



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2021 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

# **Temperaturendringer på Ås fra 1901-2020 – faktisk temperaturendring og andre ytre påvirkninger**

Temperature changes in Ås from 1901-2020 –  
actual temperature changes and other external  
influences

**Kristine Bjørnsen**  
Miljøfysikk og fornybar energi

---

---

## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet for fakultetet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) våren 2021. Oppgaven markerer slutten av sivilingeniørstudiet Miljøfysikk og Fornybar Energi og har et omfang på 30 studiepoeng.

Jeg vil gjerne takke alle som har hjulpet meg i arbeidet med masteroppgaven. Jeg vil spesielt takke min hovedveileder Mareile Astrid Wolff for mye og god veiledning gjennom hele våren og deler av sommeren. Så vil jeg takke Ole-Einar Tveito og Herdis Motrøen Gjelten fra Meteorologisk Institutt for gode innspill og hjelp rundt klimanormaler, homogenisering og værstasjonen på Ås. Jeg vil også gi en stor takk til Signe Kroken som har vært en uvurderlig kilde til data fra værstasjonen på Ås og som har stilt opp med informasjon om aktuelle og historiske målerutiner på stasjonen.

Til slutt vil jeg takke min ektefelle Stian Bjørnsen for mye hjelp i Excel og støtte og oppmuntring under arbeidet med oppgaven min.

Kristine Bjørnsen  
NMBU, Ås  
10.07.2021

---

---

## Sammendrag

Vær og klima er kjente uttrykk som interesserer alle og enhver; enten i form av interesse for forskning, men gjerne også noe så basalt som at "sommeren gjerne kan være varm". I dag diskuteres viktigheten av å unngå menneskeskapte klimaendringer heftig i sosiale medier og forskermiljøer. Meningene er mange og delte; enkelte mener det er helt umulig at mennesker kan påvirke klima og vær, mens andre er helt overbeviste om at vi er den største pådriveren i klimaendringene. Dersom en åpner en nettavis i dag er det tilnærmet umulig å unngå å legge merke til motsetningene i klimadebatten. Hvordan kan man vite at været blir både varmere og våtere? En viktig parameter for å se på "været", og dernest klimaet er temperatur. Denne oppgaven har til hensikt å undersøke hvordan temperaturen på Ås i Viken fylke har utviklet seg det siste århundret, samt å se nærmere på validiteten til målingene som er gjennomført.

Metoden oppgaven benytter for å undersøke dette nærmere er lang og tidkrevende. Man tar utgangspunkt i måleserier fra mange år tilbake i tid, for deretter å kvantifisere og verifisere både betydningen og riktigheten i målingene. Det er valgt å undersøke temperaturen på Ås på grunn av at stasjonen her har en lang måleserie (ca. 150 år), og at stasjonen har færre ytre usikkerheter som kan påvirke målingene enn mange andre stasjoner. Nevnte usikkerhet omfatter eksempelvis nærliggende utbygginger. Ås stasjon er også tilnærmet unik i form av at stasjonen siden 1988 har tatt **både** automatiske, og manuelle avlesninger av temperaturen. Automatiske målinger som loggføres veldig ofte gir et stort og godt datagrunnlag; altså kan en anta at beregninger som benytter disse verdiene er "nærmest" en korrekt temperaturgjengivning. At stasjonen har videreført færre, manuelle målinger, gir et god grunnlag for å verifisere validiteten til eldre måleserier som kun baserer seg på denne typen målinger.

Klimanormaler beskrives nærmere i introduksjonen og teorikapitlet. Normalene viser til en gitt periodes "normale" gjennomsnittlige års- og månedstemperatur. Endringene over tid kan derfor gjengis og fremvises ved å benytte slike normaler; gitt at datagrunnlag og beregningsmetodikk er god.

Denne oppgaven forsøker å svare ut fire forskningsspørsmål, der hovedspørsmålet er: "Hvor mye har temperaturen på Ås endret seg det siste århundret, og vises det noen sesongvariasjoner?". Spørsmålene 2-4 ser på sensitiviteten i målenøyaktigheten og mengden målinger, samt om vinteren på Ås kan sies å ha endret varighet. Sensitiviteten til målingene viser seg å være signifikant hva angår endring av måleverktøy, mens en kan anta at ved gitte kriterier er manuelle målinger tilstrekkelig for å gjengi en tilfredsstillende normal.

Resultatene viser at temperaturen på Ås har en økende trend. Fra forrige normalperiode til nåværende periode har temperaturen økt med 1 °C. Øvrige funn viser at måleserien på Ås kan antas å være mer enn tilstrekkelig for å vise at temperaturen har økt betydelig det siste århundret. Samtidig viser det seg at vinteren på Ås er varmere enn tidligere med 20 færre dager under 0 °C, men at varigheten gitt den meteorologiske definisjonen er seks dager kortere. De største temperaturendringene har oppstått om vinteren og våren.

Endringer av måleutstyr og strålingsskjerm påvirker temperaturmålingene, men dette gir størst utslag i kortere perioder enn 30 år. Over en normalperiode vil slike endringer påvirke minimalt; denne studien fant et maksimalt avvik på 0,3 °C for en årlig middeltemperatur.



---

## Summary

Weather and climate are familiar expressions that interest everyone in some way; either in the form of interest in research, but also something as basic as "the summer could be hotter". Today, the importance of avoiding man-made climate change is hotly debated in both social media and research communities. Opinions are many and divided; some believe it is completely impossible for humans to influence climate and weather, while others are completely convinced that we can and do. If you open an online newspaper today, it is almost impossible to avoid noticing the contradictions in the climate debate. How do you know that the weather is getting warmer and wetter? An important parameter for looking at the "weather", and secondly the climate is temperature. This thesis aims to investigate how the temperature in Ås in Viken county has developed in the last century, as well as to look more closely at the validity of the measurements that have been carried out.

The method the thesis uses to investigate this further is long and time consuming. One must take as a starting point measurement series from many years back in time, and then quantify and verify both the significance and the accuracy of the measurements. The temperature series at Ås was chosen because of its long series of measurements (approximately 150 years), and because the station has fewer external uncertainties that can affect the measurements than many other stations. The mentioned uncertainty includes, for example, nearby developments. Ås station is also almost unique in that the station has taken both automatic and manual readings of the temperature since 1988. Automatic measurements that are logged very often provide a large and good data base; thus, one can assume that calculations that use these values are "closest" to a correct temperature representation. The fact that the station has continued fewer, manual measurements, provides a good basis for verifying the validity of older measurement series that are only based on this type of measurement.

Climate normals are described in more detail in the introduction and the theory chapter. The normals refer to a given period's "normal" average annual and monthly temperature. The changes over time can therefore be reproduced and displayed using such normals; given that the data basis and calculation methodology are good.

This thesis tries to answer four research questions, where the main question is: "How much has the temperature in Ås changed in the last century, and are there any seasonal variations?". Questions 2-4 look at the sensitivity of the measurement accuracy and the amount of measurements, as well as if the winter in Ås can be said to have changed duration. The sensitivity of the measurements turns out to be significant in terms of changing measuring tools, while it can be assumed that with given criteria, manual measurements are sufficient to reproduce a satisfactory normal.

The results show that the temperature in Ås has an increasing trend. From the previous normal period to the current period, the temperature has increased by 1 °C. Other findings show that the measurement series in Ås can be assumed to be more than sufficient to show that the temperature has increased significantly in the last century. At the same time, it turns out that the winters in Ås are warmer than before with 20 fewer days below 0 °C, but that the duration given the meteorological definition is six days shorter. The largest temperature changes have occurred in winter and spring.

Changes in measuring equipment and radiation screens affect the temperature measurements, but this has the greatest effect in periods shorter than 30 years. Over a normal period, such changes will have a small impact; the worst yearly mean temperature deviation this study found was 0.3°C.





---

## Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>III</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>V</b>
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>VII</b>
<b>SYMBOLLISTE OG KONSTANTER</b> .....	<b>X</b>
<b>FORKORTELSER</b> .....	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
1.1 MÅLSETNING MED OPPGAVEN.....	1
1.2 FORSKNINGSSPØRSMÅL .....	2
<b>2 TEORI</b> .....	<b>3</b>
2.1 JORDENS ATMOSFÆRE.....	3
2.1.1 <i>Elektromagnetisk stråling</i> .....	3
2.1.2 <i>Varmeledning</i> .....	4
2.1.3 <i>Konveksjon</i> .....	4
2.1.4 <i>Fordampning</i> .....	4
2.2 VARMEOVERFØRING VED JORDOVERFLATEN .....	4
2.3 KLIMANORMAL.....	5
2.4 TEMPERATURMÅLINGER .....	5
2.4.1 <i>Lufttemperatur</i> .....	5
2.4.2 <i>Målestandard</i> .....	5
2.4.3 <i>Strålingsskjermer</i> .....	6
2.4.4 <i>PT-100 Termometer</i> .....	6
2.4.5 <i>Væsketermometer</i> .....	7
2.4.6 <i>Termograf</i> .....	7
2.5 PEARSONS KORRELASJONSKOEFFISIENT.....	8
<b>3 BAKGRUNN OG DATA</b> .....	<b>9</b>
3.1 ÅS FELTSTASJONSHISTORIE OG OBSERVASJONSRUTINER.....	9
3.1.1 <i>Kjøkkenhagen</i> .....	9
3.1.2 <i>Skogsdammen</i> .....	10
3.1.3 <i>Søråsfeltet</i> .....	11
3.2 DØGNDEFINISJON.....	14
3.3 HOMOGENISERING AV TEMPERATURDATA .....	14
3.3.1 <i>Hull i datagrunnlaget og fjerning av usannsynlige verdier</i> .....	15
<b>4 METODE</b> .....	<b>19</b>
4.1 KLIMANORMALER.....	19
4.1.1 <i>Normaler Norge</i> .....	19
4.1.2 <i>Normaler Ås (stasjonsnummer 17850)</i> .....	19
4.2 BEREGNING AV KLIMANORMAL FOR ÅS 1991-2020.....	21
4.2.1 <i>Aritmetisk middel og Köppens formel</i> .....	21
4.2.2 <i>Datapresisjon og avrunding</i> .....	22
4.2.3 <i>Beregning av temperaturnormal fra automatiske målinger</i> .....	22
4.2.1 <i>Beregning av temperaturnormal fra manuelle målinger</i> .....	23
4.3 UTSKIFTING FRA MANUELLE TIL AUTOMATISKE STASJONER .....	23
4.4 PÅVIRKNING AV NY STRÅLINGSSKJERM PÅ TEMPERATUROBSERVASJONENE .....	24
4.5 DØGNETS TEMPERATURVARIASJONER.....	24

---

4.6	VINTEREN PÅ ÅS .....	25
<b>5</b>	<b>RESULTATER OG DISKUSJON .....</b>	<b>26</b>
5.1	SAMMENLIGNING AV KLIMANORMALENE.....	26
5.2	BEREGNING AV KLIMANORMAL FOR 1991-2020 ÅS .....	28
5.3	UTSKIFTING FRA MANUELLE TIL AUTOMATISKE STASJONER .....	30
5.4	PÅVIRKNING AV NY STRÅLINGSSKJERM PÅ TEMPERATUROBSERVASJONENE .....	37
5.5	TEMPERATURVARIASJONER (DTR).....	48
5.6	VINTEREN PÅ ÅS .....	51
	<b>KONKLUSJON.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERANSER.....</b>	<b>55</b>
	<b>VEDLEGG A .....</b>	<b>57</b>



## Symbolliste og konstanter

Symbol	Forklaring	Enhet
E	Utstrålingstetthet	J/m <sup>2</sup> ·s
$\varepsilon$	Emissivitet	
Q	Varmefluks	J/s
A	Areal	m <sup>2</sup>
$\lambda$	Bølgelengde	m
T <sub>K</sub>	Temperatur	K
T	Temperatur	°C
k	Evne til å lede varme	W/m·K
dT <sub>K</sub> /dx	Temperaturgradient	K/m
h	Varmeoverføringskoeffisient	W/m <sup>2</sup> ·K
m	Masse	kg
T <sub>m</sub>	Månedsmiddeltemperatur	°C
T <sub>f</sub>	Månedsmiddeltemperatur fra tre temperaturmålinger	°C
T <sub>n</sub>	Månedsmiddeltemperatur fra minimumstemperatur	°C
R	Resistans	Ω

### Konstant

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4)$ , Stefan-Boltzmanns konstant

$a = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ Km}$ , Konstant i Wiens forskyvningslov

Köppens konstant = k, varierer fra sted og tid



---

## Forkortelser

<b>Fullt ord</b>	<b>Forkortelse</b>
Meteorologisk institutt	MET
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet	NMBU
Maksimum	Maks
Minimum	Min
Verdens meteorologiorganisasjon	WMO
Coordinated Universal Time (koordinert universaltid)	UTC
Central European Time (sentraleuropeisk tid)	CET
Diurnal Temperature Range (Temperaturvariasjon)	DTR



---

# 1 Introduksjon

Vær beskriver prosesser i den nedre atmosfæren, og har siden tidenes morgen spilt en viktig rolle for livet på jordoverflaten. Temperatur er en mye brukt parameter for å beskrive været. Vær som vanligvis oppstår på et sted, over lengre tid kalles klima. "Klima i Norge 2100" (Hanssen-Bauer et al., 2009) beregnet fremtidens klima ut ifra dagens klimabilde, med et fortsatt økende klimagassutslipp. I Norge forventes det en økning i både års- temperatur og nedbør dersom utslippene fortsetter slik som i dag.

Klima, og da spesielt klimaendringer, er blitt en viktig sak for mange. Spesielt de unge har de siste årene tatt til gatene for å demonstrere, i håp om å endre klimapolitikken i landet og i verden. Det protesteres med et formål om en bærekraftig politikk som kan bremse, og muligens stoppe, klimaendringene som skjer på grunn av menneskelig aktivitet.

Samtidig som flere unge og eldre tar opp kampen for å stoppe utslipp av klimagasser, dukker det opp andre som tror klimaendringene bare er tull eller overdrivelser; ofte kalt klimaskeptikere. Et mye brukt argument fra klimaskeptikere er at klimaet endrer seg av naturlige årsaker og at menneskeskapte utslipp spiller en liten, eller ingen, rolle i dette. Ved måling av temperatur kan det også argumenteres for at det ofte blir målt ulike temperaturer for samme område. Hvordan kan man da si at målingene som gjøres er pålitelige?

Gode rutiner og kontroller på observasjonsstasjoner er viktig for å beholde påliteligheten til værstasjoner. Verdens meteorologiorganisasjon (WMO) setter standarden for hvordan man kan gjøre dette på best mulig måte (WMO, 2018). For å kunne sammenligne klimaet i et gitt område over tid brukes klimanormaler. Klimanormaler fremstilles ved å beregne gjennomsnittet av værobservasjoner over en periode på 30 år. Også her setter WMO en standard for beregningen av normalene (WMO, 2017). En global standard gjør det mulig å sammenligne klimanormaler beregnet i ulike deler av verden.

NMBUs værstasjon på Ås i Viken er nesten 150 år gammel. En lang tidsserie av værparametere slik som temperatur, luftfuktighet, lufttrykk, nedbør og snødybde gjør det mulig å beregne klimaet i et område. Stasjonen på Ås står på et område som er lite påvirket av urbaniseringen som har pågått i resten av kommunen. Dette gjør det mulig å sammenligne værparametere fra langt tilbake i tid uten å måtte hensynta endringer som kan oppstå på grunn av utbygging i nærområdet. Andre endringer, slik som utskifting av måleutstyr, strålingsskjerm, ny plassering og endringer i målerutiner kan medføre endringer i temperaturmålingene som ikke kommer av faktiske temperaturendringer.

I tillegg til lange temperaturserier på Ås er stasjonen unik, med tanke på at manuelle målinger har blitt videreført selv om det ble begynt med automatiske temperaturmålinger i 1988. Også MET har en egen sensor på stasjonen som ble installert i 2010. Dette gir et stort datagrunnlag for værstasjonen på Ås som gjør det mulig å beregne påvirkningen av instrumentbytte og strålingsskjermbytte.

---

## 1.1 Målsetning med oppgaven

Formålet med denne oppgaven er å undersøke hvordan temperaturen på Ås har endret seg over det siste århundret. For å kunne si med klarhet hvor mye av endringene som kommer av at temperaturen *faktisk* har endret seg undersøkes flere av forholdene på observasjonsstasjonen. Usikkerhetsforhold som oppgaven undersøker nærmere på målemetodikk og ytre påvirkninger, samt beregningmetodikk.



---

Målestasjonen har hatt noen materielle endringer i løpet av tidsrommet; temperatursensorene som brukes på Ås er væsketermometer og PT-100 motstandstermometer. Ved å sammenligne temperaturmålingene fra de manuelle og automatiske sensorene kan det fremstilles hvor mye endringer i sensorer påvirker de målte temperaturene. Strålingsskjermen som brukes på Ås av NMBU har endret seg opp gjennom tiden. Fra 2010 til i dag har parallelle målinger blitt registrert i to ulike strålingsskjermer; en av tre og en av plast. Disse parallelle målingene sammenlignes for å avdekke hvor mye bytte av strålingsskjerm påvirker temperaturmålingene.

Klimanormalen for temperatur beregnes ved å ta gjennomsnittet av temperaturnormalene for en periode på 30 år. Dette gjennomsnittet kan beregnes på ulike måter. For å avdekke hvor mye beregningsmetode kan påvirke temperaturnormalen beregnes klimanormalen 1991-2020 med tre ulike midlinger; aritmetisk middel, Köppens formel og middel fra ekstremtemperaturene.

Stasjonen på Ås er en av få stasjoner som logger manuelle målinger parallelt med automatiske målinger. Dette gjør det mulig å undersøke om de manuelle målingene gir nok grunnlag for å beregne temperaturnormaler over en periode på 30 år.

Den daglige forskjellen mellom maksimums- og minimumstemperaturen kalles for temperaturvariasjon og er med på å forklare hvordan klimaet har endret seg. Denne variasjonen beregnes for årene 1952-2020. Videre undersøkes det hvordan vinteren på Ås har endret seg fra 1901-2020 ved å beregne antall vinterdager i året.

---

## 1.2 Forskningsspørsmål

- 1) Hvor mye har temperaturen på Ås endret seg det siste århundret? Viser det noen sesongvariasjoner?
  - 2) Har endringer i måleutstyr og strålingsskjerm ført til en uregelmessig observert temperaturendring?
  - 3) Er det tilstrekkelig med færre enn tre manuelle avlesninger per døgn for å kunne beregne klimanormaler, gitt at avlesninger skjer på gitte tidspunkter?
  - 4) Har vinterens varighet på Ås endret seg fra 1901 til 2020?
-

---

## 2 Teori

Teorien i dette kapittelet som omhandler varmeoverføring bygger på (Ahrens & Henson, 2017), (Cook, 2013), (Borgnakke & Sonntag, 2014), (Tipler & Mosca, 2008), mens teorien om klimanormaler og temperatur er hentet fra (WMO, 2017), (WMO, 2018), (MET, n.d.) og (NMBU, 2020) om ikke annet er spesifisert.

### 2.1 Jordens atmosfære

Atmosfæren er luften som ligger rundt jorden. Luft er en blanding av flere gasser. Tørr luft, dvs luft uten vanndamp, består av omtrent 78 % nitrogen ( $N_2$ ) og 21 % oksygen ( $O_2$ ). Den resterende 1 % er argon, neon, helium, hydrogen og xenon. I tillegg er det en varierende grad av vanndamp, karbondioksid, metan, nitrogenoksid og ozon i atmosfæren.

Atmosfæren kan deles inn i fire lag; troposfæren, stratosfæren, mesosfæren og termosfæren. Troposfæren starter ved jordoverflaten og strekker seg omtrent 11 km oppover. Her sirkulerer luften kontinuerlig og alt vær vi opplever på jordoverflaten oppstår i dette laget av atmosfæren. Innenfor troposfæren utveksles energi i form av varme ved fire overføringsmekanismer; elektromagnetisk stråling, varmeledning, konveksjon og fordampning.

#### 2.1.1 Elektromagnetisk stråling

Elektromagnetisk stråling er energi som overføres som elektromagnetiske bølger (Lillestøl et al., 2006). Alle legemer sender ut energi i form av stråling, men med varierende tetthet. Josef Stefan og Ludwig Boltzmann kom på slutten av 1800-tallet frem til at utstrålingstettheten er avhengig av temperaturen til legemet.

For et ideelt legeme, også kalt et sort legeme gjelder Stefan-Boltzmanns lov:

$$E = \sigma T_K^4, (1)$$

der  $E$  er utstrålingstettheten,  $T_K$  er temperatur oppgitt i Kelvin og sigma ( $\sigma$ ) er Stefan Boltzmann konstant med verdien  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4)$ . Et sort legeme er et ideelt teoretisk tilfelle, der legemet absorberer all innkommende stråling uansett bølgelengde.

I realiteten vil utstrålingstettheten for de aller fleste legemer være lavere enn i likning (1), altså er de aller fleste legemer ikke svarte legemer. Det introduseres derfor en korreksjonsfaktor epsilon ( $\epsilon$ ) som er emissiviteten til legemet. Epsilon har verdi mellom 0 og 1, der 0 betyr at all stråling reflekteres, mens 1 medfører at alt absorberes, slik som for et svart legeme (Grimenes et al., 2011). Varmeenergien som emitteres fra et legeme blir da

$$Q = \sigma \epsilon A T_K^4, (2)$$

der  $Q$  er varmefluksen emittert fra legemet og  $A$  er overflatearealet til legemet.  $A$  introduseres for å kunne beregne hvor stor den samlede utstrålte effekten fra legemet er. Max Planck viste at den utsendte strålingen fra et svart legeme avhenger av temperaturen til legemet. Dette resulterte i Planckkurver som illustrerer spektralfordelingen til svarte legemer. Den bølgelengden hvor mest energi emitteres er gitt ved Wiens forskyvningslov:

$$\lambda_{topp} = \frac{a}{T_K}, (3)$$

der  $T_K$  er legemets temperatur og  $a$  er en konstant med verdien  $a = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ Km}$ . Temperaturen til legemet avgjør om det sendes ut kort- eller langbølge stråling. Kortere bølgelengde impliserer et varmere legeme.

---

### 2.1.2 Varmeledning

Varmeledning er overføring av energi mellom molekyler som følge av temperaturgradienter. Molekylene i gass, væske og faste legemer har energi i form av kinetisk-, rotasjon- og vibrasjonsenergi. Denne energien kan overføres mellom molekylene gjennom kollisjoner mellom molekylene eller gjennom vibrasjoner, der molekyler med høyere energi og temperatur avgir energi til molekyler med lavere energi og temperatur. Varmeoverføring kan også skje innad i gass, væsker og faste legemer. Energioverføringen er gitt ved Fouriers lov

$$Q = -kA \frac{dT_K}{dx}, (4)$$

der  $Q$  er varmekraften,  $k$  er materialets evne til å lede varme oppgitt i ( $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ),  $A$  er totalt areal og  $(dT_K/dx)$  er temperaturgradienten. Minustegnet indikerer at varmen overføres fra legemer med høyere temperatur til legemer med lavere temperatur. Fra likning (4) vises det at jo større temperaturgradienten er, jo mer varme overføres.

### 2.1.3 Konveksjon

Overføring av energi ved makroskopisk bevegelse av fluider (væsker og gasser) kalles konveksjon. I atmosfæren brukes konveksjon kun for vertikale prosesser, mens det kalles adveksjon for horisontale prosesser. Konveksjon kan enten være fri eller tvunget. Ved fri konveksjon skjer varmeoverføringen som følge av temperaturgradienter som oppstår naturlig i atmosfæren. Når luften i troposfæren varmes opp av solen vil den utvide seg og bli mindre tett enn den omkringende luften og dermed stige. Den varme luften som stiger blir erstattet av kaldere og tettere luft som igjen blir varmet opp og stiger. Den stigende luften kjøles etter hvert ned og synker. Dette skaper en syklus med stigende varm og synkende kald luft. Tvungen konveksjon er når bevegelsen av fluidet kommer av en ekstern påvirkning, slik som vinden, en pumpe eller en vifte.

Varmen som overføres kan beregnes fra Newtons lov om kjøling

$$Q = Ah\Delta T, (5)$$

der  $Q$  er varmekraften,  $A$  er arealet til luften,  $h$  er varmeoverføringskoeffisienten oppgitt i ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ) og  $\Delta T$  er differansen mellom overflatetemperaturen og temperaturen til fluidet langt unna overflaten.

### 2.1.4 Fordampning

Fordampning er faseovergangen fra væske til gass. Vann i form av væske trenger energi for å endre fase til gass. Vann som befinner seg på en overflate og fordamper har en nedkjølende effekt. Dette er siden energi fra overflaten brukes av vannet for å endre fase. Energien som kreves for å fordampe en væske er gitt ved

$$Q = mL_v, (6)$$

hvor  $Q$  er fordampningsenergien,  $m$  er væskens masse og  $L_v$  er den latente fordampningsvarmen.  $L_v$  varierer ut ifra hvilken væske som fordamper. For vann ved atmosfærisk trykk er fordampningsvarmen  $L_v = 2,26 \text{ MJ/kg}$ .

## 2.2 Varmeoverføring ved jordoverflaten

De daglige variasjonene i lufttemperatur kontrolleres av innkommende strålingsenergi fra solen og utgående energi fra jorden. Jordens kontinuerlige rotasjon rundt solen med en skrå

---

rotasjonsakse i forhold til solen er årsaken til både daglige og sesongbaserte variasjoner. Stråling fra solen varmer jordoverflaten, som videre varmer et tynt lag like ved overflaten ved varmeledning. Det tynne laget er bare noen centimeter tykt, som følge av at luft er en dårlig varmeleder. Varmen fra det tynne luftlaget spres videre ved konveksjon. Temperatur måles vanligvis i en høyde mellom 1,25m og 2m for å ikke bli påvirket av den mye varmere temperaturen nær bakken enn i luften like over.

For at klimaet på jorda skal holde seg stabilt må mengden stråling absorbert av jorden være lik mengden stråling emittert ut fra jorden. Om dagen tilføres det mer stråling enn det emitteres ut av jorden, mens det om natten emitteres mer stråling enn det tilføres. Den varmeste tiden av døgnet er ikke når solen sender mest stråling til jorden, men noen timer senere. Dette er på grunn av strålingen fra jordoverflaten. Mens solen er oppe bygger bakketemperaturen seg opp grunnet energien fra solen, men på et tidspunkt etter at solen var på sitt høyeste er bakketemperaturen så høy at emisjonen overstiger mottatt energi. Den kaldeste tiden av døgnet er som regel like etter soloppgang, mens jorden enda sender ut mer energi enn solen tilfører.

## **2.3 Klimanormal**

Klimanormaler er gjennomsnittsverdier av meteorologiske observasjoner over en gitt tidsperiode. Normalene brukes hovedsakelig som en referanseindeks man kan sammenligne dagsaktuelle verdier med. Verdens meteorologiorganisasjon (WMO) har utredet en standard for hvordan slike normaler skal beregnes (WMO, 2017). En global standard gjør det mulig å sammenligne klimanormaler beregnet i ulike deler av verden.

Standarden har vært å beregne klimanormalen for en periode på 30 år uten overlapping inn i neste periode (1901-1930, 1931-1960, 1961- 1990, 1991-2020), men på grunn av en raskere endring i klimaet vil fremtidens klimanormaler overlapse hverandre i et intervall på ti år (2001-2030, 2011-2040...). 30 år ble valgt som lengden på en normalperiode for å sikre en "lang nok" dataperiode som ikke ble påvirket av kortvarige variasjoner.

## **2.4 Temperaturmålinger**

### ***2.4.1 Lufttemperatur***

Lufttemperatur defineres av WMO som temperaturen indikert av et termometer som er eksponert for luft på en skjermet plass uten direkte solstråling.

### ***2.4.2 Målestandard***

For å kunne sammenligne og analysere meteorologiske observasjoner globalt er det behov for en felles standard som må følges av alle som utfører målingene. En slik standard utredes av WMO og følges av medlemslandene, deriblant Norge.

Temperaturmålere må plasseres i en høyde mellom 1,25 m og 2m og på en slik måte at de ikke utsettes for direkte solstråling eller nedbør (MET, n.d.). Høyden er bestemt for å unngå de store temperaturgradientene nærmest jordoverflaten, mens en beskyttelse rundt skal hindre oppvarming fra solen og nedkjøling fra vanndråper. Beskyttelsen rundt kan være en skjerm eller hytte som slipper luften fritt gjennom. Området rundt instrumentene kan ha stor innvirkning på målingene. Derfor skal de befinne seg på et gressbelagt område med stor avstand til skog, vann og bebyggelse.

Manuelle avlesninger av termometrene må skje hurtig, slik at man unngår temperaturendringer som følge av avleseren. Dersom observatøren bruker for lang tid kan den målte temperaturen påvirkes av varmetstrålingen fra både pusten og kroppsvarmen til observatøren.

Det er krav til hvor nøyaktige lufttemperaturinstrumentene skal være. Måleren må kunne måle temperaturer innenfor et område på -50 til +35 °C, ha et kalibreringsområde på -30 til +30 °C og

---

ha en målenøyaktighet på  $\pm 0,1$  °C i området -10 til +10 °C og  $\pm 0,2$  °C i resten av kalibreringsområdet (Comer, 2020).

### 2.4.3 Strålingsskjermer

Som nevnt over må temperaturmålere beskyttes mot ytre faktorer som kan påvirke måleinstrumentet i større grad enn luften rundt påvirkes. Dersom måleinstrumentet utsettes for direkte solstråling vil det varmes opp i større grad enn luften rundt, samt at det også kan holde på varmen en stund etter at den direkte solinnstrålingen stopper. Nedbør i form av regn og snø kan virke nedkjølede på instrumentet som følge av fordampning.

For å beskytte måleinstrumentet mot disse ytre faktorene, brukes det strålingsskjermer. I dag er strålingsskjermer av tre, såkalte frittstående trehytter og skjermer av plast mye brukt. En standard meteorologisk instrumenthytte har følgende krav som må oppfylles for å være godkjent for å kunne måle lufttemperatur (Pedersen, 2012; WMO, 2018):

- Hytten skal være plassert i et åpent område for å unngå skygge.
- Hytten skal være hvitmalt for å reflektere solstråling best mulig.
- Hytteveggene skal ha nok lufting for at luften lett kan bevege seg gjennom hytten.
- Underlaget til hytten skal være kortklipt gress.

Måleinstrumentene brukt for klimaobservasjoner er blitt mindre over årene, noe som har ført til at MET har tatt i bruk mindre strålingsskjermer av plast for å beskytte instrumentene. Denne er sylindrerformet og har sjalusivegger som består av plastikkringer.

### 2.4.4 PT-100 Termometer

Et PT-100 termometer er et elektrisk resistans termometer, bestående av platina. Resistanstermometeret måler resistansen til en metalledning. Når metallet blir varmere, øker resistansen. For temperaturområdet mellom -80 °C til 60 °C kan resistansen representeres av Callendar-van-Dusen likningen

$$R = R_0(1 + AT + BT^2 + C(T - 100)T^3), (7)$$

der R er resistansen ved temperatur T oppgitt i °C,  $R_0$  er resistansen ved 0 °C og A, B og C er Callendar-van Dusen konstanter. For et PT-100 termometer bestående av platina er motstanden ved 0 °C  $R_0 = 100 \Omega$ . Det er et omtrent lineært forhold mellom motstanden og temperaturen. Ved -40 °C øker motstanden  $0,3952 \Omega / ^\circ\text{C}$ , mens det ved 80 grader mer på +40°C øker  $0,3863 \Omega / ^\circ\text{C}$ . PT-100 termometeret har en målenøyaktighet på  $\pm 0,1$  °C.

PT-100 termometeret i bruk av NMBU er illustrert i Figur 1.



**Figur 1:** PT-100 sensor. Foto: Signe Kroken

### 2.4.5 Væsketermometer

Termometeret består av et forseglet kapillarrør forbundet med en glasskule på den ene enden. Glasskulen og en del av røret er fylt med en væske, som regel alkohol eller kvikksølv. For å måle temperaturen i luften utenfor termometeret utnytter væsketermometer prinsippet om at de fleste væsker utvides under oppvarming og trekker seg sammen under nedkjøling. Væsken i røret stiger dermed når det blir varmere i luften og synker når det blir kaldere. Dette er blant annet beskrevet av Kvifte (1965). Væsketermometer kan brukes for å finne lufttemperaturen i det øyeblikket man leser av termometeret, samt maksimums- og minimumslufttemperatur for perioden mellom avlesninger. For å lese av kun lufttemperatur plasseres termometeret som regel vinkelrett, mens det plasseres horisontalt for maksimums- og minimumstemperaturer. Væsketermometrene i bruk ved meteorologiske værstasjoner har som regel en målenøyaktighet på  $\pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$  (Comer, 2020).

#### Maksimumstermometer

Maksimumstermometeret er basert på det samme prinsippet som et standard væsketermometer, men istedenfor å ha et jevntykt rør har termometeret en innsnevring like ved glasskulen. Når væsken varmes opp og utvider seg, presser væsken seg forbi innsnevringen i røret. En del av væsken blir liggende igjen når resten av væsken trekker seg sammen under nedkjøling. Dermed viser termometeret den høyeste temperaturen som har vært for en gitt tidsperiode. Etter avlesning må termometeret nullstilles, slik at ingen væske er igjen etter innsnevringen.

Maksimumstermometeret i bruk av NMBU er illustrert i Figur 2.



Figur 2: Minimumstermometer. Foto: Signe Kroken

#### Minimumstermometer

Minimumstermometret måler den laveste temperaturen som har oppstått innenfor en gitt tidsperiode. Alkohol er ofte brukt som termometervæske på grunn av et frysepunkt på  $-130 \text{ }^\circ\text{C}$  i forhold til kvikksølvs frysepunkt på  $-39 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kapillarrøret er jevntykt slik som for et vanlig væsketermometer, men i tillegg til væsken, inneholder røret en liten glass- eller metallstift. Når temperaturen i luften synker trekkes stiftene med væsken, men når væsken utvider seg under oppvarming blir ikke stiftene med tilbake. Dermed kan man lese av den laveste temperaturen som har oppstått. Også minimumstermometeret må nullstilles etter avlesning for å kunne finne minimumstemperaturen for neste periode.

Minimumstermometeret i bruk av NMBU er illustrert i figur 3.



Figur 3: Maksimumstermometer. Foto: Signe Kroken

### 2.4.6 Termograf

En termograf er et termometer som drives av et urverk, der temperaturen tegnes som en kurve på papir på en roterende sylinder. En mekanisk termograf inneholder en bimetallisk stripe som består

---

av to ulike metaller. De to ulike metallene oppfører seg ulikt ved oppvarming og nedkjøling. Dette fører til at det tegnes en kurve som illustrerer temperaturen (Netinbag, 2021).

Termografen på Ås er illustrert i figur 4.



*Figur 4: Mekanisk hygrottermograf. Foto: Signe Kroken.*

## **2.5 Pearsons korrelasjonskoeffisient**

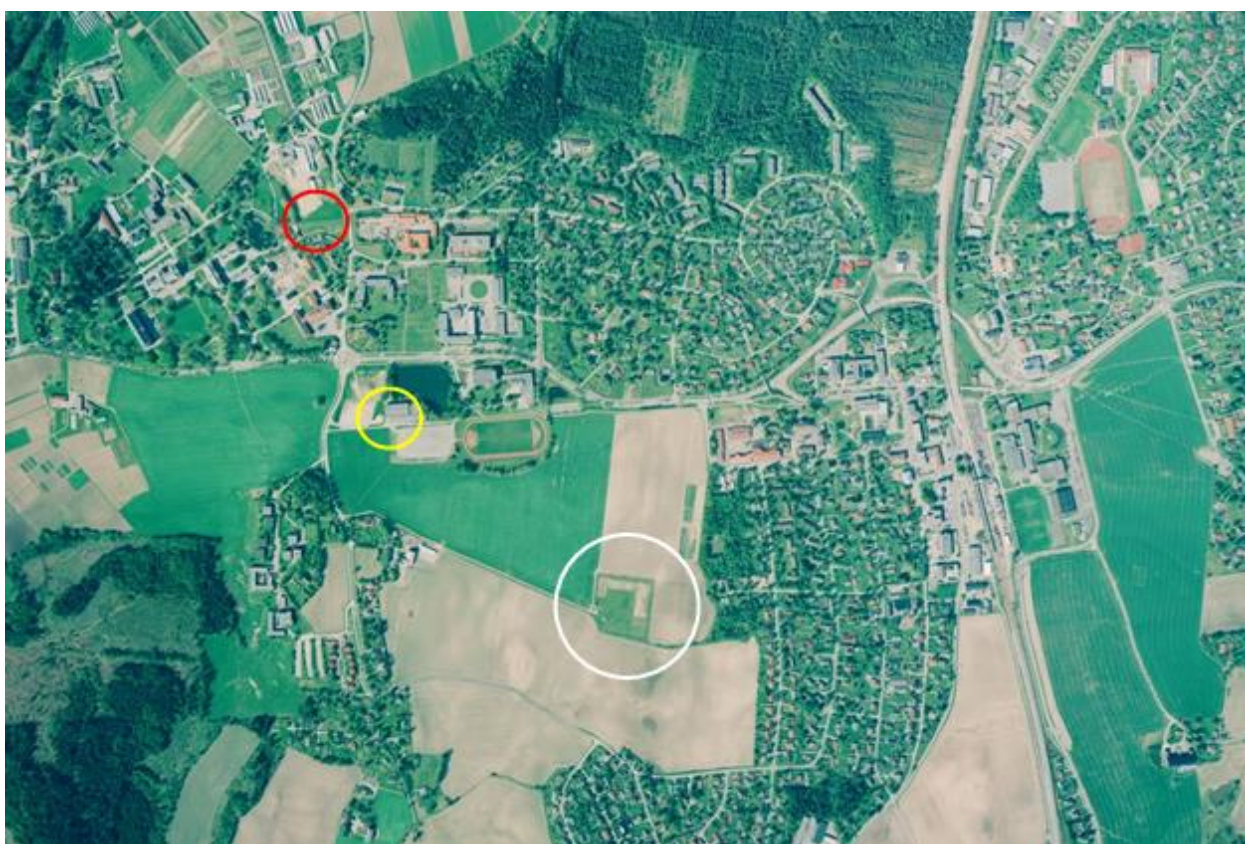
Pearsons korrelasjonskoeffisient brukes for å måle styrken av en lineær sammenheng mellom to variabler. Koeffisienten er en verdi mellom -1 til +1, som uttrykker henholdsvis negativ og positiv korrelasjon. Dersom korrelasjonskoeffisienten er 0 er det ingen korrelasjon mellom variablene.

### 3 Bakgrunn og data

I dette kapitlet beskrives historien til værstasjonen på Ås og hvordan rutineene har endret seg siden stasjonen ble etablert. I denne oppgaven ble det brukt dataserier fra to automatiske termometer på Ås; en tilhørende NMBU og en tilhørende meteorologisk institutt. Det ble også brukt data fra manuelle målere tilhørende NMBU. Disse står beskrevet videre i kapitlet.

#### 3.1 Ås feltstasjonshistorie og observasjonsrutiner

Ved Feltstasjonen for bioklimatiske studier – BIOKLIM, ved NMBU har det siden 1859 vært foretatt meteorologiske observasjoner på Ås. Det tas målinger av temperatur, vind, lufttrykk, nedbør, fordampning, luftfuktighet, stråling og varmefluks i bakken. Målestasjonen har hatt tre ulike plasseringer siden den ble satt opp for over 150 år siden. De tre lokasjonene er markert i Figur 5. Kjøkkenhagen er markert med rødt, Skogsdammen med gult og Søråsfeltet med hvit.



**Figur 5:** Oversikt over de tre plasseringene til målestasjonen på Ås. De røde ringen viser kjøkkenhagen til NMBU. Den gule ringen viser Skogsdammen og den hvite ringen viser dagens plassering på Sørås.

##### 3.1.1 Kjøkkenhagen

Til å begynne med var stasjonen plassert i det som da var kjøkkenhagen på skoleområdet. Dette tilsvarer området like bak dagens bokhandel (NMBU, 2020). Termometermålingene før 1874 gikk tapt (Kvifte, 1989), så temperaturserien på Ås startet i 1874. Lufttemperatur ble målt med et kvikksølvtermometer og en termograf med en avlesningsnøyaktighet på 0,5 °C. Denne avlesningsnøyaktigheten ble forbedret til 0,25 °C når det ble tatt i bruk en ny termograf i 1910. Fra 1874 – oktober 1881 ble lufttemperaturen målt hver dag klokken 06, 13 og 20 UTC, mens det fra november 1881 ble avlest klokken 07, 13 og 19 UTC. Et minimumstermometer ble brukt for å måle minimumstemperatur klokken 07 UTC hver dag, mens et maksimumstermometer ble brukt for å måle maksimumstemperaturen på kvelden (Gjelten, 2012).

Strålingsskjermen brukt for å beskytte sensorene var trolig en vegghegt skjerm eller et vegghegt bur de første årene. I 1860 besto skjermen bare av en åpen ramme med et tak over, men i 1867



skal skjermen ha blitt oppdatert til et bur for å bedre skjerme for direkte solstråling, nedbør og vind (P. Ø. Nordli et al., 1996). En gang før 1903 ble strålingsskjermen byttet til en frittstående "Wildsk" hytte, der måleinstrumentene ble plassert i en høyde på 1,6 m. I 1915 ble den "Wildske" hytten byttet ut med en annen trehytte (Gjelten, 2012). I Figur 6 vises stasjonen i kjøkkenhagen, men det er ukjent hvilket år bildet er fra. Hytten på bildet er trolig den "Wildske" hytten.

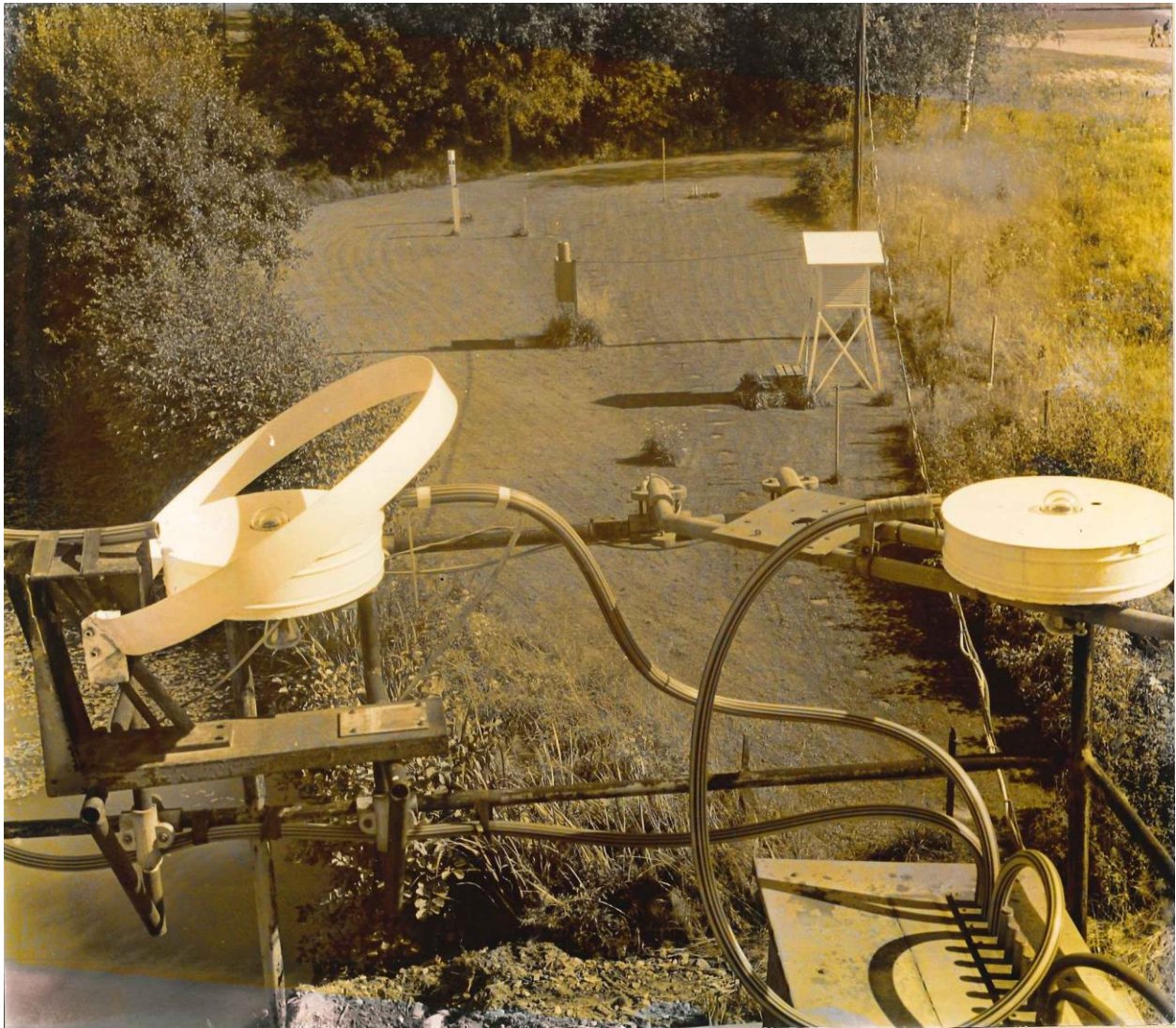


**Figur 6:** Målestasjonen i kjøkkenhagen.

### **3.1.2 Skogsdammen**

I 1918 ble stasjonen flyttet til skogsdammen med koordinatene 59°41' N, 10°46' Ø, 95,3 moh (NMBU, 2020). Skogsdammen-stasjonen er vist i Figur 7 og var et flatt område med kortklipt gress, der strålingsskjermen med måleapparatene var plassert omtrent 10 m sør for en 2m dyp dam med arealet på 1000 m<sup>2</sup>. Om sommeren fungerte dammen som et varmereservoar, noe som kan ha påvirket temperaturmålingene, men på grunn av størrelsen på dammen ville trolig ikke påvirkningen være veldig stor (Hansen, 1982). Til øst og vest for skjermen var det en samling av løvtrær og busker. Det var også to små hus omtrent 15 og 25 m unna stasjonsområdet (Hansen, 1982).

Lufttemperatur ble målt med de samme sensorene og strålingsskjerm som i kjøkkenhagen, men de ble nå plassert i en høyde på 1,8 m. Høyden endret seg igjen i 1931 til 2,1 m. I 1951 ble strålingsskjermen byttet ut med en trehytte av typen MI-46 (Gjelten, 2012). Trehytten av type MI-46 ble designet i 1946 og har doble sjalusivegger og dobbelt tak for å beskytte mot direkte stråling fra solen og nedbør, samtidig som det slippes luft gjennom hytten. Hytten har gulv for å minimere mengden kortbølget stråling fra bakken (P. Ø. Nordli et al., 1996). Lufttemperatur ble målt tre ganger daglig; klokken 07, 13 og 18 UTC fra 1920-1948 og klokken 07, 12, 18 UTC fra 1949. Kveldstemperaturen og helgetemperaturene ble ikke avlest på væsketermometrene, men fra termogrammet. Maksimumstemperatur og minimumstemperatur ble målt daglig. Fra 1938 ble minimumstemperaturen målt fra klokken 18 - 18 UTC istedenfor 07 – 07 UTC.



*Figur 7: Målestasjonen Skogsdammen i 1972.*

### ***3.1.3 Søråsfeltet***

Siden 1983 har observasjonsstasjonen befunnet seg på Sørås i Ås kommune, med koordinatene 59°40' N, 10°51' Ø, 93.3 moh. Stasjonen er vist i figur 8 og ligger slik til at den i liten grad har blitt påvirket av urbaniseringen som har foregått siden 1983 i resten av kommunen. Hele feltet dekker et areal på 12 dekar og ligger i sentrum av et åkerfelt på 500 dekar. Den korteste avstanden til skog og bebyggelse er på 200 m. Gresset på feltet holdes kortklipt.



**Figur 8:** Målestasjonen Søråsfeltet. Foto:NMBU

I 1978 ble det anskaffet et automatisk måleinstrument av typen PT-100 som registrerer lufttemperatur, maksimumstemperatur og minimumstemperatur. På grunn av manglende standardisering for lagring og lesing av automatisk generert data gikk mye tapt. Det er først fra 1988 at det er tilgjengelig data fra de automatiske målingene (Gjelten, 2012). Temperaturene registreres hvert tiende sekund og middelverdien for hvert tiende minutt lagres. Fra timinutterdataene beregnes timesverdier, som igjen er grunnlaget for beregning av døgnverdier. Maksimumstemperatur beregnes som den høyeste timinuttersverdien for lufttemperatur som er registrert mellom klokken 00.00 og påfølgende midnatt, mens minimumstemperaturen berignes som den minste timinuttersverdien.

Selv om det ble satt opp automatiske måleapparater fortsatte NMBU med de manuelle temperaturmålingene parallelt med de automatiske. Fra 1991 til januar 2004 er det opp til to manuelle lufttemperaturmålinger om dagen, en tidlig på morgenen og en senere på dagen. Fra februar 2004 til 2020 er det kun en måling om dagen. Avlesningen skjer hovedsakelig rundt klokken 07 UTC, men noen dager er det lest av senere. Maksimums- og minimumstemperaturene leses av til samme tid som lufttemperaturene. Det er ikke utført avlesninger i helger og helligdager. Både det automatiske og de manuelle instrumentene er plassert i to meters høyde i en standard meteorologisk trehytte av typen MI-46 som er vist i figur 9. I figur 10 er innsiden av trehytten med termometrene vist. I 2018 ble det satt opp et digitalt termometer av typen Testo 176 T2 som skal erstatte de manuelle termometrene (Kroken, Personlig kommunikasjon, jan-jun 2021).



**Figur 9:** Strålingsskjermene på Søråsfeltet. Trehytten til venstre er av typen MI-46, mens plastskjermen til høyre er av typen MI-2001b. Foto: Signe Kroken



**Figur 10:** Innsiden av trehytten på Søråsfeltet. Foto: Signe Kroken

I mars 2010 begynte MET med egne værobservasjoner parallelt med NMBUs målinger på Søråsfeltet. Frem til da hadde MET mottatt data fra NMBUs instrumenter. MET plasserte tre PT-100 sensorer på stasjonen. PT-100 sensorene fra MET logget temperaturen hver hele time, der timesverdiene var gjennomsnittsverdien for det siste hele minuttet før hver time. En av sensorene ble plassert i trehytten sammen med NMBUs sensor. En andre sensor ble plassert i en plastskjerm av typen MI-2001b med koordinatene 59,6605 N, 10,7818 Ø, 92 moh. Strålingsskjermen av plast er vist i figur 9 og er sylindrerformet med doble sjalusivegger. Den tredje sensoren ble plassert i en ventilert strålingsskjerm. Dataene fra den ventilerte strålingsskjermen er trolig tapt (Wolff, Personlig kommunikasjon, jan-jun 2021).

---

## 3.2 Døgndefinisjon

Et kalenderdøgn er en periode på 24 timer som starter klokken 00 og ender klokken 24 samme dag. I meteorologien er det ikke gitt at døgndefinisjonen er det samme som et konvensjonelt kalenderdøgn. Et temperaturdøgn er definert som tiden fra klokken 18 UTC en dag, til 18 UTC neste dag. Temperaturdøgnet brukes for å finne et døgns minimum- og maksimumstemperaturer. Årsaken til disse avvikende døgndefinisjonene er at døgnets kaldeste periode som regel er sent på natten eller tidlig om morgenen like etter at solen er kommet til syne, mens den varmeste perioden vanligvis er på ettermiddagen (Sivle, 2017).

Et temperaturdøgn har ikke alltid vært fra 18-18 UTC i Norge. Frem til 1893 ble minimumstermometer nullstilt klokken 19 UTC og avlest klokken 07 UTC. Denne avlesningen gav ikke den faktiske minimumstemperaturen i en periode på 24 timer, men den minste temperaturen observert om natten. Fra 1893 til 1937 var standarden å måle minimumstemperaturen fra klokken 07 UTC til samme tiden neste dag. Svakheten med å måle minimumstemperaturen i dette tidsrommet er at den kaldeste temperaturen ofte oppstår tidlig om morgenen. En kald natt/morgen kan derfor påvirke minimumstemperaturen avlest for to dager, selv om temperaturen i realiteten bare oppsto en gang. Praksisen for observasjon av minimumstemperatur ble derfor endret på nytt i 1937. Termometeret skulle da bli avlest to ganger i løpet av dagen; klokken 07 og 18 UTC. Fra 1938 ble definisjonen av et temperaturdøgn endret til å være fra klokken 18 – 18 UTC, slik som den er i dag (P. Ø. Nordli, 1997).

Hvilken døgndefinisjon som brukes har mye å si for hvilke maksimums- og minimumstemperaturer som blir gjeldende og det kan gi utslag under beregningen av daglige og månedlige middelerverdier. De automatiske målingene fra Ås har en døgndefinisjon på klokken 00:10 til 00:10 CET, mens dagbokdataene regner et døgn fra omtrent klokken 07:00 – 07:00 UTC.

## 3.3 Homogenisering av temperaturdata

Historiske temperaturserier spiller en viktig rolle; ikke bare for å kunne si noe om været og klimaet som har vært, men også for å kunne beregne hvordan klimaet vil se ut frem i tid. For å kunne bruke temperaturmålingene er det viktig at målingene er av god kvalitet. Det er ønskelig at dataseriene reflekterer den faktiske temperaturen, uten påvirkning av hvilken type sensor eller strålings skjerm som var brukt.

Når det gjøres endringer i, eller rundt en målestasjon kan dette føre til endringer i målt temperatur og brudd i tidsserien. For å justere for forholdene som kan ha påvirket den målte temperaturen homogeniseres temperaturserien. Dataene skal representere naturlige variasjoner i vær og klima. Å homogenisere historiske temperaturserier er et omfattende arbeid og det er flere ulike homogeniseringsprogrammer i bruk, slik som Homer og Climatol. Helt generelt bruker programmene én eller flere nabostasjoner som referanser for å finne brudd i tidsserien til stasjonen som undersøkes. Brudd i tidsserien markeres og dersom det er mulig justeres de for (Gjelten, personlig kommunikasjon, jan-jun 2021).

MET publiserte i 2020 en rapport som omhandlet homogenisering av norske temperaturserier (Kuya et al., 2020). Rapporten går inn på ulike metoder for homogenisering og presenterer et nytt homogenisert datasett, som fungerte som grunnlaget for å beregne den nye klimanormalen i Norge. For stasjonen på Ås ble det oppdaget og justert for fire brudd i serien. I 1969 ble strålingshytta malt, som førte til et brudd som det ble justert for med  $-0,11$  °C i året. I 1983 ble stasjonen flyttet fra Skogsdammen til Søråsfeltet som førte til en justering på  $-0,21$  °C i året. Et brudd som følge av midlertidig nedstengning ble justert for med  $-0,19$  °C i 1987, mens det fjerde bruddet var i 1996 som følge av automatisering av stasjonen. Sistnevnte brudd ble justert for med  $-0,13$  °C (Kuya et al., 2020).

I 2012 utførte Herdis Gjelten en homogenisering av temperaturserien på Søråsfeltet (Gjelten, 2012). Det ble funnet fem brudd som det ble justert for; i årene 1894, 1918, 1925, 1967 og 1983. I 1918 ble stasjonen flyttet fra Kjøkkenhagen til Skogsdammen som førte til et skift i temperatur på omtrent  $-0,2$  °C. Stasjonen ble i 1983 flyttet til Søråsfeltet og skiftet i temperaturen var omtrent  $-0,2$  °C. Alle justeringene av temperaturserien lå mellom  $-0,4$  °C og  $0,5$  °C (Gjelten, 2012).

Forskjellene mellom homogeniseringen utført i 2012 og 2020 for samme stasjonen kan komme av hvilket homogeniseringsprogram som ble brukt. MET brukte Homer, mens Gjelten benyttet SNHT og programmet AnClim.

### 3.3.1 Hull i datagrunnlaget og fjerning av usannsynlige verdier

De manuelle observasjonene fra NMBU tas på morgenerne i ukedagene og registres skriftlig i dagbøker. Det mangler målinger for både midt på dagen og kvelden, samt helger og helligdager. Maksimums- og minimumstemperaturene som måles er den høyeste og laveste temperaturen fra tidligere møtetidspunkt.

Siden de manuelle målingene skrives ned av mennesker vil det også være muligheter for menneskelige feil i loggføringen av dataene. Underveis i arbeidet med å overføre de manuelle målingene digitalt ble det oppdaget flere små og store feil. Noen av disse feilene, slik som feil plassering av dataene i dagbøkene ble rettet på underveis, mens andre var vanskelige å tolke og ble derfor markert for senere inspeksjon. Feilene og endringene gjort ble dokumentert i et eget Excel-dokument.

De automatiske målingene kan også inneholde både feil og anomalier, selv om loggingen utføres automatisk. Det er generelt enklere å se direkte at en eller flere timesverdier ikke stemmer, enn det er å se at et døgn er feil. Ettersom døgnverdiene beregnes fra timesverdiene vil feil i timesdataene overføres til døgndataene. Dersom en maksimumsverdi er mye større enn alle de andre verdiene den dagen vil de tas med videre som døgnets maksimum. Verdier som ikke virker realistiske fjernes derfor fra timesgrunnlaget. For å oppdage disse anomaliene og rette på det i selve timesdatagrunnlaget visualiseres datapunktene i punktplot og det kjøres en analyse der de tre nærmeste temperaturverdiene sammenlignes. Verdier som skiller seg ut med mer enn  $+10$  eller  $-10$  °C fra medianen til verdiene rundt fjernes. Dette er siden det er høyst usannsynlig at temperaturen endrer seg så mye fra en time til en annen.

For årene 1991-1993 i de automatiske målingene finnes det ikke timesdata for maksimums- og minimumstemperaturen, men det finnes døgndata for de samme parameterne. 1994 har en stor andel hull for maksimums- og minimumsdata som vist i Tabell 1. Det er 1452 tilfeller fra totalt 8652 der maksimumstemperaturen mangler. Minimumstemperaturene har ikke verdier som mangler på samme måten som maksimumstemperaturene, men det er 4155 tilfeller der temperaturen er logget som -1 og 1474 tilfeller der temperaturen er logget som 0. Ingen av de andre årene etter 1994 hadde i nærheten av så mange tilfeller der temperaturen var nøyaktig -1 eller 0. Derfor antas det at dette ikke er reelle temperaturmålinger.

**Tabell 1:** Hull og repeterende verdier  $LT_{min}$  og  $LT_{max}$  for 1994

	$LT_{max} = \text{NaN}$	$LT_{min} = -1$	$LT_{min} = 0$
1994	1452/8652	4155/8652	1474/8652

Tabellene under viser antall dager med ingen data eller ufullstendig datagrunnlag i de automatiske målingene på timesformat. Dager oppført i disse tabellene er dager som mangler alt fra 1 til 24 timer. Grønne celler er måneder der ingen dager mangler, gule celler er måneder som mangler mellom 1 – 6 fullstendige dager og røde celler er måneder som mangler mer enn 6 fullstendige dager.

**Tabell 2:** Dager som mangler lufttemperaturer i timesdata for de automatiske målingene fra Ås i perioden 1991-2020.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager
1991	13		14	2		4	19	5	11			1
1992	2	1	2			16	10	15	10			1
1993	12	1	2	3	6	4		2	2	11	9	9
1994	5	1		2			2	4	3	1		
1995							1	1		1		
1996						1						
1997									3			
1998								2				
1999												
2000												
2001												
2002								7	2			
2003	1											2
2004												
2005												
2006								4				
2007												
2008												
2009												
2010									2			
2011												
2012												
2013												
2014				1								
2015	1						1					
2016				17								
2017										2		
2018												
2019							1			3		
2020	1			1								

Under analysen av mengden hull i datagrunnlaget for maksimum og minimumstemperaturer ble det tatt hensyn til celler der det ikke var verdier, men koden tar ikke hensyn til repeterende verdier. På grunn av dette kan ikke 3 og 4 stå selvstendig, da de ikke illustrerer faktiske datamangler uten tabell 1.

**Tabell 3:** Dager som mangler minimumstemperaturer i timesdata for de automatiske målingene fra Ås i perioden 1991-2020.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager
1991	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1992	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1993	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1994	5	1		2			2	4	3	1		
1995							1	1		1		
1996						1						
1997									1			
1998												
1999												
2000												
2001												
2002								7	2			
2003	1											2
2004												
2005												
2006								4				
2007												
2008												
2009												
2010									2			
2011												
2012												
2013												
2014				1								
2015	1						1					
2016				17								
2017										2		
2018												
2019							1			3		
2020	1			1								



**Tabell 4:** Dager som mangler maksimumstemperaturer i timesdata for de automatiske målingene fra Ås i perioden 1991-2020.

Kolonne1	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager	dager
1991	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1992	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1993	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1994	5	28	31	2			2	4	3	1		
1995							1	1		1		
1996						1						
1997									2			
1998												
1999												
2000												
2001												
2002								7	2			
2003	1											2
2004												
2005												
2006								4				
2007												
2008												
2009												
2010									2			
2011												
2012												
2013												
2014				1								
2015	1						1					
2016				17								
2017										2		
2018												
2019							1			3		
2020	1			1								

På MET fyller de hull i datagrunnlaget på månedsbasis. Datagrunnlaget fra den automatiske stasjonen på NMBU mangler ikke fullstendige måneder. Det er med bakgrunn i dette blitt antatt at interpolering ned på times og døgnnivå for det konkrete datasettet ikke vil ha stor påvirkning på normalen for en periode på 30 år.

De manuelle dataene mangler hele måneden for september 2003. Maksimums- og minimumsverdiene er for denne måneden blitt hentet fra de automatiske dataene. Ettersom den automatiske stasjonen kan regnes som nærmeste nabostasjon til den manuelle. Temperaturseriene har blitt sammenlignet for resten av 2003 for å undersøke om det var nødvendig å justere maksimums og minimumstemperaturene før de ble brukt til å fylle hull. Maksimums- og minimumstemperaturene registrert over helgene gir et bilde av hvordan temperaturen har vært over helgen og det korrigeres derfor ikke for dette i dataserien.

## 4 Metode

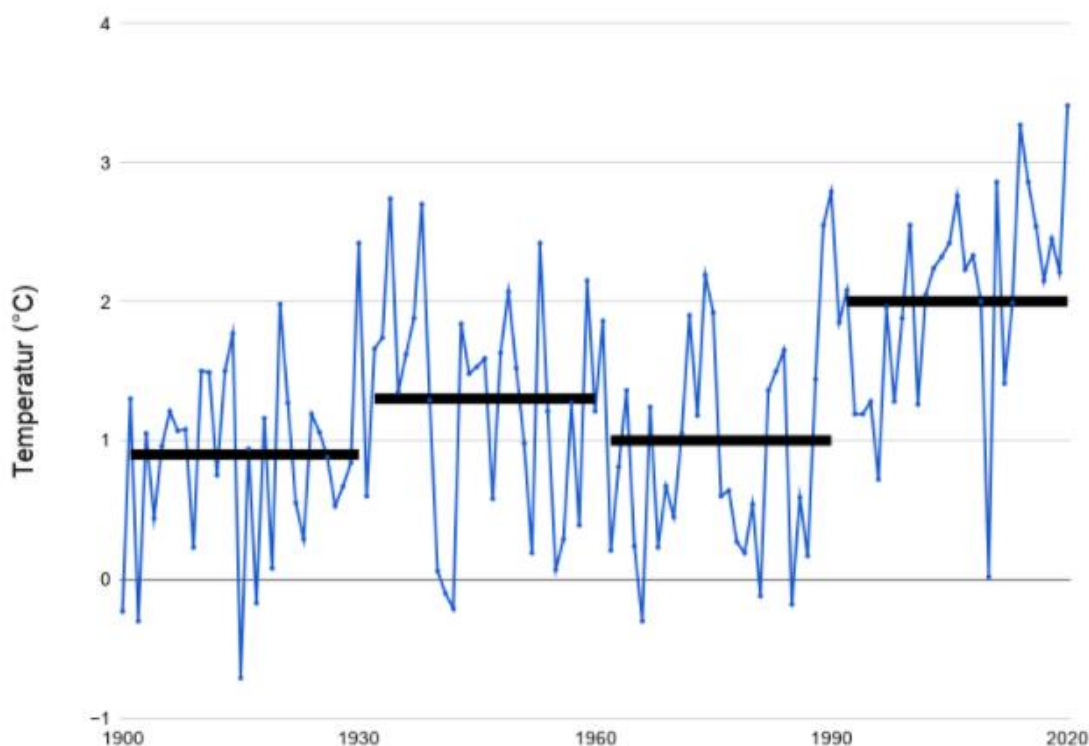
Koden som ble brukt for store deler av beregningene i denne oppgaven er tilgjengelig i GitLab: <https://gitlab.com/kristkri/masteroppgave-kristine-bjornsen-kode>.

### 4.1 Klimanormaler

I Norge er det MET som beregner de offisielle klimanormalene for de norske stasjonene. Det er beregnet normaler for periodene 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 og 1991-2020 for observasjonsstasjoner med tilstrekkelig data. Det er satt en anbefaling fra WMO at det skal foreligge målinger for minst 80 % av årene for at normalene skal beregnes. I Norge følges denne anbefalingen, i tillegg til at hull i dataserien fylles og det utføres homogenisering for å justere for endringer i og rundt stasjonen. Fremtidige klimanormaler kommer til å bli beregnet hvert 10. år for en periode på 30 år; altså vil neste klimanormal gjelde for 2001-2030 (MET, 2021b).

#### 4.1.1 Normaler Norge

Når den første klimanormalen ble beregnet for 1901-1930 lå gjennomsnittstemperaturen i Norge like under 1 °C. I perioden 1931-1960 økte temperaturen og i 1961-1990 fikk Norge en kaldere periode som lignet mer på perioden 1901-1930. Den nyeste normalperioden for 1991-2020 viser en kraftig økning på rundt 1 °C på landsgjennomsnitt. De fire normalperiodene på landsbasis illustreres i Figur 11, der de fire sorte strekene er normalperiodene fra 1901 til 2020 og de blå strekene illustrerer hvor mye varmere eller kaldere årstemperaturen var i forhold til normalen.



**Figur 11:** Gjennomsnittstemperaturen i Norge fra 1900 til 2020. Hver sorte strek er en normalperiode som går over 30 år, mens de blå linjene viser hvor mye varmere eller kaldere årstemperaturen var i forhold til normalen. Illustrasjonen er hentet fra meteorologisk institutt (MET, 2021b).

#### 4.1.2 Normaler Ås (stasjonsnummer 17850)

De offisielle klimanormalene for stasjonen på Ås er beregnet av MET. I perioden MET ikke hadde en egen stasjon på Ås, brukes dataene fra NMBUs dataserie. Temperatur- og nedbørs-verdiene homogeniseres og hull fylles ved bruk av interpolering før klimanormalene beregnes.

Tabell 5 viser middeltemperaturene på Ås for perioden 1901-1930. Tallene til venstre er hentet fra rapporten "Klimaet i Ås" fra Heldal (1975). Temperaturverdiene brukt under utregningen av denne klimanormalen er trolig ikke homogenisert. Derfor ble de homogeniserte temperatur månedsmidlene for Ås hentet ut fra norsk klimaservicesenter. Normalen ble beregnet med aritmetisk middel og presenteres i tabell 5 til høyre. Januar, februar, mars og desember har negativ middeltemperatur, mens de resterende månedene har positive temperaturer. Differansen mellom de to normalene spenner fra 0,1 °C til 0,5 °C.

**Tabell 5:** Normalperioden 1901-1930 Ås temperatur fra (Heldal, 1975) og homogenisert temperatur.

	Middeltemperatur 1901-1930 [ °C]	Middeltemperatur 1901-1930 homogenisert [ °C]
Januar	-4,0	-4,2
Februar	-3,5	-3,7
Mars	-0,7	-1
April	3,9	3,6
Mai	9,5	9,3
Juni	13,8	13,3
Juli	16,4	15,9
August	14,3	13,8
September	10,3	10,4
Oktober	5,2	5,3
November	0,0	0,1
Desember	-3,3	-3,4

I tabell 6 og 7 er middeltemperatur og nedbør for perioden 1931-1960, 1961-1990 og 1991-2020 presentert. I tabell 6 kommer det frem at perioden 1991-2020 er første perioden der mars har positiv middelverdi. Middelnedbør på Ås har generelt økt fra perioden 1931-1960 til 1991-2020.

**Tabell 6:** Temperaturnormalene for Ås for periodene 1931-1960 (Wolff et al., 2020), 1961-1990 (Aune, 1993) og 1991-2020 (Gjeltten, personlig kommunikasjon, jan-jun 2021).

	Middeltemperatur 1931-1960 [ °C]	Middeltemperatur 1961-1990 [ °C]	Middeltemperatur 1991-2020 [ °C]
Januar	-5,2	-4,8	-2,9
Februar	-4,6	-4,8	-2,5
Mars	-1,2	-0,7	0,6
April	4,3	4,1	5,5
Mai	10,2	10,3	10,7
Juni	14,4	14,8	14,5
Juli	16,8	16,1	16,8
August	15,6	14,9	15,7
September	10,9	10,6	11,5
Oktober	5,7	6,2	6,1
November	0,9	0,4	1,8
Desember	-2,3	-3,4	-1,9

**Tabell 7:** Nedbørnormalene for Ås for periodene 1931-1960 (Wolff et al., 2020), 1961-1990 (Førland, 1993) og 1991-2020 (Gjelten, personlig kommunikasjon, jan-jun 2021).

	Middelnedbør 1931-1960 [mm]	Middelnedbør 1961-1990 [mm]	Middelnedbør 1991-2020 [mm]
Januar	55	49	65,5
Februar	34	35	49,8
Mars	27	48	44,7
April	48	39	49,6
Mai	49	60	62,1
Juni	70	68	76,9
Juli	79	81	82,1
August	96	83	96,3
September	86	90	89,8
Oktober	86	100	104,5
November	83	79	99,1
Desember	72	53	71,5

## 4.2 Beregning av klimanormal for Ås 1991-2020

En temperaturnormal er et gjennomsnitt av temperaturobservasjonene over en periode på 30 år. Gjennomsnittet kan beregnes ved flere ulike metoder og metoden man velger kan gi forskjellige utslag i resultatet. For å undersøke hvor mye beregningsmetoden kan påvirke normalresultatet brukes automatiske og manuelle data fra Søråsfeltet på Ås som grunnlag i beregningen av temperaturnormaler for 1991-2020. Alle beregningene utføres i programmeringsverktøyet "Python".

### 4.2.1 Aritmetisk middel og Köppens formel

For automatiske stasjoner der temperaturmålinger sendes inn gjennom hele døgnet er det ganske rett frem å beregne middelveier ved bruk av aritmetisk middel. Månedsmiddeltemperaturen  $T_m$  beregnes med likningen for aritmetisk middel:

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (8)$$

der alle verdiene  $T_i$  summeres sammen og divideres på antall verdier  $n$ . Månedsmidlene for 30 år legges sammen for å beregne temperaturnormalen.

For eksisterende manuelle stasjoner og historiske dataserier der målingene som regel ble registrert på tre gitte tidspunkt i løpet av dagen er datagrunnlaget for svakt for å kunne bruke aritmetisk middel. Norge har siden 1890 brukt Köppens formel som en standard for utregning av månedlig gjennomsnittstemperatur fra manuelle målinger (Tveito, 2008). Formelen brukes der det ikke er tilstrekkelige mengder data for å beregne en aritmetisk månedligmiddelveier. Den gjennomsnittlige månedstemperaturen  $T_m$  beregnes som:

$$T_m = T_f - k(T_f - T_n), \quad (9)$$

der  $T_f$  er månedsmiddel av tre temperaturer målt på morgenen, midt på dagen og kvelden,  $T_n$  er månedlig middel av daglig minimumstemperatur og  $k$  er en konstant kalt Köppens konstant. Köppens konstant korrigerer for temperaturodringer i løpet av dagen og varierer med måned og observasjonssted (Tveito, 2008).

K-verdiene varierer ut ifra lokasjon, måned og tidspunktet for observasjonene. I denne oppgaven brukes k-verdiene beregnet av Herdis Gjelten i 2012 for Ås og er vist i tabell 8. K-verdiene er

beregnet fra timesdata fra perioden 1995-2011 og gjelder for en døgndefinisjon fra 18-18 UTC og observasjonstidene 06, 12 og 18 UTC (Gjelten, 2012). Dersom man velger andre observasjonstider eller døgndefinisjon må k-verdiene tilpasses dette.

*Tabell 8: k-verdier for Søråsfeltet på Ås beregnet av Herdis Gjelten i 2012 for perioden 1949-2012 (Gjelten, 2012).*

<b>K-verdier for Ås beregnet for perioden 1949-2012. Hentet fra: (Gjelten, 2012)</b>	
<b>Måned</b>	<b>k-verdi</b>
Januar	0,07
Februar	0,08
Mars	0,10
April	0,18
Mai	0,21
Juni	0,22
Juli	0,22
August	0,20
September	0,13
Oktober	0,08
November	0,08
Desember	0,06

#### **4.2.2 Datapresisjon og avrunding**

Nøyaktigheten av temperaturmålingene varierer, noe som fører til temperaturverdier med ulikt antall signifikante desimaler. For at middelverdiene en beregner skal kunne sammenlignes med andre middelverdier har WMO satt en standard for avrunding under beregningene.

Temperaturverdiene skal rundes av til en desimal før kalkuleringen av månedsnormalen, ved en "ties to even" metode (WMO, 2017). "Ties to even" betyr at det rundes av til nærmeste partall. De fleste programmeringsverktøy har en innebygd funksjon som gjør dette.

#### **4.2.3 Beregning av temperaturnormal fra automatiske målinger**

For hele perioden 1991-2020 finnes det automatiske målinger av lufttemperatur, både som timesdata og døgndata. Fra og med 1995 er også maksimum- og minimumstemperaturer tilgjengelig for hver time. I årene før, 1991-1994, finnes ekstremverdiene kun som døgndata

Månedlig middeltemperatur ble beregnet fra både timesverdier og døgnerverdier ved bruk av aritmetisk middel. Middeltemperaturene ble beregnet ved å først beregne døgnmidler for så å finne månedsmidlene og ved å beregne månedsmiddel direkte fra timesverdiene. De ulike metodene ga det samme resultatet. Månedsmidlene ble lagt sammen for en periode på 30 år fra 1991-2020.

For å undersøke hvordan bruk av Köppens formel påvirker temperaturnormalen for samme perioden, brukes automatiske timesverdier for å simulere manuelle målinger. Köppens formel brukes på data fra stasjoner med tre lufttemperaturmålinger i døgnet, samt døgnerverdier for minimumstemperaturmålinger. Det ble produsert et nytt datasett med lufttemperaturene målt klokken 06, 12 og 18 UTC og døgndefinisjonen ble endret fra 00:10-00:10 til 18-18 UTC. Døgndefinisjonen endres for å tilpasse minimumstemperaturene til k-verdiene som brukes i beregningene. Lufttemperaturverdiene og minimumstemperaturene brukes i Köppens formel som

---

forklart i kap 4.2.1 og k-verdiene brukt under beregningen er beregnet av Herdis Gjeltén og er oppgitt i Tabell 8.

Videre benyttes maksimums- og minimumstemperaturene under beregningen av temperaturnormalen for å undersøke hvor mye dette kan påvirke resultatet. Manuelle stasjoner med mindre enn tre lufttemperaturmålinger i døgnet har ikke tilstrekkelig datagrunnlag for verken beregninger med aritmetisk middel på lufttemperaturmålingen eller ved bruk av Köppens formel. Dersom stasjonen har maksimums- og minimumstemperaturer for hvert døgn kan det allikevel beregnes en månedsmiddeltemperatur med bruk av daglig gjennomsnitt fra maksimums- og minimumstemperaturene.

De automatiske målingene på timesbasis kjøres gjennom en funksjon for å endre døgndefinisjonen fra 00:10 – 00:10 til temperaturdøgn med start og slutt klokken 18 UTC. Dette gjøres for å kunne sammenligne temperaturnormalene med hverandre, siden temperaturverdiene påvirkes av døgndefinisjonen. Videre brukes de nye maksimums- og minimumstemperaturene til å finne dagsmidler ved å beregne gjennomsnittet av maksimums- og minimumstemperaturene. Det vil si summen av maksimums- og minimumstemperatur delt på to. Månedsmidlene beregnes ved å legge sammen de daglige midlene og dele på antall dager med i beregningen. Det beregnes også en middeltemperatur for 1991-2020 med et temperaturdøgn som går fra 7-7 UTC for å kunne sammenligne resultatene med resultatet fra de manuelle målingene.

For årene 1991-1994 er det ikke mulig å endre døgndefinisjonen for minimumstemperaturene på grunn av manglende timesdata. For disse årene brukes det derfor minimumstemperaturer fra de automatiske døgndataene med den gamle døgndefinisjonen.

#### ***4.2.1 Beregning av temperaturnormal fra manuelle målinger***

De manuelle målingene på Ås har blitt videreført for å kontrollere de automatiske målingene. Som følge av dette har temperaturen gått fra å måles tre ganger daglig til en gang daglig. De manuelle lufttemperaturmålingene gir derfor et for svakt datagrunnlag for å kunne beregne månedsmidler for stasjonen. Maksimums- og minimumstemperaturene brukes derfor for å reflektere daglig gjennomsnittstemperatur ved summere maksimums- og minimumstemperaturen for en dag og dividere på to. Døgndefinisjonen går fra omtrent 07-07 UTC på de manuelle målingene og det er ikke muligheter til å endre på dette.

Lufttemperatursensoren er mer nøyaktig enn maksimums- og minimumstermometrene. Derfor leses både ekstremtemperaturen og lufttemperaturen ved måletidspunktet av på maksimums- og minimumstermometrene. De registrerte avvikene brukes for korreksjon av ekstremtemperaturene etter standard prosedyre fra MET (Wolff, Personlig kommunikasjon, jan-jun 2021). Den korrigerte maksimumstemperaturen er avlest maksimumstemperatur pluss medianen av daglig differansene mellom lufttemperatur fra de to sensorene over en måned. Minimumstemperaturen blir korrigert på samme måten.

### **4.3 Utskifting fra manuelle til automatiske stasjoner**

I Norge har det foregått en utskifting fra manuelle- til automatiske observasjonsstasjoner. Automatiske stasjoner sender hyppigere inn målinger og gir dermed et mye større datagrunnlag enn manuelle stasjoner. Under utskiftingen ble de manuelle måleapparatene byttet til et motstandstermometer. I forbindelse med endringen byttes ofte også strålingsskjermen fra den tradisjonelle trehytta til en plastskjerm. Flytting av stasjonen kan også forekomme. Endringene på stasjonen og omgivelsene rundt kan ha en innvirkning på målingene. Som nevnt tidligere ble det påbegynt automatiske målinger på stasjonen på Ås i 1978. Motstandstermometeret ble plassert i trehytten sammen med de manuelle sensorene, altså forekom det ikke en endring av strålingsskjerm eller plassering.

---

For å estimere hvor store temperaturendringer som kan forventes ved overgang fra manuelle til automatiske instrumenter er det gjennomført en litteraturstudie. Det ble lagt spesielt vekt på rapporter og analyser fra norske stasjoner der en slik overgang har funnet sted. I tillegg analyseres i foreliggende arbeid fra maksimums- og minimumstemperaturdataene for årene 2011 og 2018, der de manuelle og automatiske dataene overlapper og det er lite data som mangler.

Som nevnt over i kapittel 3.1.3 , gjennomføres de manuelle målingen på Ås hver morgen fra mandag til fredag. Dette gir en døgndefinisjon fra 07-07 UTC for de manuelle målingene. Manuelle målinger av maksimums- og minimumstemperatur som registreres på mandager; gjelder for hele helgen. For å sikre likt sammenligningsgrunnlag, blir det derfor beregnet nye ekstremverdier for det automatiske datasettet med lignende døgndefinisjon for hverdager og bare en ekstremverdi for helgen. Differansen mellom de automatiske og manuelle målingene ble beregnet ved å subtrahere de automatiske målingene fra de manuelle ( $\text{diff} = T_{\text{MAN}} - T_{\text{AUT}}$ ).

#### 4.4 Påvirkning av ny strålingsskjerm på temperaturobservasjonene

I mars 2010 satte MET opp egne observasjonsinstrumenter på stasjonen i Ås som nevnt i kapittel 3.1.3 . Fra sensorene ble plassert til starten av september 2015 var de offisielle målingene fra sensoren inne i trehytten. Etter september 2015 ble den offisielle sensoren endret til å være sensoren som befant seg inne i plastskjermen. For å undersøke hvor mye den målte temperaturen ble påvirket av endring i strålingsskjerm ble de parallelle temperaturmålingene fra 2010-2020 sammenlignet.

Selv om både sensoren fra MET og sensoren fra NMBU befant seg i samme trehytte frem til slutten av 2015 ble årene før dette inkludert for å kontrollere om det var en stor forskjell mellom sensorene som i teorien skal være helt like. PT-100 sensoren har som nevnt tidligere en målenøyaktighet på  $\pm 0.1$  °C. Det var derfor å forvente at en slik differanse mellom sensorene kan forekomme. Også loggingen av dataene var ulike for sensorene. NMBU måler en gjennomsnittsverdi over 10 minutter, mens MET måler en gjennomsnittsverdi for det siste hele minuttet før hver hele time. Som følge av dette er observasjonstidspunktet for NMBU målingene 10 minutter over hver hele time, mens METs målinger er hver hele time. Denne ulikheten i loggerutiner kan føre til differanser mellom målte timesverdier.

Frem til mars 2010 var datagrunnlaget fra NMBU og MET det samme. Ved å bruke dette kom det frem at målingene som registreres klokken 00:10 hos NMBU samstemmer med klokken 01:00 fra METs database. Siden avlesningen av temperatur ikke skjer på samme tidspunkt ble ikke timesverdiene brukt direkte for sammenligning. I stedet ble døgnmiddelen for lufttemperatur, minimumstemperatur og maksimumstemperatur beregnet for samsvarende døgndefinisjoner. Fra døgnmiddelen ble differansen mellom temperaturene målt i de ulike strålingsskjermene beregnet ved å trekke MET-temperaturene fra NMBU-temperaturene, ( $\text{diff} = T_{\text{NMBU}} - T_{\text{MET}}$ ). Positiv differanse vil dermed bety at temperaturen i trehytta (NMBU) var størst, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen (MET) var størst.

#### 4.5 Døgnets temperaturvariasjoner

Daglig temperaturvariasjon er variasjonen mellom den høyeste temperaturen og den laveste temperaturen som oppstår samme dag. På engelsk kalles dette "daily temperature range (DTR)". Variasjonen er større på klarere dager, enn dager med skyer. Dette siden solen varmer opp bakken hurtig på dagtid og om natten kjøles bakken ned raskt, siden stråling fra bakken kan overføres ut i atmosfæren uten hindringer (Ahrens & Henson, 2017). Endringene i DTR over tid brukes ofte i tillegg til endringen av gjennomsnittstemperaturen siden den gir ekstra informasjon om hvordan klimaet har endret seg.

DTR på Ås ble beregnet fra juli 1952 til 2020. Maksimums- og minimumstemperaturene brukt er hentet fra METs database via API tjenesten "Frost" (MET, 2021a). Maksimums- og minimumstemperaturer for 1988 – 1993 manglet i databasen. For disse årene ble det hentet ut data direkte fra NMBUs database. DTR ble beregnet på årsbasis og sesongbasis. Sesongene er definert som vist i Tabell 9 På årsbasis ble det også beregnet middeltemperaturer ved å legge sammen maksimums- og minimumstemperaturene og dividere på to.

*Tabell 9: Tabell som viser sesongdefinisjonene.*

<b>Sesong</b>	<b>Måned</b>
Vinter	Januar, februar og mars
Vår	Mars, april og mai
Sommer	Juni, juli og august
Høsten	September, oktober og november

#### 4.6 Vinteren på Ås

På den nordlige halvkule består vinteren fra tradisjon av månedene desember, januar og februar. Ifølge meteorologien defineres vinteren som den perioden da døgnmiddeltemperaturen er under null grader. Det er dermed ikke alltid slik at disse to definisjonene stemmer overens. For å undersøke hvordan vinteren har utviklet seg på Ås ble døgnmiddeltemperaturer fra 1900 til 2020 undersøkt.

Vinteren på Ås ble undersøkt på to ulike metoder: Den første metoden så på varigheten av vinteren som antall døgn mellom første og siste dag der døgnmiddeltemperaturen var under 0 °C. Den andre metoden ser på antall døgn i året der døgnmiddeltemperaturen var under 0 °C.

Årsaken til at det er valgt å undersøke begge metodene er at førstnevnte metode aksepterer varmere dager som et vinterdøgn. Ved å også inkludere metode nummer to kan en estimere om vinteren er blitt varmere; altså om det er færre døgn som oppfyller kriteriet eller ei.

Eksempel: Ved bruk av førstnevnte metode ble vinteren for 1901 regnet som perioden fra 17. november 1900 til 31. mars 1901; altså 135 dager. Antall døgn i perioden der døgnmiddeltemperaturen faktisk var under 0 °C var på sin side 100 dager. Forskjellen her gjør det interessant å undersøke om denne variasjonen er vedvarende, økende eller avtakende. En slik undersøkelse gir dermed et bedre inntrykk av hvordan vinteren på Ås faktisk utviklet seg, enn bruk av en av metodene alene ville gjort.

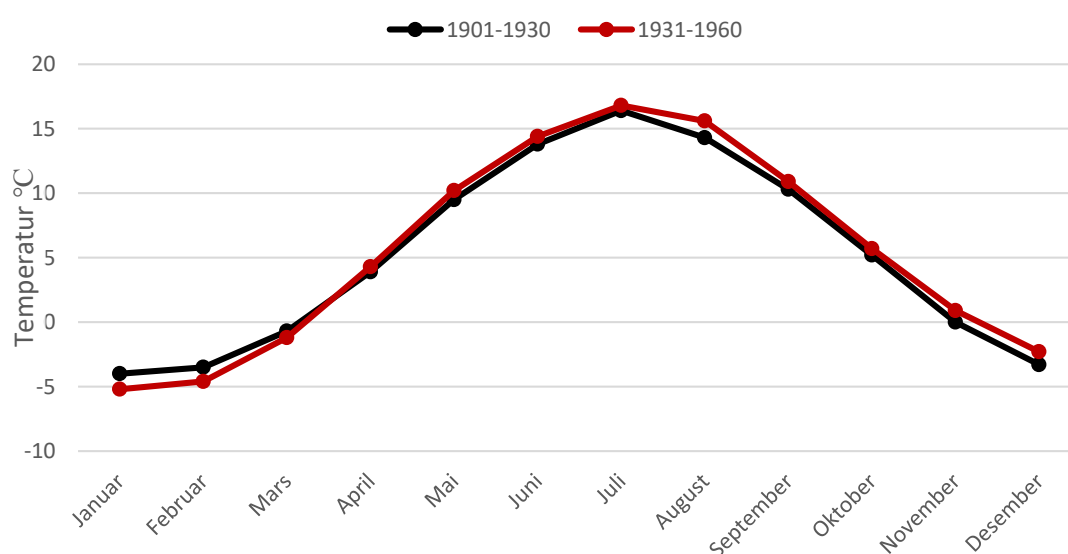


## 5 Resultater og diskusjon

I dette kapitlet presenteres resultatene som ble produsert som forklart i "Metode". Under hvert delkapittel diskuteres resultatene i det samme delkapitlet.

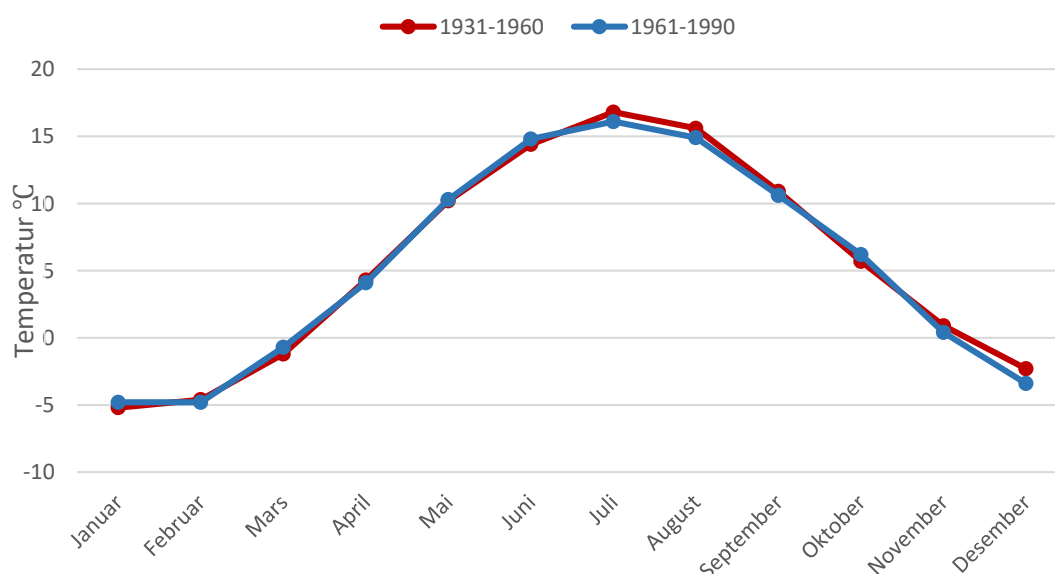
### 5.1 Sammenligning av klimanormalene

Som beskrevet i kapittel 4.1.2, finnes det klimanormaler for Ås for fire normalperioder. 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 og 1991-2020. Figurene 12 – 14 viser hver månedsverdi fra to etterfølgende normalperioder. I figur 15 sammenlignes års normaltemperaturene fra alle fire periodene. Fra Figur 12 kan man se at gjennomsnittstemperaturen i januar ble 1,2 °C kaldere i normalperioden 1931-1960 enn 1901-1930, mens gjennomsnittstemperaturene i februar og mars ble henholdsvis 1,1 °C og 0,5 °C kaldere. Fra april til desember ble gjennomsnittstemperaturen i perioden 1931-1960 mellom 0,4 – 1,3 °C varmere enn perioden 1901-1930.



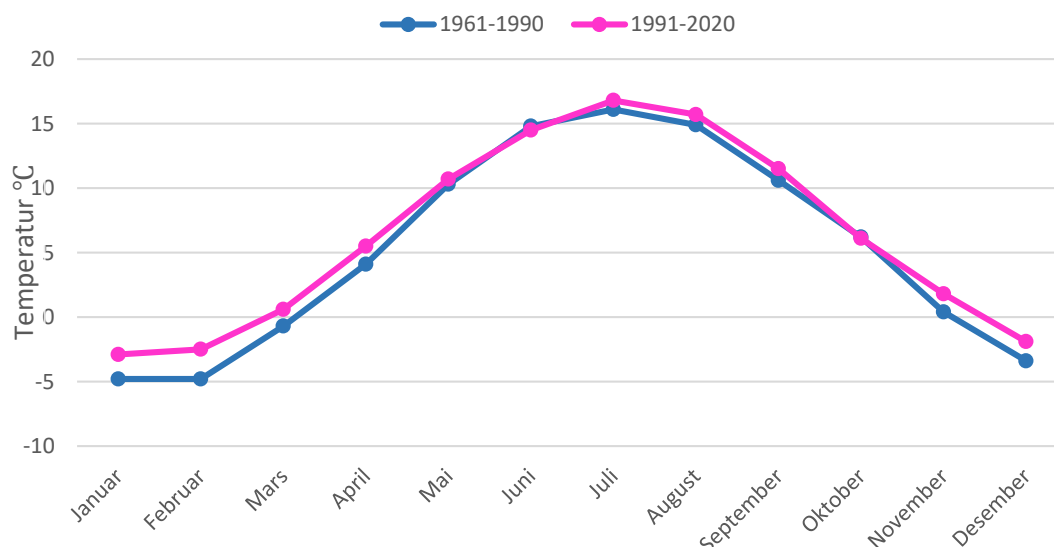
Figur 12: Klimanormalene for Ås 1901-1930 og 1931-1960

Figur 13 viser temperaturnormalene på Ås for periodene 1931-1960 og 1961-1990. Frem til juni og i september og oktober er normalene nokså like med avvik mindre enn 0,5 °C. I juli, august og desember er perioden 1961-1990 0,7 – 0,9 °C kaldere enn perioden 1931-1960.



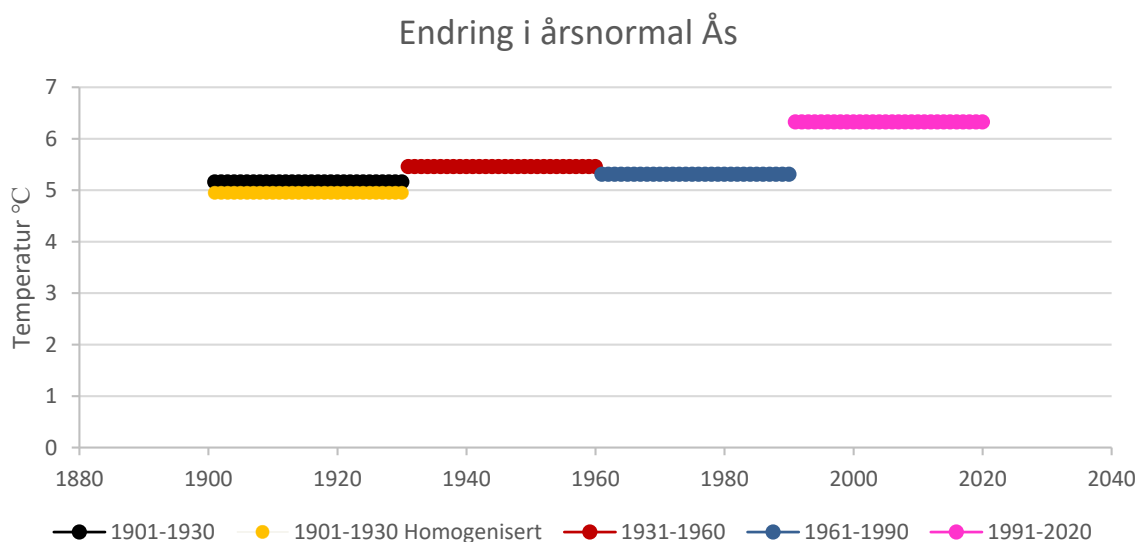
Figur 13: Klimanormalene for Ås 1931-1960 og 1961-1990

Figur 14 viser perioden 1961-1990 og dagens periode 1991-2020. Det er en tydeligere forskjell mellom disse normalperiodene enn de forgående normalperiodene. Juni og oktober ble noe kaldere med 0,3 °C og 0,1 °C, mens de resterende månedene ble varmere med 0,4 – 2,3 °C.



**Figur 14:** Klimanormalene for Ås 1961-1990 og 1991-2020

I Figur 15 vises den årlige gjennomsnittstemperaturen i hver av de fire normalperiodene. For 1901-1930 er det illustrert to gjennomsnittstemperaturer; der den gule streken er normalen beregnet fra homogeniserte verdier, mens den sorte streken er normalen fra Heldal (1975). Fra perioden 1900-1930 til 1931-1960 øker temperaturen 0,5 °C fra den homogeniserte normalen og 0,3 °C fra normalen hentet fra Heldal (1975). Perioden 1961-1990 var 0,15 °C kaldere enn den foregående perioden. Den nyeste perioden 1991-2020 er den varmeste normalperioden, årnormalen ligger 1,0 °C over den fra 1961-1990 og 0,87 °C over perioden 1931-1960.



**Figur 15:** Normalene for årstemperatur på Ås, for periodene 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 og 1991-2020.

Klimanormalene på Ås har fulgt de samme trendene som de nasjonale temperaturnormalene. Fra perioden 1901-1930 til perioden 1931-1960 økte gjennomsnittstemperaturen. I stedet for å fortsette å øke inn i neste periode, sank gjennomsnittstemperaturen. Den nyeste perioden 1991-2020 er hele en grad varmere enn perioden før. Dette er en ekstrem endring sammenlignet med de tidligere periodene. Også nedbørmengden har økt fra tidligere perioder. Denne stigende trenden tyder på et varmere og våtere klima på Ås.

---

De offisielle temperaturnormalene for periodene 1931-1960, 1961-1990 og 1991-2020 er beregnet av MET. MET bruker homogenisering for å kontrollere og justere temperaturmålingene før beregningen av normalene. Dette er en teoretisk tilnærming og det er derfor ikke gitt at homogeniseringen resulterer i nøyaktig reel temperatur. Det er ingen offisiell temperaturnormal for perioden 1901-1930 på Ås, men i Heldal (1975) er normalen for Ås presentert. På 70-tallet eksisterte ikke dagens homogeniseringsmetoder og det er derfor lite sannsynlig at denne normalen er homogenisert. Dersom det fantes parallellmålinger mellom ny og gammel hytte og nytt og gammelt observasjonssted kan dette ha vært brukt for å justere målingen, men det er umulig å vite ettersom Heldal ikke beskriver beregningsprosessen (Gjelten, personlig kommunikasjon, jan-jun 2021).

Viktigheten av homogenisering illustreres i figur 15. Figuren viser to ulike normaler for 1901-1930; en beregnet fra homogeniserte temperaturer og en hentet fra Heldal (1975). Normalen basert på homogeniserte verdier presenterer temperaturene i perioden som 0,2 °C kaldere enn normalen beregnet av Heldal (1975). Heldals normal ble trolig beregnet direkte fra temperaturverdiene på Ås. På starten av 1900-tallet var stasjonen på Ås plassert i "kjøkkenhagen" og temperatursensorene var plassert i en "Wildsk" trehytte, der temperaturene ble avlest tre ganger om dagen. Den "Wildske" hytten var ikke optimal som strålingsskjerm og kunne være årsaken til at det ble avlest varmere temperaturer enn luften utenfor hytten (P. Nordli et al., 1997). Ettersom minimumstemperaturen ble avlest 07 UTC, ikke 18 UTC som er vanlig i dag kan dette også ha påvirket resultatene. Fra tabell 10 i neste delkapittel kommer det frem at en døgndefinisjon fra 07-07 UTC gir kaldere middelverdier enn 18-18 UTC. Også valg av k-verdiene ved anvendelse av Köppens formel kan ha påvirket den resulterende normalen fra Heldal (1975). Med bakgrunn i disse faktorene stemmer det trolig at den homogeniserte normalen viser et mer reelt bilde av perioden 1901-1930.

Gjennomsnittstemperaturen var hele 1 °C varmere på Ås under normalperioden 1991-2020, sammenlignet med perioden 1961-1990. Dette stemmer overens med Norge som en helhet der temperaturen har steget med det samme.

## 5.2 Beregning av klimanormal for 1991-2020 Ås

Middeltemperaturene for 1991-2020 på Søråsfeltet på Ås ble beregnet fra de automatiske og manuelle målingene slik som beskrevet i kapittel 4.2 og er vist i Tabell 10. Aritmetisk middel beregnes fra alle timesverdiene tilgjengelig for hver måned, derfor har ikke døgndefinisjonen mye å si for resultatet. For de andre beregningsmetodene der minimumstemperatur eller minimums- og maksimumstemperatur er med, kan døgndefinisjonen gi store utslag i resultatene.

Fra Tabell 10 ser man at beregning ved bruk av aritmetisk middel og Köppens formel med k-verdier beregnet spesifikt for Ås gir det samme resultatet for alle månedene utenom mai. I mai er differansen mellom temperaturene 0,1 °C. Ved bruk av maksimums- og minimumstemperaturene ble forskjellen fra aritmetisk middel og Köppens formel større. Den største differansen mellom aritmetisk middel og middel fra maksimums- og minimumstemperatur med døgndefinisjon 18-18 UTC var 0,3 °C i januar. De manuelle målingene hadde en annen døgndefinisjon enn den brukt med Köppens formel og det resulterte i kaldere middeltemperaturer i alle månedene.

**Tabell 10: Middeltemperaturer 1991-2020 for Søråsfeltet målestasjon**

	AUT- målinger: Aritmetisk middel	AUT- målinger: Köppens 18-18 UTC	AUT- målinger: Max/Min 18-18 UTC	MAN- målinger: Max/Min 7-7 UTC	AUT- målinger: Max/Min 7-7 UTC
Januar	-2,8	-2,8	-3,1	-3,2	-3,2
Februar	-2,5	-2,5	-2,6	-2,9	-2,9
Mars	0,7	0,7	0,8	0,4	0,6
April	5,5	5,5	5,6	5,5	5,5
Mai	10,7	10,8	10,5	10,3	10,4
Juni	14,5	14,5	14,4	14,3	14,3
Juli	16,8	16,8	16,8	16,5	16,7
August	15,7	15,7	15,9	15,8	16
September	11,6	11,6	11,7	11,5	11,8
Oktober	6,1	6,1	6,3	6	6,3
November	1,8	1,8	1,9	1,6	1,8
Desember	-1,9	-1,9	-1,9	-2	-1,9

Årene 1991-1994 hadde faste døgndefinisjoner fra 00:10 – 00:10, som ikke kunne endres. Temperaturnormalene ble ikke påvirket av dette i stor grad, siden det bare var 4 av 30 år med denne døgndefinisjonen. Temperaturnormalen som ble beregnet med aritmetisk middel på automatiske timesverdier antas å være mest korrekt, ettersom denne normalen bygger på et stort og kontinuerlig datagrunnlag. Fra tabell 10 kom det frem at med bruk av godt tilpassete k-verdier i Köppens formel blir temperaturnormalen tilnærmet lik normalen fra aritmetisk middel metoden. Dette betyr at dersom man klarer å tilpasse k-verdiene godt nok til sesong og område, er det ikke behov for mer enn tre temperaturobservasjoner i løpet av dagen, samt minimumstemperaturer for å beregne en temperaturnormal.

Klimanormalene på Ås for periodene 1931-1960 og 1961-1990 ble beregnet med bruk av Köppens formel. Dersom de hadde tilgang på godt tilpassete k-verdier har ikke beregningsmetoden påvirket temperaturnormalen i stor grad, men som man ser i tabell 10 kan døgndefinisjonen ha påvirket resultatene. Ved å bruke en døgndefinisjon fra 07-07 UTC blir temperaturnormalen kaldere enn med å bruke 18-18 UTC. Forskjellen over 30 år ligger mellom 0,0 – 0,3 °C. Denne differansen er ikke veldig stor og har mest sannsynlig ikke påvirket normalen i stor grad.

I blant annet USA er det normalt å bruke maksimums og minimumstemperaturer for å beregne middelveidier (Arguez et al., 2012). Å bruke maksimum- og minimumstemperaturer er ikke et like godt alternativ som Köppens formel. Avvikene mellom temperaturnormalen beregnet fra maksimum og minimum og aritmetisk middel med samme døgndefinisjon er på det meste 0,3 °C. Bernhardt (2018) sammenlignet middelveidier beregnet fra ekstremtemperaturer med middelveidier beregnet fra timesverdier av lufttemperatur med døgndefinisjonen 00:00 – 00:00. Studien viste at i snitt ble middelveidien høyere ved bruk av maksimums- og minimumstemperaturer. Årsaken til differansen mellom beregningsmetodene er antakelsen som tas når formelen  $(T_{\max} + T_{\min})/2$  brukes om at temperaturen stiger og synker symmetrisk. Det kom frem i studien at gjennomsnittlig har den daglige temperaturkurven høyre skjev fordeling. Altså stiger temperaturen raskere om morgenen enn den faller om kvelden (Bernhardt et al., 2018).

Middeltemperaturene fra beregningene i denne oppgaven viser så vidt at temperaturen blir høyere av å bruke ekstremverdiene foran aritmetisk midling av timesverdier. Ved å legge sammen alle differansene blir den totale differansen 0,1 °C. Det er nesten like mange måneder der temperaturen blir kaldere, som det er at den blir varmere med å bruke ekstremverdiene.

---

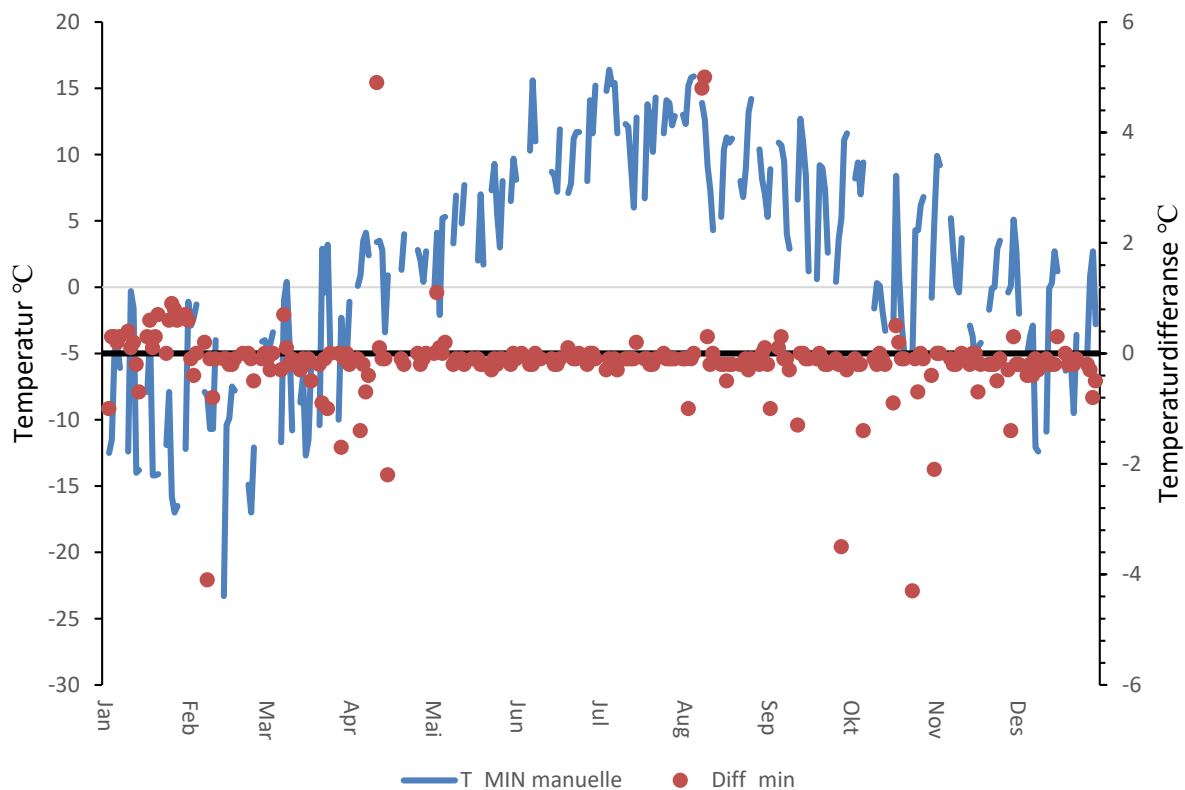
Ved å bruke en annen døgndefinisjon i beregningene med ekstremverdier blir avvikene større fra middelen beregnet med aritmetisk middel. Dette er forventet, siden ulike døgndefinisjon kan gi svært ulike minimumsverdier for et døgn. Døgndefinisjonen 07 UTC gir kaldere normal enn 18 UTC. Årsaken til dette ble forklart i kapittel 3.2. De manuelle målingene gir et svakere resultat ved bruk av maksimums- og minimumsverdier sammenlignet med de manuelle målingene. De manuelle målingene er opp til 0,4 °C kaldere enn den aritmetiske middelen. Dette viser at de manuelle målingene på Ås som i dag logges en gang om dagen og ikke i helger er et dårlig alternativ sammenlignet med automatiske maksimums- og minimumsverdier.

### 5.3 Utskifting fra manuelle til automatiske stasjoner

Maksimums- og minimumstemperaturene fra de manuelle og automatiske målingene sammenlignes på døgnbasis for årene 2011 og 2018 for å undersøke hvor stor differansen mellom de er. De to årene ble valgt med bakgrunn av at de ikke hadde hull i det automatiske datagrunnlaget. For best mulig sammenligning ble døgndefinisjonen og beregning av ekstremtemperaturer for helger med færre observasjoner tilpasset den manuelle dataserien, som beskrevet i kapittel 4.3. Positiv differanse vil si at de manuelle målingene viste høyest temperatur.

Figur 16 viser differansen mellom minimumstemperaturene målt fra de manuelle og automatiske sensorene i 2011. På grunn av hull i den manuelle tidsserien i helger og helligdager er det flere brudd i den blå linjen som viser døgnmiddeltemperaturer fra de manuelle målingene. Fra figuren og Tabell 11 ser man at de fleste differansene er negative. Altså målte de manuelle sensorene lavest minimumstemperatur. I 2011 var unntakene i januar og august, da målte den automatiske sensoren lavest minimumstemperaturer. I januar var temperaturdifferansen jevnt over positiv, mens differansen i august kan komme av de to punktene i figur 16 som viste en differanse på 4,8 og 5,0 °C. Den totale gjennomsnittlige differansen mellom minimumstemperaturene var like under -0,14 °C, men de fleste månedene hadde høyere differanse mellom temperaturmålingene i absoluttverdi. Den minste differansen i absoluttverdi var 0,04 °C i mai, mens den høyeste differansen var 0,43 °C i oktober. Korrelasjonen mellom minimumstemperaturen målt av de manuelle og automatiske sensorene hadde en Pearson korrelasjonskoeffisient på 0,995 på døgnbasis.

### Minimumstemperatur Søråsfeltet 2011



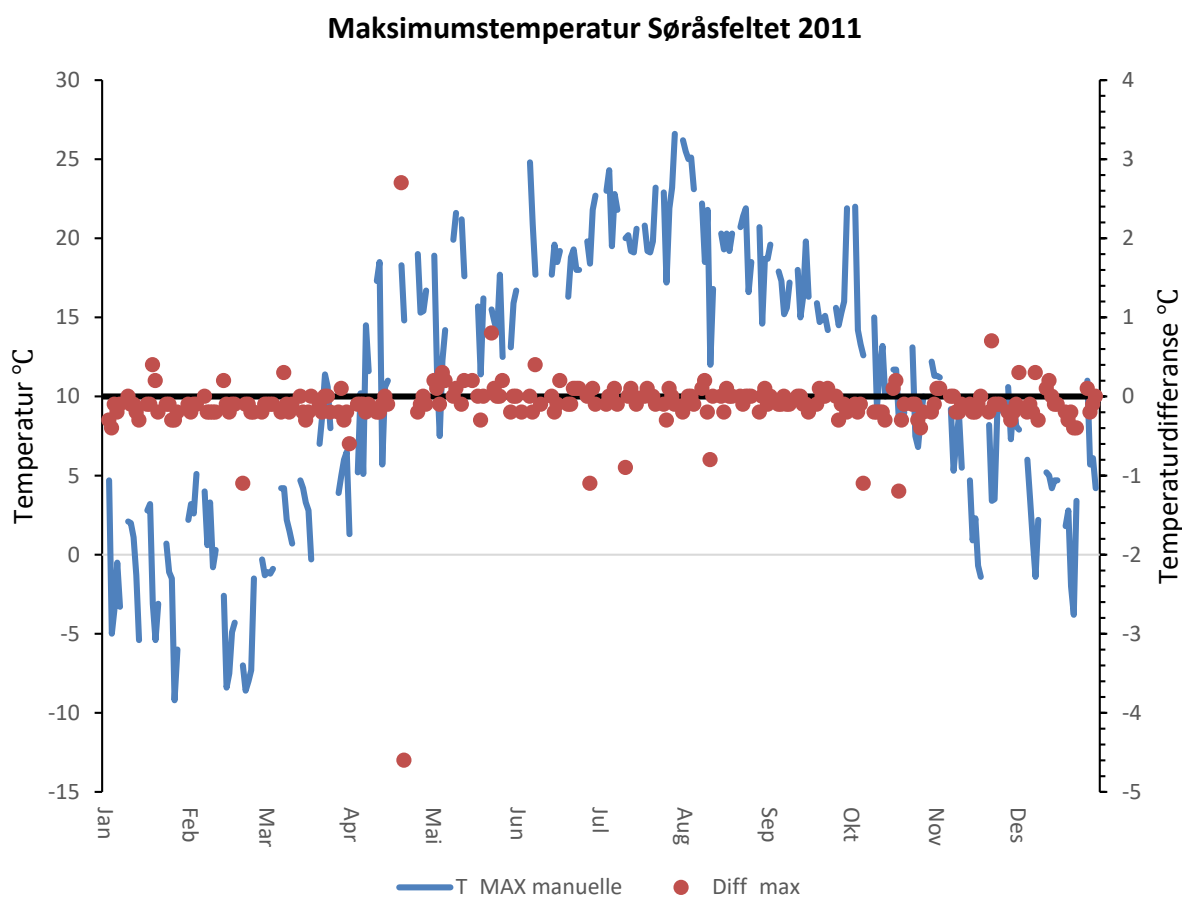
**Figur 16:** Døgnmiddel for data fra de manuelle målingene er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom de manuelle og automatiske målingene for minimumstemperaturen i 2011 er vist med røde prikker. Positiv differanse betyr at de manuelle målingene viste høyest temperatur, mens negativ differanse betyr at de automatiske målingene viste høyest temperatur.

**Tabell 11:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen målt fra de manuelle og automatiske sensorene basert på døgnverdier for hver måned i 2011. Positiv differanse betyr den automatiske sensoren måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at de manuelle sensorene måler lavest minimumstemperatur.

MINIMUMSTEMPERATUR DIFFERANSER 2011				
Måned i 2011	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	0,2619	-1,0	0,9	0,4530
2	-0,3263	-4,1	0,6	0,9290
3	-0,2348	-1,7	0,7	0,4488
4	-0,0588	-2,2	4,9	1,3638
5	-0,0400	-0,3	1,1	0,2853
6	-0,0842	-0,2	0,1	0,0874
7	-0,1150	-0,3	0,2	0,1014
8	0,2739	-1,0	5,0	1,4465
9	-0,3500	-3,5	0,3	0,7626
10	-0,4250	-4,3	0,5	0,9700
11	-0,3048	-2,1	0,3	0,5187
12	-0,2238	-0,8	0,3	0,2021
<b>Total</b>	<b>-0,1356</b>	<b>-4,3</b>	<b>5,0</b>	<b>0,6307</b>

Differansen mellom maksimumstemperaturene i 2011 vises i Figur 17. Fra figuren og tilhørende Tabell 12 ser man at for alle månedene utenom mai målte den automatiske sensoren høyest

maksimumstemperatur. I månedene mai, juni, juli, august og september svinger differansen stort sett mot null, med unntak av noen få store negative differanser. På de gjenværende kaldere månedene ligger de fleste punktene på negativ side og det er få positive verdier. De månedlige maksimumstemperaturdifferansene er lavere enn minimumsdifferansene.  $\Delta T$  gjennomsnitt for minimumstemperaturene har 8/12 måneder med differanser større enn 0,2 °C, mens maksimumstemperaturene har 2/8 tilsvarende differanser. Altså målte sensorene likere maksimumstemperaturer, enn minimumstemperaturer. Korrelasjonen mellom maksimumstemperaturen målt av de manuelle og automatiske sensorene hadde en Pearson korrelasjonskoeffisient på 0,999 på døgnbasis.



**Figur 17:** Døgnmiddel for data fra de manuelle målingene er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom de manuelle og automatiske målingene for maksimumstemperaturen i 2011 er vist med røde prikker.. Positiv differanse betyr at de manuelle målingene viste høyest temperatur, mens negativ differanse betyr at de automatiske målingene viste høyest temperatur.

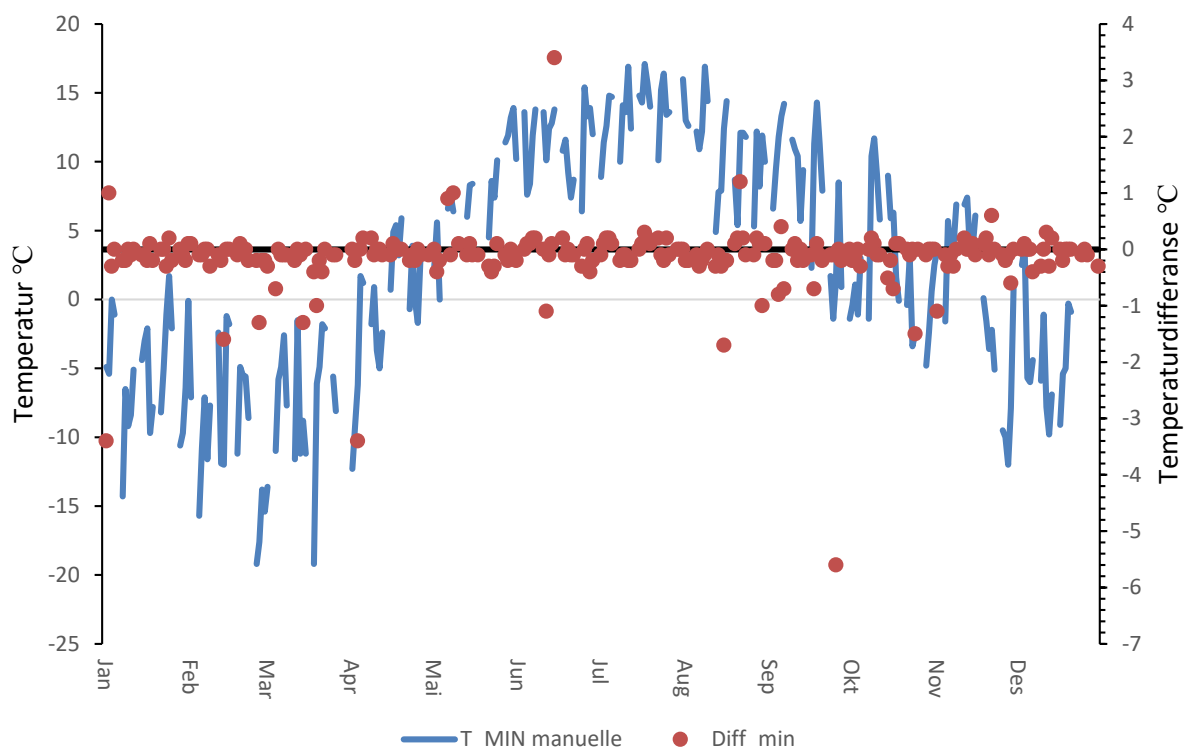
**Tabell 12:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen målt fra de manuelle og automatiske sensorene basert på døgnverdier for hver måned i 2011. Positiv differanse betyr at de manuelle sensorene måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at den automatiske sensoren måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR DIFFERANSER 2011</b>				
<b>Måned i 2011</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	-0,1300	-0,4	0,4	0,1764
<b>2</b>	-0,1750	-1,1	0,2	0,2321
<b>3</b>	-0,1087	-0,3	0,3	0,1316
<b>4</b>	-0,2412	-4,6	2,7	1,2848
<b>5</b>	0,0850	-0,3	0,8	0,2197
<b>6</b>	-0,0632	-1,1	0,4	0,2851
<b>7</b>	-0,0700	-0,9	0,1	0,2124
<b>8</b>	-0,0609	-0,8	0,2	0,1882
<b>9</b>	-0,0682	-0,3	0,1	0,0924
<b>10</b>	-0,2600	-1,2	0,2	0,3247
<b>11</b>	-0,0714	-0,3	0,7	0,2003
<b>12</b>	-0,0905	-0,4	0,3	0,1974
<b>Total</b>	<b>-0,1045</b>	<b>-4,6</b>	<b>2,7</b>	<b>0,2954</b>

Figur 18 og Tabell 13 viser differansene for minimumstemperaturene i 2018. Den totale gjennomsnittlige differansen var like under  $-0,14$  °C; samme som i 2011. Kun juni og juli hadde positiv differanse. I 2018 ser det ut som at de fleste differansepunktene svinger rundt null, mens differansepunktene i 2011 lå jevnt på den negative siden. I 2018 har de fleste månedene store negative differansepunkter som er med på å gjøre de månedlige gjennomsnittsdifferansene negative. I juni og juli er det ikke like mange ekstreme differanser, slik som det er de andre månedene. Korrelasjonen mellom minimumstemperaturen målt av de manuelle og automatiske sensorene hadde en Pearson korrelasjonskoeffisient på 0,997 på døgnbasis.



### Minimumstemperatur Søråsfeltet 2018



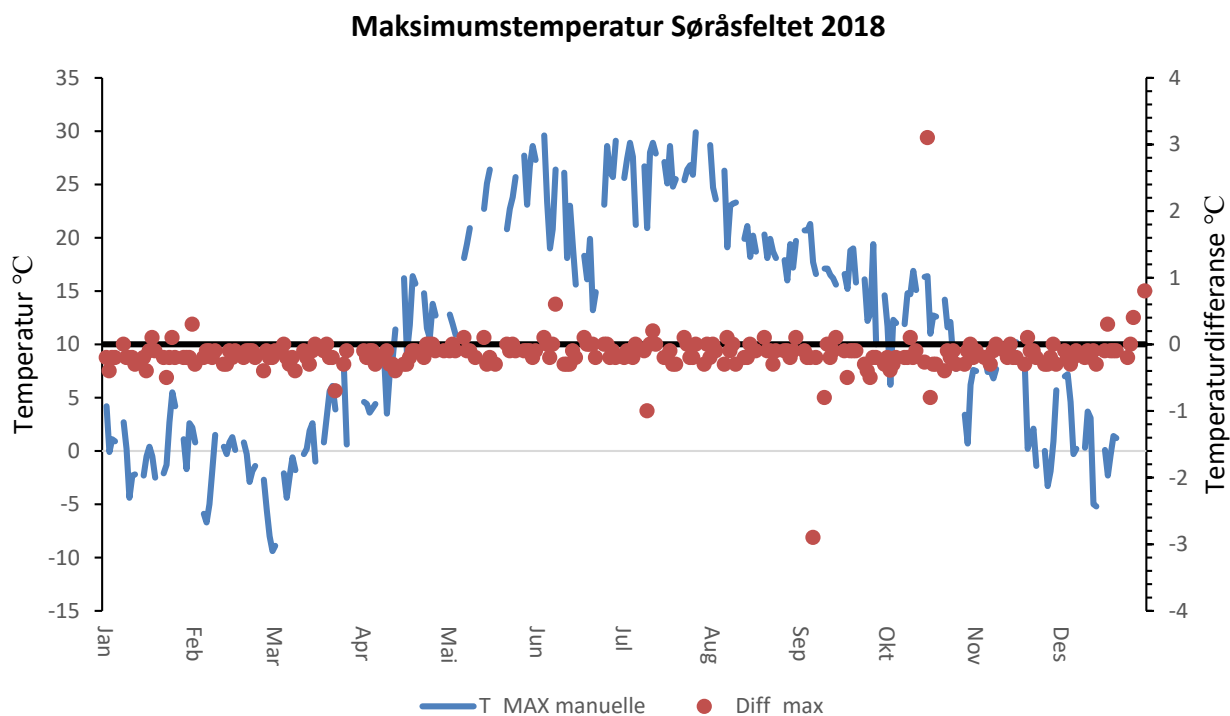
**Figur 18:** Døgnmiddel for data fra de manuelle målingene er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom de manuelle og automatiske målingene er vist med røde prikker for minimumstemperaturen i 2018. Positiv differanse betyr at de manuelle målingene viste høyest temperatur, mens negativ differanse betyr at de automatiske målingene viste høyest temperatur.

**Tabell 13:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen målt fra de manuelle og automatiske sensorene basert på døgnverdier for hver måned i 2018. Positiv differanse betyr den automatiske sensoren måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at de manuelle sensorene måler lavest minimumstemperatur.

MINIMUMSTEMPERATUR DIFFERANSER 2018				
Måned i 2018	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,1955	-3,4	1,0	0,7456
2	-0,2050	-1,6	0,1	0,4318
3	-0,2789	-1,3	0,0	0,3473
4	-0,1952	-3,4	0,2	0,7247
5	-0,0105	-0,4	1,0	0,3611
6	0,0857	-1,1	3,4	0,7912
7	0,0182	-0,2	0,3	0,1556
8	-0,1217	-1,7	1,2	0,4943
9	-0,4400	-5,6	0,4	1,2159
10	-0,1487	-1,5	0,2	0,3479
11	-0,0864	-1,1	0,6	0,3123
12	-0,0579	-0,4	0,3	0,1726
<b>Total</b>	<b>-0,1363</b>	<b>-5,6</b>	<b>3,4</b>	<b>0,5084</b>

Maksimumstemperaturdifferansene for 2018 vises i Figur 19 og Tabell 14. Den totale gjennomsnittlige differansen var  $-0,15$  °C, der den automatiske sensoren målte høyest maksimumstemperatur for alle månedene. Dette året lå de fleste differansepunktene under null,

men sommermånedene juni, juli og august har flere punkter på og over null enn de andre månedene. Også i 2011 lå differansepunktene for maksimumstemperaturer rundt null i de varmere sommermånedene. Korrelasjonen mellom maksimumstemperaturen målt av de manuelle og automatiske sensorene har en Pearson korrelasjonskoeffisient på 0,999 på døgnbasis.

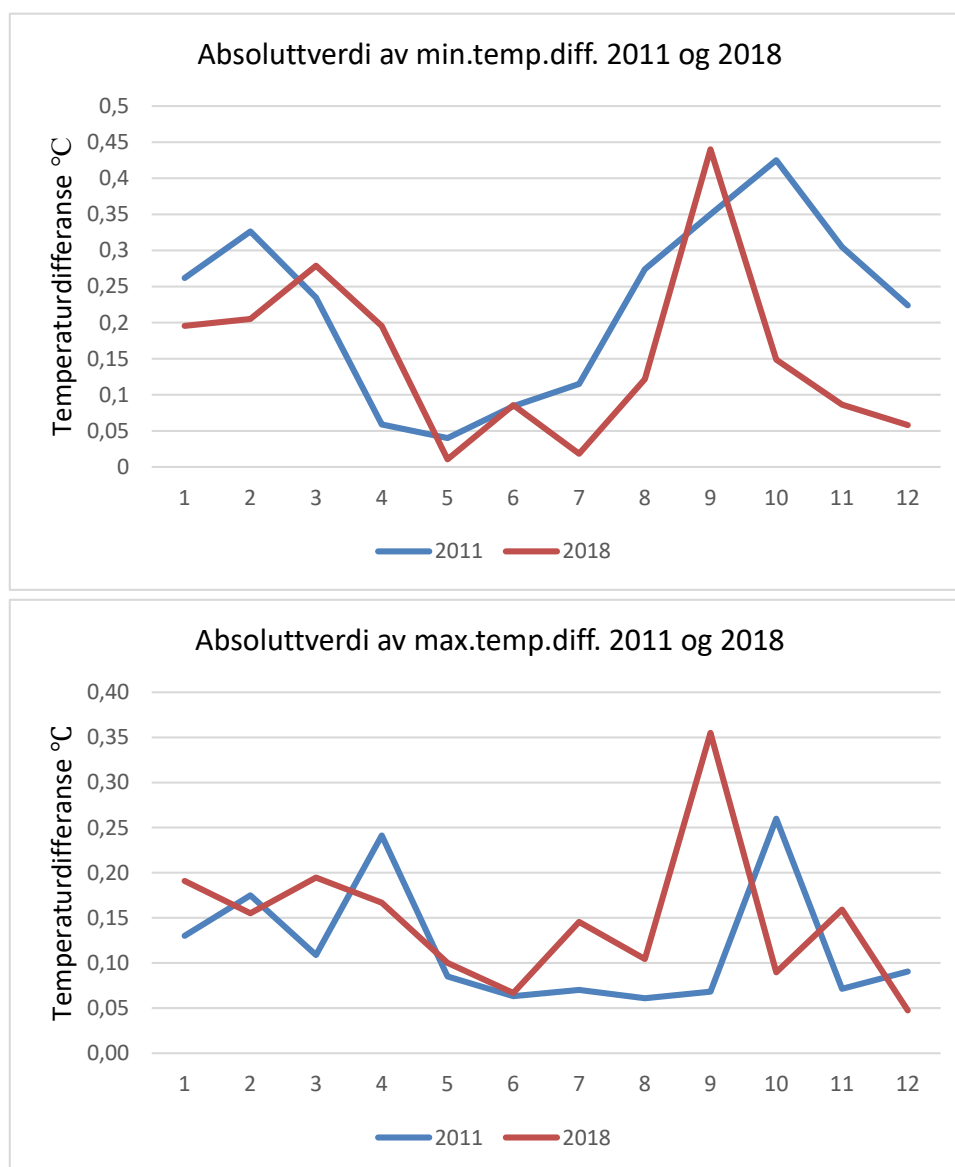


**Figur 19:** Døgnmiddel for data fra de manuelle målingene er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom de manuelle og automatiske målingene er vist med røde prikker for maksimumstemperaturen i 2018. Positiv differanse betyr at de manuelle målingene viste høyest temperatur, mens negativ differanse betyr at de automatiske målingene viste høyest temperatur.

**Tabell 14:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen målt fra de manuelle og automatiske sensorene basert på døgnverdier for hver måned i 2018. Positiv differanse betyr at de manuelle sensorene måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at den automatiske sensoren måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR DIFFERANSER 2018</b>				
<b>Måned i 2018</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,1909	-0,5	0,1	0,1379
2	-0,1550	-0,4	0,3	0,1359
3	-0,1947	-0,7	0,0	0,1605
4	-0,1667	-0,4	0,0	0,1127
5	-0,1000	-0,3	0,1	0,1076
6	-0,0667	-0,3	0,6	0,1935
7	-0,1455	-1	0,2	0,2271
8	-0,1043	-0,3	0,1	0,1160
9	-0,3550	-2,9	0,1	0,6160
10	-0,0896	-0,8	3,1	0,7003
11	-0,1591	-0,3	0,1	0,1114
12	-0,0474	-0,3	0,8	0,2623
<b>Total</b>	<b>-0,1479</b>	<b>-2,9</b>	<b>3,1</b>	<b>0,2401</b>

Fra Figur 20 som viser absoluttverdien av de gjennomsnittlige differansene kan det se ut som at det er en sammenheng mellom størrelsen på differansen og tid på året. Om sommeren er differansen mindre enn om vår og høst månedene.



**Figur 20:** Diagrammene viser absoluttverdien av den månedlige gjennomsnittlige minimumstemperaturdifferansen og maksimumstemperaturdifferansen mellom de manuelle og automatiske målingene på Søråsfeltet for årene 2011 og 2018. x-aksen viser månedene i året.

Fra resultatene kom det frem at minimums- og maksimumstemperaturene hadde en årlig differanse under 0,2 °C. Jevnt over målte den automatiske sensoren høyere temperaturer enn de manuelle. Størrelsen på differansen er avhengig av sesong. I studien utført i forbindelse med oppgaven var det størst differanse om vinteren, mens differansen var nærmere null om sommeren. Sammenlignbare studier fra Dyngeseth (2004) med data fra Røros og Nygård (2004) med data fra Nesbyen og Karasjøk ga et annet bilde:

I 2004 ble Røros værstasjon endret fra en manuell til en automatisk målestasjon og flyttet fra Røros jernbanestasjon til Røros lufthavn (Dyngeseth, 2004). Temperaturmålingene fra perioden 1. mai 2001 til 31. august 2002 fra både den manuelle og automatiske stasjonen ble sammenlignet for å avgjøre hvor stor differanse av temperaturmålingene som kan forventes på grunn av flyttingen og instrumentbytte. De manuelle termometrene var plassert i en strålingshytte på asfaltert bakke, tett opp mot flere bygninger ved Røros jernbanestasjon, mens de automatiske instrumentene var

---

plassert i en plastskjerm ved Røros lufthavn, der området rundt var åpnere og det var et underlag av gress. Flyplassen befant seg i en dalbunn som fører til at kaldluft lettere kan samle seg opp enn ved jernbanestasjonen.

Ved å sammenligne middelerverdier av temperaturen målt klokken 06 og 18 UTC kom (Dyngseth, 2004) frem til at for den valgte perioden er det en differanse på 0,74 °C, der de manuelle målingene er varmere enn de automatiske målingene. Det er størst positiv differanse ved lave temperaturer. Det var nesten ingen differanse mellom middelen av maksimumstemperaturene, mens det var større differanse mellom minimumstemperaturene til stasjonene, der minimumstemperaturen i snitt ble 1,82 °C lavere. Dyngseth (2004) konkluderte følgelig med at temperaturene ble kaldere som følge av bytte av utstyr og plassering.

En sammenligning av manuelle og automatiske temperaturmålinger fra stasjonene Nesbyen-Skoglund og Karasjok fra 2004 konkluderte også med at de manuelle målingene var varmere enn de automatiske (Nygård, 2004). I Nesbyen var differansen i minimumstemperaturen i gjennomsnitt på 0,38 °C, mens det for maksimumstemperaturen var 0,49 °C. Det viste seg at de manuelle målingene viste omtrent 0,35 °C for lav temperatur. Dersom dette tas hensyn til er det mye lavere forskjell mellom de manuelle og automatiske målingene i Nesbyen. Middelttemperaturen i Nesbyen ble i snitt 0,52 °C kaldere av å skifte til automatiske målinger. I Karasjok ble middelttemperaturen 0,27 °C lavere.

Ved studien fra Røros er det vanskelig å skille mellom innflytelse av utstyr (både måleinstrument og strålingsskjerm), flyttingen til plassen med endret lokalklima og påvirkning av den nærmeste omgivelsen som forskjellig underlag og avstand til mulige varmekilder, da alt sammen ble endret samtidig. Dermed er studien fra Dyngseth (2004) kun gyldig for akkurat dataserien i Røros og kan ikke generaliseres. Nygård (2004) konkluderer også med større differanser på kalde dager, men Nygård (2004) spesifiser ikke strålingsskjerm eller andre forhold på stasjonene. Det er dermed mulig at det ble utført en endring i strålingsskjermene eller omgivelsene som kan ha bidratt til endringene i målt temperatur.

På Ås er instrumentene plassert i samme strålingsskjerm og den foreliggende studien analyserer dermed bare avvikene som kommer av ulikt måleutstyr. Som følge av dette kan resultatene fra Ås generaliseres, altså er det stor sannsynlighet for at et skifte fra manuelle til automatiske målere fører til varmere temperaturer også for andre stasjoner. Både studien fra Ås og fra Røros konkluderer med større differanser på kalde dager og det tyder på at selve temperaturen også påvirker avviket. Det kan derfor antas at studien på Ås er representativ kun for stasjoner med sammenlignbart klima.

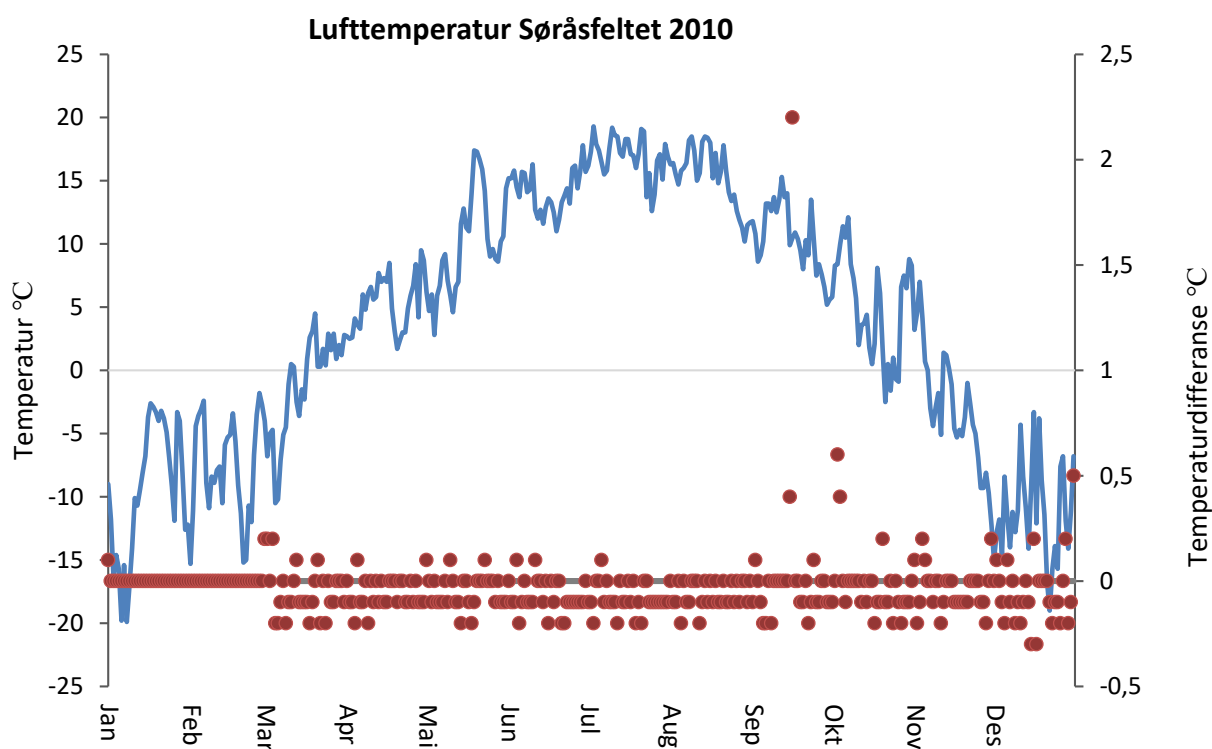
Resultatene i denne oppgaven kan bety at en endring på Ås stasjon fra manuelle til automatiske måler kan ha ført til varmere observerte temperaturer. Den årlige differansen på Ås som følge av utstyrsbytte var mellom 0,10 °C og 0,15 °C på ekstremverdiene. Det er ikke gitt at økningen i middeltemperatur er lik, men trolig vil også middeltemperaturene ha økt som følge av skiftet av utstyr, siden både minimums- og maksimumstemperaturene økte.

#### **5.4 Påvirkning av ny strålingsskjerm på temperaturobservasjonene**

Som beskrevet i kapittel 4.4, plasserte MET egne sensorer på Søråsfeltet i 2010. Fra mars 2010 til september 2015 var METs offisielle sensor montert i trehytten sammen med NMBUs sensor. Etter dette ble sensoren i plastskjermen den offisielle sensoren. Det ble gjort en sammenligning av døgnmidler for lufttemperatur, minimumstemperatur og maksimumstemperatur fra datagrunnlaget til MET og NMBU fra Søråsfeltet. Dette betyr at figurene og tabellene for årene 2010-2015 brukes for å kontrollere forskjellene mellom PT-100 sensorene i samme strålingsskjerm. For årene 2015-2020 ble temperaturmålingene fra trehytten og plastskjermen sammenlignet.

I Figur 21 er differansen i døgnmidlene for 2010 illustrert. Frem til mars ligger omtrent alle differansepunktene på null. Siden MET satt opp egen stasjon på Søråsfeltet først i starten av mars 2010. Frem til da er dataene tilgjengelig via MET sine tjenester målt fra NMBUs sensorer. Etter mars oppstår differansen mellom målingene. Fra figuren og Tabell 15 ser man at den månedlige gjennomsnittsdifferansen mellom lufttemperaturmålingene var under  $\pm 0,1$  °C for alle månedene. Den høyeste gjennomsnittsdifferansen oppstod 16.09.2010 og var på 2,2 °C.

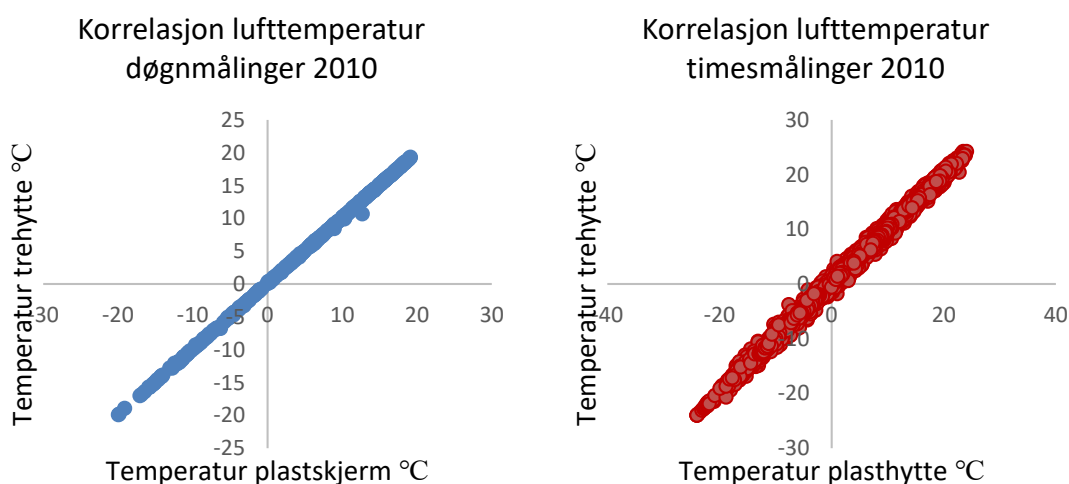
Med unntak av september viser gjennomsnittlig differanse at temperaturen fra METs sensor var høyere enn temperaturen fra NMBUs sensor. Korrelasjonen mellom temperaturen fra NMBU og MET har en Pearson korrelasjonskoeffisient på 0,99 for lufttemperatur på timesbasis og døgnbasis. Den lineære korrelasjonen vises i spredningsdiagrammene i Figur 22.



**Figur 21:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2010. Positiv differanse vil si at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen fra MET var høyest.

**Tabell 15:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen fra NMBU og MET basert på døgnverdier for hver måned i 2010. Positiv differanse betyr at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen fra MET var høyest.

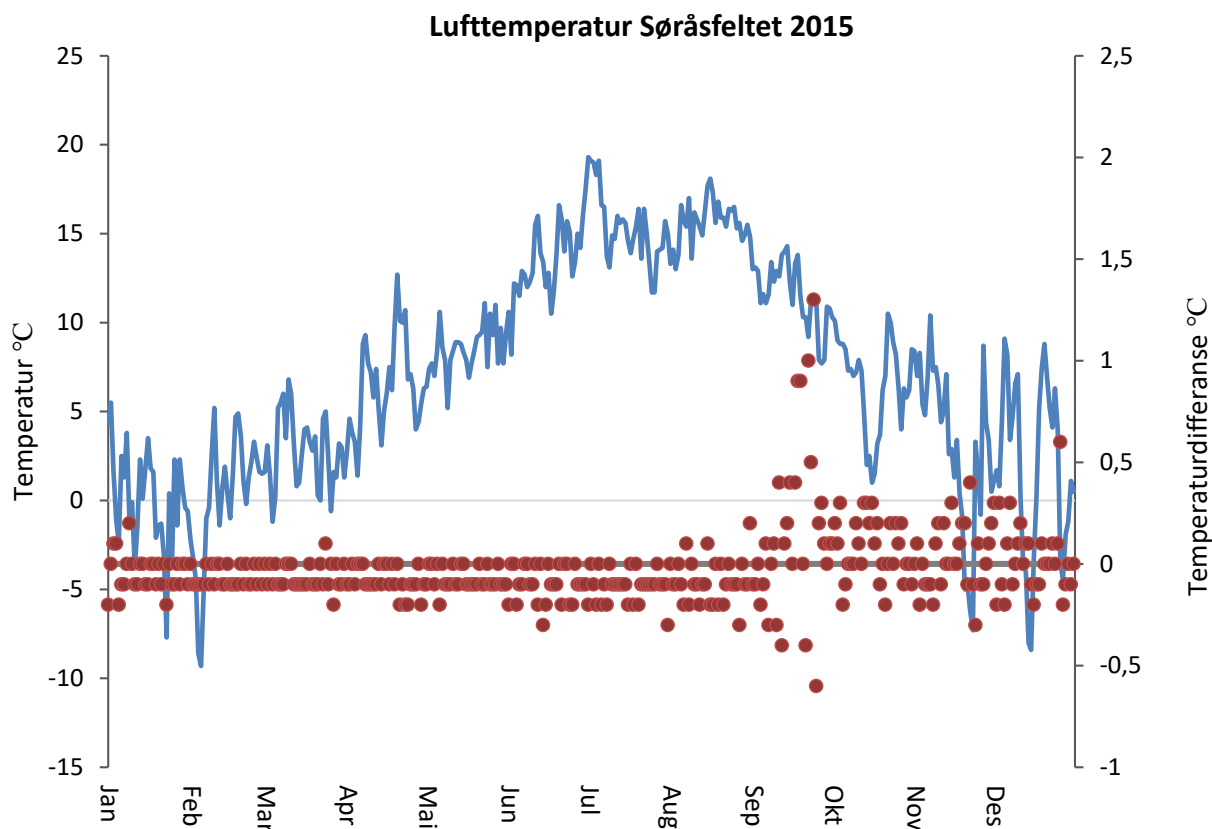
<b>LUFTEMPERATUR DIFFERANSER 2010</b>				
<b>Måned i 2010</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0004	-0,01	0,00	0,0027
2	0,0000	0,00	0,00	0,0011
3	-0,0371	-0,23	0,25	0,1060
4	-0,0551	-0,20	0,06	0,0520
5	-0,0378	-0,20	0,14	0,0770
6	-0,0693	-0,16	0,02	0,0468
7	-0,0772	-0,15	0,02	0,0456
8	-0,0684	-0,15	0,00	0,0410
9	0,0262	-0,20	2,05	0,3911
10	-0,0273	-0,22	0,55	0,1476
11	-0,0350	-0,20	0,19	0,0854
12	-0,0410	-0,34	0,52	0,1613
<b>Total</b>	<b>-0,0351</b>	<b>-0,34</b>	<b>2,05</b>	<b>0,0965</b>



**Figur 22:** Spredningsdiagram som viser korrelasjonen mellom lufttemperatur fra NMBU og MET fra døgnmålinger og timesmålinger i 2010.

I vedlegg A ligger de resterende figurene og tabellene for årene 2010 - 2014. Fra 2011 til 2014 var den gjennomsnittlige differansen mellom temperaturmålingene negativ, som betyr at temperaturen målt av METs sensor var høyest. Den årlige lufttemperaturdifferansen lå mellom  $-0,04$  og  $-0,07$  °C for årene 2010-2014. Det er to tilfeller der den månedlige gjennomsnittsdifferansen var høyere enn  $\pm 0,1$  °C; i juni og juli 2013, der lufttemperaturdifferansen var henholdsvis  $-0,16$  og  $-0,13$  °C.

Fra og med september 2015 var de offisielle temperaturmålingene fra MET fra sensoren plassert i plastsjermen. Rundt denne tiden snudde trenden fra at METs sensor målte de høyeste temperaturmålingene, til at NMBUs sensor målte høyest temperatur. Dette er illustrert i Figur 23 og Tabell 16 hvor man kan se at fortegnet endrer seg i september. Også størrelsen på temperaturdifferansene øker etter starten av september, der variasjonen mellom positive og negative differanser øker. Det oppstod også langt flere dager med differanser over  $\pm 0,1$  °C enn tidligere. Avvikene tyder på at en endring av strålingssjerm påvirker temperaturmålingene.



**Figur 23:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2015. Positiv differanse vil si at temperaturen i trehytta var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen i plastskjermen var høyest.

**Tabell 16:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen i trehytten og lufttemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2015. Positiv differanse betyr at temperaturen i trehytten var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen var høyest.

<b>LUFTTEMPERATUR 2015</b>				
<b>Måned i 2015</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	-0,0527	-0,16	0,12	0,0555
<b>2</b>	-0,0591	-0,12	0,01	0,0341
<b>3</b>	-0,0609	-0,15	0,04	0,0380
<b>4</b>	-0,0735	-0,20	0,02	0,0494
<b>5</b>	-0,0741	-0,15	0,02	0,0470
<b>6</b>	-0,0903	-0,28	0,02	0,0693
<b>7</b>	-0,1022	-0,20	0,00	0,0426
<b>8</b>	-0,0827	-0,29	0,16	0,1086
<b>9</b>	0,1587	-0,60	1,30	0,4292
<b>10</b>	0,0669	-0,17	0,35	0,1449
<b>11</b>	0,0258	-0,29	0,35	0,1464
<b>12</b>	0,0317	-0,21	0,52	0,1595
<b>Total</b>	<b>-0,0260</b>	<b>-0,60</b>	<b>1,30</b>	<b>0,1104</b>

Figurene og tabellene fra 2016-2020 ligger vedlagt i vedlegg A. Fra 2016 til 2020 er det fem tilfeller der den månedlige gjennomsnittsdifferansen er negativ; januar og mars 2016, samt april,

mai og juli 2020. Ellers var differansen positiv; altså var den høyeste temperaturen målt av sensoren til NMBU inne i trehytten. Den årlige totale lufttemperaturdifferansen lå mellom 0,04 °C og 0,10 °C for årene 2016-2020. Alle årene fra 2011-2020 hadde lik korrelasjon mellom temperaturen i trehytten og plastskjermen. De hadde en høy Pearson korrelasjonskoeffisient på 0,99 for lufttemperatur på døgnbasis.

Av tabellene 17, 18 og 19 kommer det frem at den gjennomsnittlige differansen mellom minimumsverdiene øker betydelig fra september 2015. I vedlegg A kan man se at den høyeste totale gjennomsnittlige differansen mellom minimumstemperaturene var 0,05 °C for årene 2010 – 2013. I årene etter 2016 var den laveste totale gjennomsnittlige differansen 0,22 °C. Den månedlige differansen mellom minimumstemperaturen målt av NMBUs sensor og METs sensor er positiv, med unntak av ti måneder over en periode på 11 år. Det ser ikke ut til å være en sammenheng mellom størrelsen på differansen og tid på året. Dette illustreres i Figur 24 og Figur 25, der absoluttverdien av minimumstemperaturdifferansene er vist for årene frem til 2015 og årene etter 2015. Korrelasjonskoeffisienten mellom minimumstemperaturene er 0,99 for alle årene i perioden på døgnbasis.

**Tabell 17:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2014. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2014</b>				
<b>Måned i 2014</b>	<b>ΔT Gjennomsnitt</b>	<b>ΔT Min</b>	<b>ΔT Max</b>	<b>ΔT Standardavvik</b>
<b>1</b>	-0,0287	-0,06	0,01	0,0217
<b>2</b>	-0,0231	-0,08	0,11	0,0338
<b>3</b>	0,0286	-0,05	0,14	0,0490
<b>4</b>	0,0371	-0,05	0,10	0,0504
<b>5</b>	0,0212	-0,06	0,10	0,0415
<b>6</b>	0,0269	-0,07	0,11	0,0431
<b>7</b>	0,0440	-0,03	0,12	0,0388
<b>8</b>	0,0039	-0,08	0,06	0,0369
<b>9</b>	0,0244	-0,05	0,11	0,0420
<b>10</b>	-0,0222	-0,08	0,05	0,0326
<b>11</b>	-0,0314	-0,08	0,12	0,0408
<b>12</b>	0,0430	-0,05	0,18	0,0520
<b>Total</b>	<b>0,0103</b>	<b>-0,03</b>	<b>0,18</b>	<b>0,0402</b>



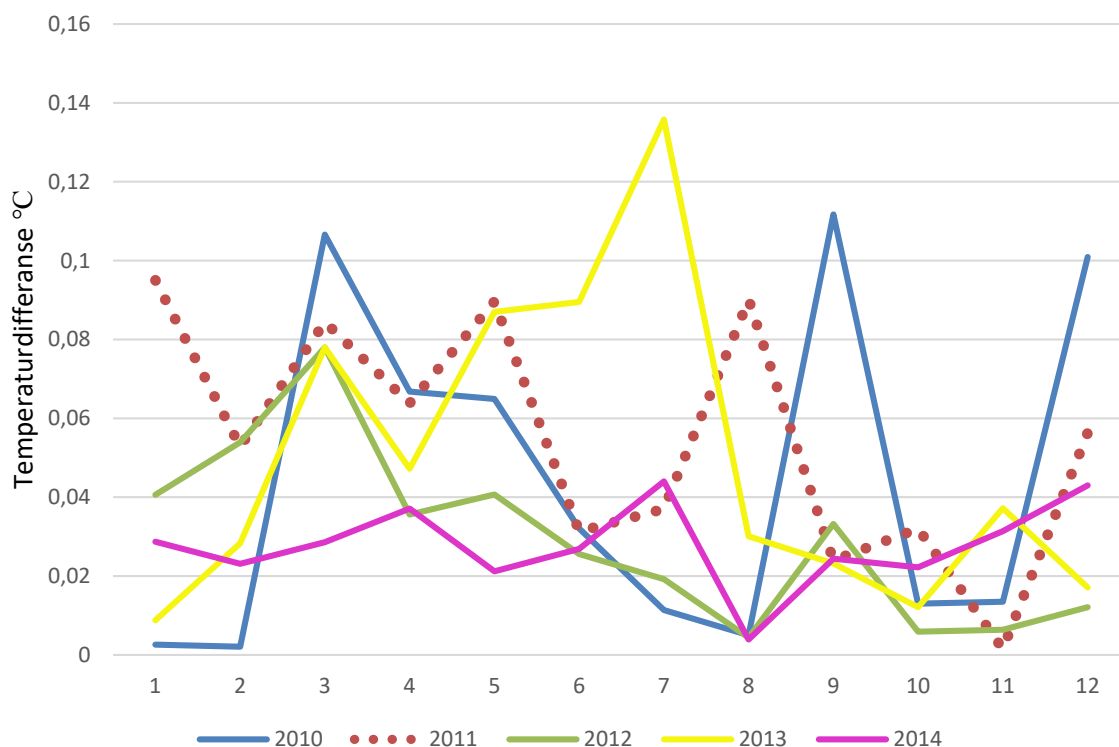
**Tabell 18:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2015. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2015</b>				
<b>Måned i 2015</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,0020	-0,54	0,25	0,1216
2	0,0292	-0,08	0,31	0,0908
3	0,0210	-0,21	0,27	0,1081
4	0,0737	-0,13	0,29	0,1025
5	0,0415	-0,22	0,22	0,1126
6	0,0464	-0,20	0,27	0,1080
7	-0,0045	-0,19	0,22	0,0972
8	0,0181	-0,25	0,42	0,1477
9	0,5995	-0,58	6,03	1,4006
10	0,2464	-0,04	0,60	0,2009
11	0,1888	0,00	0,52	0,1561
12	0,1919	-0,08	0,74	0,1903
<b>Total</b>	<b>0,1208</b>	<b>-0,58</b>	<b>6,03</b>	<b>0,2364</b>

**Tabell 19:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2016. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

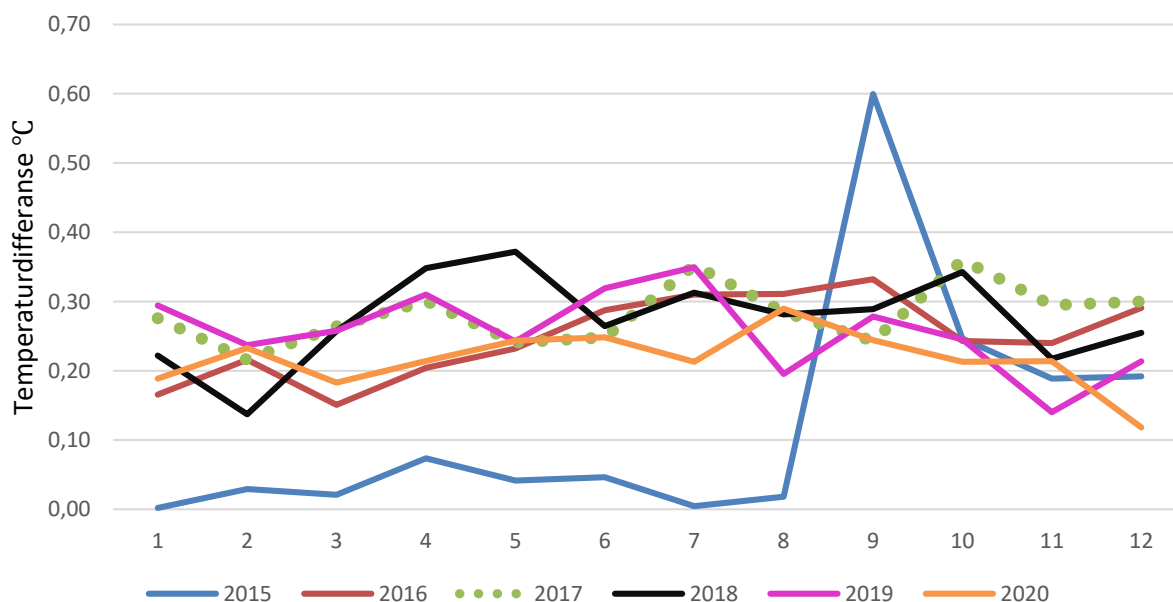
<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2016</b>				
<b>Måned i 2016</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,1657	-0,10	0,52	0,2000
2	0,2159	-0,08	0,68	0,1908
3	0,1508	-0,08	0,53	0,1677
4	0,2041	-2,74	2,37	1,0374
5	0,2321	0,03	0,50	0,1117
6	0,2874	0,09	0,52	0,1080
7	0,3101	0,14	0,60	0,1208
8	0,3110	0,15	0,64	0,1280
9	0,3322	0,10	0,73	0,1505
10	0,2429	0,03	0,72	0,2134
11	0,2401	0,02	0,71	0,1933
12	0,2909	-0,01	0,68	0,1876
<b>Total</b>	<b>0,2486</b>	<b>-2,74</b>	<b>2,37</b>	<b>0,2341</b>

Absoluttverdi av min.temp.diff. 2010-2014



**Figur 24:** Diagrammet viser absoluttverdien av den månedlige gjennomsnittlige minimumstemperaturdifferansen mellom NMBU og METs sensorer på Søråsfeltet for årene 2010 – 2014. x-aksen viser månedene i året.

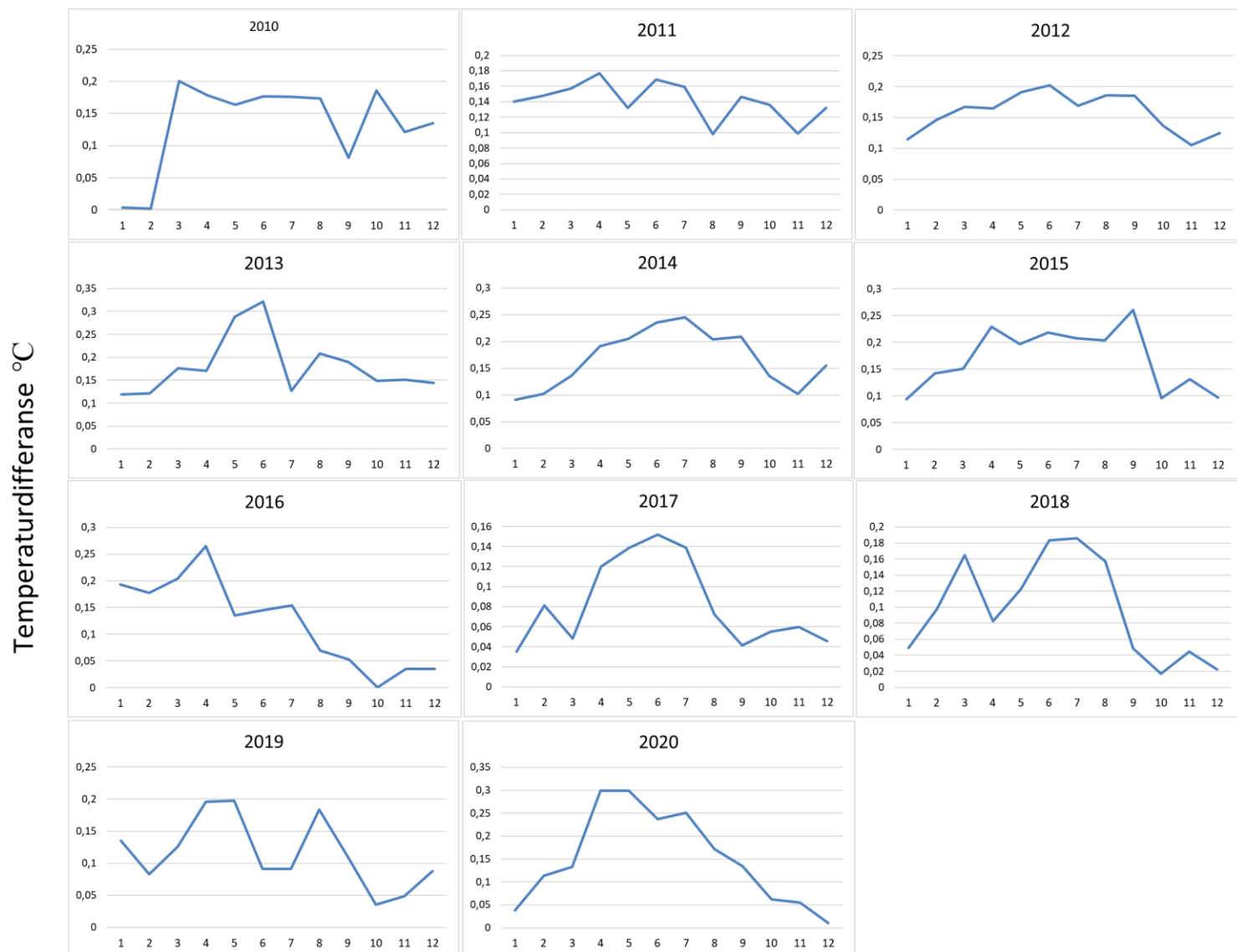
Absoluttverdi av min.temp.diff. 2015-2020



**Figur 25:** Diagrammet viser absoluttverdien av den månedlige gjennomsnittlige minimumstemperaturdifferansen mellom trehytten og plastskjermen på Søråsfeltet for årene 2015 – 2020. x-aksen viser månedene i året.

Tabellene som viser maksimumstemperatur fra 2010-2020 er vedlagt i vedlegg A. Av tabellene kommer det frem at den månedlige gjennomsnittsdifferansen jevnt over var negativ, som betyr at sensoren til MET måler høyere maksimumstemperatur enn sensoren til NMBU. Den høyeste årlige totale gjennomsnittlige differansen for maksimumstemperaturene var  $-0,18\text{ °C}$  i 2013, mens den laveste var  $-0,07\text{ °C}$  i 2017. Fra Figur 26 som viser absoluttverdien av månedlig gjennomsnitts-

differanse for maksimumstemperaturene ser man at differansen økte om våren og sommeren og sank om høsten og vinteren for de fleste årene mellom 2010 og 2020. For maksimumstemperaturen ser det altså ut til å være en sammenheng mellom størrelsen på differansen og årstid. De varme sommermånedene gir høyere differanse enn de kaldere vintermånedene. Korrelasjonskoeffisienten mellom maksimumstemperaturene er 0,99 for alle årene i perioden på døgnbasis.



**Figur 26:** Diagrammene viser absoluttverdien av den månedlige gjennomsnittlige maksimumstemperaturdifferansen mellom NMBUs sensor og METs sensor på Søråsfeltet for årene 2010 – 2020. x-aksene viser månedene i året, mens y-aksene viser temperaturdifferansen.

I første del av dette kapitlet ble PT-100 sensorene som befant seg i samme trehytte sammenlignet. Som forventet oversteg aldri den årlige gjennomsnittsdifferansen mellom lufttemperaturene og minimumstemperaturene målenøyaktigheten til sensoren på  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Dette var ikke tilfellet for maksimumstemperaturene. Her oversteg den årlige gjennomsnittsdifferansen dette alle årene mellom 2010 og starten av 2015. Maksimumstemperaturdifferansen mellom sensorene var på det meste  $-0,18^{\circ}\text{C}$  og det minste  $-0,13^{\circ}\text{C}$ , selv om sensorene befant seg i samme strålingsskjerm. Jevnt over målte sensoren fra MET høyere lufttemperaturer og maksimumstemperaturer enn NMBUs sensor, mens den målte minimumstemperaturen var lavere. Den gjennomsnittlige differansen mellom lufttemperaturene målt av de to sensorene var  $-0,06^{\circ}\text{C}$  for perioden mellom mars 2010 og september 2015. For maksimumstemperaturene var gjennomsnittsdifferansen i den samme perioden  $-0,16^{\circ}\text{C}$ , mens differansen mellom minimumstemperaturene var  $0,03^{\circ}\text{C}$ .

Differansen mellom sensorene kan komme av temperaturgradienter innad i trehytten. Disse temperaturgradientene kan oppstå som følge av stillestående luft som oppholder seg inne i rommet

og at solen varmer opp noen vegger mer enn andre. Dersom sensorene er plassert på ulike steder i trehytten kan de oppleve ulike temperaturer som følge av dette. Det var ingen tilgjengelig informasjon om hvor i hytten METs sensor var plassert, men NMBUs sensor står plassert ganske midt i hytten som vist på figur 27.

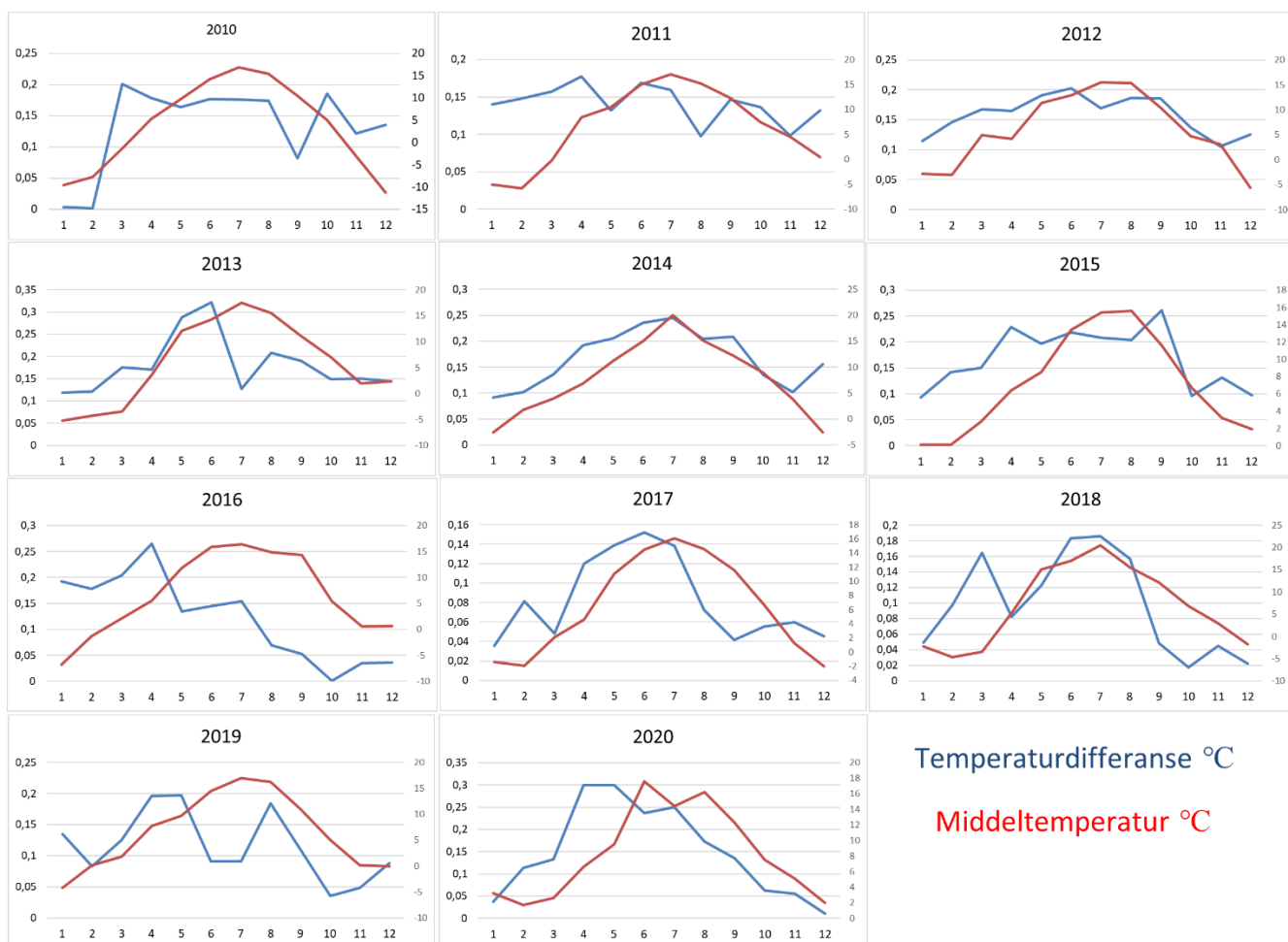


**Figur 27:** Innsiden av trehytten på Søråsfeltet. PT-100 sensoren er ringet rundt med rødt. Kilde: Mareile Astrid Wolff

Differansen mellom sensorene kan også komme av aldersforskjell mellom de. METs sensor ble installert i 2010, mens det ikke finnes noen dokumentasjon på at NMBUs sensor har blitt skiftet ut. Altså kan NMBUs sensor være fra 1978 når PT-100 sensoren først ble tatt i bruk av NMBU. Den kan ha blitt skiftet ut i 1994, som er året NMBU begynte med timesverdier på ekstremtemperaturene. På det seneste er derfor sensoren fra starten av 90-tallet. Sensoren kalibreres eller byttes ut dersom avvikene mellom sensoren og en kontrollsensor overstiger  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Wiborg, 2020). Maksimumsdifferansen oversteg målenøyaktigheten til sensoren på  $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , men ikke  $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  som er kravet for utskifting.

I andre del av kapittelet ble trehytta og plastskjermen sammenlignet. Fra september 2015 bruker MET sensoren i plastskjermen som hovedtermometer, mens NMBUs sensor fortsatt er plassert i trehytten. Dermed kunne dataserien fra september 2015 til desember 2020 benyttes for sammenligning av strålingsskjermene av tre og plast. En tydelig økning i temperaturdifferanse variasjonen fra 2015 tyder på at strålingsskjermen har en innvirkning på temperaturmålingene. Minimumstemperaturene ble påvirket i større grad enn maksimumstemperaturene og lufttemperaturene. Variasjonen mellom differansen på lufttemperaturene målt i trehytten og plastskjermen øker fra september 2015, men den månedlige gjennomsnittsdifferansen for lufttemperaturene gjør ikke det. Dette kan komme av at større positive og negative differanser jevner ut middelveien.

Sensoren i plastskjermen målte i gjennomsnitt lavere temperaturer enn sensoren i trehytta. Unntaket var for maksimumstemperaturer. Der målte sensoren i plastskjermen høyere temperaturer enn i trehytta. Minimumstemperaturen påvirkes mest av endringen. Fra 2014 til 2016 øker den årlige gjennomsnittsdifferansen fra 0,01 °C til 0,25 °C. Differansen mellom minimumstemperaturene så ikke ut til å bli påvirket av årstid, men det gjorde maksimumstemperaturene. En økning i temperaturer om våren og sommeren førte til en økning i differansen mellom sensorene. Fra figur 26 ser man at det er en tydelig trend der sommermånedene gir høyest differansen mellom temperaturmålingene. I 2019 er det et tydelig fall i differansen fra 0,20 °C i april til like under 0,10 °C i mai. Dette kan komme av at mai måneden i 2019 var kaldere enn normalt (Wolff et al., 2020). Middeltemperaturen plottes sammen med maksimumsdifferanseverdiene for alle årene mellom 2010-2020 i figur 28. Dette gjøres for å undersøke om de ulike topp- og bunnpunktene kan forklares med middeltemperaturen.



**Figur 28:** Diagrammene viser absoluttverdien av den månedlige gjennomsnittlige maksimumstemperaturdifferansen mellom NMBUs sensor og METs sensor på Søråsfeltet for årene 2010 – 2020 i blått. I rødt vises den månedlige middeltemperaturene for tilsvarende år. x-aksene viser månedene i året, mens y-aksene viser temperaturdifferansen og middeltemperaturen.

Ved å studere figur 28 ser man at i de fleste, men ikke alle tilfeller stemmer det at varmere middeltemperatur gir høyere temperaturdifferanser mellom sensorene fra NMBU og MET. Bunnpunktene i 2013, 2016 og 2019 viser at det oppsto lav differanse, selv om middeltemperaturen var på sitt høyeste og i 2018 er det et toppunkt i differansen, der middeltemperaturen er på sitt laveste. Størrelsen på disse differansene kan altså ikke forklares med middeltemperaturen. Andre faktorer i og rundt strålingsskjermene kan være årsaken til størrelsen på differansene mellom trehytten og plastskjermen. Duaas (2015) konkluderte med at raske temperaturendringer og lave vindhastigheter førte til større differanser i de målte temperaturer.

---

Det har blitt utført flere sammenligninger av strålingsskjermer tidligere. I perioden januar 2000 til mai 2002 utførte Meteorologisk institutt en test av fire ulike strålingsskjermer på Blindern i Oslo; en standard trehytte av typen MI-46, Vaisala-skjerm, Young-skjerm og en plastskjerm av typen MI-74 (Mjelstad et al., 2002). Under testen kom det frem at det i noen tilfeller kom vann inn i MI-74 plastskjermen. MI-74 ble derfor forbedret i ettertid og fikk navnet MI-2001b. Resultatene for MI-74 skjermen er derfor relevante for MI-2001b skjermen, men det må tas hensyn til at MI-74 temperaturmålingene kan være noe kaldere enn MI-2001b målingene som følge av fordampning av vann på sensoren. Meteorologisk institutt fant at den månedlige gjennomsnittsdifferansen mellom trehytten og plastskjermen var på rundt  $\pm 0,2$  °C for alle månedene. Den månedlige middeldifferansen mellom minimumstemperatur viste at plastskjermen var 0,3 - 0,4 °C kaldere enn trehytten. I snitt over hele perioden viste plastskjermen høyere maksimumstemperaturer enn trehytta. Det ble antatt at den høye differansen oppsto på grunn av overoppheting av sensoren i MI-74 skjermen (Mjelstad et al., 2002).

I 2009 utførte observasjonsdivisjonen hos meteorologisk institutt en sammenligning av temperaturmålinger i Tromsø der to like PT-100 sensorer ble plassert i hver sin strålingsskjerm (Stjern, 2009). Den ene sensoren var plassert i en MI-46 trehytte på nordsiden av meteorologibygget, mens den andre var plassert i en plasthytte av typen MI-2001B på sørsiden av bygget. Temperaturverdier for perioden 01. mars 2006 til 31. desember 2006 og perioden 25. januar til 31. mars 2007 ble analysert. Det ble konkludert med at differansen mellom temperaturene totalt sett var så lavt at det ikke ville ha betydning for temperaturmålingene. Studien viste at trehytten målte høyere lufttemperatur og minimumstemperatur, mens plastskjermen målte høyest maksimumstemperatur (Stjern, 2009).

Det ble i 2015 skrevet en masteroppgave på NMBU av Ada Viktoria Husmo Duaas som omhandlet en sammenligning av strålingsskjermer for temperatursensorer (Duaas, 2015). Seks strålingsskjermer ble montert opp på Søråsfeltet; to ulike plastskjermer fra Young, en kunstig ventilert skjerm fra Young, en kunstig ventilert skjerm fra Apogee og plastskjermen og trehytta som MET har i operasjonell bruk. Trehytten er av typen MI-46 og plastskjermen er av typen MI-2001b. Det ble innhentet data i perioden januar 2015 til november 2015, der temperaturdata ble samlet inn på minutt- og timesbasis.

Duaas (2015) sammenlignet temperaturen målt i trehytten og plastskjermen ved å beregne differansen mellom døgnmiddeltemperaturene. Differansen mellom lufttemperaturmålingene spente fra -0,63 °C til 0,12 °C, der trehytten oftest målte høyere døgnmiddeltemperaturer. For maksimumstemperaturene målte plastskjermen høyere temperaturer enn trehytten og det kunne se ut til å være en sammenheng mellom størrelsen på differansen og årstid. Siden månedene juni, juli og august hadde høyest gjennomsnittsdifferanse på målt maksimumstemperatur. Plastskjermen målte også lavere minimumstemperaturer enn trehytten, der måneder med høy gjennomsnittstemperatur ga de største differansene mellom målt minimumstemperatur. Ved raske temperaturendringer var trehytten tregere enn plastskjermen å registrere temperaturskiftet (Duaas, 2015).

Fra slutten av 2015 til midten av 2017 ble det gjort en sammenligning av temperaturene målt i trehytte av typen MI-46 og plasthytten av typen MI-2002B i Vardø (Nygård, 2018). Plastskjermen av type MI-2002B er lik som MI-2001b (Wolff, Personlig kommunikasjon, jan-jun 2021). Plasseringen av trehytten var noe dårligere enn plasseringen til plastskjermen med hensyn på avstand til bygninger og at det var asfaltert dekke. Plasthytta målte i gjennomsnitt 0,2 °C lavere døgnntemperatur enn trehytta. Minimums- og maksimumstemperaturene var også lavere i plasthytta (Nygård, 2018). Temperaturene målt i trehytta kan ha blitt påvirket av omgivelsene rundt og kan være en del av årsaken til at temperaturene målt i trehytta var varmere enn i plastskjermen.

**Tabell 20:** Sammendrag fra sammenligningene av strålingsskjermene.

STUDIE:	STRÅLINGSSKJERM MED HØYEST MÅLT TEMPERATUR:		
	Lufttemperatur	Maksimumstemperatur	Minimumstemperatur
ÅS (BJØRNSEN)	Trehytte	Plastskjerm	Trehytte
BLINDERN (MJELSTAD)	Trehytte	Plastskjerm	Trehytte
TROMSØ (STJERN)	Trehytte	Plastskjerm	Trehytte
ÅS (DUAAS)	Trehytte	Plastskjerm	Trehytte
VARDØ (NYGÅRD)	Trehytte	Trehytte	Trehytte

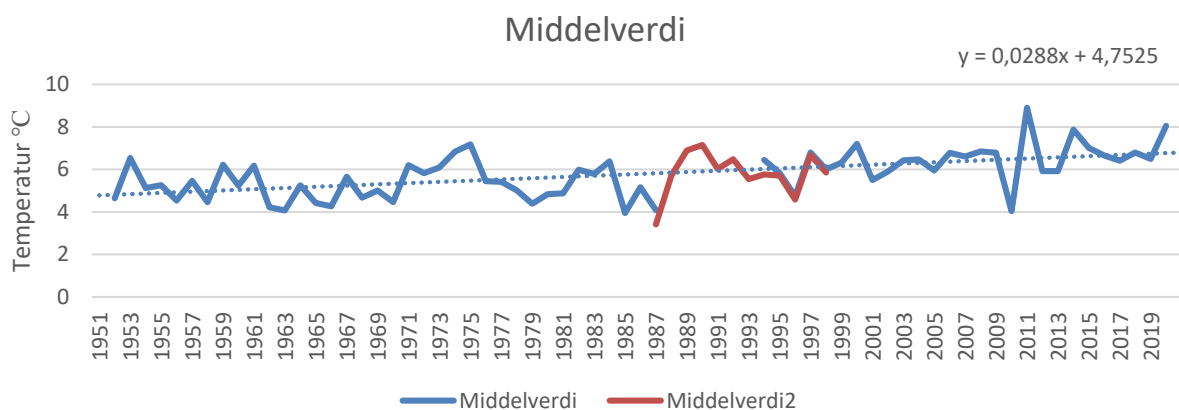
I Tabell 20 er et sammendrag fra alle studiene som viser hvilken strålingsskjerm som målte høyest temperatur. Alle studiene utenom den utført i Vardø konkluderte med det samme. Trehytten målte høyest lufttemperatur og minimumstemperatur, mens plastskjermen målte høyest maksimumstemperatur. Maksimums- og minimumstemperaturene var ofte påvirket av skjermbyttet i større grad enn lufttemperaturene. Beregningen av middeltemperaturer vil derfor påvirkes mer etter et strålingsskjerm bytte med bruk av ekstremtemperaturer, enn med bruk av kun lufttemperaturen.

På Ås var det flere differansepunkter som viste høye positive eller negative verdier i korte perioder. Årsaken til den ofte høye temperaturdifferansen i korte perioder kan være loggetidspunkt på sensorene. Det kan oppstå ganske ulike temperaturer fra eksempelvis ti minutter før en hel time kontra ti minutter over en hel time.

## 5.5 Temperaturvariasjoner (DTR)

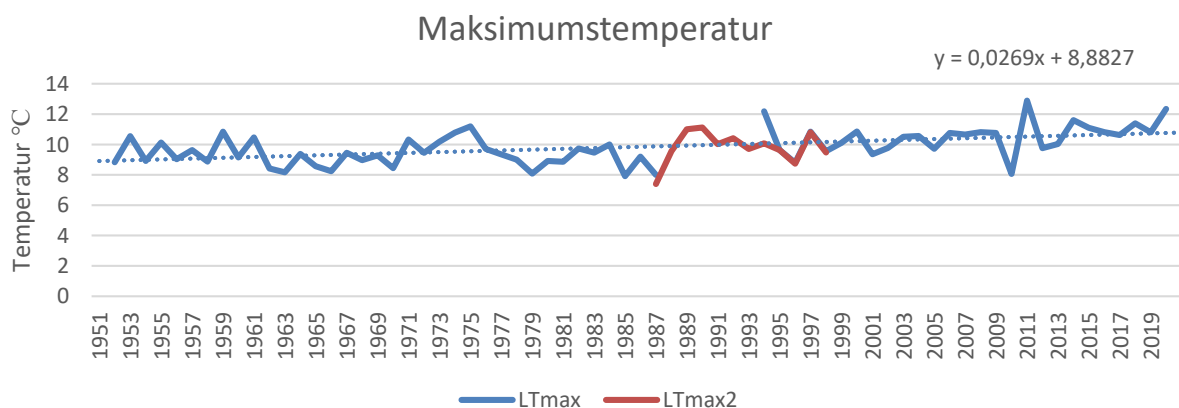
Resultatene i dette delkapittelet er produsert som forklart i kapittel 4.5. Den blå linjen i Figur 29 - Figur 32 illustrerer henholdsvis årlig middelværdi, maksimumstemperatur, minimumstemperatur og DTR beregnet fra datagrunnlaget fra METs database, mens den røde linjen er fra data hentet direkte fra NMBUs database. Det er en synlig forskjell mellom linjene i år 1994. Dette året inneholdt store mangler på timesbasis i NMBUs database som også kan være tilfelle for dataene hentet fra MET, siden MET på denne tiden mottok data fra NMBU. Utenom dette overlapper linjene i stor grad, men det er en desimalforskjell på flere av punktene.

Fra 1952-2020 har middelværdien beregnet fra maksimums- og minimumstemperaturer økt med 0,29 °C per 10. år. Ved å studere Figur 29 ser man at middeltemperaturen hadde en negativ trend fra 1951 til starten av 70-tallet, mens de siste 40 årene fra 1980-2020 viser en økning i årlig middeltemperatur. Dette ble kontrollert ved å dele perioden 1951-2020 inn i tre ulike perioder; 1952-1970, 1952-1980 og 1981-2020. Ved å undersøke disse tre periodene individuelt kom det frem at middelværdien for den tidligste perioden hadde sunket med 0,41 °C per 10. år. Ved å inkludere årene fra 1971-1980 økte trenden med 0,13 °C per 10. år. Middelværdien for 1981-2020 økte med 0,50 °C per 10. år.



**Figur 29:** Middelverdi for temperaturen på Ås beregnet fra maksimums- og minimumstemperaturer. Den blå linjen illustrerer middelverdi beregnet fra døgnverdier fra MET med døgndefinisjon 18-18 UTC, mens den røde linjen illustrerer middelverdi beregnet fra døgnverdier fra NMBU med døgndefinisjonen 0-0.

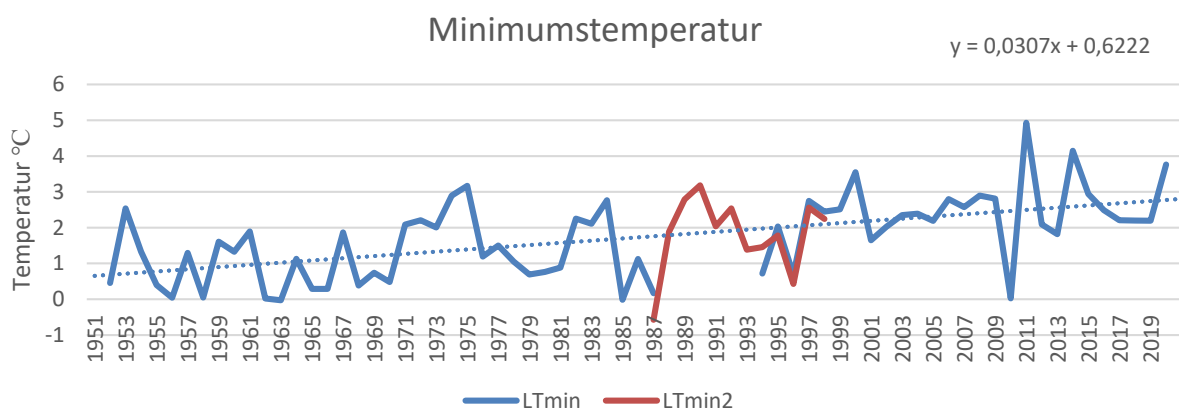
Fra 1952-2020 har maksimumstemperaturen på Ås økt med 0,269 °C fra Figur 30 kan man se at den gjennomsnittlige maksimumstemperaturen på Ås gikk ned mellom 1952 og 80-tallet for så å øke frem til 2020. Ved å studere disse to periodene individuelt med lineær regresjon kom det frem at maksimumstemperaturen for perioden 1952-1980 hadde sunket med 0,012 °C per 10. år. Maksimumstemperaturen for 1981-2020 økte med 0,569 °C per 10. år.



**Figur 30:** Årlig gjennomsnittlig maksimumstemperatur beregnet med aritmetisk middel. Den blå linjen illustrerer maksimumstemperatur beregnet fra døgnverdier fra MET med døgndefinisjon 18-18 UTC, mens den røde linjen illustrerer maksimumstemperatur beregnet fra døgnverdier fra NMBU med døgndefinisjonen 0-0.

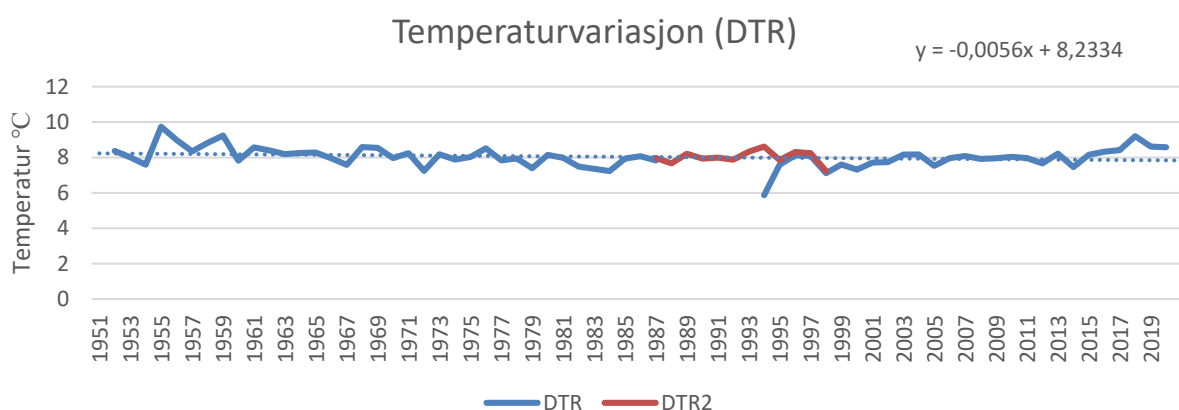
Fra 1952-2020 har den gjennomsnittlige minimumstemperaturen på Ås økt med 0,307 °C per 10. år. I årene etter 1963 var det bare to tilfeller i løpet av 57 år der den gjennomsnittlige minimumstemperaturen var under 0 °C, mens det før dette var fire tilfeller i en periode på 12 år der det årlige gjennomsnittet var under 0 °C. Fra Figur 31 kan man se at den gjennomsnittlige minimumstemperaturen varierer fra år til år, men trenden har generelt økt fra 1952-2020. For perioden 1952-1980 hadde minimumstemperaturen økt med 0,264 °C per 10. år. Minimumstemperaturen for 1981-2020 hadde økt med 0,432 °C per 10. år.





**Figur 31:** Årlig gjennomsnittlig minimumstemperatur beregnet med aritmetisk middel. Den blå linjen illustrerer minimumstemperatur beregnet fra døgnverdier fra MET med døgndefinisjon 18-18 UTC, mens den røde linjen illustrerer minimumstemperatur beregnet fra døgnverdier fra NMBU med døgndefinisjonen 0-0.

Fra 1952-2020 har DTR på Ås sunket med 0,056 °C per 10. år. Fra figur 32 ser man at den stiplede regresjonskurven er ganske flat og at variasjonen har logget ganske jevnt på 8,0 °C hele perioden. For perioden 1952-1980 hadde DTR sunket med 0,276 °C per 10. år, mens for 1981-2020 økte den med 0,238 °C per 10. år.



**Figur 32:** Temperaturvariasjon på Ås på årsbasis beregnet fra maksimums- og minimumstemperaturer. Den blå linjen illustrerer variasjon beregnet fra døgnverdier MET med døgndefinisjon 18-18 UTC, mens den røde linjen illustrerer variasjon beregnet fra døgnverdier fra NMBU med døgndefinisjonen 0-0.

Tabell 21 viser trenden i °C per 10. år basert på års sesong mellom 1952 og 2020 på Ås. Maksimums- og minimumstemperaturen om vinteren har økt over de siste 70 årene. Minimumstemperaturen har økt mest. Dette har ført til at DTR om vinteren har sunket. Det samme gjelder for sommersesongen, men endringen er ikke like stor som den var i vintersesongen. Om våren og høsten har maksimumstemperaturen økt mest. Dette medfører at temperaturvariasjonen har økt. Totalt har temperaturvariasjonen sunket fra 1952-2020.

**Tabell 21:** Sesongtrender fra 1952 -2020 for maksimumstemperatur, minimumstemperatur og temperaturvariasjon for Ås.

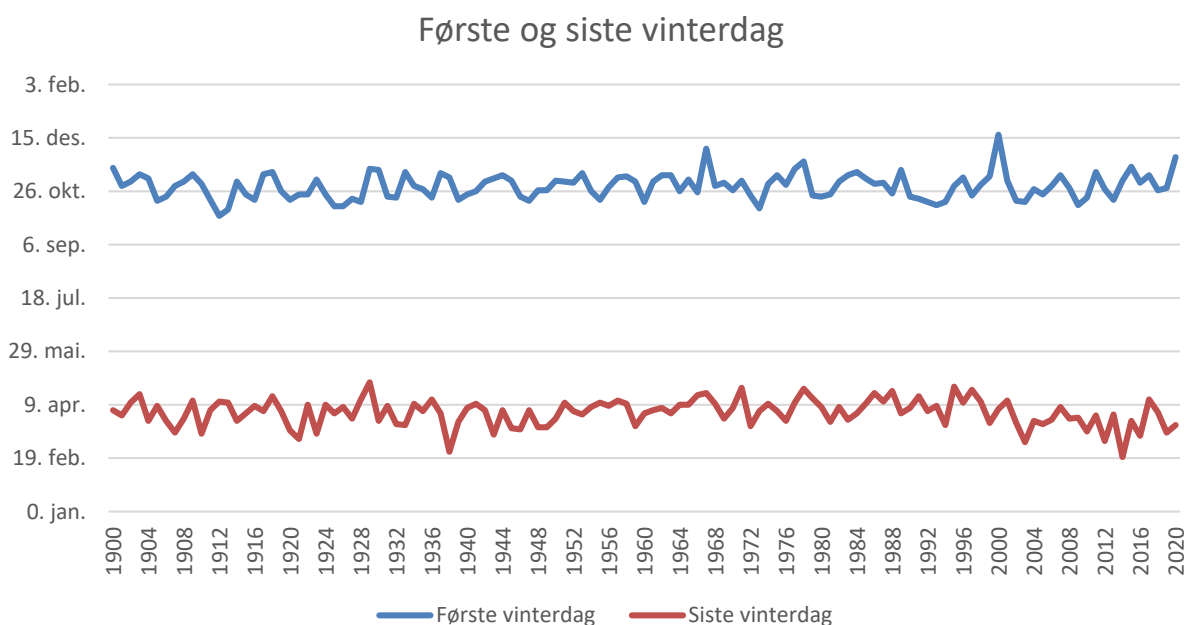
Sesong 1952-2020	Trend (°C per 10. år)		
	Maks.temp	Min.temp	DTR
Vinter (D-J-F)	0,417	0,594	-0,175
Vår (M-A-M)	0,323	0,279	0,044
Sommer ( J-J-A)	0,055	0,150	-0,095
Høst (S-O-N)	0,188	0,153	0,035

Fra resultatene i dette kapitlet var det tydelig at både maksimums- og minimumstemperaturene hadde økt fra 1951-2020. Som følge av at minimumstemperaturen hadde økt mest, hadde temperaturvariasjonen sunket over den totale perioden fra 1951-2020. Fra 1951-2020 hadde variasjonen sunket med kun 0,056 °C per 10. år og det er derfor en veldig svak trend sammenlignet med maksimums- og minimumstemperaturene. "Klima i Norge 2100" forventer en varmere fremtid i Norge og viser til en større økning i minimumstemperatur enn middeltemperatur. Resultatene i denne oppgaven viser denne trenden allerede. Spesielt de siste 40 årene viste en mye mer markant økning i trenden enn tidligere. Det var spesielt om vinteren og våren at maksimums- og minimumstemperaturene hadde økt (Hanssen-Bauer et al., 2009).

Denne minkingen i temperaturvariasjon gjelder for store deler av verden (Braganza et al., 2004) og kan delvis forklares av en økning i skydekke (Karl et al., 1993). Høyere maksimumstemperaturer og minimumstemperaturer spesielt om vinteren kan føre til at flere steder i Norge vil merke en markant endring i været om vinteren. Det er ikke sikkert at steder som tidligere har brukt å få mye snø vil fortsette å få det i fremtiden.

## 5.6 Vinteren på Ås

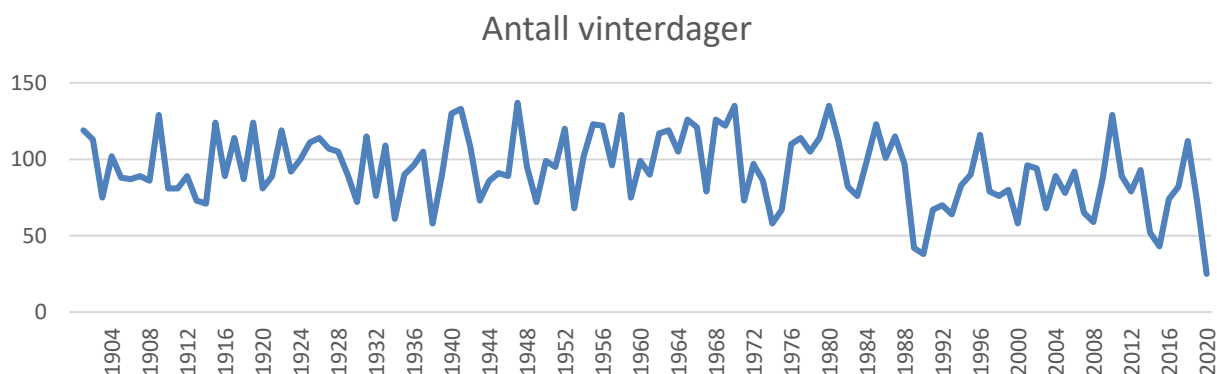
Første vinterdag regnes som den første dagen der døgnmiddeltemperaturen er under 0 °C. Fra Figur 33 ser man at det ikke har vært en stor endring i når vinteren på Ås starter; første vinterdag har som regel vært i oktober og november, med unntak av 1967 og 2000 da vinteren startet i desember. Siste vinterdag regnes som den siste dagen der døgnmiddeltemperaturen er under 0 °C. Fra samme figuren ser man at også siste vinterdag har holdt seg ganske likt fra 1900 til 2020. Det korteste vinteren har vart var i 1938 og 2014, da varte vinteren til henholdsvis 25. februar og 20. februar. Lengden på vinteren har derfor også holdt seg jevnt fra 1900 til 2020, med snittlengde som vist i Tabell 22.



**Figur 33:** Første og siste vinterdag (første og siste døgn der middeltemperaturen er under 0 °C) på Ås fra 1900-2020.

Når man så på antall dager i vinterperioden der snitttemperaturen faktisk befant seg under 0 °C ble resultatet noe annerledes. I Ås var det i gjennomsnitt 97 dager der døgnmiddeltemperaturen var under 0 °C i perioden 1901-1930, 98 i perioden 1931-1960 og 99 i perioden 1961-1990. De siste tretti årene, fra 1991-2020 var antall vinterdager nede på 79. Som er 20 dager færre enn den tidligere normalperioden. Fra Figur 34 kan det se ut som at det skjedde et skifte på slutten av 80-

tallet, der de fleste årene hadde færre vinterdager enn de forgående årene. Mellom 1976 og 1988 var det mange år med relativt mange vinterdøgn.



**Figur 34:** Antall vinterdøgn (døgn der middeltemperaturen er under 0 °C) på Ås fra 1901-2020.

**Tabell 22:** Gjennomsnittet av antall vinterdager i de fire normalperiodene; 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 og 1991-2020.

	<b>1901-1930</b>	<b>1931-1960</b>	<b>1961-1990</b>	<b>1991-2020</b>
Første vinterdag	28.10	31.10	04.11	01.11
Siste vinterdag	03.04	31.03	09.04	30.03
Antall vinterdager mellom start og slutt (Metode 1)	157	150	156	150
Antall dager under 0 °C (Metode 2)	97	98	99	79

Resultatene viste at verken første eller siste vinterdag hadde endret seg i stor grad fra 1901 frem til 2020. Som følge av dette har heller ikke lengden på vinteren endret seg i veldig stor grad. På det meste var vinteren i perioden 1901-1930 på 157 dager, mens på det minste var vinteren 150 dager både i 1931-1960 og 1991-2020. Antallet vinterdager varierer fra år til år. Eksempelvis var det i 1970 135 vinterdager, mens det i 1971 bare var 73 vinterdager. I 1972 økte antallet til 97 vinterdager før det sank i 1973. Denne trenden har pågått fra 1901 til 2020.

Dersom man istedenfor valgte å se på antall døgn med middeltemperaturer under 0 °C i den samme perioden så man en større endring også i normalperiodene. Periodene 1901-1930, 1931-1960 og 1961-1990 hadde ganske like verdier for antall dager under 0 °C, men den nyeste perioden 1991-2020 skiller seg ut med hele 20 dager færre vinterdager enn perioden før. Dette viser at vintertemperaturene på Ås har økt de siste 30 årene, selv om ikke lengden av vinteren har blitt mye kortere.

Vintrene i Norge har blitt kortere flere steder i Norge. Når antall vinterdager ble regnet fra første dag med temperatur under 0 °C, til siste dag med temperatur under 0 °C ble det følgende funnet for endringene fra perioden 1961-1990 til 1991-2020 av MET (Berger, 2021):

- Gardemoen fikk 22 færre vinterdager.
- Røros fikk 2 færre vinterdager.
- Oslo fikk 22 færre vinterdager.
- Trondheim fikk 14 færre vinterdager.
- Bodø fikk 48 færre vinterdager.
- Tromsø fikk 22 færre vinterdager.

- 
- Kirkenes fikk 12 færre vinterdager.

Dersom man brukte samme definisjonen for antall vinterdager på Ås så man at det de siste 30 årene var 6 færre vinterdager enn perioden før. Problemet med denne metoden er at det kan være en stor andel dager over 0 °C innenfor vinterperioden. Disse dagene blir da regnet som vinterdager, selv om de i realiteten kan ha vært mye varmere enn 0 °C. Ved å se på både lengden av vinteren og antall dager under 0°C i samme perioden får man et klarere bilde av hvordan vintertemperaturene har endret seg på Ås fra 1900 frem til 2020.

For perioder på 30 år har vinteren på Ås omtrent samme varighet, men funnene indikerer et varmere klima da dagene innad i vinterdefinisjonen har færre vinterdager.

---

## Konklusjon

Fra normalperioden 1901-1930 til perioden 1991-2020 har gjennomsnittstemperaturen på Ås steget med like over 1 °C. Gjennomsnittstemperaturen i normalperiodene 1901-1930, 1931-1960 og 1961-1990 ligger alle mellom 5 og 5,5 °C, mens gjennomsnittstemperaturen i den nyeste perioden 1991-2020 er på hele 6,3 °C. Både minimumstemperaturene og maksimumstemperaturene har økt fra 1951-2020, men den daglige temperaturvariasjonen har holdt seg nokså stabil på 8 °C hele denne perioden. Altså har ekstremtemperaturene økt i et likt tempo. Det var store forskjeller mellom sesongene, der de største endringene i ekstremtemperaturer oppsto om vinteren og våren. Også nedbørsmengden har økt fra perioden 1961-1990 til perioden 1991-2020. Klimaet på Ås blir varmere og våtere, i et mye raskere tempo enn tidligere.

Et varmere klima på Ås påvirker også vintrene. Vintrene på Ås har blitt 6 dager kortere de siste 30 årene, sammenlignet med perioden 1961-1990. Innenfor vinterperioden er det langt flere dager der temperaturen er over 0 °C enn tidligere. I gjennomsnitt er det 20 færre dager i perioden 1991-2020 der temperaturen er under 0 °C, enn det var i perioden 1961-1990. Frem til den nyeste perioden var både vinterlengden og antall døgn under 0 °C relativt like.

Endringer i måleutstyr har trolig ikke påvirket temperaturnormalene som spenner seg over en 30 års periode med mer enn 0,1 – 0,3 °C, der PT-100 sensoren måler høyere temperaturer enn de manuelle væsketermometrene. Endringen fra trehytte til plasthytte som strålingsskjerm har ført til kaldere lufttemperaturer og minimumstemperaturer, mens de målte maksimumstemperaturene har blitt varmere. I årlig gjennomsnitt er den målte lufttemperaturen i plastskjermen 0,08 °C kaldere enn temperaturen i trehytten fra årene 2016-2020. Ekstremtemperaturene har endret seg mer enn lufttemperaturen. For de samme årene har den gjennomsnittlige minimumstemperaturen sunket med 1,28 °C, mens maksimumstemperaturen har steget med 0,10 °C. Temperaturendringene som illustreres av temperaturnormalene stemmer derfor med de faktiske endringene som har oppstått på Ås. Dersom kortere perioder, slik som fra time til time, dag til dag, eller uke til uke undersøkes på Ås er det nødvendig å ta hensyn til ulikheter i temperatursensor og strålingsskjerm.

Siden temperaturvariasjon (DTR) beregnes fra maksimums- og minimumsverdier vil de bli påvirket av hvilken strålingsskjerm som brukes. Sensoren i plastskjermen måler lavere minimumstemperaturer og høyere maksimumstermpraturer. Dette gir større DTR fra målinger i plastskjerm enn trehytte.

Beregningsmetoden som brukes for å produsere temperaturnormaler kan påvirke resultatet. Det beste alternativet er å bruke aritmetisk middel på timesverdier av lufttemperatur, mens Köppens formel gir omtrent samme temperaturnormal når k-verdiene er godt tilpasset område og døgndefinisjon. På det meste var differansen mellom normalen fra aritmetisk middel og Köppens formel på 0,1 °C. Bruk av ekstremverdiene for beregning av temperaturnormal ga de svakeste resultatene. Der differansen mellom normalen fra aritmetisk middel og ekstremverdiene var 0,3 på det meste.

De manuelle målingene som logges i dag på Ås gir et svakere grunnlag for beregning av temperaturnormaler enn de automatiske. Dersom døgndefinisjonen hadde blitt endret fra 07 UTC til 18 UTC kunne differansen mellom middelen beregnet med aritmetisk middel fra automatiske målinger og middelen beregnet fra manuelle maksimums- og minimumsverdier blitt lavere, men bruk av Köppens formel er et bedre alternativ enn  $(T_{\max} + T_{\min})/2$ .

---

## Referanser

- Ahrens, C. D., & Henson, R. (2017). *Essentials Of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere* (Eighth edi). Cenage learning.
- Arguez, A., Durre, I., Applequist, S., Vose, R. S., Squires, M. F., Yin, X., Heim, R. R., & Owen, T. W. (2012). NOAA's 1981–2010 U.S. climate normals. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(11), 1687–1697. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00197.1>.
- Aune, B. (1993). *Temperaturnormaler 1961-1990 (Rapport nr 02/93 Klima)*. DNMI-Klimaavdelingen.
- Berger, A. B. (2021). *Vinteren blir kortere i hele landet*. MET. Hentet fra <https://www.met.no/nyhetsarkiv/vinteren-blir-kortere-i-hele-landet>.
- Bernhardt, J., Carleton, A. M., & LaMagna, C. (2018). A comparison of daily temperature-averaging methods: Spatial variability and recent change for the CONUS. *Journal of Climate*, 31(3), 979–996. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0089.1>.
- Borgnakke, C., & Sonntag, R. E. (2014). *Fundamentals of Thermodynamics* (eighth edi). John Wiley & Sons.
- Braganza, K., Karoly, D. J., & Arblaster, J. M. (2004). Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophysical Research Letters*, 31(13), 2–5. <https://doi.org/10.1029/2004GL019998>.
- Comer, D. (2020). MEASUREMENT OF TEMPERATURE. *Operating System Design*, 79–96. <https://doi.org/10.1201/b18064-8>.
- Cook, K. H. (2013). *Climate Dynamics*. Princeton University Press.
- Duaas, A. V. H. (2015). *Sammenligning av strålings skjerm for temperatursensorer*. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet NMBU.
- Dyngeseth, H. (2004). *Samanlikning av temperaturmålinger fra Røros værstasjon ( stnr . 10400 ) med målinger fra automatstasjon ved Røros Lufthavn*.
- Førland, E. J. (1993). *Nedbornørmaler 1961-1990 (Rapport nr 39/93 Klima)*.
- Gjelten, H. M. (2012). *Homogenitetstesting og analyse av temperaturserien på Ås*. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet NMBU.
- Grimenes, A. A., Jerstad, P., & Letbak, B. (2011). *Grunnleggende Fysikk for universitet og høyskole*. Cappelen Damm AS.
- Hansen, V. (1982). *The climate of Aas. Climate correlations between neighbouring meteorological stations*. Norges Landbrukshøgskole.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A., & Ådlandsvik, B. (2009). *Klima i Norge 2100. (M-406 | 2015 Klima)*. [www.miljodirektoratet.no/20804](http://www.miljodirektoratet.no/20804)
- Heldal, B. (1975). *Klimaet i Ås* (p. 1). Landbruksforlaget.
- Karl, T. R., Jones, P. D., Knight, R. W., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Gallo, K. P., Lindsey, J., Charlson, R. J., & Peterson, T. C. (1993). Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1007–1024.
- Kuya, E. K., Gjelten, H. M., & Tveito, O. E. (2020). *Homogenization of Norway 's mean monthly temperature series(METreport No. 03/2020-Climate)*.
- Kvifte, G. (1965). *Termodynamikk, Det termodynamiske grunnlag, Varmekraftmaskiner, Varmeoverføring, Stråling*.
- Kvifte, G. (1989). *Værobservasjoner i Ås gjennom 125 år. Follominne Nr 27 Årbok 1989, Follo Historie- Og Museumslag*.
- Lillestøl, E., Hunderi, O., & Lien, J. R. (2006). *Generell Fysikk for universiteter og høyskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme*. Universitetsforlaget AS.
- MET. (n.d.). *Krav ved etablering av automatiske værstasjoner i Norge*. Hentet 02.06.2021. Hentet fra <https://www.met.no/sokeresultat?q=krav+ved+etablering+av+automatiske+værstasjoner+i+Norge>
- MET. (2021a). *FROST API*. Hentet fra <https://frost.met.no/index.html>

- 
- MET. (2021b). *Ny normal i klimaforskningen*. Hentet fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/ny-normal-i-klimaforskningen>
- Mjelstad, H., Nordli, P. Ø., & Larre, M. H. (2002). *Comparison of radiation screens at a test field in Oslo*(Report no. 140).
- Netinbag. (2021). *Hva er en hygrotermograf?* Hentet fra <https://www.netinbag.com/no/science/what-is-a-hygrothermograph.html>
- NMBU, R. (2020). *OM OSS BIOKLIM*. Hentet fra <https://www.nmbu.no/fakultet/realtek/laboratorier/bioklim/om-fagklim>
- Nordli, P., Alexandersson, H., Frich, P., Førland, E. J., Heino, R., Jonsson, T., Tuomenvirta, H., & Tveito, O. E. (1997). The effect of radiation screens on nordic time mean temperature. *International Journal of Climatology*, 17(15), 1667–1681. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0088\(199712\)17:15<1667::aid-joc221>3.3.co;2-4](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(199712)17:15<1667::aid-joc221>3.3.co;2-4)
- Nordli, P. Ø. (1997). *Adjustment of Norwegian monthly means of daily minimum temperature*.
- Nordli, P. Ø., Alexandersson, H., Frich, P., Førland, E. J., Heino, R., Jonsson, T., Steffensen, P., Tuomenvirta, H., & Tveito, O. E. (1996). *The effect of radiation screens on Nordic temperature measurements*. Norwegian Meteorological Institute.
- Nygård, H. (2004). *Samanlikning av manuelle og automatiske temperaturmålinger frå Nesbyen – Skoglund*.
- Nygård, H. (2018). *Analyse av parallellmålinger av temperatur i perioden nov. 2015 - mai 2017*.
- Pedersen, K. (2012). *Slik måles temperaturen*. YR. Hentet fra <https://www.yr.no/artikkel/slik-males-temperaturen-1.8296562>
- Sivle, A. D. (2017). *Temperaturdøgn*. Hentet fra <https://snl.no/temperaturdøgn>
- Stjern, C. (2009). *Sammenligning av temperaturmålingene i Tromsø*.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Physics For Scientists and Engineers* (sixth edit). W.H Freeman and Company.
- Tveito, O. E. (2008). *Calculation of monthly mean temperature by Köppen 's formula in the Norwegian station network*. 18.
- Wiborg, J. (2020). *Influence of vegetation height on temperature measurements*. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet NMBU.
- WMO (World Meteorological Organization). (2017). Guidelines on the Calculation of Climate Normals. *WMO-No. 1203*, 1203, 18. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=4166](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166)
- WMO (World Meteorological Organization). (2018). *Guide to Instruments and Methods of Observation: Vol. I* (Issue 8). [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=12407](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=12407)
- Wolff, M. (2021). *Personlig kommunikasjon perioden jan-jun*.
- Wolff, M., Hansen, V. T., & Grimenes, A. (2020). *Meteorologiske data for Ås 2019*. 20.

## Vedlegg A

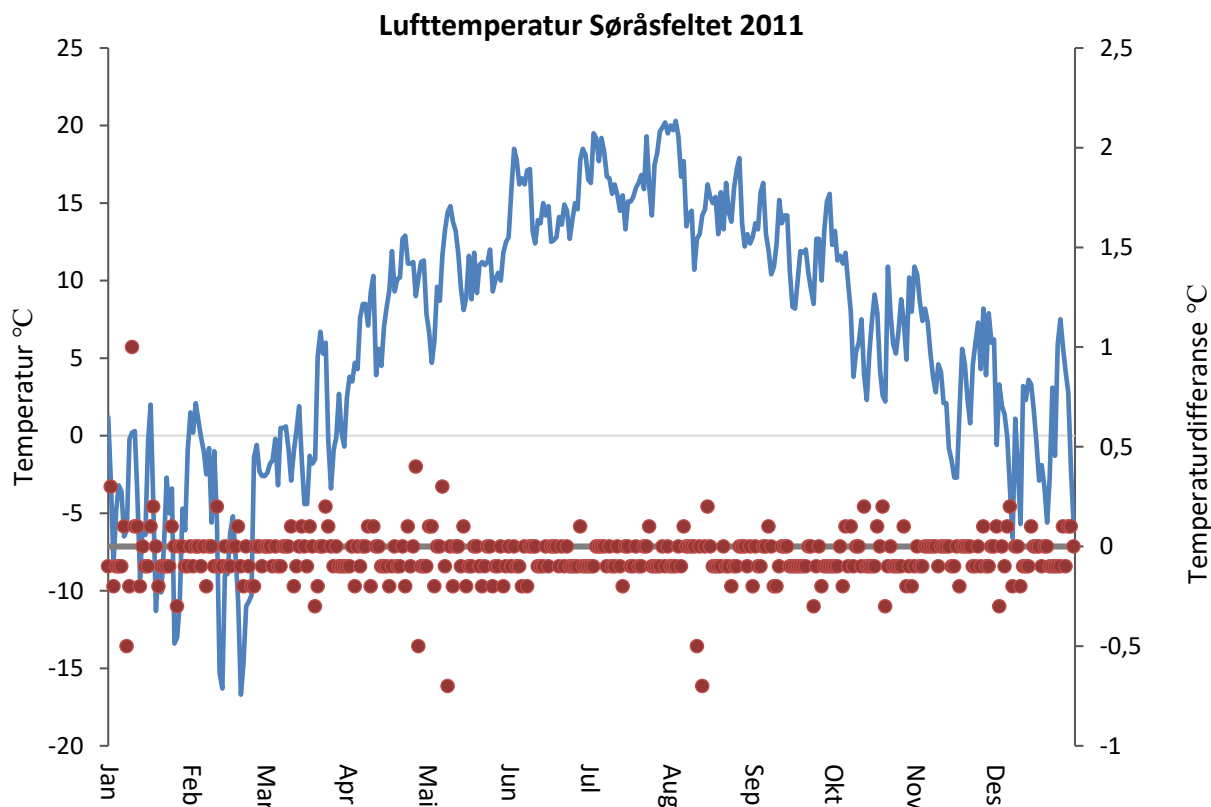
**Tabell 23:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen fra NMBUs sensor og minimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2010. Positiv differanse betyr at MET måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at NMBU måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2010</b>				
<b>Måned i 2010</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0026	-0,01	0,02	0,0047
2	0,0021	0,00	0,02	0,0036
3	0,1066	-0,02	0,35	0,1062
4	0,0668	-0,02	0,16	0,0544
5	0,0649	-0,01	0,14	0,0440
6	0,0321	-0,04	0,10	0,0382
7	0,0114	-0,06	0,15	0,0412
8	0,0050	-0,06	0,10	0,0332
9	0,1117	-0,07	2,32	0,4217
10	-0,0130	-1,25	0,17	0,2355
11	0,0135	-0,07	0,14	0,0559
12	0,1009	-0,04	0,93	0,1632
<b>Total</b>	<b>0,0421</b>	<b>-1,25</b>	<b>2,32</b>	<b>0,1002</b>

**Tabell 24:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen fra NMBUs sensor og maksimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2010. Positiv differanse betyr at NMBU måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at MET måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2010</b>				
<b>Måned i 2010</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0036	-0,01	0,02	0,0049
2	0,0022	0,00	0,01	0,0026
3	-0,2005	-0,43	-0,09	0,0926
4	-0,1783	-0,27	-0,09	0,0436
5	-0,1640	-0,24	-0,06	0,0404
6	-0,1772	-0,24	-0,10	0,0362
7	-0,1763	-0,26	-0,10	0,0384
8	-0,1741	-0,23	-0,12	0,0295
9	-0,0817	-0,24	1,87	0,3731
10	-0,1858	-1,36	0,01	0,2223
11	-0,1212	-0,27	-0,06	0,0450
12	-0,1350	-0,31	0,69	0,1625
<b>Total</b>	<b>-0,1324</b>	<b>-1,36</b>	<b>1,87</b>	<b>0,0909</b>





**Figur 35:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2011. Positiv differanse vil si at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen fra METs sensor var høyest.

**Tabell 25:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen fra NMBUs sensor og lufttemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2011. Positiv differanse betyr at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen fra MET var høyest.

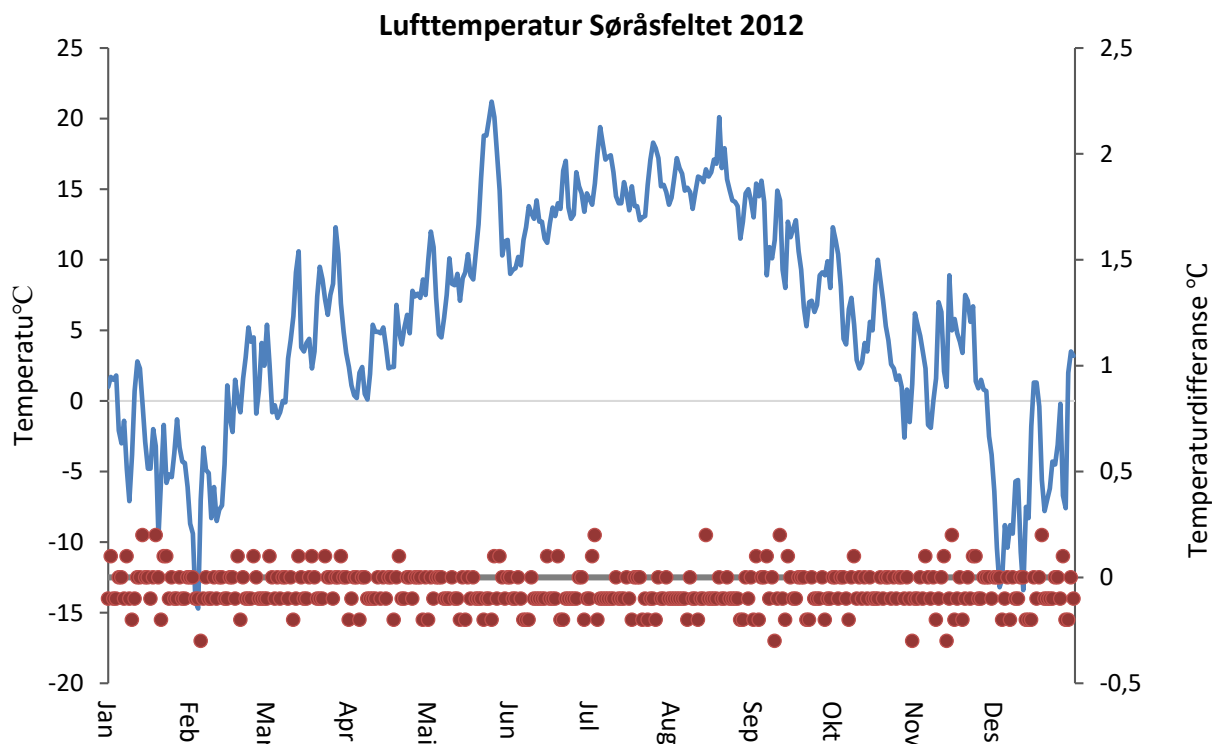
<b>LUFTTEMPERATUR 2011</b>				
<b>Måned i 2011</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	-0,0239	-0,53	1,03	0,2410
<b>2</b>	-0,0515	-0,21	0,24	0,0900
<b>3</b>	-0,0356	-0,26	0,16	0,0811
<b>4</b>	-0,0562	-0,49	0,38	0,1313
<b>5</b>	-0,0630	-0,71	0,31	0,1526
<b>6</b>	-0,0687	-0,20	0,03	0,0569
<b>7</b>	-0,0567	-0,17	0,08	0,0520
<b>8</b>	-0,0780	-0,77	0,24	0,1690
<b>9</b>	-0,0704	-0,22	0,03	0,0633
<b>10</b>	-0,0450	-0,31	0,19	0,1000
<b>11</b>	-0,0460	-0,23	0,05	0,0585
<b>12</b>	-0,0258	-0,24	0,20	0,0932
<b>Total</b>	<b>-0,0517</b>	<b>-0,77</b>	<b>1,03</b>	<b>0,1074</b>

**Tabell 26:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen fra NMBUs sensor og minimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2011. Positiv differanse betyr at MET måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at NMBU måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2011</b>				
<b>Måned i 2011</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0950	-0,30	1,14	0,2142
2	0,0528	-0,03	0,20	0,0667
3	0,0844	-0,03	0,22	0,0713
4	0,0638	-0,59	0,57	0,1566
5	0,0896	-3,65	4,80	1,0991
6	0,0313	-0,04	0,12	0,0416
7	0,0370	-0,04	0,12	0,0394
8	0,0901	-0,31	2,13	0,4006
9	0,0240	-0,05	0,13	0,0476
10	0,0320	-0,04	0,12	0,0419
11	0,0015	-0,05	0,15	0,0464
12	0,0563	0,00	0,19	0,0494
<b>Total</b>	<b>0,0548</b>	<b>-3,65</b>	<b>4,80</b>	<b>0,1896</b>

**Tabell 27:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen fra NMBUs sensor og maksimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2011. Positiv differanse betyr at NMBU måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at MET måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2011</b>				
<b>Måned i 2011</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,1402	-0,30	0,81	0,1930
2	-0,1478	-0,33	-0,05	0,0718
3	-0,1570	-0,27	-0,06	0,0553
4	-0,1772	-0,52	0,36	0,1250
5	-0,1318	-3,96	5,23	1,2047
6	-0,1686	-0,25	-0,11	0,0367
7	-0,1593	-0,23	-0,08	0,0391
8	-0,0980	-0,62	2,11	0,4352
9	-0,1467	-0,24	-0,07	0,0380
10	-0,1363	-0,23	-0,07	0,0399
11	-0,0987	-0,22	-0,04	0,0419
12	-0,1322	-0,22	-0,06	0,0382
<b>Total</b>	<b>-0,1412</b>	<b>-3,96</b>	<b>5,23</b>	<b>0,1932</b>



**Figur 36:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2012. Positiv differanse vil si at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen fra METs sensor var høyest.

**Tabell 28:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen fra NMBUs sensor og lufttemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2012. Positiv differanse betyr at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen fra MET var høyest.

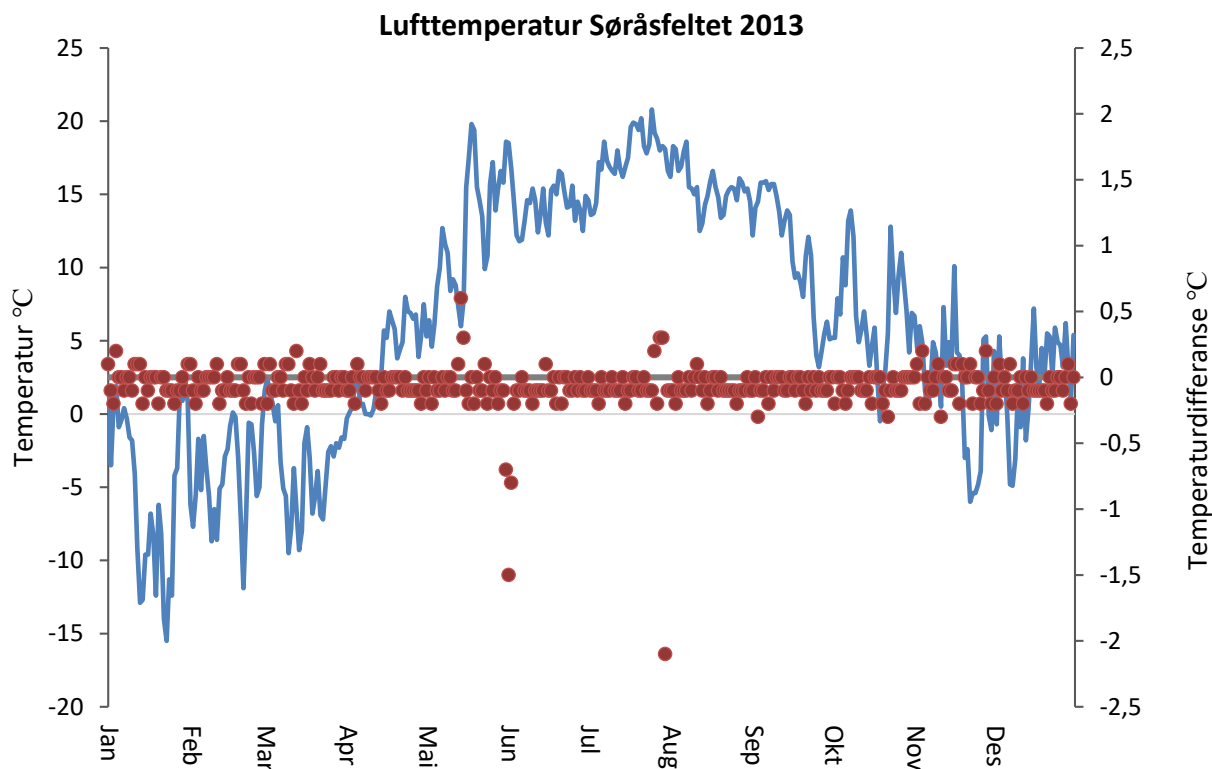
LUFTTEMPERATUR 2012				
Måned i 2012	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,0362	-0,22	0,15	0,0849
2	-0,0583	-0,21	0,12	0,0730
3	-0,0388	-0,22	0,12	0,0705
4	-0,0640	-0,17	0,06	0,0612
5	-0,0687	-0,21	0,10	0,0764
6	-0,0782	-0,21	0,10	0,0667
7	-0,0719	-0,19	0,27	0,0825
8	-0,0899	-0,24	0,12	0,0658
9	-0,0674	-0,26	0,12	0,0910
10	-0,0559	-0,32	0,09	0,0766
11	-0,0465	-0,24	0,13	0,0827
12	-0,0631	-0,26	0,16	0,1027
<b>Total</b>	<b>-0,0616</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,27</b>	<b>0,0778</b>

**Tabell 29:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen fra NMBUs sensor og minimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2012. Positiv differanse betyr at MET måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at NMBU måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2012</b>				
<b>Måned i 2012</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0406	-0,03	0,20	0,0533
2	0,0539	-0,08	0,17	0,0539
3	0,0780	-0,02	0,17	0,0535
4	0,0356	-0,06	0,12	0,0508
5	0,0407	-0,05	0,13	0,0478
6	0,0256	-0,08	0,12	0,0502
7	0,0192	-0,07	0,30	0,0725
8	0,0044	-0,07	0,08	0,0369
9	0,0332	-0,05	0,12	0,0465
10	0,0059	-0,11	0,10	0,0501
11	-0,0064	-0,07	0,12	0,0480
12	0,0121	-0,05	0,30	0,0711
<b>Total</b>	<b>0,0286</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,30</b>	<b>0,0529</b>

**Tabell 30:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen fra NMBUs sensor og maksimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2012. Positiv differanse betyr at NMBU måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at MET måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2012</b>				
<b>Måned i 2012</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,1146	-0,27	-0,05	0,0453
2	-0,1460	-0,25	-0,07	0,0452
3	-0,1672	-0,26	-0,07	0,0479
4	-0,1647	-0,25	-0,08	0,0423
5	-0,1911	-0,23	-0,11	0,0306
6	-0,2024	-0,30	-0,05	0,0479
7	-0,1694	-0,25	0,13	0,0755
8	-0,1863	-0,23	-0,11	0,0300
9	-0,1856	-0,26	-0,10	0,0420
10	-0,1371	-0,22	-0,08	0,0363
11	-0,1054	-0,18	0,01	0,0322
12	-0,1249	-0,31	-0,03	0,0606
<b>Total</b>	<b>-0,1579</b>	<b>-0,31</b>	<b>0,13</b>	<b>0,0447</b>



**Figur 37:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2013. Positiv differanse vil si at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen fra METs sensor var høyest.

**Tabell 31:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen fra NMBUs sensor og lufttemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2013. Positiv differanse betyr at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen fra MET var høyest.

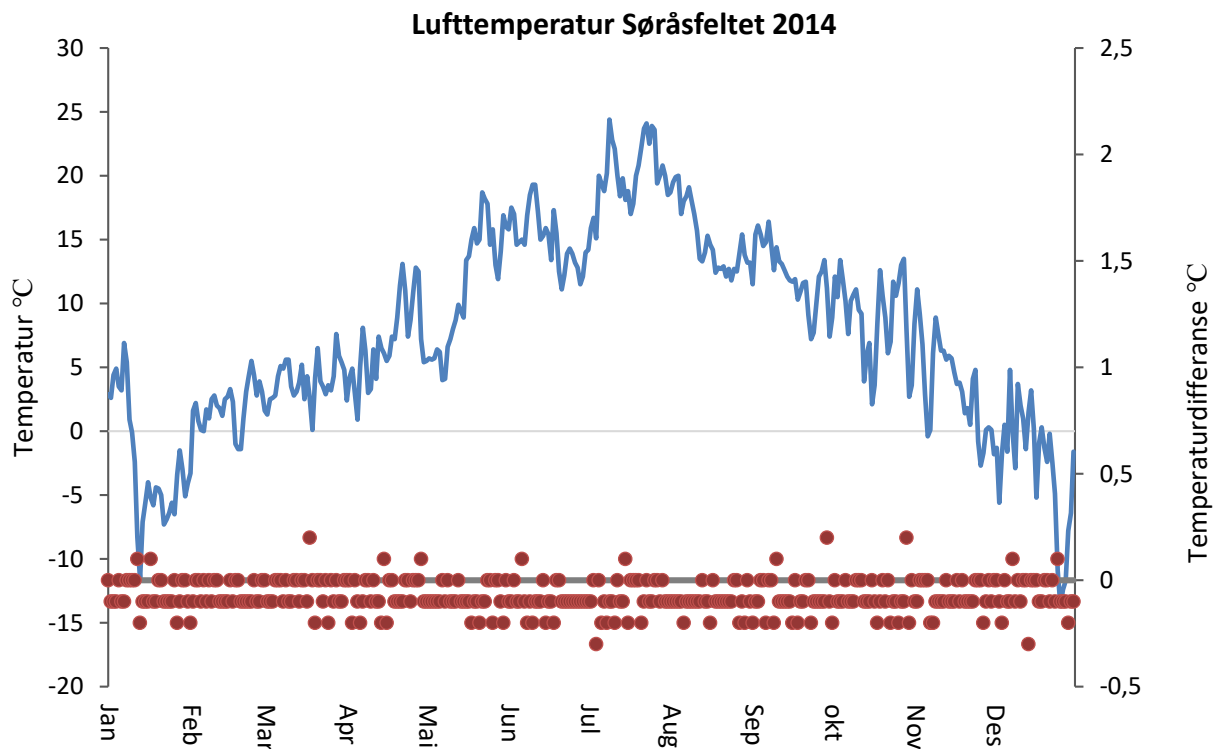
<b>LUFTTEMPERATUR 2013</b>				
<b>Måned i 2013</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	-0,0471	-0,22	0,17	0,0897
<b>2</b>	-0,0475	-0,22	0,15	0,0880
<b>3</b>	-0,0362	-0,24	0,20	0,0892
<b>4</b>	-0,0531	-0,18	0,04	0,0519
<b>5</b>	-0,0634	-0,67	0,67	0,1959
<b>6</b>	-0,1617	-1,49	0,03	0,2810
<b>7</b>	-0,1255	-2,10	0,33	0,3786
<b>8</b>	-0,0825	-0,17	0,03	0,0625
<b>9</b>	-0,0763	-0,26	0,01	0,0654
<b>10</b>	-0,0669	-0,32	0,06	0,0797
<b>11</b>	-0,0386	-0,26	0,21	0,1203
<b>12</b>	-0,0661	-0,24	0,15	0,0835
<b>Total</b>	<b>-0,0721</b>	<b>-2,10</b>	<b>0,67</b>	<b>0,1321</b>

**Tabell 32:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen fra NMBUs sensor og minimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2013. Positiv differanse betyr at MET måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at NMBU måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2013</b>				
<b>Måned i 2013</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0088	-0,07	0,12	0,0438
2	0,0283	-0,05	0,13	0,0465
3	0,0780	-0,02	0,18	0,0505
4	0,0472	-0,05	0,12	0,0437
5	-0,0870	-3,02	0,17	0,5479
6	-0,0895	-1,23	0,10	0,3178
7	0,1358	-1,16	3,97	0,7852
8	0,0301	-0,05	0,11	0,0407
9	0,0232	-0,06	0,11	0,0448
10	0,0121	-0,06	0,11	0,0450
11	0,0372	-0,05	0,22	0,0604
12	0,0171	-0,09	0,11	0,0392
<b>Total</b>	<b>0,0201</b>	<b>-3,02</b>	<b>3,97</b>	<b>0,1721</b>

**Tabell 33:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen fra NMBUs sensor og maksimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2013. Positiv differanse betyr at NMBU måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at MET måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2013</b>				
<b>Måned i 2013</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,1191	-0,22	-0,06	0,0401
2	-0,1216	-0,24	-0,05	0,0480
3	-0,1761	-0,28	-0,07	0,0537
4	-0,1710	-0,26	-0,09	0,0451
5	-0,2883	-3,03	-0,12	0,5115
6	-0,3213	-1,77	-0,12	0,3763
7	-0,1268	-1,86	3,73	0,8197
8	-0,2077	-0,28	-0,12	0,0360
9	-0,1897	-0,26	-0,13	0,0345
10	-0,1484	-0,21	-0,08	0,0372
11	-0,1507	-0,3	-0,05	0,0519
12	-0,1445	-0,24	-0,08	0,0344
<b>Total</b>	<b>-0,1804</b>	<b>-3,03</b>	<b>3,73</b>	<b>0,1740</b>



**Figur 38:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2014. Positiv differanse vil si at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen fra METs sensor var høyest.

**Tabell 34:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen fra NMBUs sensor og lufttemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2014. Positiv differanse betyr at temperaturen fra NMBU var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen fra MET var høyest.

LUFTEMPERATUR 2014				
Måned i 2014	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,0561	-0,16	0,12	0,0578
2	-0,0682	-0,15	0,02	0,0357
3	-0,0448	-0,18	0,12	0,0565
4	-0,0664	-0,20	0,07	0,0734
5	-0,0902	-0,21	0,02	0,0542
6	-0,0946	-0,23	0,03	0,0540
7	-0,0898	-0,29	0,07	0,0710
8	-0,0863	-0,24	0,03	0,0499
9	-0,0833	-0,20	0,17	0,0819
10	-0,0770	-0,22	0,25	0,0853
11	-0,0649	-0,19	0,06	0,0577
12	-0,0593	-0,23	0,10	0,0736
<b>Total</b>	<b>-0,0734</b>	<b>-0,29</b>	<b>0,25</b>	<b>0,0626</b>

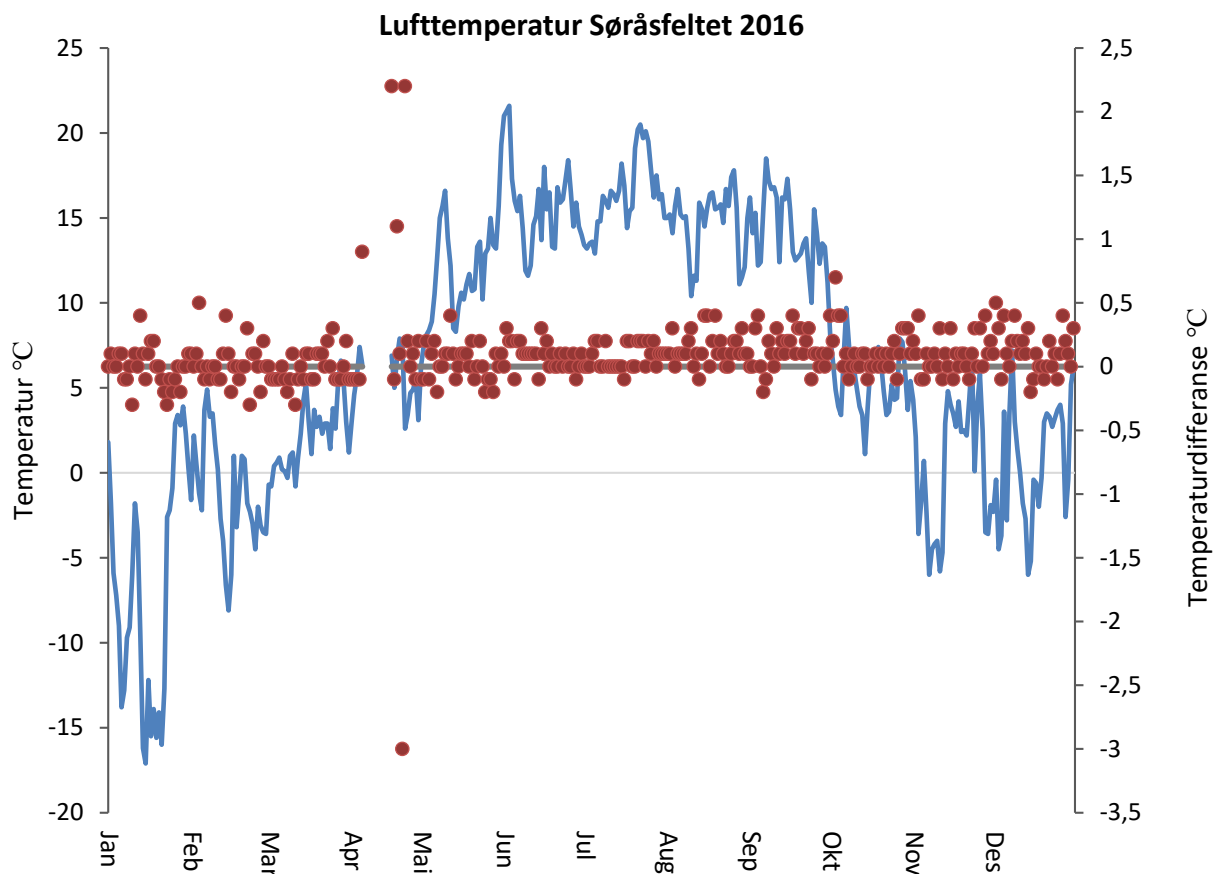
**Tabell 35:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen fra NMBUs sensor og maksimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2014. Positiv differanse betyr at NMBU måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at MET måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2014</b>				
<b>Måned i 2014</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,0915	-0,18	-0,06	0,0226
2	-0,1018	-0,17	-0,05	0,0268
3	-0,1366	-0,22	-0,07	0,0442
4	-0,1918	-0,50	-0,09	0,0736
5	-0,2056	-0,29	-0,11	0,0429
6	-0,2354	-0,32	-0,15	0,0404
7	-0,2454	-0,31	-0,01	0,0555
8	-0,2042	-0,26	-0,15	0,0295
9	-0,2086	-0,29	-0,15	0,0335
10	-0,1355	-0,18	-0,09	0,0246
11	-0,1019	-0,15	-0,05	0,0245
12	-0,1554	-0,29	-0,07	0,0477
<b>Total</b>	<b>-0,1678</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,01</b>	<b>0,0388</b>

**Tabell 36:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen fra NMBUs sensor og maksimumstemperaturen fra METs sensor basert på døgnverdier for hver måned i 2015. Positiv differanse betyr at NMBU måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at MET måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2015</b>				
<b>Måned i 2015</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	-0,0935	-0,25	0,69	0,1520
2	-0,1414	-0,40	0,00	0,0800
3	-0,1503	-0,36	0,10	0,1034
4	-0,2289	-0,46	0,05	0,1247
5	-0,1969	-0,37	0,04	0,0829
6	-0,2185	-0,42	-0,05	0,0957
7	-0,2078	-0,40	-0,06	0,0802
8	-0,2040	-0,47	0,13	0,1411
9	0,2607	-1,23	5,80	1,4315
10	-0,0958	-0,27	0,07	0,0691
11	-0,1314	-0,31	-0,02	0,0660
12	-0,0970	-0,25	-0,03	0,0518
<b>Total</b>	<b>-0,1254</b>	<b>-1,23</b>	<b>5,80</b>	<b>0,2065</b>





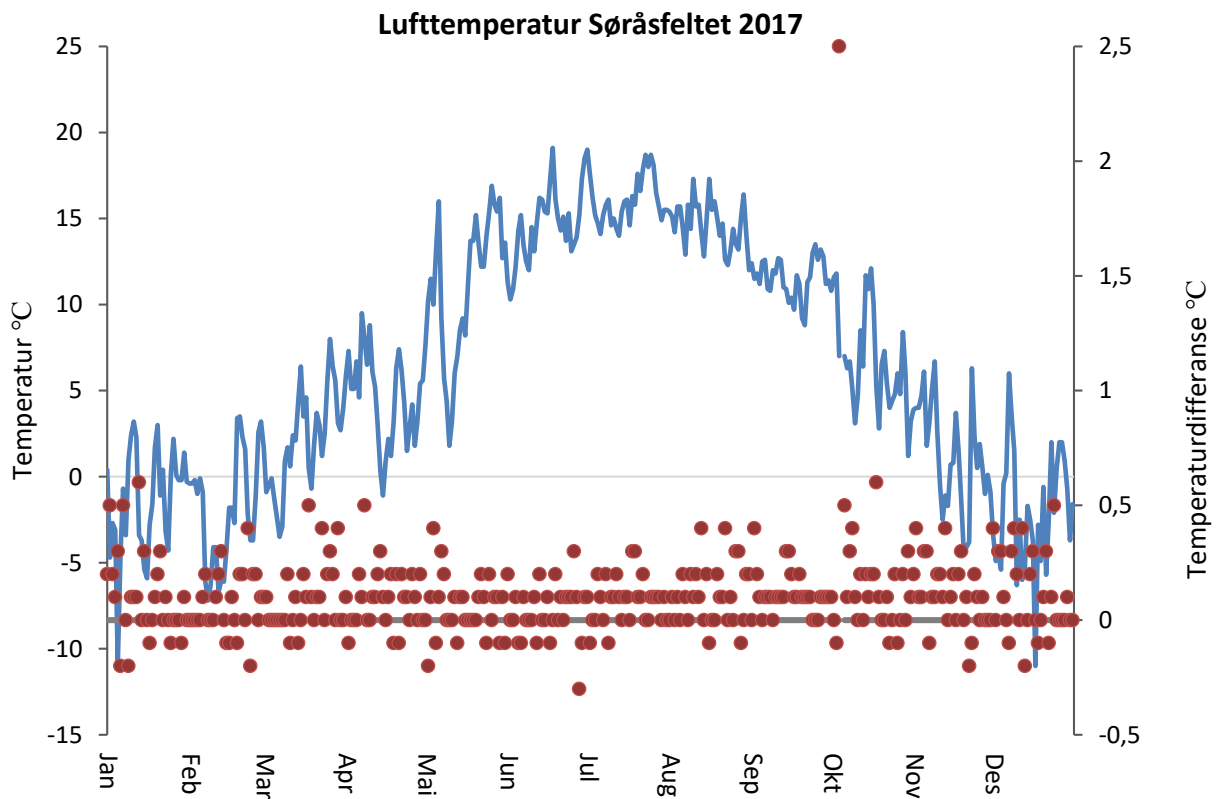
**Figur 39:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2016. Positiv differanse vil si at temperaturen i trehytta var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen i plastskjermen var høyest.

**Tabell 37:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen i trehytten og lufttemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2016. Positiv differanse betyr at temperaturen i trehytten var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen var høyest.

LUFTEMPERATUR 2016				
Måned i 2016	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,0089	-0,27	0,36	0,1373
2	0,0300	-0,30	0,46	0,1585
3	-0,0246	-0,24	0,29	0,1234
4	0,2144	-3,05	2,27	1,1351
5	0,0376	-0,17	0,35	0,1213
6	0,0911	-0,09	0,30	0,0932
7	0,0853	-0,08	0,26	0,0862
8	0,1409	-0,07	0,42	0,1152
9	0,1372	-0,12	0,39	0,1308
10	0,1226	-0,10	0,66	0,1634
11	0,0953	-0,14	0,38	0,1422
12	0,1173	-0,13	0,49	0,1600
<b>Total</b>	<b>0,0865</b>	<b>-3,05</b>	<b>2,27</b>	<b>0,2139</b>

**Tabell 38:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen i trehytten og maksimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2016. Positiv differanse betyr at trehytten måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at plastskjermen måler høyest maksimumstemperatur.

MAKSIMUMSTEMPERATUR 2016				
Måned i 2016	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,1928	-0,58	-0,04	0,1383
2	-0,1776	-0,58	0,05	0,1450
3	-0,2039	-0,59	0,00	0,1321
4	0,2648	-3,46	3,39	1,3931
5	-0,1348	-0,33	0,07	0,1184
6	-0,1453	-0,34	0,13	0,1097
7	-0,1542	-0,27	0,00	0,0771
8	-0,0694	-0,31	0,25	0,1110
9	-0,0531	-0,19	0,15	0,0863
10	-0,0011	-0,14	0,27	0,0702
11	-0,0351	-0,18	0,13	0,0526
12	-0,0356	-0,22	0,10	0,0619
<b>Total</b>	<b>-0,0782</b>	<b>-3,46</b>	<b>3,39</b>	<b>0,2080</b>



**Figur 40:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2017. Positiv differanse vil si at temperaturen i trehytta var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen i plastskjermen var høyest.

**Tabell 39:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen i trehytten og lufttemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2017. Positiv differanse betyr at temperaturen i trehytten var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen var høyest.

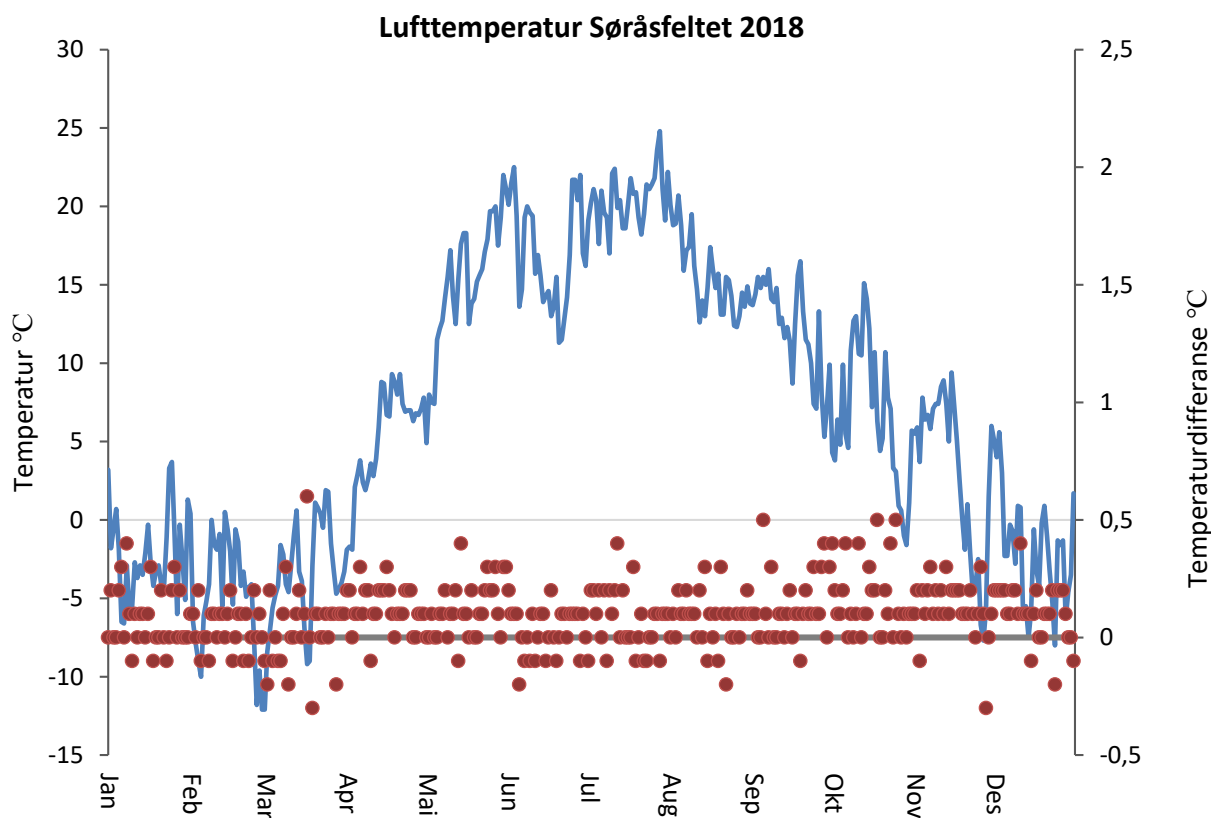
<b>LUFTTEMPERATUR 2017</b>				
<b>Måned i 2017</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	0,0961	-0,20	0,53	0,1753
<b>2</b>	0,0552	-0,16	0,39	0,1208
<b>3</b>	0,1007	-0,07	0,48	0,1299
<b>4</b>	0,0907	-0,09	0,45	0,1122
<b>5</b>	0,0480	-0,16	0,45	0,1185
<b>6</b>	0,0399	-0,22	0,34	0,1145
<b>7</b>	0,0991	-0,06	0,32	0,0948
<b>8</b>	0,1082	-0,09	0,40	0,1117
<b>9</b>	0,1078	0,02	0,42	0,0923
<b>10</b>	0,2137	-0,05	2,46	0,4445
<b>11</b>	0,1218	-0,15	0,45	0,1395
<b>12</b>	0,1208	-0,26	0,51	0,1830
<b>Total</b>	<b>0,1002</b>	<b>-0,26</b>	<b>2,46</b>	<b>0,1531</b>

**Tabell 40:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2017. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2017</b>				
<b>Måned i 2017</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	0,2760	0,01	0,80	0,2149
<b>2</b>	0,2158	0,00	0,68	0,2002
<b>3</b>	0,2641	0,02	0,70	0,1768
<b>4</b>	0,3007	0,09	0,63	0,1515
<b>5</b>	0,2407	0,05	0,57	0,1224
<b>6</b>	0,2481	0,06	0,61	0,1398
<b>7</b>	0,3522	0,10	0,68	0,1528
<b>8</b>	0,2852	0,08	0,55	0,1141
<b>9</b>	0,2429	0,05	0,66	0,1643
<b>10</b>	0,3598	0,05	2,06	0,3670
<b>11</b>	0,2947	0,02	0,71	0,1698
<b>12</b>	0,2999	0,01	0,71	0,2093
<b>Total</b>	<b>0,2817</b>	<b>0,1</b>	<b>2,06</b>	<b>0,1819</b>

**Tabell 41:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen i trehytten og maksimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2017. Positiv differanse betyr at trehytten måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at plastskjermen måler høyest maksimumstemperatur.

MAKSIMUMSTEMPERATUR 2017				
Måned i 2017	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,0353	-0,14	0,09	0,0517
2	-0,0815	-0,40	0,05	0,1057
3	-0,0483	-0,23	0,08	0,0745
4	-0,1200	-0,33	0,08	0,0966
5	-0,1391	-0,36	0,08	0,1000
6	-0,1519	-0,33	0,07	0,1009
7	-0,1386	-0,30	0,02	0,0783
8	-0,0726	-0,22	0,13	0,0860
9	-0,0415	-0,21	0,09	0,0611
10	0,0553	-0,14	2,34	0,4311
11	-0,0597	-0,30	0,12	0,0748
12	-0,0457	-0,24	0,08	0,0822
<b>Total</b>	<b>-0,0732</b>	<b>-0,40</b>	<b>2,34</b>	<b>0,1119</b>



**Figur 41:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2018. Positiv differanse vil si at temperaturen i trehytta var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen i plastskjermen var høyest.

**Tabell 42:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen i trehytten og lufttemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2018. Positiv differanse betyr at temperaturen i trehytten var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen var høyest.

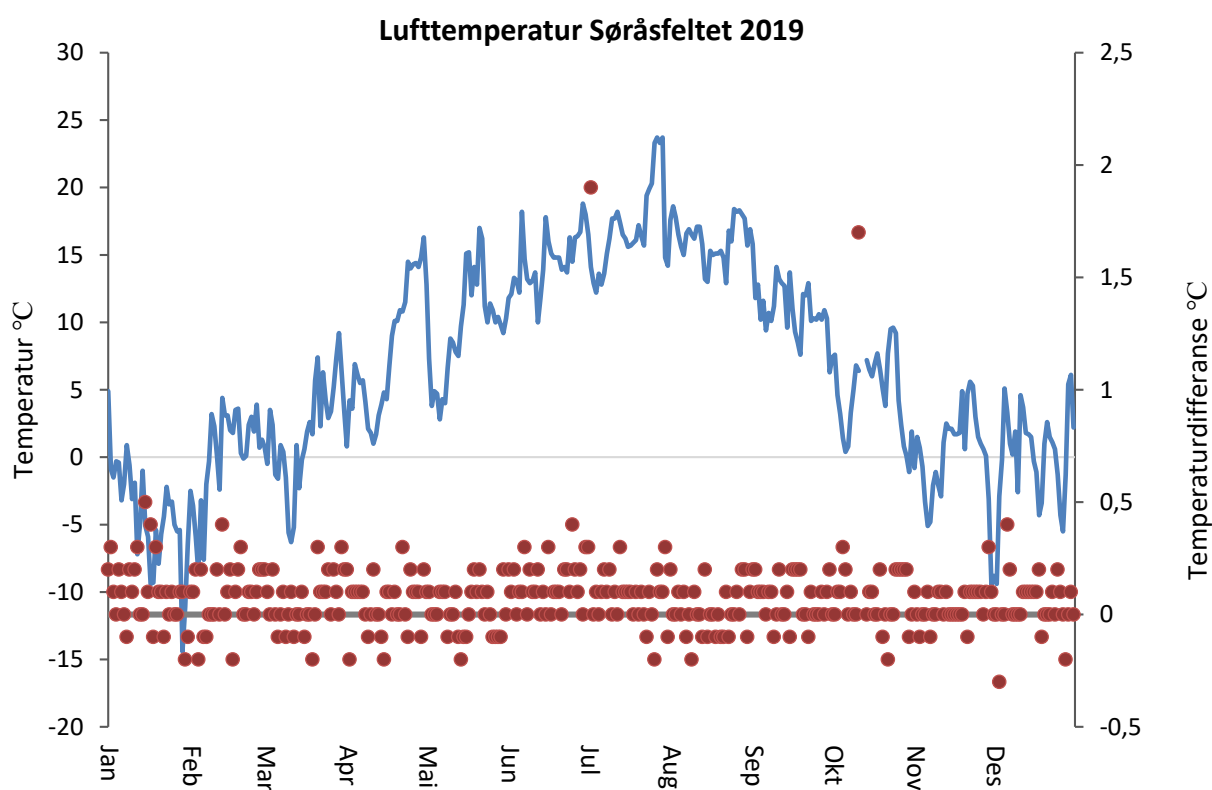
<b>LUFTTEMPERATUR 2018</b>				
<b>Måned i 2018</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0844	-0,13	0,40	0,1360
2	0,0375	-0,15	0,26	0,0959
3	0,0345	-0,25	0,59	0,1540
4	0,1244	-0,06	0,25	0,0826
5	0,1265	-0,15	0,35	0,1096
6	0,0299	-0,20	0,21	0,0985
7	0,0773	-0,10	0,36	0,1174
8	0,0772	-0,13	0,31	0,0909
9	0,1228	-0,05	0,45	0,1299
10	0,1714	-0,02	0,53	0,1441
11	0,1218	-0,28	0,27	0,1076
12	0,1043	-0,18	0,33	0,1079
<b>Total</b>	<b>0,0927</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,59</b>	<b>0,1145</b>

**Tabell 43:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2018. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2018</b>				
<b>Måned i 2018</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,2219	0,05	0,72	0,1702
2	0,1371	0,01	0,51	0,1239
3	0,2574	0,02	0,71	0,2002
4	0,3481	0,10	0,60	0,1164
5	0,3720	0,11	0,62	0,1321
6	0,2645	0,05	0,55	0,1201
7	0,3128	0,03	0,55	0,1223
8	0,2813	0,11	0,50	0,1117
9	0,2889	0,10	0,64	0,1357
10	0,3426	0,16	0,65	0,1438
11	0,2174	0,08	0,42	0,0824
12	0,2548	0,06	0,61	0,1578
<b>Total</b>	<b>0,2749</b>	<b>0,01</b>	<b>0,72</b>	<b>0,1347</b>

**Tabell 44:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen i trehytten og maksimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2018. Positiv differanse betyr at trehytten måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at plastskjermen måler høyest maksimumstemperatur.

MAKSIMUMSTEMPERATUR 2018				
Måned i 2018	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,0491	-0,25	0,07	0,0629
2	-0,0978	-0,35	0,02	0,1001
3	-0,1648	-0,51	0,05	0,1532
4	-0,0822	-0,23	0,10	0,0944
5	-0,1224	-0,30	0,00	0,0765
6	-0,1834	-0,34	-0,03	0,0798
7	-0,1859	-0,45	0,12	0,1005
8	-0,1569	-0,28	-0,03	0,0740
9	-0,0483	-0,19	0,57	0,1376
10	0,0171	-0,17	0,17	0,0869
11	0,0447	-0,17	0,17	0,0886
12	-0,0223	-0,24	0,15	0,1021
<b>Total</b>	<b>-0,0876</b>	<b>-0,51</b>	<b>0,57</b>	<b>0,0964</b>



**Figur 42:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2019. Positiv differanse vil si at temperaturen i trehytta var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen i plastskjermen var høyest.

**Tabell 45:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen i trehytten og lufttemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2019. Positiv differanse betyr at temperaturen i trehytten var høyest, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen var høyest.

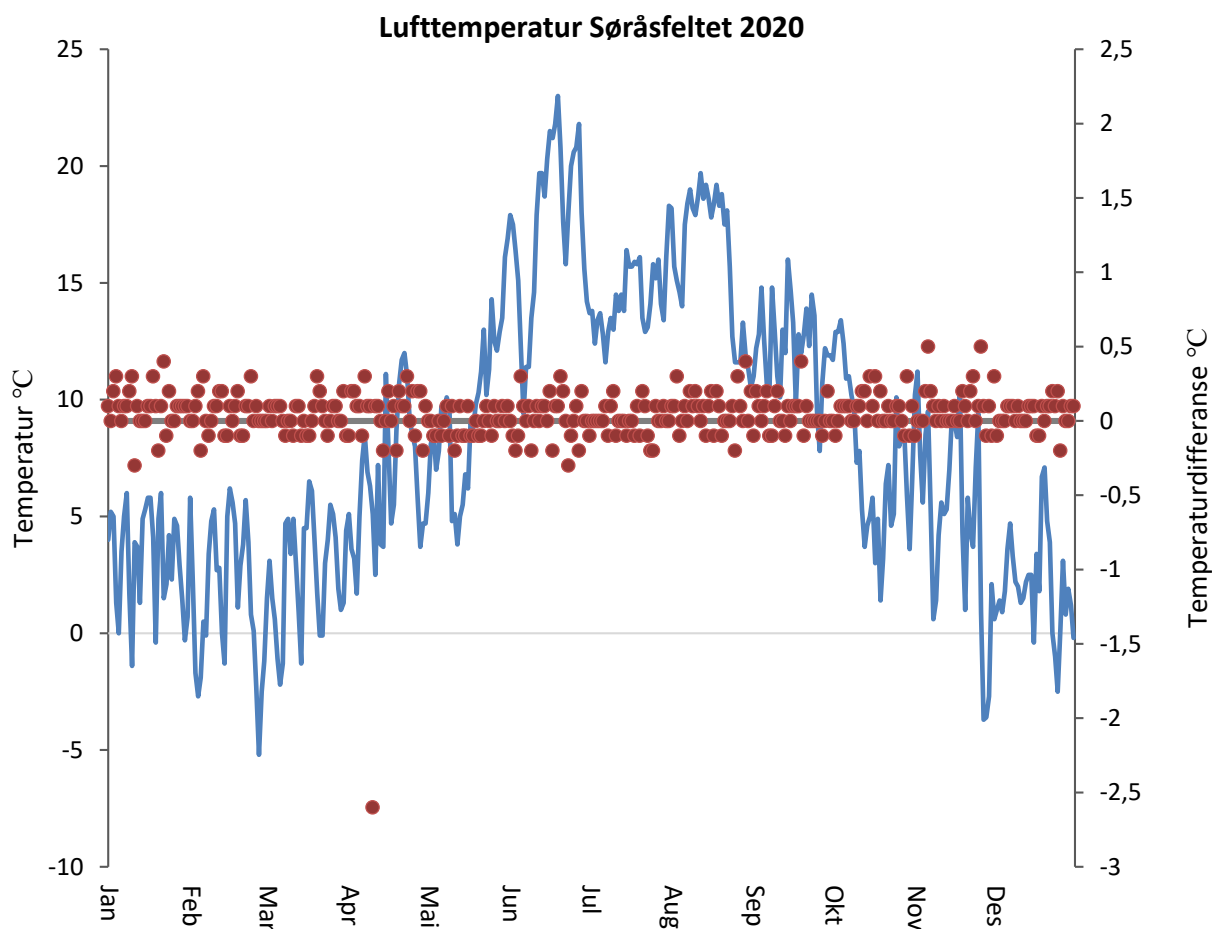
<b>LUFTTEMPERATUR 2019</b>				
<b>Måned i 2019</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0851	-0,37	0,46	0,1715
2	0,0781	-0,20	0,36	0,1286
3	0,0642	-0,20	0,27	0,1164
4	0,0514	-0,15	0,33	0,1124
5	0,0319	-0,15	0,19	0,0893
6	0,1294	-0,05	0,45	0,0993
7	0,1353	-0,16	1,93	0,3425
8	0,0105	-0,17	0,20	0,0921
9	0,0899	-0,10	0,26	0,1027
10	0,1137	-0,14	1,68	0,3113
11	0,0449	-0,10	0,24	0,0681
12	0,0397	-0,21	0,37	0,1089
<b>Total</b>	<b>0,0728</b>	<b>-0,37</b>	<b>1,93</b>	<b>0,1453</b>

**Tabell 46:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2019. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2019</b>				
<b>Måned i 2019</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,2942	-0,13	0,67	0,2252
2	0,2371	0,00	0,56	0,1296
3	0,2577	0,02	0,52	0,1337
4	0,3099	0,15	0,59	0,1096
5	0,2422	0,04	0,46	0,0882
6	0,3189	0,16	0,53	0,1073
7	0,3496	-1,18	3,50	0,6406
8	0,1953	0,02	0,44	0,1101
9	0,2783	0,07	0,60	0,1514
10	0,2454	0,03	1,82	0,3284
11	0,1401	0,00	0,65	0,1412
12	0,2137	0,05	0,67	0,1519
<b>Total</b>	<b>0,2569</b>	<b>0,00</b>	<b>3,50</b>	<b>0,1931</b>

**Tabell 47:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen i trehytten og maksimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2019. Positiv differanse betyr at trehytten måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at plastskjermen måler høyest maksimumstemperatur.

MAKSIMUMSTEMPERATUR 2019				
Måned i 2019	$\Delta T$ Gjennomsnitt	$\Delta T$ Min	$\Delta T$ Max	$\Delta T$ Standardavvik
1	-0,1351	-0,60	-0,01	0,1281
2	-0,0827	-0,31	0,05	0,0935
3	-0,1255	-0,59	0,05	0,1364
4	-0,1958	-0,43	0,10	0,1142
5	-0,1974	-0,40	0,05	0,1213
6	-0,0911	-0,33	0,26	0,1056
7	-0,0910	-1,95	3,25	0,6933
8	-0,1840	-0,46	0,10	0,1098
9	-0,1107	-0,30	0,02	0,0779
10	-0,0355	-0,25	1,30	0,2633
11	-0,0489	-0,50	0,08	0,1024
12	-0,0878	-0,37	0,07	0,1041
<b>Total</b>	<b>-0,1155</b>	<b>-1,95</b>	<b>3,25</b>	<b>0,1708</b>



**Figur 43:** Døgnmiddel for data fra MET er illustrert med en heltrukket blå linje og differansen mellom NMBU-data og MET-data er vist med røde prikker for 2020. Positiv differanse vil si at temperaturen i trehytta var høyest, mens negativ differanse vil si at temperaturen i plastskjermen var høyest.



**Tabell 48:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom lufttemperaturen i trehytten og lufttemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2020. Positiv differanse betyr at temperaturen i trehytten var størst, mens negativ differanse betyr at temperaturen i plastskjermen var størst.

<b>LUFTTEMPERATUR 2020</b>				
<b>Måned i 2020</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,0746	-0,21	0,41	0,1206
2	0,0593	-0,13	0,28	0,1012
3	0,0376	-0,13	0,27	0,1032
4	-0,0228	-2,60	0,28	0,4955
5	-0,0168	-0,21	0,18	0,0847
6	0,0231	-0,28	0,27	0,1372
7	-0,0059	-0,19	0,17	0,0862
8	0,0682	-0,17	0,34	0,1281
9	0,0489	-0,15	0,37	0,1093
10	0,0821	-0,08	0,32	0,1046
11	0,0896	-0,15	0,52	0,1409
12	0,0528	-0,17	0,28	0,0869
<b>Total</b>	<b>0,0409</b>	<b>-2,60</b>	<b>0,52</b>	<b>0,1415</b>

**Tabell 49:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom minimumstemperaturen i trehytten og minimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2020. Positiv differanse betyr at plastskjermen måler lavest minimumstemperatur, mens negativ differanse betyr at trehytten måler lavest minimumstemperatur.

<b>MINIMUMSTEMPERATUR 2020</b>				
<b>Måned i 2020</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
1	0,1888	-0,44	0,52	0,1571
2	0,2329	0,07	0,53	0,1335
3	0,1829	0,02	0,50	0,1225
4	0,2140	-1,96	0,54	0,4219
5	0,2435	0,11	0,46	0,0897
6	0,2482	0,02	0,50	0,1144
7	0,2130	0,01	0,50	0,1348
8	0,2896	0,05	0,55	0,1202
9	0,2442	0,04	0,59	0,1621
10	0,2130	0,03	0,54	0,1589
11	0,2138	0,03	0,58	0,1633
12	0,1183	0,02	0,48	0,1124
<b>Total</b>	<b>0,2169</b>	<b>-1,96</b>	<b>0,59</b>	<b>0,1576</b>

**Tabell 50:** Tabellen viser den gjennomsnittlige differansen, den minste differansen, den største differansen og standardavviket mellom maksimumstemperaturen i trehytten og maksimumstemperaturen i plastskjermen basert på døgnverdier for hver måned i 2020. Positiv differanse betyr at trehytten måler høyest maksimumstemperatur, mens negativ verdi betyr at plastskjermen måler høyest maksimumstemperatur.

<b>MAKSIMUMSTEMPERATUR 2020</b>				
<b>Måned i 2020</b>	<b><math>\Delta T</math> Gjennomsnitt</b>	<b><math>\Delta T</math> Min</b>	<b><math>\Delta T</math> Max</b>	<b><math>\Delta T</math> Standardavvik</b>
<b>1</b>	-0,0375	-0,20	0,52	0,1246
<b>2</b>	-0,1134	-0,34	0,05	0,0894
<b>3</b>	-0,1325	-0,27	0,05	0,0852
<b>4</b>	-0,2996	-3,32	0,13	0,5715
<b>5</b>	-0,2995	-0,50	-0,08	0,0979
<b>6</b>	-0,2371	-0,43	0,07	0,1310
<b>7</b>	-0,2505	-0,48	-0,01	0,1170
<b>8</b>	-0,1722	-0,36	0,02	0,0921
<b>9</b>	-0,1346	-0,28	0,03	0,0820
<b>10</b>	-0,0621	-0,29	0,07	0,0802
<b>11</b>	-0,0549	-0,25	0,02	0,0695
<b>12</b>	-0,0109	-0,18	0,06	0,0512
<b>Total</b>	<b>-0,1504</b>	<b>-3,32</b>	<b>0,52</b>	<b>0,1326</b>



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway