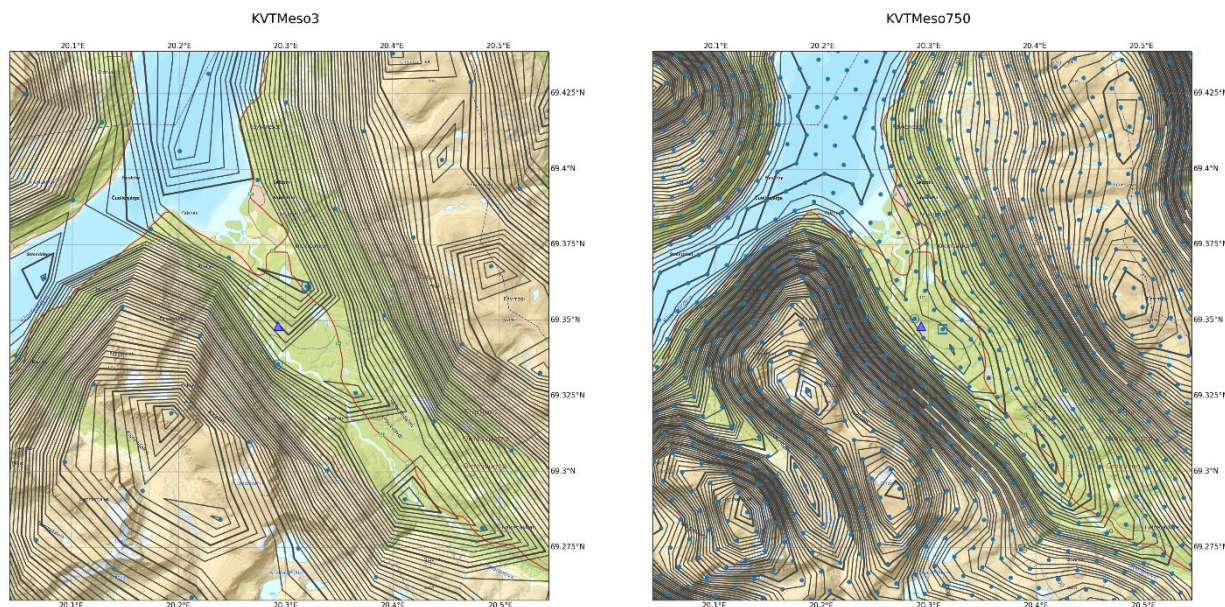
Tabell 2-1: Meteorologisk målestasjon som er benyttet i arbeidet.

Stasjon	Stasjons-id	Høyde over havet [m]	Data fra	Data til
Skibotn II	SN91380	20	2004-11-01	Nå

2.1 Modelldata

Den opprinnelige spredningsanalysen benyttet modelldata fra en simulering med 3 km x 3 km horisontal oppløsning (KVTMeso3) med vind nedskalert til 1 km oppløsning. Dette datasettet representerer bare delvis terrenget i Skibotndalen, så for å evaluere modellen benyttes også en simulering med 750 m x 750 m horisontal oppløsning og høyere vertikaloppløsning (KVTMeso750). KVTMeso750 dekker to vintre. Modellen som benyttes er Weather Research and Forecast (WRF¹), og simuleringene beskrives kort nedenfor.

Modellterrenget i KVTMeso3 og KVTMeso750 er vist i Figur 2-1, og det er tydelig at Skibotndalen er bedre representert i KVTMeso750. Dermed vil man også forvente at den høyoppløste modellen vil kunne reprodusere den målte vinden bedre enn modellen med grovere oppløsning.



Figur 2-1: Oversikt over de modellert terrenget i KVTMeso3 (venstre) og KVTMeso750 (høyre). Modellpunkter er vist med blå prikker, og Rå biopark som trekant. Blå prikk med ring rundt er det nærmeste modellpunktet, og blå prikk med firkant rundt er det nærmeste og også er nærmest i høyde.

¹ <https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>

2.1.1 KVTMeso – beskrivelse

For å si noe mer detaljert om vær-situasjonen under en inversjon, benyttes atmosfæremodellen Weather Research and Forecast (WRF). WRF er en state-of-the-art meso-skala numerisk atmosfæremodell, som benyttes til både værvarsling og forskning. Kjeller Vindteknikk utfører mange simuleringer hvert år, både for varsling og for analyse av vær.

Her benyttes WRF til å modellere vertikal struktur på atmosfæren, i hovedsak vind og temperatur, for en tidsperiode der vi har identifisert en langvarig temperaturinversjon.

En detaljert beskrivelse av modellen kan finnes på hjemmesiden til modellen². Utviklingen av WRF støttes av et sterkt vitenskapelig og administrativt miljø i USA, og modellkoden er åpent tilgjengelig.

Det benyttes WRF versjon 4.1.2 med forbedringer av våtsnø som dokumentert av Iversen et al. (2021)³. Det er 51 vertikale lag i KVTMeso750 og 32 lag i KVTMeso3, der henholdsvis 8 og 4 lag befinner seg lavere enn 200 m høyde. Mikrofysikk er fra Thompson aerosol-aware (skjema 28), og grenselagsskjema er Mellor-Yamada Nakanishi & Niino (MYNN) Level 2.5 PBL skjema (skjema 5). Overflatefysikk gjøres med MYNN-bakkeskjemaet (skjema 5), og landfysikk gjøres med Noah Land Surface Model. Strålingsfysikk gjøres ved RRTMG-skjema med skyfraksjon-behandling som beskrevet i Sundqvist et al (1989)⁴.

De viktigste inputdata til modellen er geografiske og meteorologiske data. Geografiske data er fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), som inkluderer topografi, overflatedata, albedo og vegetasjon. Disse parameterne har stor innvirkning nær bakken. Modelloppsettet er oppdatert med mer detaljerte landtyper fra Corine Land Cover (CLC)⁵.

Meteorologiske grensebetingelser settes fra reanalysen ERA5^{6,7}, med ca 0,25-graders horisontal oppløsning, tilgjengelig fra Copernicus Climate Change Service (C3S). ERA5-Land⁸ benyttes for bakkeparametere. Meteorologiske grensebetingelser oppdateres hver tredje time.

2.2 Analyse

En av de lengste inversjonsperiodene i KVTMeso3 identifiseres og sammenlignes med tilsvarende periode i KVTMeso750-dataene. En inversjon defineres vanligvis ved at temperaturen, T , øker med høyden, z :

$$\frac{dT}{dz} > 0 \text{ } ^\circ\text{C/m} \quad \text{Ligning 2-1}$$

Men som nevnt kan luften være stabil selv om det ikke er en inversjon. Dersom luften ved bakken løftes oppover vil den bli avkjølt på grunn av at trykket avtar.

² <https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>

³ Emilie C. Iversen, Gregory Thompson and Bjørn Egil Nygaard, 2021: Improvements to melting snow behavior in a bulk microphysics scheme, Atmospheric Research, vol. 253, 105471, doi: 10.1016/j.atmosres.2021.105471.

⁴ Sundqvist H, Berge E. and J. E. Kristjánsson, 1989: Condensation and cloud parameterization studies with a Mesoscale Numerical Weather Prediction Model, Monthly Weather Review (117), doi: 10.1175/1520-0493(1989)117<1641:CACPSW>2.0.CO;2

⁵ <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, Version 2020_20u1.

⁶ Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>

⁷ <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

⁸ <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land>

Basert på enkeltverdier kan en svak inversjon være usikker, så vi inkluderer noen stabile tilfeller ved å senke grensen for temperaturøkning med høyden, slik at en temperaturforskjell på -0.5 °C mellom Rå og 400 m høyde defineres som inversjon:

$$\text{inversjon} = \frac{dT}{dz} > -0.5\text{ °C}/400\text{ m} \qquad \text{Ligning 2-2}$$

Inversjonen kan også ligge under eller over 400 m, og ved å benytte modellens vertikale profil finner vi høyden over bakken der temperaturen er høyere enn på bakken, beregner dT/dz og justerer grensebetingelsen ($-0,5\text{ °C} / 400\text{ m}$) til den aktuelle høyden, slik at vi for hvert tidspunkt kan definere om det er inversjon eller ikke.

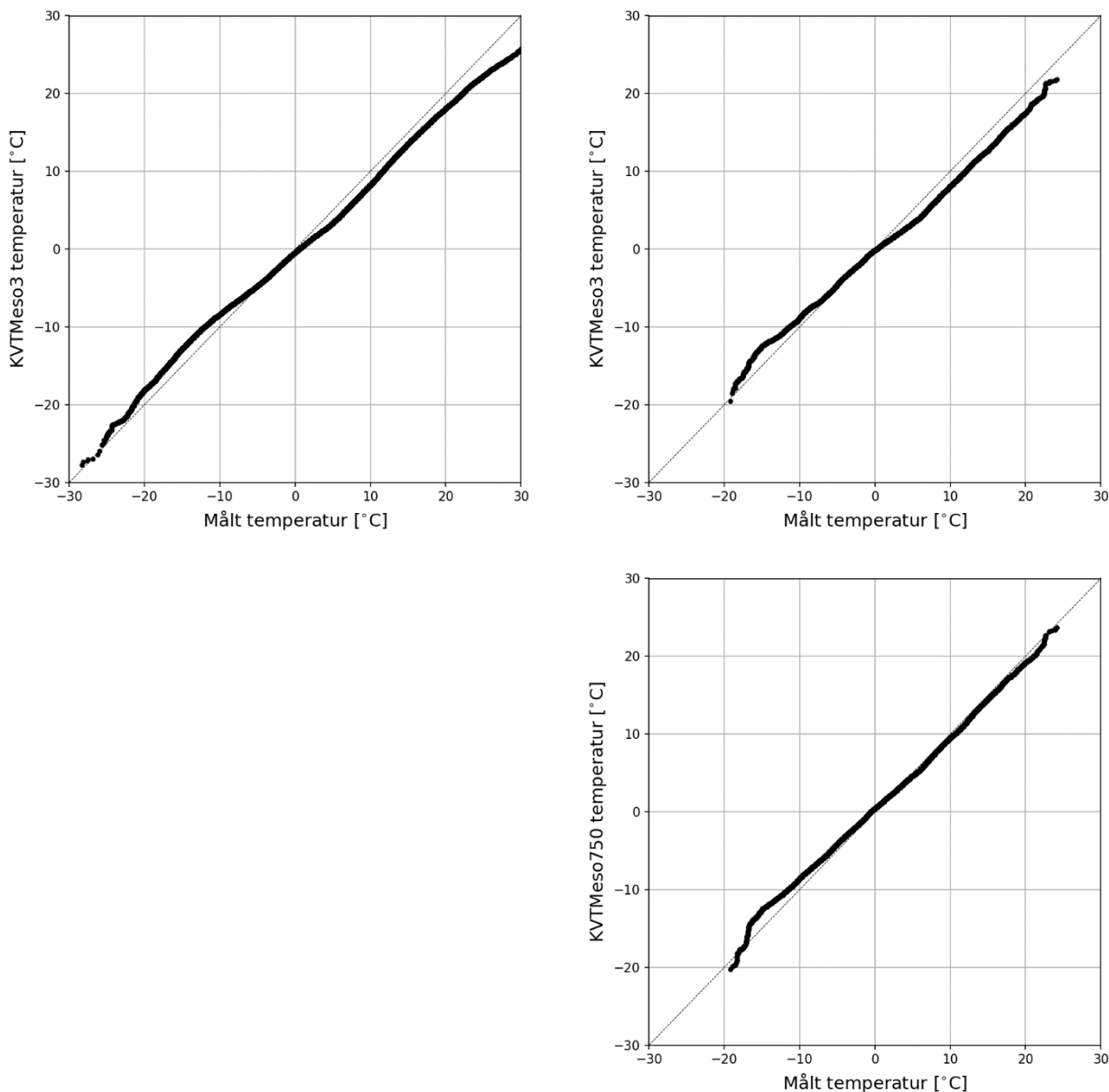
For måneder der solens bidrag er beskjedent, bør to inversjonsperioder som skilles av en kort tidsperiode behandles som én periode. I dette arbeidet setter vi 8 timer som grense; to inversjonsperioder som skilles med mindre enn 8 timer vil bli analysert som én periode. En høyere grense vil kunne medføre at detekterte inversjoner kan bli veldig lange, selv om det er god blanding oppover på dagtid.

3 Resultat

Her vises først en evaluering av modell mot målinger, før resultater fra inversjonsanalysen presenteres.

3.1 Evaluering av modellert temperatur

Målt temperatur ved Skibotn II er sammenlignet med modellert temperatur fra det opprinnelige datasettet (2 m høyde i KVTMeso3). Sammenfallende tidspunkter benyttes, og sorteres hver for seg i stigende rekkefølge, slik at det kan presenteres i et kvantil-kvantil-plott (qq-plott) som vist i Figur 3-1. Et qq-plott viser hvordan temperaturklimatologien representeres i modellen, og tar altså ikke hensyn til eventuelle forskjeller i tidsutviklingen i målt og modellert temperatur. Figur 3-1 viser at både KVTMeso3 og KVTMeso750 i stor grad representerer temperaturen godt. Lav temperatur (omkring -20 °C til -10 °C) overestimeres noe, mens KVTMeso3 underestimerer når temperaturen er over 0 °C. For 2-årsperioden som dekkes av KVTMeso750 ser vi det samme bildet for KVTMeso3, men KVTMeso750 stemmer bedre med målinger over 0 °C. Både KVTMeso3 og KVTMeso750 overestimerer ved målt temperatur mellom -20 °C og -10 °C, men for de laveste temperaturene er KVTMeso750 noe kaldere enn KVTMeso3. Dette er som forventet siden KVTMeso750 fanger opp mer av terrenget.

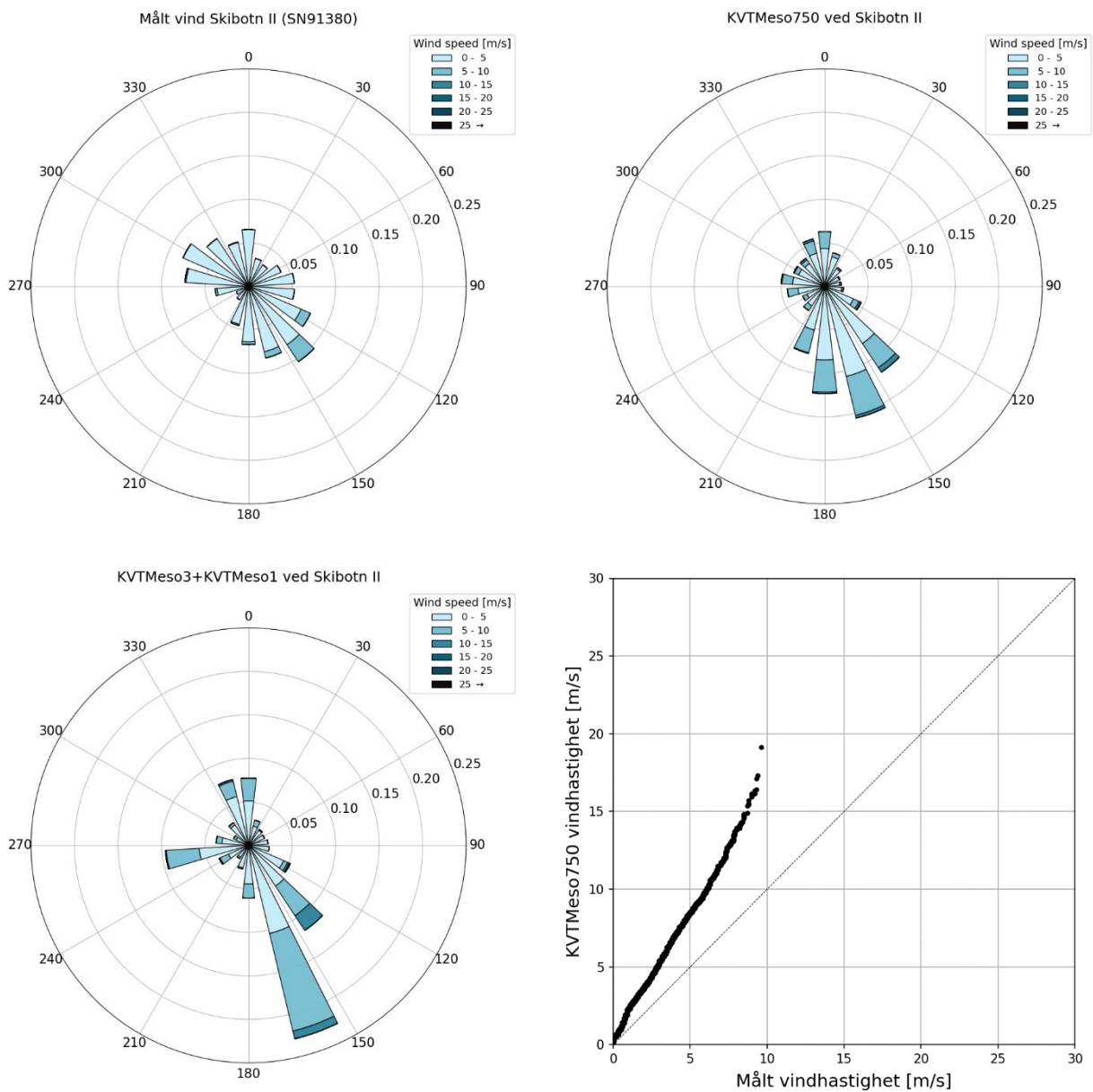


Figur 3-1: Temperatur fra KVTMeso3 ved Skibotn II sammenlignet med målinger for hele måleperioden (øverst, venstre), og for 2-årsperioden som dekkes av KVTMeso750 (øverst, høyre). Nederst til høyre vises temperatur fra KVTMeso750 mot målinger.

3.2 Evaluering av modellert vind

Den meteorologiske stasjonen Skibotn II (SN91380) måler som nevnt vind 10 m over bakken, men er omgitt av skog og bygninger, og representerer derfor vinden i en høyde som er lavere enn 10 m høyde. Vindroser er vist i Figur 3-2, og det kan sees at vinden ved måleren følger retning 120-150 ut dalen, mens modellen følger retning 140-170. Dette er mest sannsynligvis fordi modellens oppløsning ikke er fin nok til å løse opp detaljer i den nederste delen av terrenget, men følger dalens hovedretning i større grad. Det kan ikke utelukkes at vindretningsfordelingen fra vindmåleren er noe forstyrret på grunn av nærliggende bygninger.

Også KVTMeso3 nedskalert til 1 km oppløsning (tilsvarende det opprinnelige datasettet) følger i stor grad dalens hovedretning. I tillegg ser vi at både KVTMeso3 nedskalert til 1km oppløsning og KVTMeso750 viser ca 35 % overestimering sammenlignet med målingene. Til dels skyldes dette at måleren er skjermet og ikke representerer 10 m vind, men noe kan også skyldes også at modellen underestimerer oppbremsingen på grunn av skogen. Noe overestimering av vindhastighet er ventet dersom modellene ikke fanger opp en isdekket sjø, eller har for varm sjø om vinteren. Men overestimeringen virker konstant, og gjelder i så måte også om sommeren. Dersom det i visse inversjonsperioder også er is på fjorden, så vil dette kunne bidra til lavere målte vindhastigheter.



Figur 3-2: Vindrose av målt vind for tidsperiode som overlapper med KVTMeso750 (øverst, venstre) og tilsvarende fra KVTMeso750 (øvest, høyre) og KVTMeso3 (nederst, venstre). QQ-plott av KVTMeso750 mot målinger nederst til høyre.

3.3 Modellerte inversjonsperioder

KVTMeso3-dataene fra den opprinnelige spredningsanalysen (2002-2022) er analysert for å identifisere inversjonsperioder. Disse modellerte inversjonsperiodene er forholdsvis korte – i stor grad kortere enn én dag, forholdsvis ofte opp mot to dager og noen få hendelser opp mot åtte dagers varighet. Siden modellert lav temperatur kan være noe overestimert, kan det være at varigheten av de modellerte inversjonene blir noe kort, eller at inversjonene blir litt for svake. Modellerte inversjonsperioder forekommer forholdsvis ofte, i snitt 129 ganger per vinterhalvår. Fra dette datasettet identifiseres den lengste inversjonsperioden som også dekkes av datasettet med høyere oppløsning (KVTMeso750), nærmere bestemt en periode i januar 2015, som vil analyseres nærmere i Avsnitt 3.4.

Statistikk over modellert forekomst av inversjoner i KVTMeso3 er vist i Tabell 3-1, med formål å vise variasjonen i dataene. I de opprinnelige modelldataene (KVTMeso3) forekommer inversjoner i snitt opp mot 26 % av tiden, med høyest forekomst i januar og februar. Noen vintermånedene har forekomst opp mot 54 % av tiden. Det må presiseres at dette er modelldata, og som nevnt kan dermed lengden på inversjoner være underestimert. Dataene kan likevel være representative for en stabil atmosfære.

Tabell 3-1: Forekomst og varigheter av temperaturinversjoner analysert fra KVTMeso3 ved Rå biopark.

	Gjennomsnittlig forekomst [%]	Minimum forekomst [%]	Maksimum forekomst [%]	Median varighet [timer]	Minimum varighet [timer]	Maksimum varighet [timer]
Jan	26	10	54	6	1	146
Feb	26	9	49	7	1	197
Mar	12	4	35	4	1	91
Okt	8	1	23	3	1	65
Nov	12	3	31	3	1	98
Des	17	6	42	4	1	103

3.3.1 Kombinasjon av modell og målinger

Selv om målt vind ved Skibotn II sannsynligvis ikke er helt representativ for stedet, så kan vi anta at temperaturen er mer representativ for området. Videre kan det hende at det er temperaturskjell mellom biogassanlegget og Skibotn II, men sannsynligvis er Skibotn II likevel representativ nok for å fange opp inversjonsperioder. Under disse forutsetningene kan vi kombinere måleserien med modellert temperatur i høyden, og fra disse identifisere inversjoner. Dette gir i gjennomsnitt 158 inversjoner per vinter, men varigheten på inversjonene er lengre enn ved en ren modellanalyse (Tabell 3-2). Her ser vi at den lengste inversjonen er estimert til å vare 22 dager, men det bør nevnes at det kan variere mellom svak og sterk inversjon i en slik periode.

Med andre ord er kan det se ut til modellert frekvens (forekomst) er forholdsvis godt modellert, men at modellen underestimerer varighet og styrke på inversjonene.

Tabell 3-2: Forekomst og varigheter av temperaturinversjoner analysert fra målt temperatur ved Skibotn II kombinert med modellert temperatur i høyden fra KVTMeso3 (ved Rå biopark).

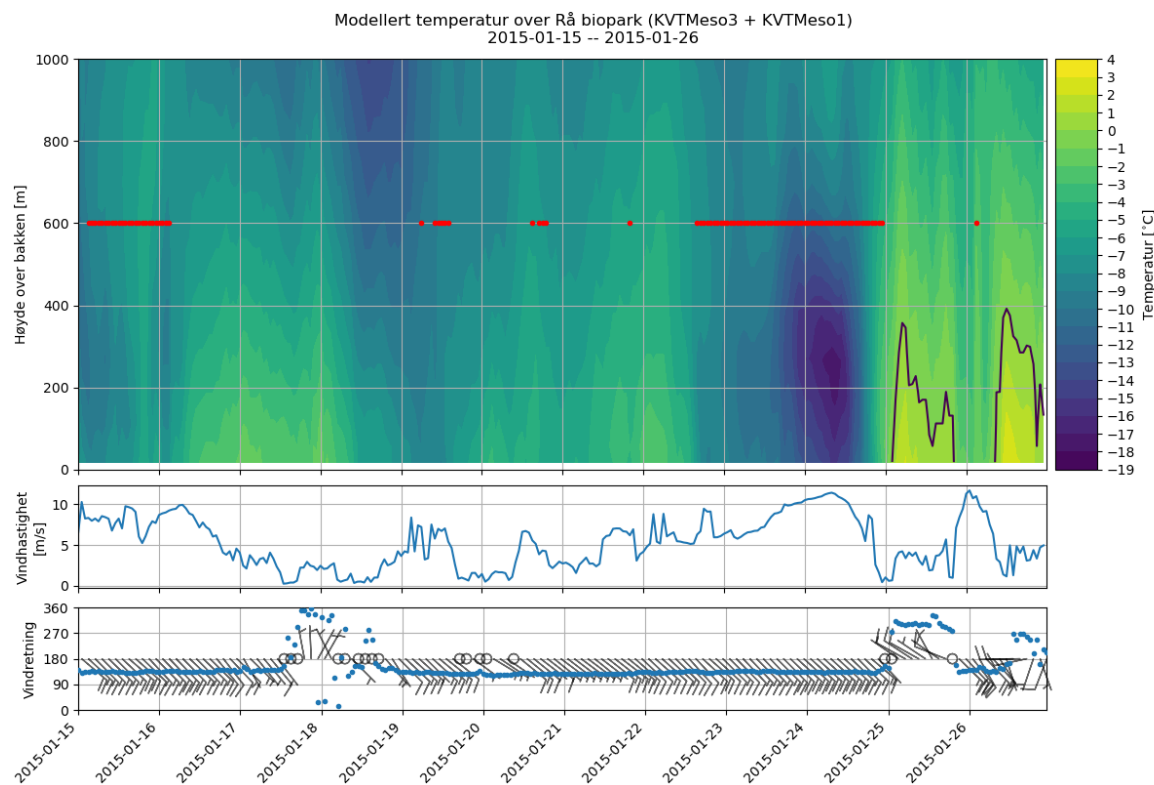
	Gjennomsnittlig forekomst [%]	Minimum forekomst [%]	Maksimum forekomst [%]	Median varighet [timer]	Minimum varighet [timer]	Maksimum varighet [timer]
Jan	58	38	79	20	1	528
Feb	54	30	72	18	1	284
Mar	36	18	53	10	1	154
Okt	45	21	65	11	1	161
Nov	55	34	72	21	1	226
Des	56	45	70	21	1	170

3.4 Analysert inversjonsperiode

Basert på analysen av KVTMeso750 og KVTMeso3, ble januar 2015 identifisert som en måned med en forholdsvis langvarig inversjonsperiode som dekkes av begge datasettene. KVTMeso3 angir denne inversjonsperioden til å være 22. – 25. januar 2015.

3.4.1 Vertikalprofil av temperatur

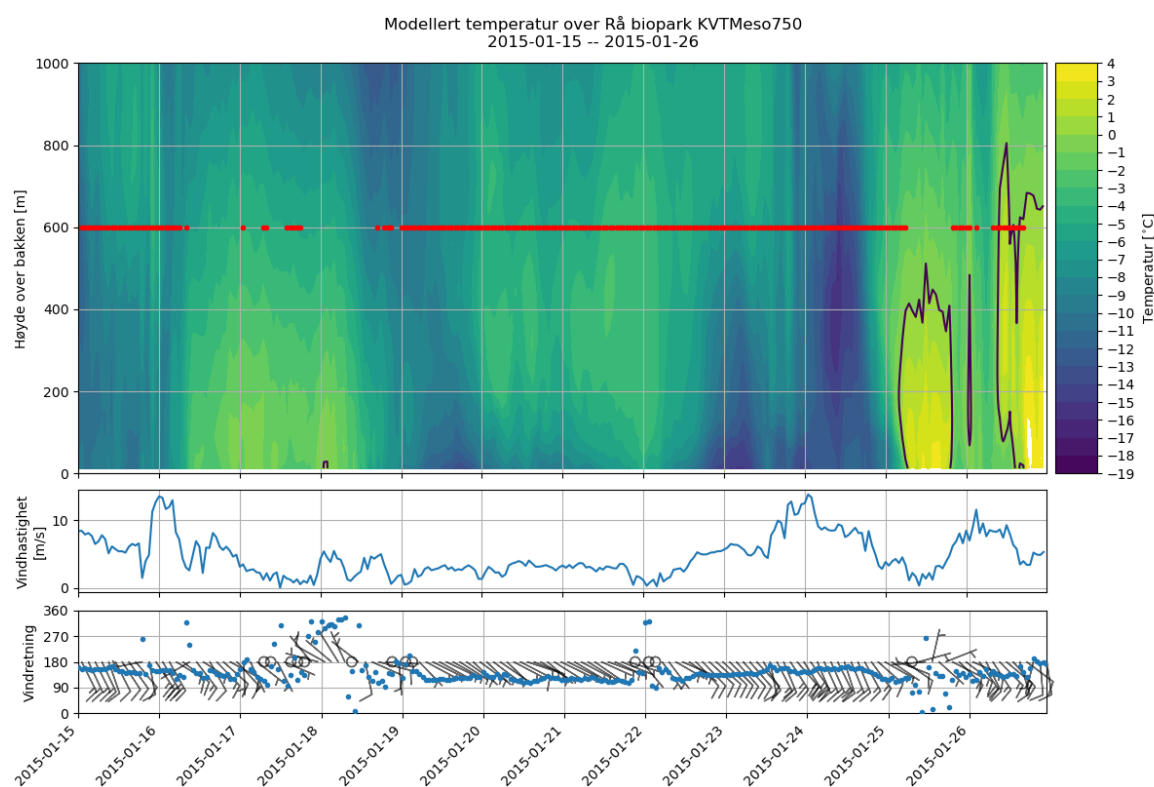
Modellert vertikalprofil av temperatur over Rå biopark er vist i Figur 3-3, der en periode med varmere luft ved bakken oppstår 16. januar 2015. Vinden blir svak og variabel rundt 18. januar og temperaturen blir lavere – først i høyden. Det er likevel noe moderat kraftig vind ut Skibotndalen etter 19. januar, og det oppstår ikke noen inversjon før 22. januar. Modellert vind er representativ for 1 km horisontal oppløsning, og strømmer i hovedsak ut mot fjorden. Den 25. januar snur vinden og varmere luft kommer en kort periode inn fra fjorden.



Figur 3-3: Øverst vises modellert temperatur i ulike høyder over bakken ved Rå biopark for perioden 2015-12-15 – 2015-01-27, som levert til i den opprinnelige spredningsanalysen. Heltrukken linje viser 0 °C. Røde prikker viser timer der temperaturinversjon er modellert mellom bakken og høyden ved Rå, vist ved 600 m for ikke å forstyrre figuren. Også vist er modellert vindhastighet i 10 m høyde (midten) og vindretning (nederst). Vindretning er vist med prikker for hver time, og med vindpiler for hver andre time.

I Figur 3-4 ser vi den detaljerte simuleringen KVTMeso750, der temperaturen i høyden er forholdsvis lik KVTMeso3, men ved bakken får KVTMeso750 med seg at kald luft trekker ned og holdes kald ved bakken helt fra 19. januar til 25. januar. I denne perioden angir modellen en inversjon over flere dager, med svak vind i første del av perioden. Vindhastigheten blir moderat sterk mot slutten av inversjonsperioden, men inversjonen brytes ikke opp før vinden snur en kort periode og varmere luft bringes ned til lavere luftlag.

Det kan også nevnes at svake inversjoner identifiseres i perioden 16. – 18. januar. Det har ikke vært mulig å filtrere ut slike tilfeller i denne analysen, men det endrer ikke resultatet av analysen.



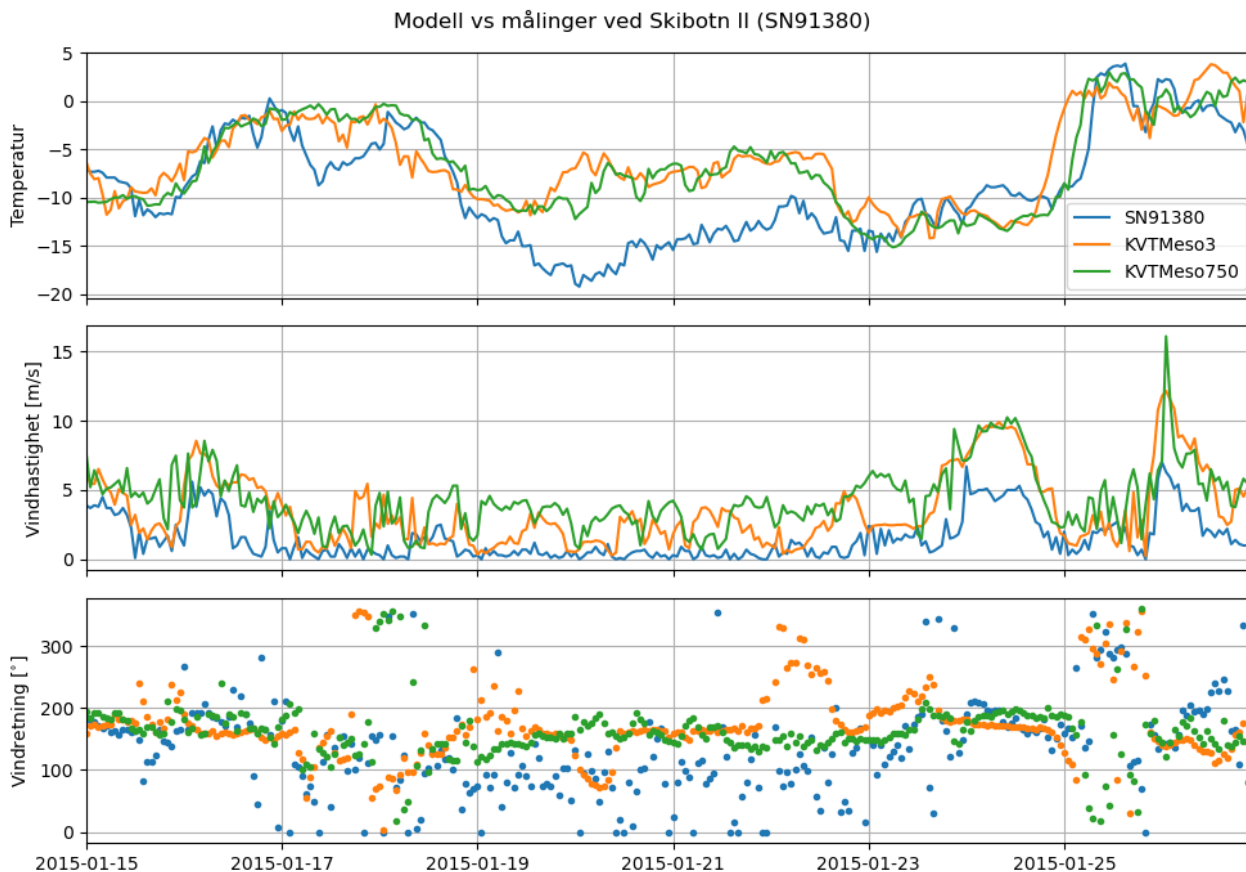
Figur 3-4: Øverst vises modellert temperatur i ulike høyder over bakken ved Blindern for perioden 2015-12-15 – 2015-01-27, data fra KVTMeso750. Heltrukket linje viser 0 °C. Røde prikker viser timer der temperaturinversjon er modellert mellom bakken og høyden ved Rå, vist ved 600 m høyde for ikke å forstyrre figuren. Også vist er modellert vindhastighet i 10 m høyde (midten) og vindretning (nederst). Vindretning er vist med prikker for hver time, og med vindpiler for hver andre time.

3.4.2 Evaluering av modellert temperatur og vind

Den meteorologiske stasjonen Skibotn II (SN91380) måler som nevnt både temperatur 2 m over bakken og vind 10 m over bakken, og sammenlignes med modelldata i Figur 3-5. For den første del av inversjonsperioden, 19. – 22. januar, gir både KVTMeso3 og KVTMeso750 for høy temperatur, selv om KVTMeso750 indikerer en inversjon. Vindmåleren er omgitt av skog og bygninger, og representerer derfor ikke bra vinden 10 m over en overflate uten hindringer. Vi ser fra sammenligningen at vindhastigheten er vesentlig lavere i målingene, som til dels skyldes at måleren er skjermet av skog og hus. Det kan likevel

hende at luften nær bakken i virkeligheten er mer frakoblet luften litt høyere opp, og at modellene ikke fanger opp dette. Det at både modellert temperatur og vindhastighet overestimeres antyder dette.

Når det er sagt, så er luften i Skibotndalen i hovedsak stabil i modellene, slik at modellen dermed sannsynligvis representerer stabil luft som transporteres litt for raskt langs bakken utover dalen.



Figur 3-5: Målt og modellert temperatur (øverst) og vind (midten og nederst) for inversjonsperioden.

Årsaken til at modellene overestimerer vindstyrken kan være at modellen har et jevnere terreng og ikke fanger opp detaljene i lokale høyder og groper i dalen. Det kan også være at modellen har for høy temperatur over fjorden, noe som vil medføre høyere vindhastighet utover i dalen. Uten flere målinger av vindhastighet og temperatur er det vanskelig å si noe sikkert om dette. I mars 2018 rapporterte kommunen om isdekke på Storfjorden, og om det var is på fjorden i januar vil det sannsynligvis ha bidratt til svak vind i Skibotn.

4 Konklusjon

Modelldata for Skibotn er analysert for å vurdere temperaturinversjoner. Modelldataene er evaluert mot målt temperatur og vind. Modellgrunnlaget for utført spredningsanalyse fanger opp inversjoner med forholdsvis kort varighet, men representerer heller generelt stabil luft med noe høyere vindhastigheter enn målingene tilsier.

Modellen representerer i hovedsak temperaturen i Skibotn godt, men overestimerer bakketemperaturen ved en analysert inversjonsperiode. Overestimeringen av temperatur i modellen sammenfaller med overestimering av målt vindstyrke, selv om målt vindhastighet vurderes til å være noe lav på grunn av skjerming fra skog og bygninger. Overestimeringen kan skyldes at luften nede ved bakken er mer frakoblet fra luften i høyden enn det modellen klarer å fange opp. I høyden antas modellert vind å være mer representativ enn nede ved vindmåleren.

En finskala simulering er analysert og finner i hovedsak at temperaturen i høyden er forholdsvis uavhengig av modellopløsning, men at bakketemperaturen ved inversjonsperioder blir kaldere med høyere oppløsning. En analysert inversjonsperiode får dermed lengre varighet i høyoppløst datasett.

Med flere målinger tilgjengelig kan en bedre analyse av inversjoner utføres, for eksempel om temperatur og vind ble målt ved Rå og lenger inn i dalen, for eksempel ved Stolpefjellet eller høyere.

Det høyoppløste datasettet ser ut til å fange bedre opp temperaturinversjoner, og modelldata for en vintermåned er tilrettelagt for en luktanalyse. En luktanalyse hvor inversjoner er bedre fanget opp vil sammen med den opprinnelige analysen gi en indikasjon på om inversjoner er viktig for luktanalysen. Det kan også vurderes hvilken effekt overestimert vind har for spredningsanalyse, ved å redusere vindhastighetene i analysen.