

Maren Pedersen Feness

# Evaluering av drift, vedlikehold, inneklima og helseplager på norske skoler

Masteroppgave i Energiforsyning og klimatisering av bygninger  
Veileder: Guangyu Cao

Juni 2020



Maren Pedersen Feness

# **Evaluering av drift, vedlikehold, inneklima og helseplager på norske skoler**

Masteroppgave i Energiforsyning og klimatisering av bygninger  
Veileder: Guangyu Cao  
Juni 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for energi- og prosessteknikk



Kunnskap for en bedre verden



---

# Problembeskrivelse

## Bakgrunn

Inneklimaet i mange norske skoler lider av dårlig forvaltning, drift og vedlikehold (FDV). Dårlig inneklima kan bidra til sykdom og helseplager hos ansatte og elever. Konsekvenser av dette kan være luftveisinfeksjoner, forverring av astma, hodepine, unormal tretthet, tørr hud, tørre og irriterte slimhinner i øyne nese og hals.

Alle norske skoler har tekniske installasjoner for romoppvarming og de aller fleste har mekanisk balansert ventilasjon (like mye luft inn som ut), men installasjonene fungerer ikke alltid slik de skal. En masteroppgave fra NTNU i 2017 på tre skoler (115 respondenter) i Trondheim viser at over 25% rapporterte hodepine og over 40% av barna rapporterte tretthet på grunn av dårlig inneklima. Kunnskapen blant enhetsledere og ansatte om betydningen av tekniske installasjoner for å opprettholde godt inneklima er ofte mangelfull.

Astma- og Allergiforbundet får hver uke henvendelser om uholdbare inneklimaforhold i skoler landet rundt. Dette er ofte henvendelser som vi av erfaring vet kan utbedres uten store kostnader for kommune og skole.

## Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter:

1. Innsamling av data gjennom litteraturgjennomgang om følgende:
    - Viktige parametere for inneklima på skoler
    - Anbefalinger /retningslinjer for ønskede inneklimaforhold på skoler
    - Hvordan drift og vedlikehold bidrar til et godt inneklima på skoler
    - Maskinlæring og evalueringsmetoder
  2. Planlegge og gjennomføre intervjuer i to kommuner angående planlegging og organisering av drift og vedlikehold, og hvordan gode rutiner kan forbedre inneklimaet på skolene.
  3. Planlegge og gjennomføre feltmålinger av inneklimaet på utvalgte skoler.
-

- 
4. Gjennomføre en spørreundersøkelse blant elevene av opplevd inneklima og relaterte helseeffekter på de utvalgte skolene
  5. Utvikle en maskinlæringsmodell basert på resultater fra tidligere spørreundersøkelser for å estimere om inneklimaet vil forårsake helseeffekter blant elevene.
  6. Utarbeide forslag til gode rutiner for drift og vedlikehold for å forbedre inneklimaet i norske skoler.
-

---

# Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen av en integrert master innen Energi og miljø ved institutt for energi- og prosesseteknikk ved Norges teknisknaturvitenskapelige universitet (NTNU). Rapporten utgjør min masteroppgave, og tilsvarer 30 studiepoeng.

Vanligvis er masteroppgaven en fortsettelse på prosjektoppgave som skrives på høsten, men da jeg byttet tema er det ikke tilfelle. Deler av teorien er likevel hentet derfra, det gjelder delen om inneklima, da dette fagfeltet fortsatt for hovedfokus.

På grunn av utbruddet av Covid-19, og nedstengning av alle skolene i Norge, ble oppgaven min endret i april til å inkludere mer maskinlæring og mindre feltmålinger på utvalgte barneskoler med tilhørende spørreundersøkelse til elevene om deres opplevelse av inneklima.

Jeg vil benytte anledningen til å takke min veileder Guangyu Cao for faglig veiledning og for å alltid være tilgjengelig for spørsmål. Videre vil jeg rette en stor takk til professor Zhirong Yang ved institutt for datateknologi og informatikk, og ph.d-kandidat ved institutt for energi- og prosesseteknikk Kai Xue for god hjelp og faglige innspill til maskinlæringsmodellene som har blitt utarbeidet i forbindelse med denne masteren. Jeg ønsker også å rette en stor takk til alle åtte informanter som har satt av tid til intervjuer og elevene som har svart på spørreundersøkelsen. Kai Gustavsen i Norges Astma- og Allergiforbund (NAAF) fortjener også en stor takk for gode innspill og hjelp på veien, og Sverre B. Holøs i SINTEF for tilgang til rådata fra tidligere spørreundersøkelser. I tillegg ønsker jeg å takke Aithings som har latt meg bruke deres instrumenter med mulighet for å fjernavlese resultatene.

Til slutt vil jeg også takke min nærmeste familie og venner som har vært svært viktige for min motivasjon. En spesiell takk til min onkel som har bidratt til konstruktive tilbakemeldinger og gode tips til intervjudelen av oppgaven.

---

Maren P. Feness

---

Maren Pedersen Feness

Trondheim, juni 2020



---

# Sammendrag

Folkehelseinstituttet (FHI) mener at inneklimateproblemer i skoler svært ofte kan være knyttet til dårlig drift og vedlikehold, som kan forårsake helseutfordringer fordi bygninger i dårlig stand får et inneklimate som kan gi luftveislidelser og andre helseplager. Målet med masteroppgaven er å evaluere hvordan drift og vedlikehold påvirker inneklimate og opplevde helseplager på skoler i Norge.

Intervjuer med nøkkelpersoner innenfor drift og vedlikehold i to norske kommuner, Trondheim og Nordre Follo, ble gjennomført med mål om å få innsikt i rutiner som fører til godt inneklimate på skolene. Feltnålinger av inneklimate i form av temperatur, relativ fuktighet og CO<sub>2</sub> konsentrasjon ble gjennomført i flere klasserom på Greverud og Sofiemyr skole i Nordre Follo, samt Åsvang skole i Trondheim. Elevene fra 5.-7. trinn ble invitert til å delta i en spørreundersøkelse om opplevd inneklimate og relaterte helseeffekter, men det var kun Strindheim skole i Trondheim som gjennomførte. Videre ble det utviklet maskinlæringsmodeller for å predikere helseplager på bakgrunn av opplevd inneklimate.

Resultatene indikerer at midler, politisk vilje, samt en overordnet vedlikeholdsstrategi med fokus på forebygging er viktig. Digitale facility management systemer og egne midler avsatt til å overholde lov og forskriftskrav trekkes også frem. Måleresultatene avslører at det termiske miljøet på Sofiemyr og Greverud ikke tilfredsstiller kravene og anbefalingene fra myndighetene. På grunn utbruddet av Covid-19 og smittevernstiltak ble det målt akseptable verdier av CO<sub>2</sub> i alle klasserommene, som impliserer at redusert personbelastning er et svært effektivt tiltak for forbedring av det atmosfæriske miljøet. Maskinlæringsmodellene viste at den faktoren som har størst påvirkning på om elevene opplever helseplager er innestengt luft, og det er derfor viktig å sørge for god innendørs luftkvalitet på skolene i Norge.

---

---

# Abstract

The Norwegian Institute of public health states that indoor climate problems in schools often can be related to poor operation and maintenance of the buildings, which can lead to health issues. The aim of the master's thesis is to evaluate how operation and maintenance can affect the indoor climate and experienced health problems in Norwegian schools.

Interviews with key personnel within operation and maintenance in two Norwegian municipalities, Trondheim and Nordre Follo, were conducted with the aim to investigate the routines that improve the indoor climate. Field measurements of the indoor climate in terms of temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> concentration were carried out in several classrooms at Greverud and Sofiemyr school in Nordre Follo, as well as Åsvang school in Trondheim. Pupils from 5.-7. grade were invited to participate in a survey with regards to the indoor climate and related health issues, but only Strindheim school in Trondheim completed the survey. Furthermore, machine learning models were developed to predict health problems based on perceived indoor climate.

The results indicate that financial means, political will, as well as an overall maintenance strategy with focus on prevention is important. Digital systems and funds in the budget that are set aside to meet requirements to the indoor climate are highlighted. The measurement results shows that the thermal environment at Sofiemyr and Greverud does not meet the requirements and recommendations. Due to the outbreak of Covid-19 and infection control measures provided by the government, acceptable values of CO<sub>2</sub> were measured in all classrooms, implying that reduced personal load is a very effective measure to improve the atmospheric environment. Machine learning models showed that the most important feature was «Innestengt luft», hence it is important to ensure good indoor air quality in Norwegian schools.

---

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b>	<b>ix</b>
<b>Tabelliste</b>	<b>xiii</b>
<b>Figurliste</b>	<b>xviii</b>
<b>Forkortelser</b>	<b>xix</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Mål med oppgaven . . . . .	2
1.2.1 Problemstilling . . . . .	2
1.2.2 Begrensninger . . . . .	3
1.3 Struktur . . . . .	4
<b>2 Teori og litteraturgjennomgang</b>	<b>5</b>
2.1 Inneklima . . . . .	5
2.1.1 Termisk miljø . . . . .	6
2.1.2 Atmosfærisk miljø . . . . .	11
2.2 Forvaltning, drift og vedlikehold . . . . .	13

---

2.2.1	Tilstandsanalyse og vedlikeholdsplanlegging . . . . .	14
2.2.2	Organisering av bygg- og eiendomsforvaltningen . . . . .	15
2.2.3	FDV og godt inneklima . . . . .	15
2.2.4	Miljørettet helsevern . . . . .	18
2.3	Maskinlæring . . . . .	19
2.3.1	Evalueringsparametre . . . . .	20
2.3.2	Ulike programvarebibliotek . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>27</b>
3.1	Intervjuer . . . . .	28
3.1.1	Valg av intervjumetode . . . . .	28
3.1.2	Utvelgelse av informanter . . . . .	29
3.1.3	Planlegging og forberedelse til intervju . . . . .	30
3.1.4	Gjennomføring av intervju . . . . .	31
3.1.5	Etterarbeid av intervju . . . . .	32
3.1.6	Kvalitet på undersøkelsen . . . . .	32
3.2	Spørreundersøkelse . . . . .	34
3.2.1	Valg av metode . . . . .	34
3.2.2	Beskrivelse av spørreundersøkelsen . . . . .	34
3.2.3	Gjennomføring . . . . .	35
3.3	Feltmålinger . . . . .	37
3.3.1	Instrumentene . . . . .	37
3.3.2	Feltmålinger Nordre Follo . . . . .	39
3.3.3	Feltmålinger i Trondheim . . . . .	43
3.4	Maskinlæring . . . . .	48
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>51</b>
4.1	Resultater fra intervjuer . . . . .	51
4.1.1	Vedlikeholdsplanlegging . . . . .	52
4.1.2	Organisering . . . . .	53
4.1.3	Økonomi og vedlikeholdsetterslep . . . . .	54
4.1.4	Påvirkning på brukernes helse . . . . .	56
4.1.5	Spesifikke spørsmål til driftsoperatørene . . . . .	57
4.2	Resultater fra spørreundersøkelse . . . . .	58

---

4.3	Resultater fra feltmålinger . . . . .	62
4.3.1	Resultater fra feltmålinger på Åsvang skole . . . . .	65
4.3.2	Resultater fra feltmålinger på Sofiemyr skole . . . . .	70
4.3.3	Resultater fra feltmålinger på Greverud skole . . . . .	83
4.4	Resultater fra maskinlæringsmodellene . . . . .	89
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>95</b>
5.1	Diskusjon intervjuer . . . . .	95
5.2	Diskusjon spørreundersøkelse . . . . .	97
5.3	Diskusjon feltmålinger . . . . .	98
5.4	Diskusjon maskinlæring . . . . .	103
5.5	Svakheter med studien . . . . .	105
5.5.1	Endringer i forskningsdesign . . . . .	105
5.5.2	Andre svakheter . . . . .	107
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Videre arbeid</b>	<b>111</b>
	<b>Bibliography</b>	<b>111</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>119</b>
A	Informasjon om skolene . . . . .	119
B	Feltkort . . . . .	120
C	Informasjonsskriv intervju . . . . .	121
D	Intervjuguide til de forskjellige respondentene . . . . .	125
E	Test for håndtering av personopplysninger hos NSD . . . . .	128
F	Spørreundersøkelse fra NAAF . . . . .	129
G	Kalibrering av Elma DT-802D . . . . .	131
H	Værforhold . . . . .	132
I	Kode for XGBoost baseline modell . . . . .	134
J	Kode for CatBoost baseline modell . . . . .	138
K	Kode for XGBoost forbedret modell . . . . .	142
L	Kode for CatBoost forbedret modell . . . . .	149

---

---



# Tabeller

2.1	Energiforbruket for typiske aktiviteter på skolen . . . . .	6
2.2	Fangers 7-punkts termisk skala . . . . .	7
2.3	Inneklimakategorier gitt av NS-EN 16798-1:2019 . . . . .	9
2.4	Standard designverdier for innetemperaturer vinterstid . . . . .	9
2.5	Retningslinjer for RF gitt av Norges byggforskningsinstitutt . . . . .	10
2.6	Innendørs relativ fuktighet gitt av utendørs temperatur . . . . .	10
2.7	Dimensjonerende luftmengde for stillesittende personer i forskjellige bygningskategorier . . . . .	12
2.8	Eksempel på en <i>confusion matrix</i> for en klassifiseringsmodell . . . . .	21
3.1	Periode for feltmålinger på de ulike skolene gruppert etter værforhold . . . . .	37
3.2	Tekniske spesifikasjoner på instrumentene . . . . .	39
3.3	Personbelastning i de ulike rommene på Sofiemyr under normal drift og «korona drift» . . . . .	41
3.4	Personbelastning i de ulike rommene på Greverud under normal drift og «korona drift» . . . . .	43
3.5	Maks personbelastning per rom og elevantall på de ulike trinnene på Åsvang skole . . . . .	44
4.1	Informantene i de kvalitative intervjuene gitt ved stillingstittel og kommune . . . . .	51
4.2	Svar på spesifikke spørsmål stilt til driftsoperatørene i de to kommunene . . . . .	57
4.3	Svarprosent på spørreundersøkelsen . . . . .	59

---

4.4	Rapporterte inneklimateproblemer hver uke på Strindheim, sammenliknet med referanseverdi og tilhørende usikkerhet . . . . .	59
4.5	Rapporterte helseplager hver uke på Strindheim, sammenliknet med referanseverdi og tilhørende usikkerhet . . . . .	61
4.6	Prosentvis målte overskridelser fra krav og anbefalinger til temperatur i driftstiden . . . . .	63
4.7	Prosentvis målte overskridelser fra krav og anbefalinger til relativ fuktighet og CO <sub>2</sub> konsentrasjon i driftstiden . . . . .	64
4.8	Evaluering av ytelse for de forskjellige maskinlæringsmodellene ved bruk av XGBoostClassifier . . . . .	89
4.9	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Hodepine . . . . .	90
4.10	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Flas/s/kløe . . . . .	90
4.11	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Heshet	90
4.12	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Hoste	91
4.13	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Konsentrasjonsvansker . . . . .	91
4.14	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Svimmel . . . . .	91
4.15	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tett nese . . . . .	91
4.16	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Trøtthet . . . . .	92
4.17	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tung i hodet . . . . .	92
4.18	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tørre hender . . . . .	92
4.19	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tørret i ansikt . . . . .	92
4.20	Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Øyeirritasjon . . . . .	93

---

5.1	Oversikt over evalueringsparametre og <i>feature importance</i> til de fire helseplagene med modeller som gjør gode prediksjoner . . . .	104
7.1	Informasjon om de fire skolene . . . . .	119
7.2	Informasjon om varme- og ventilasjonsanleggene på de fire skolene	119
7.3	Værforhold på Åsvang skole (Målestasjon 0,1 km unna) . . . . .	132
7.4	Værforhold på Sofiemyr skole (Ljabruveien målestasjon 6 km unna)	132
7.5	Værforhold på Greverud skole og Sofiemyr skole uke 23 (Blindern målestasjon, 23 km unna) . . . . .	133

---

# Figurer

2.1	PPD som en funksjon av PMV (Bilde: Standard Norge (2005)) . . .	8
2.2	Beslutningsnivåene i en FDVU-organisasjon (Juliebø (2001)) . . .	15
2.3	Konsekvenser av mangel på planmessig vedlikehold (Valen et al. (2011)) . . . . .	18
2.4	ROC-kurve for en klassifiseringsmodell . . . . .	22
2.5	Kryssvalidering ved bruk av $k=5$ . . . . .	24
3.1	Eksempel på en «Rosemodell» som er brukt til å presentere resultatene fra spørreundersøkelsen . . . . .	36
3.2	Instrumentene som er brukt i målingene: Elma DT-802D og Wave Plus med tilhørende Hub fra Airthings . . . . .	38
3.3	Plassering av instrumentene på Sofiemyr skole for paviljong 1, 2, 3, 4 og 5 . . . . .	40
3.4	Plassering av Wave Plus i klasserom Greverud (Bilde: Pål Berntsen)	42
3.5	Plassering av Wave Plus i klasserom på Greverud (Bilde: Erlend Bolle) . . . . .	42
3.6	Plassering av instrumentene på Åsvang skole (Bilde: Maren Feness)	44
3.7	Plassering av instrument i klasserom på 4.trinn på Åsvang (Bilde: Maren Feness) . . . . .	45
3.8	Plassering av instrument i klasserom på 7.trinn på Åsvang (Bilde: Maren Feness) . . . . .	46
3.9	Plassering av instrument i rom som brukes til leksehjelp og SFO på Åsvang (Bilde: Maren Feness) . . . . .	46

---

3.10 Plassering av instrument i klasserom på 5.trinn på Åsvang (Bilde: Maren Feness) . . . . .	47
4.1 Rapporterte inneklimateproblemer hver uke på Strindheim . . . . .	58
4.2 Rapporterte helseplager hver uke på Strindheim . . . . .	60
4.3 Målt innendørs temperatur i klasserom på 7. trinn på Åsvang skole	66
4.4 Målt relativ fuktighet i klasserom på 7. trinn på Åsvang skole . . .	66
4.5 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom på 7. trinn på Åsvang skole . . . . .	66
4.6 Målt innendørs temperatur i klasserom på 4. trinn på Åsvang skole	67
4.7 Målt relativ fuktighet i klasserom på 4. trinn på Åsvang skole . . .	67
4.8 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom på 4. trinn på Åsvang skole . . . . .	67
4.9 Målt innendørs temperatur i klasserom på 5. trinn på Åsvang skole	68
4.10 Målt relativ fuktighet i klasserom på 5. trinn på Åsvang skole . . .	68
4.11 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom på 5. trinn på Åsvang skole . . . . .	68
4.12 Målt innendørs temperatur i rom som brukes av SFO på Åsvang skole . . . . .	69
4.13 Målt relativ fuktighet i rom som brukes av SFO på Åsvang skole .	69
4.14 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i rom som brukes av SFO på Åsvang skole . . . . .	69
4.15 Målt innendørs temperatur i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 20	72
4.16 Målt relativ fuktighet i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 20 . . .	72
4.17 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 20 . . . . .	72
4.18 Målt innendørs temperatur i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 20	73
4.19 Målt relativ fuktighet i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 20 . . .	73
4.20 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 20 . . . . .	73
4.21 Målt innendørs temperatur i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 20	74
4.22 uke 20 . . . . .	74
4.23 Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 20 . . . . .	74

---

---

4.24	Målt innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 20	75
4.25	Målt relativ fuktighet i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 20 . . .	75
4.26	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 20 . . . . .	75
4.27	Målt innendørs temperatur i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 20	76
4.28	Målt relativ fuktighet i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 20 . . .	76
4.29	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 20 . . . . .	76
4.30	Målt innendørs temperatur i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 23	78
4.31	Målt relativ fuktighet i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 23 . . .	78
4.32	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 23 . . . . .	78
4.33	Målt innendørs temperatur i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 23	79
4.34	Målt relativ fuktighet i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 23 . . .	79
4.35	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 23 . . . . .	79
4.36	Målt innendørs temperatur i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 23	80
4.37	Målt relativ fuktighet i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 23 . . .	80
4.38	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 23 . . . . .	80
4.39	Målt innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 23	81
4.40	Målt relativ fuktighet i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 23 . . .	81
4.41	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 23 . . . . .	81
4.42	Målt innendørs temperatur i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 23	82
4.43	Målt relativ fuktighet i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 23 . . .	82
4.44	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 23 . . . . .	82
4.45	Målt innendørs temperatur i klasserom til 3B på Greverud skole .	84
4.46	Målt relativ fuktighet i klasserom til 3B på Greverud skole . . . .	84
4.47	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 3B på Greverud skole . . . . .	84
4.48	Målt innendørs temperatur i klasserom til 4A på Greverud skole .	85

---

---

4.49	Målt relativ fuktighet i klasserom til 4A på Greverud skole . . . . .	85
4.50	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 4A på Greverud skole . . . . .	85
4.51	Målt innendørs temperatur i klasserom til 4B på Greverud skole . . . . .	86
4.52	Målt relativ fuktighet i klasserom til 4B på Greverud skole . . . . .	86
4.53	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 4B på Greverud skole . . . . .	86
4.54	Målt innendørs temperatur i klasserom til 5B på Greverud skole . . . . .	87
4.55	Målt relativ fuktighet i klasserom til 5B på Greverud skole . . . . .	87
4.56	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 5B på Greverud skole . . . . .	87
4.57	Målt innendørs temperatur i klasserom til 6A på Greverud skole . . . . .	88
4.58	Målt relativ fuktighet i klasserom til 6A på Greverud skole . . . . .	88
4.59	Målt innendørs CO <sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 6A på Greverud skole . . . . .	88
4.60	De fire viktigste feature importance for de seks første maskinlæringsmodellene . . . . .	93
4.61	De fire viktigste feature importance for de seks siste maskinlæringsmodellene . . . . .	94
5.1	Hvordan innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole følger utendørs temperatur for 12. og 13. mai . . . . .	101
5.2	Målt innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole 2. og 3. juni . . . . .	102
5.3	Målt innendørs temperatur i klasserommet til 5B på Greverud skole følger utendørs temperatur for 2. og 3. juni . . . . .	102
7.1	Målt temperatur ved bruk av to Elma instrumenter . . . . .	131
7.2	Målt relativ fuktighet ved bruk av to Elma instrumenter . . . . .	131
7.3	Målt CO <sub>2</sub> ved bruk av to Elma instrumenter . . . . .	131



---

# Forkortelser

**AUC** Arealet under kurven (Area under the curve)

**FDV** Forvaltning, drift og vedlikehold

**FHI** Folkehelseinstituttet

**MHV** Miljørettet helsevern

**NSD** Norsk senter for forskningsdata

**RF** Relativ fuktighet

**RIF** Rådgivende ingeniørers forening

**SBS** Sick Building Syndrome

**WHO** Verdens helseorganisasjon (World Health Organization)

---

# 1 | Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Hver dag tilbringer over 650 000 elever (Utdanningsdirektoratet, 2019) dagen på skolebenken for å tilegne seg kunnskap for å løse de globale utfordringene vi står ovenfor og for å drive samfunnet fremover. For at elevene skal klare å prestere maksimalt er det viktig med et godt inneklima. Flere studier har vist at for høye temperaturer og for lave luftmengder vil påvirke prestasjonen og læringsevnen (Simanic et al., 2019). Dessuten vil selv den minste forurensningen av inneluften påvirke barnas helse på grunn av langvarig eksponering (Hanssen, 2018).

Folkehelseinstituttet (FHI) mener at inneklimaproblemene i skoler og barnehager svært ofte kan være knyttet til sviktende forvaltning, drift og vedlikehold (Øvrevik et al., 2016), men at de fleste problemene kan reduseres eller unngås dersom det brukes tid og ressurser på det. Manglende vedlikehold av offentlige bygninger kan ende med å bli en folkehelseutfordring fordi bygninger i dårlig stand får et inneklima som kan gi helseplager som for eksempel luftveislidelser som er en av de viktigste årsakene til både kortvaring og langvarig sykefravær (Sørensen, 2016). Bare innenfor undervisning medfører dårlig inneklima et tap av mellom 16.000 og 70.000 årsverk, som impliserer at det økonomiske tapet er større enn kostnadene ved å forebygge.

Rådgivende ingeniørers forening (RIF) analyserer jevnlig Norges tilstand, og kom i 2019 med en rapport om tilstanden til kommunale og fylkeskommunale bygg (Rådgivende ingeniørers forening, 2019). Den avdekket et totalt vedlikeholdsetterslep på den norske bygningsmassen til å være svimlende 160 milliarder NOK.

Maskinlæring brukes i dag til alt fra ansiktsgjenkjenning, selvkjørende biler, epost-filtrering og prediksjon av været, og tas stadig i bruk i flere bransjer. Det er derimot gjort lite arbeid rundt kunstig intelligens innenfor fagfeltet inneklima.

Trondheim kommune ble i 2013 kåret til kommunal norgesmester i vedlikehold av skoler, og er et godt eksempel på hvordan endret fokus i tillegg til store investeringer kan gi positivt utslag. I 2003 ble det bestemt at alle skoler og barnehager skulle godkjennes etter nye retningslinjer og miljøkrav, som første til at hele 40% prosent av skolene strøk (Stai, 2016). Resultatene ble presentert for politikerne og resulterte i en kraftig investering i skolene og en tiltaksplan til en verdi av 200 millioner kroner. Hvilke rutiner innenfor drift og vedlikehold er viktige i arbeidet for å bevare tilstanden til byggene og dermed sørge for et godt inneklima. Det er valgt å undersøke dette gjennom en sammenlikning av drift, vedlikehold og inneklima i to av kommunene i Norge.

## 1.2 Mål med oppgaven

Målet med oppgaven er å evaluere drift, vedlikehold, inneklima og helseplager på skoler i Norge.

### 1.2.1 Problemstilling

Med utgangspunkt i målet med oppgaven ble følgende problemstilling utarbeidet: *Hvordan påvirker rutiner for drift og vedlikehold inneklimaet på skoler og dermed helsen til elevene?*

For å kunne svare på problemstillingen ble den brutt ned til fire forskningsspørsmål der de to første handler om første del av problemstillingen, mens de to siste omhandler siste del.

1. Hvordan planlegges og gjennomføres drift og vedlikehold i norske kommuner?
2. Hvor godt er inneklimaet på skolene, og hvordan er elevenes oppfatning av det?
3. Hvordan påvirker manglende vedlikehold helsen til elevene?

#### 4. Hvordan påvirker opplevd inneklime helsen til elevene?

Med bakgrunn i forskningsspørsmålene ble følgende arbeidsoppgaver utarbeidet:

1. Innsamling av data gjennom litteraturgjennomgang om følgende:
  - Viktige parametere for inneklime på skoler
  - Anbefalinger /retningslinjer for ønskede inneklimeforhold på skoler
  - Hvordan drift og vedlikehold bidrar til et godt inneklime på skoler
  - Maskinlæring og evalueringmetoder
2. Planlegge og gjennomføre intervjuer i to kommuner angående planlegging og organisering av drift og vedlikehold, og hvordan gode rutiner kan forbedre inneklimeet på skolene.
3. Planlegge og gjennomføre feltmålinger av inneklimeet på utvalgte skoler.
4. Gjennomføre en spørreundersøkelse blant elevene om opplevd inneklime og relaterte helseeffekter på de utvalgte skolene.
5. Utvikle maskinlæringsmodeller basert på resultater fra tidligere spørreundersøkelser for å estimere om inneklimeet vil forårsake helseeffekter blant elevene.
6. Utarbeide forslag til gode rutiner for drift og vedlikehold for å forbedre inneklimeet i norske skoler.

### 1.2.2 Begrensninger

Opgaven tar ikke for seg alle skoler i hele Norge, men tar utgangspunkt i to skoler i to kommuner for å kunne holde arbeidsmengden på et akseptabelt nivå, men samtidig innhente nok informasjon til å kunne evaluere og sammenlikne resultatene. De utvalgte kommunene er Trondheim og Nordre Follo. Skolene som inkludert i denne studien er Strindheim og Åsvang i Trondheim kommune, samt Sofiemyr og Greverud i Nordre Follo kommune. Litt bakgrunnsinformasjon om skolene er gitt i vedlegg A.

I feltmålingene er det valgt å avgrense inneklima til å inkludere det termiske og atmosfæriske miljøet. Det skal gjennomføres målinger av temperatur, relativ fuktighet og CO<sub>2</sub> konsentrasjon, da disse er de mest vanlige parametrene å måle når enkle evalueringer av inneklimaet skal gjennomføres.

### **1.3 Struktur**

I kapittel 2 presenteres relevant litteratur, mens de ulike forskningsmetodene er beskrevet i kapittel 3. Deretter presenteres resultatene i kapittel 4 og blir videre diskutert i kapittel 5. Til slutt avsluttes studien med en konklusjon i kapittel 6 og forslag til videre forskning i kapittel 7.

Kapittel 3, 4 og 5 er delt inn i fire hoveddeler basert på de ulike metodene som skal tas i bruk; intervjuer, spørreundersøkelse, feltmålinger og maskinlæring.

## 2 | Teori og litteraturgjennomgang

### 2.1 Inneklima

Verdens helseorganisasjon (WHO) har definert inneklima til å inkludere termisk, atmosfærisk, akustisk, aktinisk og mekanisk miljø (Hanssen, 2018). Opplevelsen av inneklimaet vil avhenge av alle faktorene, som også påvirker hverandre. Denne studien vil kun fokusere på det termiske og atmosfæriske miljøet. Disse faktorene kan føre til inneklimarelaterte symptomer som hodepine, tretthet og slimhinneirritasjon. Når det er sagt, er det viktig å understreke at slike inneklimarelaterte symptomer også kan utløses av andre forhold som ikke har noe med inneklimaet å gjøre. Det betyr at selv i et perfekt inneklima er det helt vanlig at en andel av brukerne rapporterer om inneklimarelaterte symptomer. Det er kun når denne andelen blir unormalt høy at man bør undersøke inneklimaet nærmere.

Sick building syndrome (SBS) beskriver en situasjon der en person i et bygg påvirkes negativt med tanke på helse eller komfort, men ingen spesifikk grunn kan identifiseres. Eksempler på vanlige effekter av SBS er klager på hodepine, irritasjon i øyne, nese eller hals, tørr eller kløende hud, svimmelhet eller kvalme, vanskeligheter med å konsentrere seg, utmattelse eller følsomhet overfor lukt. Grunner til at SBS oppstår kan være dårlig ventilasjon, kjemisk forurensning grunnet innendørs eller utendørs kilder og biologisk forurensning (Environmental Protection Agency, 2005).

### 2.1.1 Termisk miljø

Ifølge den norske standarden, NS-EN ISO 7730:2005, er termisk komfort definert som den sinnsstemningen som uttrykker tilfredshet med det termiske miljøet (Standard Norge, 2005). På grunn av individuelle forskjeller er det umulig å oppnå et termisk miljø som tilfredsstillende alle. Det vil alltid være noen som ikke er tilfreds. Utilfredshet oppstår når en person generelt føler seg for varm eller for kald, som kan uttrykkes ved PMV og PPD, eller ved at mindre deler av kroppen opplever uønsket varme eller kulde.

Termisk komfort avhenger av personlige faktorer som bekledding og aktivitetsnivå, samt faktorer fra det termiske miljøet som temperatur, lufthastighet, luftfuktighet og strålingsutveksling mot kalde eller varme flater (Norges byggforskningsinstitutt, 2006). Det at en gruppe mennesker opplever høy innendørstemperatur trenger ikke nødvendigvis å implisere at temperaturen er for høy. Det finnes andre faktorer som kan påvirke opplevelsen av temperatur, som lufthastighet, luftfuktighet og strålingsutveksling. Høy relativ fuktighet i et rom vil gjøre at temperaturen oppleves som høyere enn den egentlig er, mens høy hastighet på innblåsningslufta fra ventilasjonsanlegget kan føre til trekk og en opplevelse av kaldere innetemperatur. I tillegg kan solinnstråling gjennom vinduene føre til både direkte varmestråling og overoppheting av klasserommet. Generelt betyr høyere innetemperaturer høyere driftskostnader, fordi kostnader knyttet til nedkjøling er tre ganger så høye per grad dersom det må komme fra kjøleanlegg eller kjøpt energi. Det er derfor viktig å ha fokus på passive tiltak, som for eksempel solavskjerming, for å holde lufttemperaturen nede på ønsket nivå.

Energiforbruket i enheten *met*, for typiske aktiviteter på skole er gitt i tabell 2.1 (Standing Standard Project Committee, 2013).

**Tabell 2.1:** Energiforbruket for typiske aktiviteter på skolen

Aktivitet	Metabolisme
Sittende stille	1.0 met
Stående, avslappet	1.2 met
Rolig gange	1.7 met



## PMV og PPD

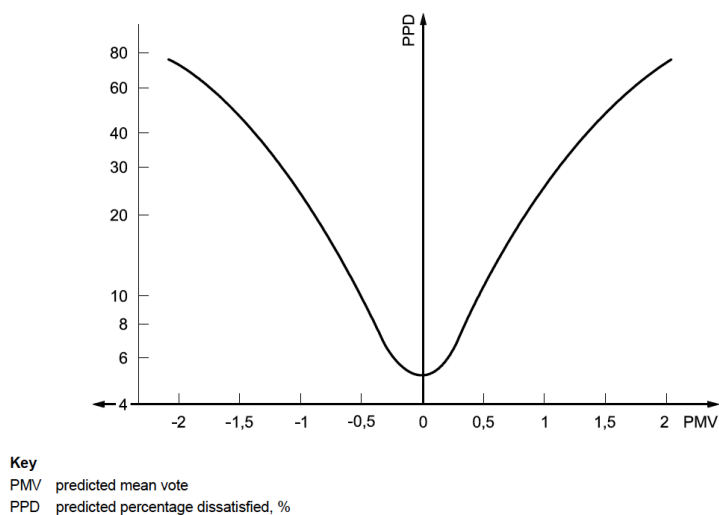
Kvaliteten på inneklimaet kan uttrykkes ved den prosent av en gruppe som ikke er fornøyd med inneklimaet (Standard Norge, 2005). En god indikator på dette er PMV og PPD, hvor PMV indikerer termisk komfort til en stor gruppe mennesker basert på en 7-punkts skala som er gitt i figur 2.2. PMV kan bli brukt til å sjekke et gitt termisk miljø.

Termisk balanse oppstår når den interne varmeproduksjonen i kroppen er lik varmetapet til omgivelsene. Kroppens indre termoregulerende system vil hele tiden forsøke å oppnå termisk komfort ved å justere svettesekresjon, kjernetemperatur og hudtemperatur.

**Tabell 2.2:** Fangers 7-punkts termisk skala

+3	Alt for varm
+2	Varm
+1	Litt varm
0	Nøytral
-1	Litt kjølig
-2	Kjølig
-3	Kald

PPD er gitt som prosentandelen som vil være misfornøyd med det termiske miljøet i en gitt situasjon (Hanssen, 2018). Omkring 5 % vil være ukomfortabel med det termiske miljøet ved  $PMV=0$ . Dette ser man tydelig av figur 2.1, som viser PPD som en funksjon av PMV.



**Figur 2.1:** PPD som en funksjon av PMV (Bilde: Standard Norge (2005))

### Anbefalinger og retningslinjer

Byggteknisk forskrift (TEK17) §13-4 stiller krav til termisk inneklima i norske bygg og krever at innetemperaturen skal holdes mellom 19 og 26 °C i bygg der det utføres lett arbeid (Direktoratet for byggkvalitet, 2017c). Det skal tilstrebes at temperaturen holdes under 22 °C gjennom vinteren. I tillegg vektlegges det at temperaturen skal bli regulert i henhold til aktiviteten som utføres i rommet, og at brukerne bør ha mulighet til å regulere temperaturen.

Den norske standarden NS-EN 16798-1:2019 setter anbefalinger for inneklima basert på forventningsnivå gitt i tabell 2.3. Standarden har satt anbefalinger for minimum operativ temperatur gjennom vinteren og maksimal operativ temperatur gjennom sommeren. Anbefalinger for klasserom er vist i tabell 2.4 (Standard Norge, 2019).

**Tabell 2.3:** Inneklimakategorier gitt av NS-EN 16798-1:2019

Kategori	Forventningsnivå	Kommentar
I	Høy	Høyere krav til inneklima, brukes gjerne dersom beboerne er eldre, barn eller har spesielle behov
II	Medium	Normalt nivå
III	Moderat	Ikke helseskadelig, men lavere grad av komfort
IV	Lav	Ikke helseskadelig, men enda lavere grad av komfort

**Tabell 2.4:** Standard designverdier for innetemperaturer vinterstid

Bygningskategori	Kategori	Operativ temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	
		Minimum vinterstid	Maksimal sommerstid
Klasserom (1,2 met og 1 clo)	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,9	27,0
	IV	18,0	28,0

Helsedirektoratet anbefaler en temperatur mellom 20  $^{\circ}\text{C}$  og 24  $^{\circ}\text{C}$  om vinteren og mellom 23  $^{\circ}\text{C}$  og 26  $^{\circ}\text{C}$  om sommeren (Helsedirektoratet, 2016). For høy temperatur kan føre til tretthet, dårlig konsentrasjon, hodepine og tørrhet i hud og slimhinner. Den termiske komforten avhenger i stor grad av lufthastigheten, og de anbefaler derfor en lufthastighet under 0.15 m/s for å unngå trekk. I tillegg til lavere termisk komfort kan også kald trekk føre til muskelspenninger og uro.

I følge Norges Astma- og Allergiforbund (NAAF) kan for høye eller for lave temperaturer føre til forskjellige helseeffekter som hodepine, problemer med konsentrasjonen og tretthet. De mener at en temperatur på 20  $^{\circ}\text{C}$  er bra for arbeidsmiljøet (Norges Astma- og Allergiforbund, 2019).

Relativ fuktighet (RF) i inneluften er mye tørrere om vinteren enn om sommeren (Norges byggforskningsinstitutt, 2006). Lav relativ fuktighet kan medføre følelse av tørrhet i håret, hud, slimhinner og problemer med kontaktlinser (Helsedirektoratet, 2016). Veldige lave verdier av relativ fuktighet, under 15% bør unngås. Under vanlige forhold har variasjoner i RF mellom 20% og 60% liten betydning. Når grensene for RF skal bestemmes bør risikoen for mikrobiologisk vekst og faren for kondens evalueres, fordi det kan føre til ødeleggelser i bygget (Norges bygg-

forskningsinstitutt, 2006). Norges byggforskningsinstitutt har gitt retningslinjer for relativ fuktighet som gitt i tabell 2.5.

**Tabell 2.5:** Retningslinjer for RF gitt av Norges byggforskningsinstitutt

Sesong	Kategori		
	1	2	3
Vinter	20% < RF < 40%	RF < 40%	RF < 40%
Sommer	RF < 60%	RF < 70%	RF < 70%

ASHRAE anbefaler at nivået for relativ fuktighet ligger mellom 45-55% for å ha kontroll på helseplager og sykdommer. Videre legger de frem et område som vil føles komfortabelt fra 30% til 60% (Unsdorfer, 2015). Ved for lave fuktighetsnivåer øker risikoen for tørr og kløende hud, forkjølelse og infeksjon, i tillegg øker sannsynligheten for at det blir skader på maling og treverk i bygget. Om vinteren anbefaler de at fuktighetsnivået innendørs velges relativt til utendørs temperatur som vist i tabell 2.6.

**Tabell 2.6:** Innendørs relativ fuktighet gitt av utendørs temperatur

Utendørs temperatur [°C]	Anbefalt innendørs RF [%]
4.4	45
-1.1	40
-6.7	35
-12.2	30
-17.8	25
-23.3	20
-28.9	15

### 2.1.2 Atmosfærisk miljø

Det atmosfæriske miljøet dreier seg om luftkvalitet, som har stor betydning for trivsel, respirasjon og plager i luftveiene (Norges byggforskningsinstitutt, 2006).

Byggteknisk forskrift (TEK17) stiller følgende generelle krav til innendørs luftkvalitet: «Inneluften skal ikke inneholde forurensninger i kjente skadelige konsentrasjoner med hensyn til helsefare og irritasjon» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a).

Det er en stor sammenheng mellom energibruk i et bygg og mengde frisk luft som tilføres bygget gjennom ventilasjon (Hanssen, 2018). Tilført luftmengde bør derfor vurderes godt. For skoler er de viktigste parameterne som bør bli tatt i betraktning når respirasjon, lukt og gjennomsnittlig forurensning fra forskjellige kilder.

#### Anbefalinger og retningslinjer

I følge standarden ASHRAE 62-2019 (Standing Standard Project Committee, 2019) oppnår man akseptabel innendørs luftkvalitet når konsentrasjonen av kjente forurensninger ikke er på skadelige nivåer. I tillegg kan ikke majoriteten av personene, mer enn 80%, uttrykke utilfredshet med luftkvaliteten innendørs.

Byggteknisk forskrift gir anbefalinger for ventilasjon, og angir minimumskrav for norske bygninger. Den nyeste versjonen av forskriften, TEK17, krever  $26 \text{ m}^3/\text{h}$  per person og  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  per kvadratmeter av gulvareal når bygget er i bruk (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b). Hvis aktivitetsnivået til personene er høyt bør tilført luftmengde øke.

Den norske standarden SN/TS 3031:2016, Beregning av bygningers energiytelse, gir anbefalinger for å sikre god innendørs luftkvalitet. For et skolebygg er minimum tilført luftmengde ved bruk av konstant luftmengde  $10 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ , og ved bruk av behovsstyrt ventilasjon  $8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$  (Standard Norge, 2016).

Videre gir standarden NS-EN 16798-1:2019, Bygningers energiytelse - Ventilasjon i bygninger, anbefalinger for innendørs luftkvalitet og tilført luftmengde gjennom ventilasjon. Dimensjonerende luftmengde ved bruk av en metode basert på opplevd luftkvalitet er gitt i tabell 2.7 (Standard Norge, 2019).

**Tabell 2.7:** Dimensjonerende luftmengde for stillesittende personer i forskjellige bygningsskategorier

Kategori	Forventet andel misfornøyde personer [%]	Tilluftsmengde per person [l/s per person]
I	15	10
II	20	7
III	30	4
IV	40	2,5

For å observere helseeffekter på grunn av høy CO<sub>2</sub> konsentrasjon i luften må den være så høy som 10 000 ppm, som kun skjer i ekstremt få tilfeller (Folkehelseinstituttet, 2015). Derimot blir CO<sub>2</sub> konsentrasjon brukt som en indikator på luftkvalitet, der høy konsentrasjon av CO<sub>2</sub> indikerer lav luftkvalitet. En stillesittende person har behov for 25-35 m<sup>3</sup>/h frisk luft, som impliserer en CO<sub>2</sub> konsentrasjon under 1000 ppm, og er mye av grunnen til at Folkehelseinstituttet anbefaler 1000 ppm som en øvre grense i norske skoler. Normen på maks 1000 ppm som øvre grense i oppholdsrom er også satt av Helsedirektoratet (Helsedirektoratet, 2016). Dårlig luftkvalitet kan gi helseplager som hodepine, tretthet, konsentrasjonsvansker og svekket læreevne.

Dersom man oppdager dårlig luftkvalitet på en skole finnes det flere mulige konkrete tiltak man kan gjennomføre (Helsedirektoratet, 2016). Et av de kan være å sjekke personbelastningen i rommet og eventuelt redusere den. Et kortsiktig tiltak kan være å innføre faste lufterutiner. Dersom drift og vedlikehold av bygget er mangelfullt bør rutinene gjennomgås og forbedres. Noen av rutinene som er spesielt viktige er filterskifte, kontroll av reimdrift og tilluftstemperatur, i tillegg til renhold av friskluftinntak og avtrekksventiler.

## 2.2 Forvaltning, drift og vedlikehold

Forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) av bygninger ble for alvor introdusert som et begrep i Norge på 1980-tallet (Juliebø, 2001). Dette var en ny metode for å organisere, planlegge og utføre bygningsarbeid på for å sikre verdien av eiendommene. I dag rettes det mer og mer oppmerksomhet mot FDV og levetid for bygg og konstruksjoner. Digitale vedlikeholdssystemer vil kunne gi store fordeler når det kommer til oversikt over vedlikeholdsarbeid, planlegging og oppfølging.

Forvaltning blir ofte sett på som administrasjon, og kostnadene knyttet til forvaltning er tilstede uansett om bygget brukes eller ikke. Det kan være kostnader som avgifter, skatter, forsikringer og administrasjonsutgifter.

Drift omfatter alt som må til for at den daglige driften av et bygg skal holdes i gang (Juliebø, 2001). Under drift ligger ikke planlagt vedlikehold, som for eksempel akutte reparasjoner på grunn av uforutsette hendelser. I tillegg kommer forsyning av energi og vann, utskiftning av forbruksmateriell, rengjøring og andre rutiner som gjør at bygget og de tekniske installasjonene fungerer på en tilfredsstillende måte. Ifølge Standard Norge (2013) defineres driftskostnader til å inkludere kostnader knyttet til «Ettersyn og kontroller som er nødvendig for at bygningsdeler og byggeverket skal fungere som planlagt og oppfylle lov og forskriftskrav».

Vedlikehold er planlagt vedlikehold som gjør at bygget kan forbli på et bestemt kvalitetsnivå gjennom hele levetiden (Juliebø, 2001). Utskiftninger av bygningsdeler som har kortere levetid enn bygget regnes innenfor vedlikehold, men det gjør ikke forbedringer i forhold til opprinnelig standard. Det er vanlig å skille mellom utskiftninger og periodisk og planlagt vedlikehold. Med periodisk eller planlagt vedlikehold mener man vedlikehold med regelmessige intervaller på over et år, som for eksempel kan være maling. Planlagt vedlikehold baseres ofte på tilstandsanalyser, og utføres for å forebygge skader og dermed redusere driftskostnadene (Standard Norge, 2013). Utskiftninger skjer når bygningsdeler eller tekniske installasjoner har kortere levetid enn selve bygget.

Ordet vedlikehold kommer av å holde ved like, som vil si å opprettholde den opprinnelige standarden til bygget (Valen et al., 2011). For å drive verdibevarende vedlikehold må bygget utvikles når en komponent må skiftes. Den blir erstattet

med en komponent som holder dagens standard, ikke den standarden som var da bygget ble oppført. FDVU er et relativt nytt begrep, og inkluderer utvikling i tillegg til opprinnelig FDV. Utvikling er det arbeidet som må utføres for å opprettholde byggets verdi over tid (Juliebø, 2001). Det kan inkludere oppgraderinger eller generelle standardhevinger. Kostnader til oppgraderinger vil komme i tillegg til det som kreves for å holde bygget ved like. På grunn av økte krav fra brukere og forskrifter, vil kvalitetskravet for bygget øke over tid. Dagens bygg endrer seg fort med tanke på funksjonalitet, som betyr at tilpasning til nye krav blir viktig for å bygget ikke skal gå ut på dato (Valen et al., 2011).

### **2.2.1 Tilstandsanalyse og vedlikeholdsplanlegging**

I en tilstandsanalyse registreres og vurderes tilstanden til et bygg, og kan blant annet brukes til fastsetting av verdi ved salg eller til å lage en vedlikeholdsplan (Juliebø, 2001). Den første tilstandsanalysen bør legge grunnlaget for vedlikeholdsplanen, og deretter er det lurt å utføre årlige tilstandsanalyser på bygget. En vedlikeholdsplan bør inneholde en oversikt over vedlikeholdsarbeid som må gjøres, når det skal gjøres og hvor mye det vil koste. Det kan være fordelaktig å utarbeide en langtidsplan i tillegg til vedlikeholdsplanen, der arbeid som utvikler bygget og hever standarden til bygget inkluderes. Behovet for en strategisk helhetsplan vil være ekstra stort dersom en eier har en stor og varierende bygningsmasse, som kan være tilfellet i mange kommuner (Valen et al., 2011). En slik plan bør blant annet inkludere informasjon om bygningenes funksjonalitet, tilpansningsdyktighet, universell utforming og interne og eksterne logistikk. Det vil være lettere å besitte den nødvendige oversikten slik at tunge investeringer i bygg som snart skal rives eller ombygges unngås.

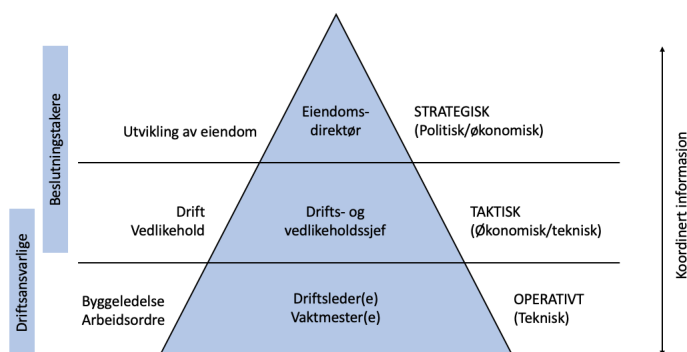
I de fleste kommuner i Norge er det økt fokus på tilstanden på bygningsmassen og betydningen av godt vedlikehold. For å få oversikt og kontroll på situasjonen har flere iverksatt ulike tiltak. Det kan være en kartlegging av størrelse og tilstand på bygningsmassen, etterfulgt av en vurdering av akseptnivå for sine bygg. I mange tilfeller blir det vedtatt å satse betydelig summer i en kortere tidsperiode for å oppnå ønsket tilstandsgrad (Valen et al., 2011). Videre har det også blitt utarbeidet flere langtidsplaner for hvordan man kan oppnå og opprettholde ønsket tilstand.



Vedlikeholdsetterslep er et uttrykk for forskjellen mellom akseptabel tilstand og faktisk tilstand på alle deler og systemer en bygning består av. Akseptabel tilstand defineres i NS 3424 Tilstandsanalyse av byggverk som tilstandsgradene 0 og 1, mens tilstandsgradene 2 og 3 betyr at tilstanden ikke er akseptabel og at det må iverksettes tiltak straks eller i løpet av kort tid (Standard Norge, 2012).

## 2.2.2 Organisering av bygg- og eiendomsforvaltningen

En mulig organisering av arbeidet i en forvaltningsorganisasjon er vist i figur 2.2. Den viser at ansvar for arbeidsoppgavene ligger på tre forskjellige nivåer, strategisk, taktisk og operativt nivå. På det strategiske nivået vil den overordnede vedlikeholdsstrategien og de økonomiske rammene settes. Her defineres ønsket tilstand på bygningsmassen (Valen et al., 2011). På det taktiske nivået vil reell tilstand vurderes opp mot ønsket tilstand, for så å planlegge tiltak ut i fra tilgjengelige ressurser. Gjennomføringen av tilstandsanalysen og tiltakene foregår på operativt nivå.



**Figur 2.2:** Beslutningsnivåene i en FDVU-organisasjon (Juliebø (2001))

## 2.2.3 FDV og godt inneklima

Vedlikehold av bygg påvirker tilstanden, som igjen påvirker brukere og eiere. Inneklimaet påvirkes ikke bare av byggets ytre, men av hvordan det brukes, spesielt med tanke på lufting med åpne vinduer og personbelastning i hvert rom. I en litteraturgjennomgang utført av Schanke og Skålholt (referert til i (Valen et al., 2011))

ble det avdekket flere studier som peker på at det er en klar sammenheng mellom undervisningsbyggenes tilstand og elevenes læringsutbytte, men det ble også funnet studier der det ikke ble funnet en generell sammenheng mellom disse faktorene.

I følge Arbeidstilsynets rapport *Luftkvalitet på arbeidsplassen* er mangelfullt vedlikehold den viktigste årsaken til dårlig inneklima i mange bygninger (Arbeidstilsynet, 2016). Øvrevik et al. (2016) peker på manglende ressurser til drift og vedlikehold som en viktig underliggende årsak til dårlig inneklima på skolene. Driftsmessige problemer med bygningens varme- og ventilasjonsanlegg kan føre til inneklimateproblemer (Folkehelseinstituttet, 2015). For at tekniske installasjoner skal fungere som planlagt må de drives og vedlikeholdes riktig. For å oppnå forsvarlig drift er det viktig at driftspersonell har relevant kompetanse, får nødvendig opplæring og at det foreligger gode rutiner. Dårlig forvaltning, drift og vedlikehold kan påvirke inneklimate i form av mer fuktskader, dårligere renhold som fører til mer forurenset luft, samt sviktende temperaturkontroll ved at det er for varmt, for kaldt eller for mye trekk (Øvrevik et al., 2016). Ettersom barn bruker mye av dagen sin innendørs på skolen, er det viktig at klasserom, avdelinger og spesialrom får tilført tilstrekkelige mengder frisk uteluft. I tillegg bør forurenset inneluft ventileres ut av bygget. Ventilasjonsanlegget bør driftes og vedlikeholdes på en god måte, ellers vil det gå ut over luftkvaliteten innendørs.

Det er flere enkle rutiner som kan implementeres for å forbedre det atmosfæriske miljøet (Norges Astma- og Allergiforbund, 2016). Det beste for å forbedre kvaliteten på luften i rommet er rask og effektiv gjennomlufting og det er derfor viktig at rutinene for åpning og lukking av vinduene er gode. Ved lufting i 5-10 minutter med gjennomtrekk unngås nedkjøling av flater. Det er også lurt å opprette krav om bruk av innesko og garderobe for å henge fra seg yttertøy før man entrer klasserommet (Folkehelseinstituttet, 2013). I tillegg bør organisk avfall fjernes fra klasserommet etter endt skoledag. Møbleringen av rommet kan optimaliseres i forhold til innemiljøet. Pulten bør være 80 cm fra ytterveggen for å unngå kaldras fra vinduene og for å unngå nærkontakt med varmekilde (Øvrevik et al., 2016).

Kortsiktige tiltak vil vanligvis kunne finansieres ved bruk av byggets vedlikeholdsbudsjett eller i beste fall være knyttet til mindre organisasjonsmessige endringer

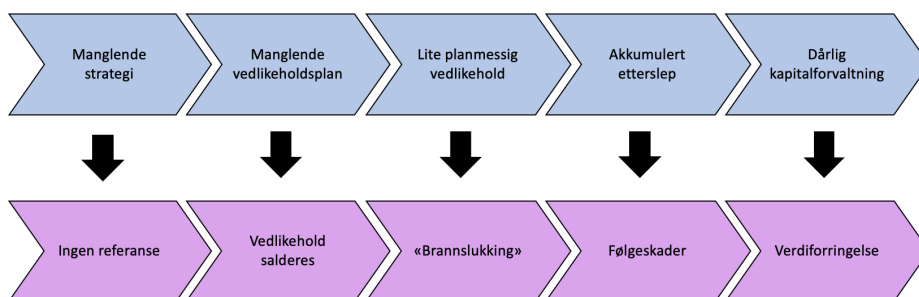
som ikke krever kostnader (Folkehelseinstituttet, 2015). Dersom problemene ikke kan løses gjennom enklere tiltak, må mer omfattende tiltak vurderes. De langsiktige tiltakene medfører ofte en større økonomisk belastning. De må ofte innarbeides i kommunenes investeringsbudsjett og gis politisk godkjenning.

Det finnes også mer langsiktige tiltak som kan implementeres for å oppnå bedre inneklima på skoler. Dette kan være rehabilitering av eksisterende ventilasjons- og varmeanlegg, drenering rundt bygningen, forbedringer på belysningen eller installasjon av utvendig solavskjerming.

I norske skoler har det vært mange klager på dårlig regulering av innnetemperaturen (Skulberg et al., 2010). En grunn til dette kan være mangelen på solavskjerming eller andre systemer som kan holde varmegevinsten fra solen ute, spesielt når vinduene er plassert mot syd. Et annet typisk problem oppstår når det er satt høyere settpunkttemperatur for varmesystemet i helgene, som fører til at barna kommer til kalde klasserom mandags morgen. I tillegg kan det oppstå misnøye med temperaturen i klasserommet dersom brukerne ikke har mulighet til å regulere temperaturen i hvert enkelt klasserom.

Multiconsult og PricewaterhouseCoopers (2008) peker på flere årsaker til dårlig vedlikehold, blant annet at kommunene hadde en manglende tradisjon for å utvikle eiendomsstrategi. De poengterer at mangel på rutiner og systemer for å samle inn og bruke data om tilstanden til byggene ble også er en viktig faktor. Videre ble manglende kapasitet hos personer i flere ledd ble også nevnt.

Mangel på overordnet målsetting og tilhørende strategi samt vedlikeholdsplaner resulterer i dårlig bygningsforvaltning, som igjen fører til økende forfall, fokus på «brannslukking», økte følgeskader og til slutt verdiforringelse. Dette illustreres i figur 2.3 (Valen et al., 2011). Liten grad planer med bakgrunn i overordnet målsetting fører til at kommunenes vedlikehold i for stor grad blir tilfeldig, og med fokus på områdene der skoen trykker hardest. Det kan føre til at uforutsette hendelser får for stor oppmerksomhet, og kunne vært unngått med mer planmessighet.



**Figur 2.3:** Konsekvenser av mangel på planmessig vedlikehold (Valen et al. (2011))

### 2.2.4 Miljørettet helsevern

Miljørettet helsevern omfatter alt som direkte eller indirekte kan ha innvirkning på helsen (Folkehelseinstituttet, 2015). Det kan inkludere fysiske, kjemiske, biologiske eller sosiale miljøfaktorer. Miljørettet helsevern skal sørge for et trygt og helsefremmende miljø, og at sosiale ulikheter i helse skal utliknes ved at alle skjermes fra helseskadelige miljøer. Ansvar for fagområdet miljørettet helsevern er tillagt kommunen i folkehelseloven kapittel 3 (Lov om folkehelsearbeid, 2019).

Forskrift om miljørettet helsevern §7 krever at «Virksomheter og eiendommer skal planlegges, bygges, tilrettelegges, drives og avvikles på en helsemessig tilfredsstillende måte, slik at de ikke medfører fare for helseskade eller helsemessig ulempe» (Helsedirektoratet, 2014).

## 2.3 Maskinlæring

I følge Tidemann and Elster (2019) er maskinlæring «en spesialisering innen kunstig intelligens hvor man bruker statistiske metoder for å la datamaskiner finne mønstre i store datamengder». Forskjellen fra tradisjonell programmering er at modellen skal lære i stedet for å bli programmert. For å lære opp en modell trenger man store mengder data, som splittes i to, en treningsdel og en testdel. Ved bruk at treningsdelen skal modellen tilegne seg erfaring ved å gjenkjenne mønstre og sammenhenger. Deretter skal modellen testes ved bruk av testdelen av datasettet, f r evalueringsparametre kan avsløre om modellen har lært det den skal.

Maskinlæring kan deles opp i tre hovedkategorier: veiledet læring, ikke-veiledet læring og forsterket læring. Ved bruk av veiledet læring vil modellen forstå at inngangsverdiene forutsier utgangsverdiene. Det finnes mange forskjellige metoder innenfor veiledet læring, for eksempel lineære modeller, beslutningstrær, kunstig nevralt nettverk og k-NN (k-nærmeste naboer) (Scikit learn, 2019c). Bestlutnings-trær er en av de enkleste l ringsalgoritmene og brukes for å tolke informasjon ved å utføre tester på hver node i treet og deretter opprette nye grener for å komme frem til resultatet. Fordeler med denne metoden er at det ikke trengs mye arbeid for å klargjøre data som skal anvendes og den kan brukes på både numeriske og kategoriske data, som vil si at den kan brukes for klassifisering og regresjon.

En klassifiseringsmodell skal bestemme hvilken klasse et gitt objekt tilhører, og læringen kan foregå ved at klassifiseringsalgoritmen grupperer objekter som ligner på hverandre i klasser (Tidemann and Elster, 2019). Et eksempel på dette kan være å bestemme forskjell på en stol og en sofa. Regresjonsmodeller brukes dersom det som skal bestemmes er et tall, i eksempelet kunne det vært høyden på stoler.

Modellen i veiledet læring er bygget opp av en matematisk struktur der prediksjonen er gitt av inndataene, og følger av formel 2.1 (Yang, 2019) . En modell som baserer seg på beslutningstrær med K tr r vil da være gitt av formel 2.2, når  $\Gamma$  er rommet av regresjonstr r.

$$y_i = f(x_i) \tag{2.1}$$

$$y_i = \sum_{n=k}^K f_k(x_i), \text{ hvor } f_k \in \Gamma \quad (2.2)$$

I maskinlæring defineres en *feature* som en individuell målbar egenskap eller kjennetegn på et fenomen som blir observert. Hver *feature* kan ha diskre eller kontinuerlig verdi, og eksempler på dette kan være alder, kjønn eller lønn (Liu, 1998).   velge informative og uavhengige *features* er helt avgj rene for å lage en effektiv og god algoritme.

### 2.3.1 Evalueringsparametre

Det er viktig å evaluere hvor presis en maskinlæringsmodell er. For klassifiseringsmodeller gjøres dette blant annet ved å regne ut *accuracy*, som er et mål på prosentandelen korrekte prediksjoner (Ritchie Ng, 2020). Det kan blant annet gjøres ved bruk av *Scikit learn* sin innebygde funksjon *accuracy\_score*, men også ved hjelp av *confusion matrix* som forklares lenger nede.

I klassifiseringsmodeller er det ofte tilfelle at den ene klassen er representert i mye større grad enn den andre, som vil føre til et ubalansert datasett. I slike tilfeller kan være lurt å regne ut hvordan en «dum» modell som alltid gjetter på den klassen som er mest representert gjør det. Nøyaktigheten til en slik modell kalles *null accuracy*.

For å kunne si hvor presis en maskinlæringsmodell er til å forutsi de forskjellige klassene i en klassifiseringsmodell blir *confusion matrix* regnet ut. Et eksempel på en slik matrise er vist i tabell 2.8. I eksempelet er det brukt et sett med data på 192 verdier og tabellen viser hvordan modellen har predikert verdiene. I øverste celle til venstre er både de faktiske verdiene og modellens prediksjon lik 0, som gir antall *true negatives*. Cellen nederst til høyre viser antall *true positives*, som er antall verdier som både er 1 og som modellen har predikert til å være 1. For å kunne si noe om ytelsen til klassifiseringsmodellen er det vanlig å regne ut *specificity* og *sensitivity*. *Specificity* er et tall på hvor ofte prediksjonen er rett når den faktiske verdien er negativ, mens *Sensitivity* er hvor ofte prediksjonen er korrekt når den faktiske verdien er positiv. Likningene for å regne ut de to parametrene er gitt i henholdsvis likning 2.3 og 2.4.

**Tabell 2.8:** Eksempel på en *confusion matrix* for en klassifiseringsmodell

n = 192	Predikert verdi: <b>0</b>	Predikert verdi: <b>1</b>
Faktisk verdi: <b>0</b>	118 <i>(True negatives)</i>	12 <i>(False positives)</i>
Faktisk verdi: <b>1</b>	47 <i>(False negatives)</i>	15 <i>(True positives)</i>

$$\text{Specificity} = \frac{\text{True negatives}}{\text{True negatives} + \text{False positives}} \quad (2.3)$$

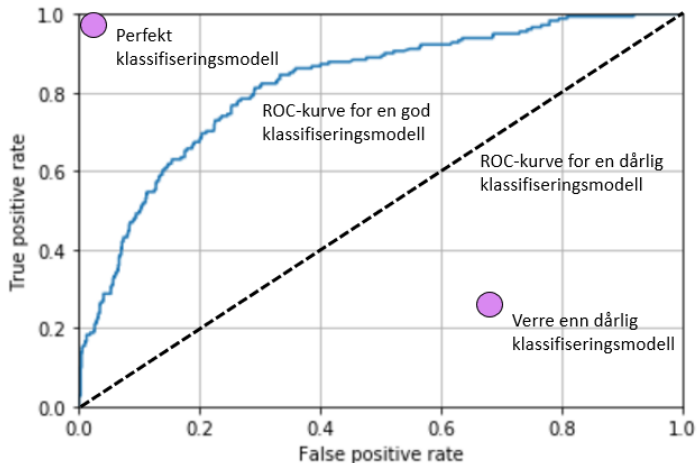
$$\text{Sensitivity} = \text{True positive rate} = \text{Recall} = \frac{\text{True positives}}{\text{True positives} + \text{False negatives}} \quad (2.4)$$

$$\text{False positive rate} = 1 - \text{Specificity} \quad (2.5)$$

Videre finnes det mange andre parametre som kan regnes ut for å evaluere maskinlæringsmodellen. Brownlee (2020c) har laget en oversikt over hvilke som er de viktigste parametrene å regne ut ved bruk av ubalanserte klassifiseringsproblemer, og legger vekt på *F-measure* og *ROC AUC* dersom det er like viktig å predikere begge klassene korrekt.

En ROC-kurve er et diagram med *false positive rate* på x-aksen og *true positive rate* på y-aksen for forskjellige grenseverdier mellom 0,0 og 1,0 (Brownlee, 2018). Sagt på en annen måte så plottes «falsk alarm»-frekvensen mot treffrekvensen. Den kan brukes for å finne en optimal grenseverdi for å skille mellom positiv og negativt svar. *True positive rate* regnes ut på samme måte som *Sensitivity*, mens *false positive rate* kan regnes ut ved hjelp av formel 2.5. Arealet under kurven (AUC) er et mål på modellens evne til å skille mellom positive og negative svar. En av fordelene med ROC-kurver er at kurvene til forskjellige modeller kan sammenlignes direkte og at arealet under kurven kan brukes som et sammendrag av prestasjonen til modellen. En dårlig klassifiseringsmodell som ikke kan skille mellom klassene og som derfor vil forutsi en tilfeldig klasse eller en konstant klasse i alle tilfeller er

representert på punktet (0,5, 0,5). En modell uten evne til å forutsi svaret ved alle grenseverdiene er representert ved en diagonal stiplet linje fra nedre venstre hjørne til øvre høyre hjørne på plottet, og har en AUC på 0,5, se figur 2.4



**Figur 2.4:** ROC-kurve for en klassifiseringsmodell

*F-measure* er en kombinasjon av *recall* og *precision*, der førstnevnte regnes ut på samme måte som *sensitivity* og *true positive rate*, mens sistnevnte er andel riktige positive over alle predikerte positive, gitt i formel 2.6. Alene er verken *recall* eller *precision* gode evalueringsparametre, fordi en modell kan score høyt på den ene og lavt på den andre (Brownlee, 2020b). *F-measure* regnes som harmonisk gjennomsnitt av de to, og er gitt av formel 2.7.

$$\text{Precision} = \frac{\text{True positive}}{\text{True positive} + \text{False positive}} \quad (2.6)$$

$$\text{F-measure} = \frac{2 \cdot \text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (2.7)$$

### 2.3.2 Ulike programvarebibliotek

Det finnes flere ulike programvarebibliotek. I denne oppgaven har fokuset vært på CatBoost og XGBoost.



## CatBoost

Biblioteket er en implementering av *gradient boosted* beslutningstr er som er utviklet av utviklere fra Yandex (Yandex, 2020). CatBoost fungerer godt dersom man har flere kilder til data, når det ikke er så mye data tilgjengelig, i tillegg til at det trengs ikke mye *feature selection* på forhånd.

## XGBoost

XGBoost står for «Extreme Gradient Boosting» og brukes på problemer innenfor veiledet læring (XGBoost, 2020). XGBoost er et programvarebibliotek som kan lastes ned og installeres på en personlig datamaskin (Brownlee, 2020a). Det kan tas i bruk ved hjelp av forskjellige grensesnitt som Phyton, C++ og R. Biblioteket er en implementering av *gradient boosted* beslutningstr er som er designet for hastighet og ytelse. Det ble opprettet av Tianqi Chen, men inkluderer nå bidrag fra mange utviklere.

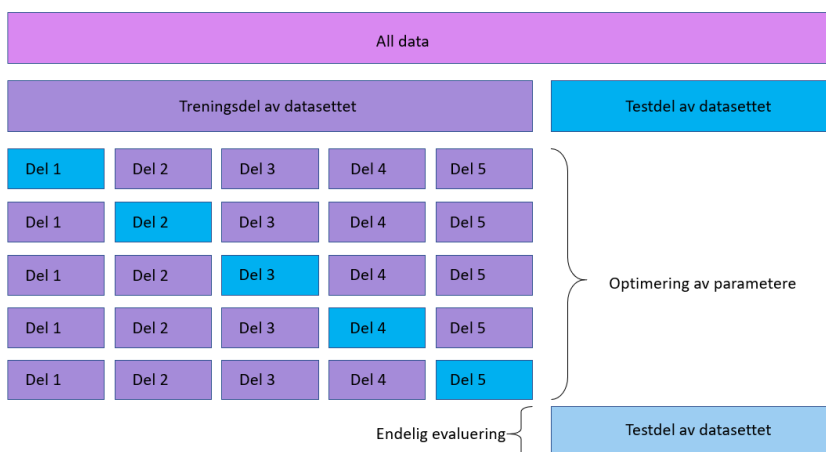
XGBoost kan automatisk håndtere manglende data, såkalte *missing data*, i treningsdelen ved å lære seg beste retning i treet n r dataen mangler.

## Mulige forbedringer for å øke prestasjonen til modellen

Dersom datasettet er ubalansert bør dette tas hensyn til i modellen, ellers vil ikke fungere optimalt. I klassifiseringsestimatoren til XGBoost og CatBoost kan dette gjøres ved å sette verdien for parameteren kalt *scale\_pos\_weight*, som for ubalanserte datasett bør være lik forholdet mellom antall verdier som hører til den negative og positive klassen.

For å forbedre ytelsen kan *parameter tuning* tas i bruk, som vil si å endre input parametre i estimatoren fra standardverdier, til verdier som gjør at den vil prestere bedre (Scikit learn, 2019d). Dette kan gjøres ved å optimere hyper-parametre, som er parametre som ikke direkte læres i modellen, men som kan sees på som innstillingene til estimatoren. To av metodene som kan brukes for å gjennomføre dette er *Grid search* og *Random search*, og de to vil gi tilnærmet samme resultat, men sistnevnte er mye raskere. I *Scikit learn* finnes det innebygde funksjoner for å løse overnevnte utfordringer.

Konseptet *overfitting* er når en modell læres og testes ved bruk av det samme datasettet, den blir svært god til å estimere dataen den nettopp har sett, men fungerer dårlig på usette data (Scikit learn, 2019a). Dette problemet unngås vanligvis ved at datasettet blir splittet i en treningsdel og en testdel. Ved bruk av *parameter tuning* er det en risiko for at modellen får problemer med *overfitting* fordi data fra testdelen av datasettet «lekker» inn i modellen. Dette problemet kan løses ved å innføre en valideringsdel av datasettet. Læring foregår fortsatt på treningsdelen, men evaluering vil skje på valideringsdelen, og dersom det ser bra ut vil modellen bli testet på testdelen. Ved å dele datasettet i tre blir treningsgrunnlaget betydelig redusert, som kan føre til at det lages en dårligere modell. Dette problemet kan løses ved å gjennomføre kryssvalidering, der det ikke lenger trengs en separat valideringsdel, men en testdel må fortsatt skilles fra treningsdelen. Den mest vanlige måten å gjøre kryssvalidering på er ved bruk av *k-fold cross validation*, der treningsdelen av datasettet blir delt inn i k mindre deler og k-1 av delene brukes til trening og den siste til validering. Denne delingen gjøres k ganger slik at hver bit av treningsdelen brukes til validering en gang. Kryssvalidering med k=5 er vist i figur 2.5.



**Figur 2.5:** Kryssvalidering ved bruk av k=5

Noen innebygde funksjoner kan kun brukes dersom datasettet ikke inneholder manglende data. Det finnes flere metoder for å fjerne manglende data, der den enkleste er å slette rader som inneholder det, men dette fører ofte til tap av data

som er negativt. En annen metode er å bruke innebygde funksjoner som kan ordne det, blant annet *IterativeImputer* som er en strategi for å beregne manglende verdier ved å modellere hver *feature* med manglende data som en funksjon av andre *features* på en round-robin måte (Scikit learn, 2019b). Round-robin er en strategi som sier at alle skal møte alle, som er en vanlig turneringsform i for eksempel barneidrett.



## 3 | Metode

I enhver forskningsstudie er det svært viktig hvordan data innhentes og behandles. For at resultatene som kommer frem av forskningen skal være god må det være mulig å oppnå samme resultat ved å bruke metoden som er beskrevet av forsker. Hensikten med metodekapittelet er derfor å beskrive hvordan man har tilegnet seg nødvendig informasjon og kunnskap, samt hvordan funnene er behandlet.

I denne studien er det benyttet flere forskjellige metoder for å svare på de ulike delene av problemstillingen. I oppgaven er det i tillegg til litteraturanalyse benyttet kvalitativ metode i form av intervjuer og kvantitativ metode gjennom bruk av spørreundersøkelse. Utover det er det også gjennomført målinger av inneklima på flere av skolene og utarbeidet en maskinlæringsmodell som kan forutsi om en elev vil oppleve en helseplage som følge av inneklimaet.

Kvantitative forskningsmetoder brukes når målet er å kartlegge utbredelse, mens det ved bruk av kvalitative metoder vektlegges å oppnå en dypere forståelse av et fenomen (Johannessen, 2016). I følge Tjora (2012) bør man ved valg av metode tenke på hvilke praktiske muligheter som er tilstede for å gjøre intervjuer, observasjoner eller spørreundersøkelser. Videre må det tas hensyn til hvilke ressurser, i form av personer, penger, tid og andre hjelpemidler som er tilgjengelige. Når det gjelder forskningsspørsmålet «Hvordan planlegges og gjennomføres drift og vedlikehold i norkse kommuner» så egner en kvalitativ metode seg godt, fordi det her søkes en dypere forståelse av komplekse og sammensatte temaer. En kvantitativ metode gjennom en spørreundersøkelse ble valgt til å besvare siste del av forskningsspørsmålet «Hvor godt er inneklimaet på skolene, og hvordan er elevenes oppfatning av det?», fordi det her er ønskelig å kartlegge bredden i opplevelsen

som brukerne har av inneklimaet og eventuelle helseplager. Ved å bruke såkalt «mixed-methods» – både kvalitativ og kvantitativ tilnærming hevdes det at oppgavens reliabilitet og validitet styrkes (Johannessen, 2016). Ved å blande metodene søker man å eliminere svakhetene ved å benytte kvalitative data til å underbygge de kvantitative og vice versa. Da har mye av grunnlaget for å kritisere forskningen blitt fjernet, som vil diskuteres nærmere under delkapittel 3.1.6.

Videre i dette kapittelet er det beskrevet hvordan de fire forskjellige metodene er benyttet for å oppnå resultatene i neste kapittel. Metode-kapittelet er delt i fire hoveddeler, intervju, spørreundersøkelse, feltmålinger og maskinlæringsmodell, i de rekkefølgen.

### 3.1 Intervjuer

Målet med intervjuene var å få en oversikt og forståelse for organiseringen og gjennomføringen av drift og vedlikehold i de to kommunene. I tillegg var det ønskelig å få en forståelse av hvordan inneklimaet kan påvirkes av rutiner rundt drift og vedlikehold.

#### 3.1.1 Valg av intervjumetode

Intervjuer egner seg når det er ønskelig at respondenten har større frihet til å uttrykke seg enn et strukturert spørreskjema kan gi. De gir et dypere innblikk i informantens verden og gir dem mulighet til å bestemme hva som tas opp (Kvale, 2009). Ved å tillate digresjoner kan man komme inn på temaer som intervjueren ikke har tenkt på på forhånd, men som kan vise seg relevant for undersøkelsen (Tjora, 2012). Den mest vanlige måten å samle inn data ved bruk av kvalitativ metode er gjennom dybdeintervjuer, enten av enkeltpersoner eller av grupper i såkalte gruppeintervjuer.

Intervjuformen kan være mer eller mindre strukturert (Johannessen, 2016), og valg av struktur påvirkes av forskningsspørsmålene som er stilt. Et ustrukturert intervju er uformelt og har spørsmål rundt et bestemt tema. Intervjuet fungerer som en åpen samtale der spørsmålene og rekkefølgen på dem ikke er bestemt på forhånd. En slik uformell atmosfære kan påvirke informanten og gjøre det lettere for den å

uttrykke seg. Her må man være klar over at individuelle forskjeller mellom to intervjuer vil oppstå og kan gjøre det vanskeligere å tolke innsamlet data. På motsatt side av skalaen finnes et strukturert intervju med forhåndsbestemte spørsmål og rekkefølgen av dem, som kan likne mer på et spørreskjema. En fordel med denne type intervju er at det er lettere å sammenlikne svarene man får, mens en ulempe kan være begrenset fleksibilitet. Mellom disse ytterpunktene finnes semistrukturerte intervjuer, der man har en overordnet intervjuguide som utgangspunkt, mens spørsmål, rekkefølge og temaer kan variere. I oppgaven ble det benyttet semistrukturerte intervjuer som tar utgangspunkt i en intervjuguide for å legge til rette for at respondenten kan komme inn på temaer som intervjuer ikke på forhånd hadde tenkt på. Da har i tillegg forsker mulighet for å be respondenten om å utdype temaer som oppleves som viktig og interessante underveis i intervjuet, men samtidig få en viss form for standardisering av spørsmålene.

### 3.1.2 Utvelgelse av informanter

Når det skal velges deltakere til intervjuer kan flere ulike strategier tas i bruk. For å svare på problemstillingen ble det utført en strategisk utvelgelse, der fokuset ikke er på representativitet, men på hensiktsmessighet (Johannessen, 2016). Poenget er da å velge målgruppe som skal delta slik at man får de dataene man trenger. Først ble Trondheim Eiendom kontaktet for å høre om de kunne bistå i denne masteroppgaven, deretter ble en søknad sendt inn og godkjent, både for bruk av to skoler til feltmålinger, og for tid til intervju med aktuelle kandidater. Kontakttinformasjon til en prosjektleder på vedlikehold, to som arbeider med miljørettet helsevern og de to driftsoperatørene på skolene ble utlevert. I Nordre Follo gikk kommunikasjonen via rektor på Greverud skole, samt kontaktperson i NAAF for å rekruttere informanter som kunne stille til intervju.

Et spørsmål som ofte dukker opp er hvor mange intervjuobjekter som er nødvendig. Kvale (2009) sier at man skal intervjuer helt til man ikke innhenter ny informasjon. Rundt 10-25 intervjuer vil ofte være optimalt, men i et studentprosjekt med begrenset ressurser, spesielt i form av tid og økonomi, bør man likevel begrense antall intervjuer (Johannessen, 2016). I denne studien er det utført 8 intervjuer som kan antas å være akseptabelt i et studentprosjekt, spesielt med tanke på at andre

metoder også er brukt for å svare på forskningsspørsmålene.

### 3.1.3 Planlegging og forberedelse til intervju

Siden dataene samlet inn i intervjuene inkluderer personopplysninger som deltakerens navn, e-post og stillingsstilling, ble en henvendelse sendt til og godkjent av Norsk senter for forskningsdata (NSD). Det ble sendt ut et informasjonsskriv til informantene i forkant av intervjuet og på starten av intervjuet ble også den viktigste informasjonen gjentatt. Informasjonen inkluderte formålet med studien, typer data som vil bli samlet inn og hvordan den lagres og behandles. Informasjonsskrivet inkluderte også en samtykkeerklæring for deltakelse i studiet og tillatelse til å brukes respondentenes stillingstittel ved referering til intervjuet. Informasjonsskrivet i sin helhet er gitt i vedlegg C. For å sikre anonymitet og konfidensialitet blir alle lydopptak som er gjort under intervjuene slettes på slutten av prosjektet.

I følge Tjora (2012) er det viktig at intervjuet har en viss lengde for at informanten skal føle seg komfortabel. På den andre siden mener Robson (2016) at intervjuer som har varighet på lenger enn 1 time vil bli sett på som tidkrevende og dermed påvirke antall personer som vil delta i et intervju. Dette er i tråd med Tjora (2012), som påpeker at det foreligger et ansvar innen forskning i å redusere belastningen for de som deltar. Det er anbefalt at et intervju varer mellom 20 og 60 minutter. Denne tidsrammen ble overholdt i alle de gjennomførte intervjuene, da de varte mellom 20 og 40 minutter. Informantene ble på starten av intervjuet forsikret om at det ikke ville vare i mer enn 60 minutter, og at det mest sannsynlig ville ha varighet mellom 20 og 40 minutter.

For at intervjueren skal være mest mulig til stede i intervjuet og være i stand til å komme med gode oppfølgingsspørsmål kan det være en fordel å ta lydopptak av intervjuet. Det vil da være en risiko for at noen informanter føler ubehag, som dermed kan påvirke hvor frittalende de er (Doody, 2013). For å redusere denne risikoen ble informantene forsikret om at det kun var intervjueren som hadde tilgang til lydfilen og at all data ville bli slettet når prosjektet var avsluttet. Informantene måtte også samtykke til at det var greit for dem at intervjuet ble tatt opp.



### Utforming av intervjuguide

En intervjuguide er en liste over temaer og generelle spørsmål som skal tas opp i intervjuet (Johannessen, 2016), og bør ha forankring i problemstillingen og forskningsspørsmålene som skal besvares. Intervjuguiden kan deles inn i innledning, faktaspørsmål, introduksjonsspørsmål og nøkkelspørsmål, i tillegg til en avslutning der det legges til rette for kommentarer og spørsmål fra informanten. Det ble utarbeidet en generell intervjuguide med spørsmål som skulle stilles til alle respondentene, uavhengig av stillingstittel, samt en mer spesifikk del avhengig av intervjuobjekt. Intervjuguiden ble kvalitetssikret med veileder for å sikre logiske og fornuftige spørsmål i forhold til den problemstillingen som skal besvares. Intervjuguidene til de forskjellige respondentene finnes i sin helhet i vedlegg D.

#### 3.1.4 Gjennomføring av intervju

Ved å skape en avslappet stemning under intervjuet får man informanten til å reflektere og uttrykke sine personlige meninger og erfaringer. For å legge til rette for dette er det vanlig å gjennomføre dybdeintervjuer på et sted der informanten føler seg hjemme og trygg (Tjora, 2012). Dersom undersøkelsen er knyttet til informantens arbeid kan arbeidsplassen være et fint sted å holde intervjuet. Det ble i utgangspunktet planlagt å gjennomføre intervjuene på arbeidsplassen til informantene, men på grunn av korona-pandemien ble veldig mange nødt til å sitte på hjemmekontor. Gjennomføring av intervjuene ble derfor tvunget til å foregå digitalt eller over telefon. Da det ikke er alle som innehar like høy kompetanse på møter over internett ble det besluttet å holde intervjuene over telefon, siden det kunne legges til rette for at flest mulig av informantene følte seg komfortabel med intervjusituasjonen. Det påpekes at ettersom intervjuene ble gjort på telefon vil det svekke validiteten til dataene som samles inn. Et telefonintervju har den svakhet at intervjuer ikke har mulighet til å lese mimikk og kroppsspråk ettersom respondenten ikke kan sees, som gjør at noe av kommunikasjonen mellom intervjuer og respondent forsvinner. For eksempel er det ikke like lett å kunne oppdage om respondenten forstår spørsmålet eller ikke ettersom en ikke ser vedkommende og dens reaksjon.

Under gjennomføring av intervjuene var grad av struktur varierende, da enkelte

av informantene fortalte lite utover de spørsmålene som ble stilt, mens andre ga dypere og mer utfyllende informasjon. Noen informanter svarte til og med på flere spørsmål i ett, som kan tyde på at de følte en trygg atmosfære i intervjuet.

### **3.1.5 Etterarbeid av intervju**

For å sikre at all informasjon som fremkommer i intervjuene ivaretas, er alle intervjuene transkribert. Metoden omfatter å skrive ordrett hva som er sagt, med utgangspunkt i lydfilet fra intervjuene. For å sikre at det ikke fremkommer uriktig eller uklar informasjon i prosjektet, har alle informanter blitt tilbudt å lese gjennom transkriberingen, og fått mulighet til å trekke informasjon fra transkriberingen som ikke skal fremkomme i rapporten, eller legge til mer informasjon. Dette vil styrke validiteten til oppgaven da informantene stiller seg bak informasjonen og kan stå for det som er sagt i intervjuet, og man kan dermed være tryggere på at man måler det en tror en måler. Nesten ingen av informantene hadde kommentarer på transkriberingen, men en av dem benyttet seg av muligheten til å supplere med mer informasjon på et par av spørsmålene.

Det er ikke tatt hensyn til ordlyd i transkriberingen, da dette er et svært omfattende arbeid. Ulempen ved dette er at informasjon kan ha blitt fortalt med en spesiell ordlyd, uten at dette fremkommer tydelig i transkriberingen. Når det er sagt er lydfilet tilgjengelig frem til ferdigstilling av prosjektet, som gjør at intervjuer når som helst kan høre gamle lydfilet ved behov dersom transkriberingen er uklar.

### **3.1.6 Kvalitet på undersøkelsen**

De to viktigste kvalitetskriteriene for samfunnsvitenskapelige metoder er validitet og reliabilitet. Validitet er spørsmålet om det som undersøkes er det man tror man undersøker, mens reliabilitet handler om i hvor stor grad man hadde fått det samme resultatet dersom tilsvarende undersøkelse ble gjort en gang til.

Troverdigheten eller validiteten til en kvalitativ studie kan økes dersom resultatene tilbakeføres til informantene for å få bekreftet resultatene (Johannessen, 2016). Alle intervjuene ble transkribert, og transkriberingen ble sendt til respondentene for kontroll, der de hadde mulighet til å legge til eller fjerne deler. Det var derimot svært få som ønsket å legge til eller fjerne noe, dette skjedde kun i et tilfelle. Det

er også vektlagt å utforme godt utarbeidede intervjuguider for å sikre høy validitet. På grunn av bruken av semistrukturerte intervjuer hadde forsker muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål for enten å avklare en usikkerhet eller få mer innsikt i spennende temaer. Validiteten øker fordi sannsynligheten for misforståelse er lav.

Johannessen (2016) beskriver det andre kvalitetskriteriet, reliabilitet, som påliteligheten av den innsamlede dataen. Dataene er pålitelige dersom andre kan forske på samme område og oppnå tilsvarende resultat. Ved bruk av kvalitativ forskningsmetode kan det være utfordrende å etterprøve dataen. En av grunnene til dette er at innsamlet data er tid-, sted- og personavhengig. Dermed vil det i ettertid være vanskelig å skape identiske forhold for gjennomføring av intervjuer.

Kvalitativ metode sin styrke ligger i høy validitet, mens svakheten ligger i lav reliabilitet. Kvantitativ metode er enkelt sagt motsatt, resultatet vil sannsynligvis være det samme dersom undersøkelsen gjentas, men man kan ikke være sikker på at man undersøker det en i utgangspunktet tror. Ved anvendelse av begge de to metodene reduseres svakhetene i forskningsopplegget, fordi de sammen kan kvalitets sikre funnene fra den andre metoden.

Det påpekes at intervjueren ikke hadde tidligere erfaring med intervjuer i en liknende sammenheng. Informasjonen som ble innhentet, og hvordan informasjonen ble analysert, kan ha påvirket kvaliteten på intervjuene. Intervjueren forsøkte å oppnå objektivitet med semistrukturering av intervjuene med intervjuguide og oppfølgingsspørsmål, samt å ha en nøytral rolle under intervjuene.

Overførbarhet dreier seg om hvorvidt resultatene fra et forskningsprosjekt kan overføres til liknende fenomener. Det legges vekt på å oppnå beskrivelser og forklaringer som kan overføres til andre beslektede sammenhenger. Det er usikkert i hvor stor grad funnene i denne studien kan brukes i andre sammenhenger. Det kan være mulig at funnene som er gjort kan overføres til andre kommuner i Norge.

## 3.2 Spørreundersøkelse

Målet med spørreundersøkelsen var å forstå hvordan elevene oppfatter kvaliteten inneklimate, og om de har opplevd helseplager som følge av dette.

### 3.2.1 Valg av metode

Kvantitative metoder fremhever oversikt og forklaring på visse fenomen (Tjora, 2012). Ved bruk av fast struktur legger man til rette for standardisering som igjen legger til rette for generalisering (Johannessen, 2016). Dette er tilfelle i en spørreundersøkelse med faste svaralternativer, der det også legges til rette for å samle inn svar fra mange respondenter på kort tid. Siden det er ønskelig å samle inn data fra mange elever på flere forskjellige skoler er kvantitativ spørreundersøkelse med faste svaralternativer godt egnet.

### 3.2.2 Beskrivelse av spørreundersøkelsen

NAAF tilbyr et nettbasert verktøy «Mitt inneklimate» for å evaluere elevenes subjektive opplevelse av inneklimate på skolen. Det er påvist at barn i fjerde klasse eller høyere kan gi fornuftige svar på spørreskjemaet Norges Astma- og Allergi-forbund (2010). Sjef for inneklimate ved NAAF, Kai Gustavsen, ble kontaktet for å få godkjenning til å bruke spørreundersøkelsen i denne masteroppgaven.

Spørreskjemaet kartlegger de subjektive opplevelsene til elevene, og helseproblemer som oppstår i skoletiden. Resultatene blir sammenlignet med data fra skoler uten kjente inneklimateproblemer, og er gitt med en dynamisk usikkerhet som avhenger av antall respondenter. Spørreundersøkelsen er opprinnelig basert på Ørebro-modellen, som har blitt brukt i flere studier både nasjonalt og internasjonalt.

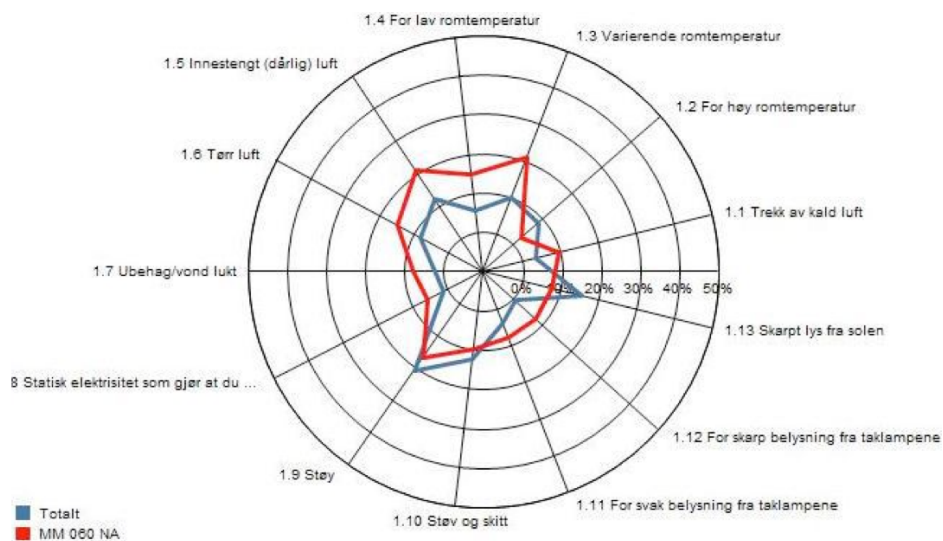
Lengden på undersøkelsen er på omtrent 35 spørsmål. De første spørsmålene er bakgrunnsspørsmål angående kjønn og hvilket skolebygg elevene oppholder seg i mesteparten av tiden. Den neste delen består av spørsmål angående inneklimate, etterfulgt av en del som dreier seg om symptomer på helseplager. Til slutt er det et par spørsmål angående helsehistorikk og generell velvære. Spørreundersøkelsen i sin helhet kan finnes i vedlegg F.

### 3.2.3 Gjennomføring

For å gjennomføre spørreundersøkelsen må hver elev motta en PIN-kode, som brukes til innlogging på «Mitt Inneklima», der det nettbaserte spørreskjemaet skal besvares. PIN-kodene er ikke personlige, og det vil derfor ikke være mulig å spore svarene til en spesifikk elev. Etter å ha utført en test på nettsidene til Norsk senter for forskningsdata, ble det konkludert med at ingen personopplysninger skulle behandles i forbindelse med spørreundersøkelsen, og det var derfor ikke nødvendig å sende for behandling av personopplysninger. Et skjermbilde av denne testen kan sees i vedlegg E.

Rektorene på de fire skolene ble kontaktet for å få godkjenning til å gjennomføre «Mitt inneklima» på deres skole. Denne mailen ble sendt ut rett før nedstengingen av Norge i forbindelse med utbruddet av Covid-19 og responsen var derfor svært varierende. En purremail ble sendt ut etter gjenåpningen av skolene, for å få gjennomført spørreundersøkelsen. Rektoren på Strindheim skole var rask med å svare, og ga informasjon videre til lærerne på de respektive trinnene som fikk ansvar for gjennomføringen. Rektoren på Sofiemyr var også raskt ute med å bestille undersøkelsen fra NAAF, men svarene fra elevene var ikke mange, og resultatene derfra er derfor ikke inkludert i oppgaven. Rektor på Greverud skole ønsket ikke å legge mer press på lærerne under den allerede krevende situasjonen med hjemmeskole og ville derfor ikke gjennomføre undersøkelsen på skolen.

Dataene fra undersøkelsen ble analysert av Norges Astma- og Allergiforbund, som leverte rapporter med resultatene som er brukt i denne oppgaven. Resultatene blir presentert i en type figur som heter «Rosemodell» og blir evaluert mot referanseskolene, som er skoler uten kjente inneklimaproblemer. Et eksempel på en «Rosemodell» er presentert i figur 3.1. Den blå linjen representerer resultatene fra skolen undersøkelsen er utført på, mens den røde linjen representerer referanseskolene.



**Figur 3.1:** Eksempel på en «Rosemodell» som er brukt til å presentere resultatene fra spørreundersøkelsen

### 3.3 Feltmålinger

Hovedmålet med feltmålingene er å kartlegge inneklimate på de utvalgte skolene i prosjektet, i form av kvaliteten på det termiske og atmosfæriske miljøet. For å oppnå dette er det gjennomført målinger av temperatur, relativ fuktighet og CO<sub>2</sub> konsentrasjon i flere klasserom på hver av skolene.

Før feltmålingene ble utført, ble et feltkort fylt ut og levert til Institutt for energi- og prosesssteknikk. Feltkortet kan sees i vedlegg B.

Feltemålingene på skolene ble i hovedsak gjennomført i en uke på hver skole, og måleperioden for de ulike skolene er vist i tabell 3.1. Alle målingene er gjennomført mai måned, men på grunn av svært ustabil vær var det ved gjennomføring av de to første måleperiodene minusgrader og værforhold som minner om vinter. I slutten av måneden ble det derimot mye varmere vær og forholdene minnet mer om sommer. På bakgrunn av at det termiske miljøet har ulike anbefalinger for sommer og vinter ble det bestemt å analysere målingene i kontekst med været, der to av ukene ble kategorisert som vinter og de siste to som sommer. Værforholdene fra måleperiodene på de ulike skolene er gitt i vedlegg H.

**Tabell 3.1:** Periode for feltemålinger på de ulike skolene gruppert etter værforhold

Værforhold	Skole	Måleperiode
<b>Vinter</b>	Åsvang	onsdag 13.05.20 - onsdag 20.05.20
	Sofiemyr	mandag 11.05.20 - søndag 17.05.20
<b>Sommer</b>	Sofiemyr	torsdag 28.05.20 - torsdag 04.06.20
	Greverud skole	torsdag 28.05.20 - torsdag 04.06.20

#### 3.3.1 Instrumentene

For å måle temperatur, CO<sub>2</sub> konsentrasjon og relativ fuktighet i klasserommene ble to forskjellige instrumenter brukt, Elma DT-802D og Wave Plus fra Airthings. Instrumentene er vist i figur 3.2. Elma DT-802D, heretter referert til som Elma, må startes fra et program på PCen som heter Datalogger og måleresultatene kan lastes ned via samme program. Wave Plus fra Airthings er trådløs, men må kobles opp mot en Hub som kan ta inn signaler fra flere instrumenter og sende resultatene

over internett. Dette gjør det mulig å fjernavlese målingene fra hvor som helst via deres nettside.

Elma ble satt til å logge hvert minutt for å sikre at variasjonene i løpet av en klasse-time skulle være bemerkelsesverdige. Wave Plus logger automatisk hvert femte minutt så lenge den er koblet til Huben. Tekniske spesifikasjoner på instrumentene vises i tabell 3.2. Instrumentene fra Airthings var helt nye da de ble mottatt i posten, så det var ikke nødvendig å utføre en kalibrering av instrumentene, fordi man kan stole på de tekniske spesifikasjonene. Elma instrumentene var også relativt nye, så det ble vurdert at en kalibrering var unødvendig. For å dobbeltsjekke resultatene ble instrumentene plassert ved siden av hverandre i et rom gjennom et døgn for å sjekke at de viste cirka like verdier. Resultatene viste at instrumentene viste verdier i samme område, og resultatene fra denne «kalibreringen» finnes i vedlegg G.



**Figur 3.2:** Instrumentene som er brukt i målingene: Elma DT-802D og Wave Plus med tilhørende Hub fra Airthings



**Tabell 3.2:** Tekniske spesifikasjoner på instrumentene

Instrument	Parameter	Arbeidsområde	Nøyaktighet	Oppløsning
Elma DT-802D	Temperatur	-5° – 50° C	±1° C	0,1 °C
	CO <sub>2</sub>	0-9999 ppm	±100ppm ±5%rdg@300...9000ppm	1 ppm
	Relativ fuktighet	≤ 90%	±5%	0,1 %
Airthings Wave Plus	Temperatur	4° – 40° C	10% standardavvik	0,01 °C
	CO <sub>2</sub>	-	-	1 ppm
	Relativ fuktighet	≤ 85%	-	0,1 %

For å oppnå mest mulig reelle målinger bør CO<sub>2</sub> konsentrasjonen ikke måles i nærheten av tilførselsventiler eller vinduer, siden luftkvaliteten er best der på grunn av frisklufttilførsel enten fra ventilasjonssystem eller uteluft. Instrumentene bør heller ikke plasseres for nær gulvet siden utåndingsluften stiger, og luftkvaliteten derfor er mer representativ høyere oppe (Folkehelseinstituttet, 2015). Ved måling av temperatur skal sensoren ikke plasseres i nærheten av varmeovner og vinduer, siden temperaturen her er henholdsvis høyere og lavere enn resten av rommet.

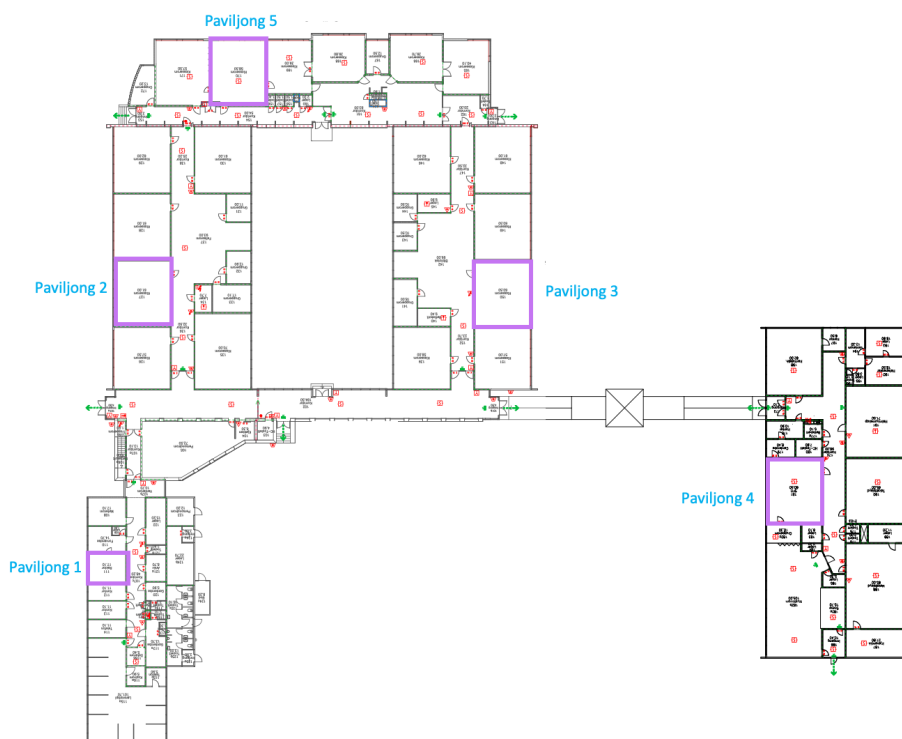
### 3.3.2 Feltnmålinger Nordre Follo

Opprinnelig plan var å utføre en ukes feltnmålinger av inneklimate på de fire utvalgte skolene. Det var planlagt en tur ned til Nordre Follo i uke 11 for å gjennomføre målinger på både Sofiemyr og Greverud skole. I planleggingsfasen av feltnmålingene ble Airthings kontaktet for å høre om mulighetene for å ta i bruk deres instrumenter på skolene i Nordre Follo. Instrumentene deres er tilknyttet en webside som gjør at resultatene kan fjernavleses fra hvor som helst. Det passet ypperlig etter som undertegnede bosted er i Trondheim, og mulighetene for et lengre opphold i Nordre Follo er begrenset. På grunn av korona-situasjonen og nedstegning av alle skolene i Norge ble ikke denne turen gjennomført som planlagt.

#### Sofiemyr skole

I intervjuet av Virksomhetsleder for Byggdrift i Nordre Follo kom det frem at kommunen selv hadde valgt å ta i bruk instrumentene fra Airthings i fem rom på Sofiemyr skole. Data fra disse målingene ble gjort tilgjengelig for undertegnede, og inkludert i oppgaven.

Instrumentene er plassert i fem forskjellige rom med vinduer som vender ut mot forskjellige deler av skolegården, og kan sees i figur 3.3. Paviljong 1, 2 og 4 har vinduer som vender mot vest, mens paviljong 5 og 3 har vinduer som vender ut mot henholdsvis nord og øst. Ingen av rommene har vinduer mot sør, som vil si at de unngår den verste solinnstrålingen. Paviljong 2, 3, 4 og 5 er klasserom som vanligvis rommer 20-25 elever pluss 2 lærere, mens paviljong 1 er et forværelse som brukes av en lærer med sporadiske besøk. Rommene er valgt ut av kommunen i samråd med Mycoteam, som tidligere har målt forhøyet forekomst av muggsopper i disse rommene.



**Figur 3.3:** Plassering av instrumentene på Sofiemyr skole for paviljong 1, 2, 3, 4 og 5

Koronavirusutbruddet gjorde at alle skolene i Norge var helt stengt fra 16. mars til 20. april. Etter denne datoen kunne de delvis åpne igjen for elever på 1-4. trinn. For å begrense smitte ble det utarbeidet en smittevernveileder fra myndighetene, som blant annet inkluderte råd for god håndhygiene og redusert kontakt mellom

personer (Utdanningsdirektoratet, 2020). Der ble det lagt frem anbefaling om å dele inn klassene i kohorter som fulgte eksisterende klasseinndeling og norm for lærertetthet på 15 elever per lærer. Feltmålingene som er gjort vil derfor ikke kunne representere normal bruk av klasserommene. Personbelastningen i de forskjellige rommene under normal drift og «korona-drift» er gitt i tabell 3.3.

**Tabell 3.3:** Personbelastning i de ulike rommene på Sofiemyr under normal drift og «korona drift»

Rom	Personbelastning [elever]	
	Normalt	Med korona-tiltak
Paviljong 1	1-2	1-2
Paviljong 2	22-27	15
Paviljong 3	22-27	14
Paviljong 4	22-27	10
Paviljong 5	22-27	9

### Greverud skole

Etter mye kontakt frem og tilbake med rektor på Greverud ble det til slutt gitt godkjenning til å plassere ut instrumenter på skolen. Airthings bistod til utplasseringen av instrumentene i fem klasserom på skolen. Figur 3.4 og 3.5 viser eksempler på instrumentplasseringen i noen av klasserommene markert med en rød boks. Som figurene viser er instrumentene plassert relativt høyt oppe i klasserommet og langt unna varmeovner og tilluftsventiler. Kun en av instrumentene er plassert i umiddelbar nærhet til et vindu.



**Figur 3.4:** Plassering av Wave Plus i klasserom Greverud (Bilde: Pål Berntsen)



**Figur 3.5:** Plassering av Wave Plus i klasserom på Greverud (Bilde: Erlend Bolle)

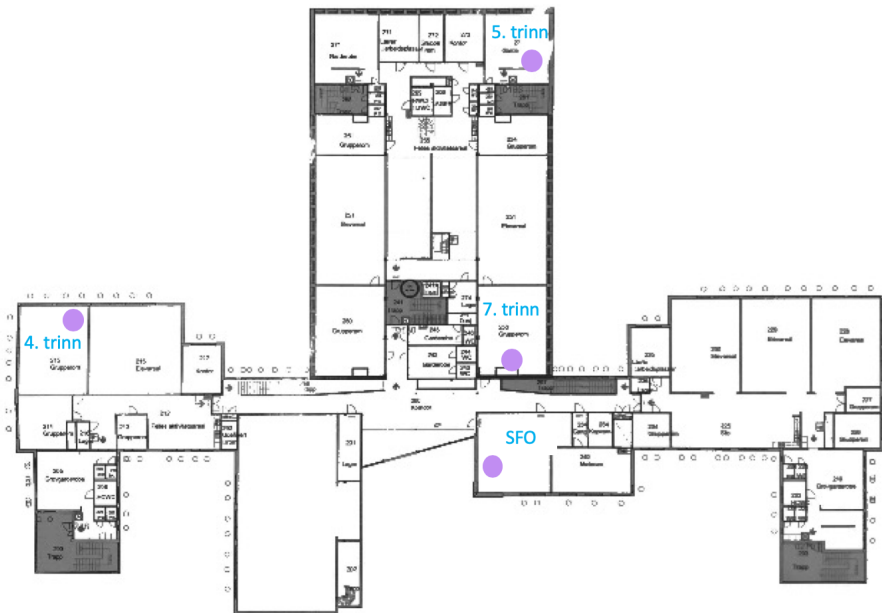
Personbelastningen i klasserommene er også her preget av korona-pandemien, og rektor informerer om halve klassestørrelser, på omtrent 13 elever, både på småtrinnet og mellomtrinnet. For enkelthetsskyld er elevantallet for de forskjellige klasserommene vist i figur 3.4.

**Tabell 3.4:** Personbelastning i de ulike rommene på Greverud under normal drift og «korona drift»

Rom	Personbelastning [elever]	
	Normalt	Med korona-tiltak
Klasserom til 3A	26-28	13-14
Klasserom til 4A	26-28	13-14
Klasserom til 4B	26-28	13-14
Klasserom til 5B	26-28	13-14
Klasserom til 6A	26-28	13-14

### 3.3.3 Feltmålinger i Trondheim

Målingene på skolene i Trondheim startet opprinnelig i uke 10, men etter bare et par dager ble alle skolene i Norge stengt på grunn av korona-pandemien. Det var likevel ønskelig å få til målinger i Trondheim, og etter gjenåpningen av skolene etter påske ble Driftsavdelingen i kommunen kontaktet for å høre om ny godkjenning til å utføre målinger av inn klima på Åsvang skole. Etter klarsignal fra Driftsavdelingen ble også rektor kontaktet. Sammen med driftsoperatør ble det valgt fire klasserom til å gjennomføre feltmålingene i, og det ble blant annet tatt hensyn til at klasserommene skulle ha noe ulik beliggenhet i forhold til solinnstråling. Plassering av klasserommene med måleinstrumenter på Åsvang skole er vist i figur 3.6, der lilla prikk viser omtrentlig plassering av instrumentene i hvert rom. Det kommer tydelig frem at klasserommene har vinduer vendt ut mot forskjellige deler av bygget og at solinnstrålingen derfor vil variere. Klasserommet på 4. trinn har vinduer mot vest og nord, klasserommet på 5. trinn har vinduer mot nord og øst, mens klasserommet på 7. trinn kun har vinduer mot øst. Rommet som brukes til leksehjelp og SFO har vinduer som vender mot øst og sør, og er i størst grad utsatt for solinnstråling.



**Figur 3.6:** Plassering av instrumentene på Åsvang skole (Bilde: Maren Feness)

På grunn av utbruddet av Covid-19 ble det ved gjenåpningen av skolene påkrevd å følge smittevernregler, som blant annet innebar restriksjoner på hvor mange mennesker som kan oppholde seg i samme rom. Disse restriksjonene bygger på klassestørrelsene og normen om antall elever per lærer, og er derfor ulike på småtrinnet og mellomtrinnet med henholdsvis 15 og 20 elever per lærer. Åsvang skole er opprinnelig bygget opp som en baseskole med åpne arealer på hvert trinn, men har også noen lukkede rom der mindre grupper kan få undervisning. I tabell 3.5 er elevantallet på hvert trinn vist, sammen med restriksjonene om antall mennesker per rom.

**Tabell 3.5:** Maks personbelastning per rom og elevantall på de ulike trinnene på Åsvang skole

Trinn	Elevantall	Maks personbelastning per rom
4. trinn	75	15
5. trinn	85	20
7. trinn	74	20

For å forhindre at elevene ble plaget eller forstyrret av instrumentene ble plassering valgt for minst mulig sjenanse. Samtidig ble det forsøkt å finne en posisjon i rommet som ikke var for nære vindu, radiator eller tilluftsventil. I tillegg ble det vektlagt å finne en høyde som ikke var helt nede på gulvet eller helt oppe i taket. Plasseringen av instrumentet i hvert rom er vist i figur 3.7, 3.8, 3.9 og 3.10. I noen av tilfellene var det vanskelig å finne en plassering som kunne tilfredsstille alle kravene, og sjenanse for elevene ble da vektlagt høyest. Det er derfor noen instrumenteter som kan være plassert nære et vindu eller en radiator, men det antas at målingene vil være representative likevel. Posisjonen til instrumentet på 5. trinn er ganske høyt opp mot taket, men det var eneste mulige plassering.



**Figur 3.7:** Plassering av instrument i klasserom på 4.trinn på Åsvang (Bilde: Maren Feness)



**Figur 3.8:** Plassering av instrument i klasserom på 7.trinn på Åsvang (Bilde: Maren Feness)



**Figur 3.9:** Plassering av instrument i rom som brukes til leksehjelp og SFO på Åsvang (Bilde: Maren Feness)





**Figur 3.10:** Plassering av instrument i klasserom på 5.trinn på Åsvang (Bilde: Maren Feness)

### 3.4 Maskinlæring

Målet med å ta i bruk maskinlæring er å lage en modell som kan forutsi hvilke helseplager en elev vil oppleve dersom informasjon om dens opplevelse av innneklima er gitt. For å kunne lage en god maskinlæringsmodell må det innhentes en stor mengde data, slik at modellen kan lære seg systemer og mønstre, og dermed klare å predikere en ny verdi. Norges Astma- og Allergiforbund ble kontaktet for å høre om muligheten for å få tilgang til rådata fra deres spørreundersøkelse «Mitt innneklima». Videre ble Sintef kontaktet, da det var de som hadde tilgang på rådata for tidligere utførte spørreundersøkelser.

For å kunne bruke dataen fra Sintef måtte den behandles og eksporteres til en csv-fil. Spørreundersøkelsen «Mitt innneklima» består for det meste av ja og nei spørsmål, men respondentene har også muligheten til å svare «Jeg vet ikke». I datafilen fra Sintef var disse svarere representert med en tom rute. I maskinlæringsmodellen blir disse svarene sett på som manglende data, som gjør at det må tas i bruk en modell som kan prosessere dette. Problemet som modellen skal løse er om elevene kommer til å oppleve en gitt helseplage eller ikke, som impliserer at det er et klassifiseringsproblem.

XGBoost ble tatt i bruk fordi det er et programvarebibliotek som kan håndtere manglende data uten at den må bearbeides først. Algoritmen vil selv finne den beste måte å lære, selv om datasettet inneholder manglende data. Siden det er et klassifiseringsproblem ble den innebygde estimatoren XGBClassifier tatt i bruk. For hver helseplage må det lages en egen modell som kan forutsi om en person vil få den aktuelle helseplagen eller ikke.

Den første versjonen av modellen var dårlig til å forutsi at elevene hadde den gitte helseplagen. Modellen tok ikke høyde for at datasettet var ubalansert, som resulterte i en lite presis modell. Dette ble juset for ved å endre en av input parameterne i klassifiseringsmodellen kalt *scale\_pos\_weight*, som er forholdet mellom antall verdier som hører til den negative og positive klassen. Dette hadde en betydelig innvirkning på *sensitivity*.

En annen endring som ble gjort for å påvirke nøyaktigheten til modellen er å endre hvor mange av svarene til en bestemt elev som tillates å være lik «Jeg vet ikke» og

---

som må behandles som manglende data. Dette kan gjøres ved å legge til en linje i koden som dropper rader med mye manglende data. Rader som hadde mindre enn *thresh* faktiske verdier ble droppet. Ulike verdier for *thresh* ble sjekket og den verdien som ga høyest *sensitivity* ble valgt. Modellen som er kodet i Python er vist i sin helhet i vedlegg I.

I maskinlæring er det vanlig å ta i bruk forskjellige metoder for å løse et problem, for deretter å velge den metoden som presterer best. Det ble derfor laget en modell i programvarebiblioteket Catboost, som også kan prosessere manglende data, men gjør det på en annen måte enn XGBoost. Det ble også testet for ulike verdier for *thresh* på CatBoostClassifier, men resultatene var vanskeligere å tolke, og det ble derfor besluttet å la være å ta det med, og heller stole på modellens standardinnstilling. Koden som er brukt til å lage modellen til baseline modellen ved bruk av CatBoost er gitt i vedlegg J.

Det finnes uendelig med muligheter til å forbedre en maskinlæringsmodell, og noen av dem ble testet ut. Det ble gjort endringer i de eksisterende modellene for å gjøre om datasettet til å ikke inneholde mangledene data, i tillegg til at *parameter tuning* og kryssvalidering ble implementert for XGBClassifier. Omgjøring av datasettet for å ikke inneholde manglende data ble gjort ved bruk av *IterativeImputer*. Som tidligere ble *train\_test\_split* brukt til å dele datasettet inn i en trenings- og testdel for at modellen skal prestere bedre på *out of sample* data. Videre ble *parameter tuning* ved bruk av *RandomizedSearchCV* brukt til å optimalisere parametrene som brukes i estimatoren. Deretter ble modellen kryssvalidert ved bruk av *k-fold cross validation*. Til slutt ble estimatoren tilpasset på nytt med hele treningsdelen av datasettet, og endelig prediksjon ble gjort på testdelen som ikke tidligere har vært i bruk. Prestasjonen til estimatoren blir da evaluert ut i fra hvor godt den presterer på data den ikke har sett f r.

Koden til forbedret modell for XGBoost og CatBoost kan sees i henholdsvis vedlegg K og L. For å kunne ta et valg om hvilken modell som presterer best og dermed tas i bruk ble de to baseline modellene i XGBoost og CatBoost sammenliknet med forbedret modell i de to programvarespr kene. Siden det er viktig å predikere begge klassene i modellen korrekt ble det valgt å fokusere på *F1 measure* og *ROC AUC* ved valg av modell.



## 4 | Resultater

I dette kapitlet vil resultatene fra intervjuene, spørreundersøkelsen, målingene og maskinlæringsmodellene legges frem. Resultatene fremstilles metodevis i den rekkefølgen.

### 4.1 Resultater fra intervjuer

I det påfølgende delkapitlet legges funnene fra de kvalitative intervjuene med de 8 informantene frem. Presentasjonen vil skje tema for tema, der hovedfunnene vil bli presentert og avvik fra disse kommentert. Hovedtemaene tar utgangspunkt i forskningsspørsmålene som er stilt.

Oversikt over stillingstittel til de 8 informantene og hvilken kommune de arbeider i er gitt i tabell 4.1.

**Tabell 4.1:** Informantene i de kvalitative intervjuene gitt ved stillingstittel og kommune

Kommune	Stillingstittel informant
Trondheim	Driftsoperatør Driftsoperatør Vedlikeholdsplanlegger Trondheim Eiendom Rådgiver miljørettet helsevern Miljøenheten Sjefsingeniør Miljøenheten
Nordre Follo	Driftsoperatør Driftsingeniør Virksomhetsleder Byggdrift

### 4.1.1 Vedlikeholdsplanlegging

Begge kommunene melder at de har et FDV-program som skal følges, der de periodiske vedlikeholdsrutinene som skal gjennomføres settes opp. Dette kan være oppgaver som skifting av filter i ventilasjonsanlegget eller vedlikehold av driftstekniske anlegg for optimal drift. I tillegg til dette blir det i begge kommunene gjennomført tilstandsanalyser av byggene for å se på hvilke vedlikeholdstiltak som skal settes i gang. Trondheim kommune har hovedvedlikehold på skolene hvert fjerde år, og i forkant av dette blir det utført en tilstandsvurdering. Virksomhetsleder for Byggdrift i Nordre Follo forteller at det gjøres jevnlige tilstandsvurderinger, omtrent en gang i året.

Digitale verktøy brukes i begge kommunene for å planlegge og gjennomføre drift og vedlikehold. Programmene som brukes er forskjellige, men de innehar mange av de samme funksjonene. Blant annet kan driftsoperatørene få opp varsler om rutiner eller krav som må gjennomføres eller sjekkes. Virksomhetsleder for Byggdrift i Nordre Follo forteller at all grunndata på bygget dessuten er lagret i programmet sammen med tilstandsvurderingen av hver enkelt komponent. Driftsoperatørene får opp arbeidsordre og må kvittere på hva som er gjort, som også lagres i programmet og legger til rette for at det er lett å få oversikt over historikken til et bygg. I Nordre Follo har også rektor tilgang til dette systemet og kan legge inn en melding dersom noe må gjøres på skolen, for eksempel skifte lypære eller fikse låsen på en dør. I dette programmet er det også mulig å bestille arbeid fra eksterne aktører, som rørleggere eller låsesmeder. Alle ledd er inkludert i samme program og all data blir derfor lagret på samme sted. Dette blir også bekreftet av Vedlikeholdsplanlegger i Trondheim som informerer om at MainManager er et komplett facility management system.

I Trondheim nevner begge de to driftsoperatørene at kommunen har gått til innkjøp av en drone som kan ta bilder i 3D og dermed være til stor nytte i vedlikeholdsarbeidet. Et eksempel på bruk er ved inspeksjon av tak, som i dag er en svært tid- og ressurskrevende jobb. Mens det i Nordre Follo er rektor på skolene som kan rapportere inn avvik eller arbeidsoppgaver som må utføres har hvem som helst mulighet til å melde inn avvik i Trondheim. Det kan gjøres via deres nettside, før det deretter blir sortert til riktig person eller avdeling for håndtering. Den ene driftsoperatøren

i Trondheim forteller at «Den ene inspektøren ordnet egen side for oss slik at alle lærere kan legge inn tips og råd til meg om en ødelagt lyspære, eller at låsen på døen begynner å bli dårlig. Slike tips og råd gjør at jeg slipper å bruke tid på å lete etter feil og heller kan bruke tid på å reparere».

Flere av informantene fra Trondheim legger vekt på forebyggende vedlikehold. Vedlikeholdsplanlegger sier følgende: «Vi har en proaktiv holdning. Det betyr at vi har et mål om at 90% av vedlikeholdet skal være planlagt verdibevarende». Driftsoperatør er enig: «Det er holdningen til kommunen at vi skal prøve å forebygge i stedet for å ta det i ettertid».

### 4.1.2 Organisering

Det er et stort sprik i ansvarsmengde i de to kommunene. I Trondheim er normen at en driftsoperatør skal å ha ansvar for en skole, og eventuelt en barnehage i tillegg. Dette er tilfelle for mange, men vil avhenge av geografisk plassering på skolene og barnehagene. Tidligere hadde driftsoperatørene ansvar for flere barnehager i tillegg til en skole, men den arbeidsmengden er nedjustert. Driftoperatør på en av skolene i Trondheim fastslår at «Det sier seg selv at dersom du har en skole på 100% og får to barnehager i tillegg – da blir det litt travelt». I Nordre Follo er det derimot vanlig å ha ansvar for flere bygg. Driftsingeniøren uttaler seg om organiseringen og forteller «Hver av driftoperatørene har over 10 bygg hver. Det er begrenset med tid til å klare å gå over alt, du har litt for mye å gjøre. Vi burde hatt flere folk, mer mannskap». Driftsoperatøren i Nordre Follo melder at han har ansvar for en skole, fire barnehager og et sykehjem, totalt seks bygg, som utgjør et betydelig større ansvar enn det som er normen i Trondheim.

Alle respondentene er enige i at kommunikasjonen innad i eiendomsavdelingen er god. Driftsoperatører snakker jevnlig med sine ledere og ellers med vedlikeholdsplanleggere eller andre lenger opp i systemet dersom det er behov for det. Kommunikasjonen kan foregå gjennom mail, telefon eller personlig oppmøte. En av driftsoperatørene i Trondheim uttaler følgende: «Jeg har så og si daglig kontakt med områdelederen min og er det noe jeg må gå videre med, enda lengre opp i systemet, er det ikke noe problem å ta kontakt med sjefen over der igjen. Grensene mellom toppen og bunnen av systemet er svak».

Vedlikeholdsplanlegger i Trondheim uttaler at de har god kommunikasjon med miljørettet helsevern (MHV) i Miljøenheten. «De har tilsyn på skoler ca. hvert 5 år. Vi deltok på alle tilsynene miljørettet helsevern hadde mellom 2014-2018, der det var veldig mye fokus på inn klima. Når de har vært på tilsyn og finner en feil, må vi dokumentere og eventuelt utbedre det». Videre forteller informantene fra Miljøenheten om hvordan tilsynene fungerer: «Grunnlaget for tilsynsplanen er en risikovurdering basert på helsemessige kriterier. For skoler er det psykososiale forhold og sikkerhet og beredskap som er viktigst å føre tilsyn med, og som blir markert som rødt. Vi vurderer at det har høyest risiko for helseskade, mens inn klima er vurdert som gult. Da har vi tatt utgangspunkt i den bygningsmessige standarden som vi kjenner til at skolen og barnehagene i Trondheim har. For femten år siden hadde nok den risikovurderingen sett annerledes ut, for da hadde vi en annen situasjon på inn klima enn det vi har nå».

### 4.1.3 Økonomi og vedlikeholdsetterslep

Begge kommunene har selv ansvaret for budsjettene til drift og vedlikehold. Tidligere har det vært mer vanlig at skolene selv hadde det ansvaret. Likevel peker en av driftsoperatørene i Trondheim på at noen av skolene velger å bruke av sine egne midler til småting, som for eksempel maling av klasserom. Det kommer også frem at skolene selv har økonomisk ansvar for å tilpasse bygget dersom enkelte av elevene trenger spesiell tilrettelegging.

«Det er ikke skolene som styrer sitt eget vedlikeholdsbudsjett, og takk og lov for det», dette uttaler Virksomhetsleder for Byggdrift i Nordre Follo og peker på at budsjettene må legges opp mot vedlikeholdsplaner og strategi. Han legger også vekt på strategien som føres opp mot politikerne, og forteller at det er her hovedutfordringen i kommunen ligger. Videre forteller han at «Kommunen har en økonomi, men det er politikerne som avgjør hvordan kommunen skal bruke økonomien. Det er jo dessverre der vi i stor grad ser at med en gang politikerne ønsker å gjennomføre ting som de ikke har økonomisk dekning for, så må det spares inn et sted, og da spares det nesten alltid inn på drift og vedlikehold». Dette påvirker kvaliteten på skolebyggene og han informerer videre om vedlikeholdsetterslep på skolene i kommunen: «Det betyr ofte at vi får opparbeidelse av et vedlikeholdset-



terslep fordi vi ikke har tilstrekkelige midler til å opprettholde byggenes standard. Da må vi begynne å prioritere mellom de tiltakene vi egentlig skulle hatt tilstrekkelige midler til å gjennomføre for å ikke få degenerering av bygningsmassen».

Utover det forteller han også om hvor stramme budsjettene er: «Det viser seg at de budsjettene vi får, ikke er i nærheten av å dekke life cycle cost, som er hva et bygg skal koste per år gjennom byggets levetid. Det betyr at når levetiden på et ventilasjonsanlegg er gått ut så har vi ikke tilstrekkelige budsjetter til å kunne bytte ventilasjonsanlegget før det begynner å bli i så dårlig stand at det faktisk står. Vi greier ikke å opprettholde de lovpålagte kravene for å si det sånn».

Vedlikeholdsplanlegger i Trondheim forteller at kommunen nå er slått sammen med Klæbu kommune, der budsjettene tidligere har lagt hos rektor på hver enkelt skole: «Da var det aldri midler til å ta de store løftene, fordi de ikke prioriterte dette av naturlige årsaker. Så der har du jo noen skoler med litt etterslep, men de gjorde heldigvis mye på slutten rett før kommunesammenslåingen». Han informerer videre om at dersom større investeringer skal gjøres, som for eksempel installering av nytt ventilasjonsanlegg, må det opp til behandling i bystyre før det kan gjennomføres.

I Trondheim er det en generell oppfatning at skolene har liten grad av vedlikeholdsetterslep. Vedlikeholdsplanleggeren uttaler følgende om hvordan kommunen har løst det: «De siste årene har vi ikke opplevd at vi har for lite penger til å klare å opprettholde en ok standard. Det betyr ikke at vi får gjort alt vi ønsker, men etterslepet er ikke så stort lenger. Det var større før, for 10-15 år siden, men det er tatt igjen. Grunnen til det er at Rita Ottervik kom til makten og gjorde en vanvittig investering i skolene. Det som er årsaken, at det ble bevilget penger til å ruste opp skolebyggene»

Når respondentene får spørsmål om hva som er årsaker til vedlikeholdsetterslep på skolene i kommunen er de i stor grad enig i at dette skyldes økonomi og mangel på ressurser. Driftsingeniør i Nordre Follo mener at det avhenger av arbeidsmengden til hver driftsoperatør: «Vi har over 50 bygg, og hver av driftoperatørene har over 10 bygg hver. Det er begrenset med tid, om rekker over alt, for du har litt for mye å gjøre. Vi burde hatt flere folk, mer mannskap. Det er økonomi, det er økonomi det

går i. Man må prioritere hva man skal fokusere på, og da går det jo ut over noe». En av driftsoperatørene i Trondheim fastslår at «Det handler jo om økonomi. Blir det innskjerpinger eller situasjoner som oppstår utforutsett som er 10 ganger så dyrt som det opprinnelig skulle blitt, så er det jo et annet punkt som må flyttes på som ikke er like kritisk som det andre». Den andre driftsoperatøren legger også vekt på at vedlikehold på tak ofte henger litt etter. En av grunnene til dette mener han kan være at det er en dyr jobb, samt at kunnskapen om vedlikehold på tak ofte er mangelfull. I tillegg bemerker han at han har bakgrunn som blikkenslager og derfor har god kompetanse på tak, som gjør at han legger ekstra merke til svakheter der.

Virksomhetsleder for Byggdrift i Nordre Follo uttrykker misnøye med politiske beslutninger og sier: «Det blir ikke satset tilstrekkelig nok på eksisterende bygg. Politikerne har en tendens til å heller bygge nytt, fordi det er noe de kan vise til. Det er ikke prestisje i å vedlikeholde eksisterende bygg, det er prestisje i å klippe snoren til et nytt bygg. Det er den største enkeltårsaken til at vi har feil vedlikehold av bygningsmassen i kommunen». Et annet tema han mener skal løftes opp når det er snakk om god vedlikeholdsstrategi er egne ansatte: «Da får man eierskap til byggene, og de ansatte kan fikse det som er galt og i tillegg sjekke at resten av bygget også ser greit ut».

På spørsmål om hva som er det mest effektive tiltaket for å sikre et bedre vedlikehold er det sprik i svarene fra respondentene. Vedlikeholdsplanlegger i Trondheim mener følgende: «Det er gode vedlikeholdsplaner der man er proaktiv og har faste budsjetter og faste planer for utførelsen, slik at man alltid kommer i forkant». En av driftsoperatørene er enig i dette, mens den andre peker på dokumentasjon med bilder og dato, som vil gjøre det lettere å gå tilbake for å se hva som er blitt gjort. Driftsoperatør i Nordre Follo mener det i hovedsak er større økonomiske bevilgninger, samt: «Heller rive gamle bygg og bygge nytt i stedet for å reparere på de gamle. Det blir halvveisløsninger, som ikke fungerer i lengden».

### **4.1.4 Påvirkning på brukernes helse**

Alle respondentene er enige i at dårlig drift og vedlikehold av skolebyggene i kommunen vil påvirke brukernes helse i større eller mindre grad.

I Trondheim er det en generell enighet om at dårlig vedlikehold, og da spesielt

på ventilasjonsanlegg, vil påvirke inneluften og dermed konsentrasjonen til elevene. Uttalelsen fra vedlikeholdsplanlegger lyder som følger: «Det er klart at et ventilasjonsanlegg som ikke gjør jobben sin er ganske kritisk på inn klima og det skaper dårligere læringsmiljø. Derfor har vi egne budsjetter til å overholde lov og forskriftskrav». Han legger til at dersom Trondheim Eiendom får inn avvik fra Miljøenheten, da har de egne midler til å dekke det og rette opp i avvikene.

Driftsingeniør i Nordre Follo forteller at dårlig vedlikehold kan føre til uønskede enkelttilfeller for inn klimaet, som at det er kaldt om vinteren når man egentlig vil ha det varmt. Han legger likevel mest vekt at det økonomiske aspektet: «For mesteparten av vedlikeholdet vil jeg heller tenke at det blir dyrt. Du må bytte ut komponenter flere ganger, eller du må endre ting på grunn av dårlig vedlikehold. Så det er et økonomisk spørsmål».

#### 4.1.5 Spesifikke spørsmål til driftsoperatørene

Respondentene i de to kommunene svarer relativt likt på alle de spesifikke spørsmålene som er stilt til driftsoperatørene. Et utvalg av forkortede svar kan sees i tabell 4.2.

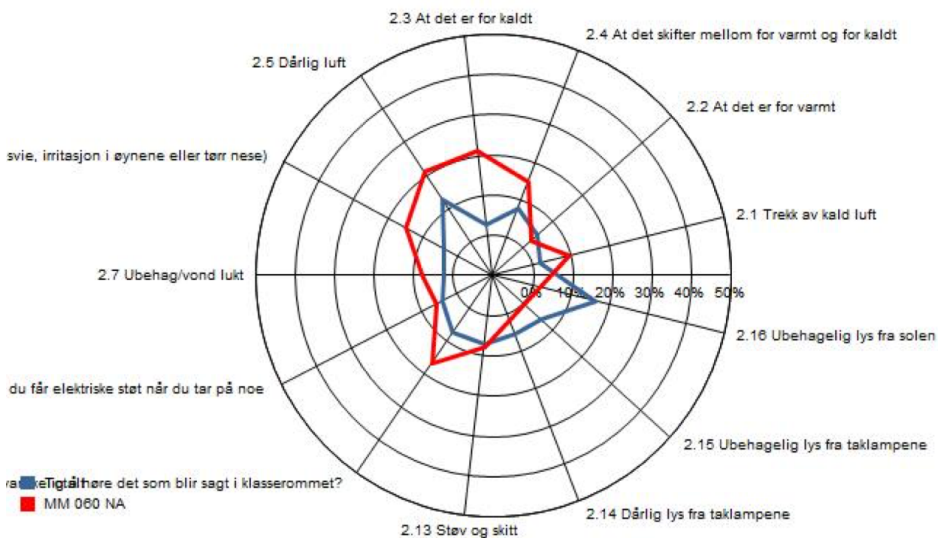
**Tabell 4.2:** Svar på spesifikke spørsmål stilt til driftsoperatørene i de to kommunene

Spørsmål	Respondent	Svar
Skifte av filter ventilasjon	Nr. 1 Trondheim Nr. 2 Trondheim Nordre Follo	En gang i året En gang i året. Snakk om å øke til to ganger. Hovedsaklig årlig. Mest belastet to ganger i året.
Garderobes utenfor klasserom	Nr. 1 Trondheim Nr. 2 Trondheim Nordre Follo	Stort sett Ja, på denne skolen. <i>Ikke stilt</i>
Krav til innesko	Nr. 1 Trondheim Nr. 2 Trondheim Nordre Follo	Ja. Ikke lenger blåtrekk. Kun innesko. Ja. Noen skoler.
Styring av varme- og ventilasjonsanlegg	Nr. 1 Trondheim Nr. 2 Trondheim Nordre Follo	Sentral drift På timer. Sentral drift. Sentral drift.
Solavskjerming på utvalgt skole	Nr. 1 Trondheim Nr. 2 Trondheim Nordre Follo	Innvendig Utvendig Fleste skoler har det. Min skole har utendørs.

## 4.2 Resultater fra spørreundersøkelse

Målet med spørreundersøkelsen var å få kunnskap om elevenes opplevelse av innemiljøet samt avsløre om de opplevde noen helseplager. Ved bruk av spørreundersøkelsen fra NAAF blir resultatene fra hver skole sammenlignet med et vanlig skolebygg uten kjente innemiljøproblemer. Elevene fra 5.-7. trinn på de respektive skolene ble invitert til å delta på spørreundersøkelsen. I det kommende kapitlet blir resultatene fra spørreskjemaet presentert. Tabell 4.3 viser svarprosenten for Strindheim skole, siden det var den eneste skolen som gjennomførte. 280 elever ble invitert til å delta i spørreundersøkelsen, og 119 av dem gjennomførte, noe som gir en svarprosent på 43 %. Spørreundersøkelsen ble gjennomført i uke 18, etter at skolen hadde vært stengt i 7 uker.

De rapporterte innemiljøproblemer på ukentlig basis på Strindheim skole, sammenliknet med en referanseskole uten kjente innemiljøproblemer, er gitt i figur 4.1. Den røde linjen representerer referanseskolene, og den blå linjen representerer Strindheim skole. Det er tydelig at Strindheim for det meste ligger innenfor referanseskolene, som indikerer et bra innemiljø.



Figur 4.1: Rapporterte innemiljøproblemer hver uke på Strindheim

**Tabell 4.3:** Svarprosent på spørreundersøkelsen

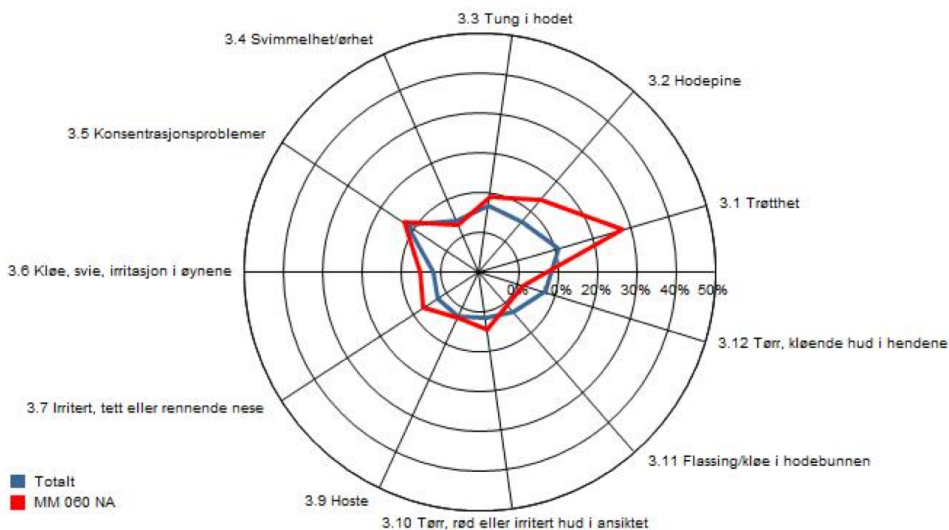
	Inviterte elever	Antall svar	Svarprosent [%]
<b>Strindheim skole</b>	280	119	43 %

Tabell 4.4 viser prosentandelen av studentene som rapporterer om forskjellige inneklimaproblemer. Den presenterer også resultatet fra referanseskolen og usikkerheten i resultatet, som for det meste er basert på antall respondenter. Alle verdiene for rapporterte inneklimaproblemer er mindre enn referanseverdien inkludert usikkerheten, med kun ett unntak. 27% av elevene klaget på støy fra andre elever, sammenlignet med 10% ± 9% på referanseskolen.

**Tabell 4.4:** Rapporterte inneklimaproblemer hver uke på Strindheim, sammenliknet med referanseverdi og tilhørende usikkerhet

Inneklimaproblemer	Resultat	Referanse	Usikkerhet
Trekk av kald luft	3%	10%	± 9%
For varmt	5%	3%	± 6%
For kaldt	3%	21%	± 10%
Skifter mellom for varmt og for kaldt	8%	15%	± 9%
Dårlig luft	13%	21%	± 10%
Tørr luft	4%	15%	± 9%
Ubehag/vond lukt	3%	8%	± 7%
Elektriske støt når man tar på noe	4%	6%	± 7%
Vanskelig å høre det som blir sagt i klasserommet	8%	17%	± 10%
<b>Støy eller uro fra elevene i klassen</b>	<b>27%</b>	<b>10%</b>	<b>±9%</b>
Forstyrrende bråk utenfra (trafikk/skolegård)	7%	8%	± 9%
Susing fra ventilasjon eller andre ting i bygningen	3%	8%	± 9%
Støv og skitt	8%	8%	± 9%
Dårlig lys fra taklampene	6%	-	-
Ubehagelig lys fra taklampene	7%	-	-
Ubehagelig lys fra solen	17%	-	-

Figur 4.2 viser de rapporterte helseplagene som elevene opplevde på ukentlig basis sammenlignet med referanseskoler uten kjente inneklimateproblemer. Den røde linjen representerer referanseskolene, og den blå linjen representerer Strindheim skole. Fra dette er det tydelig at de rapporterte helseproblemene generelt er mindre enn for referanseskolene.



**Figur 4.2:** Rapporterte helseplager hver uke på Strindheim

Tabell 4.5 viser prosentvis rapporterte helseplager sammenliknet med referanseskolene og usikkerheten. Usikkerheten i referanseverdien vil avhenge av antall respondenter. Når usikkerheten legges til referanseverdien er det ingen av helseplagene som er rapportert oftere enn på referanseskolene, og de fleste verdiene er til og med langt under. Det eneste som kan poengteres er at verdien for «Tørr, kløende hud i hendene» er på 8%, som er lik referanse pluss usikkerhet, og skiller seg dermed litt ut fra de andre verdiene. Dette kan muligens ha bakgrunn i hyppigere håndvask og bruk av desinfiserende midler på grunn av korona-pandemien, og vil diskuteres mer under kapittel 5.2.

**Tabell 4.5:** Rapporterte helseplager hver uke på Strindheim, sammenliknet med referanseverdi og tilhørende usikkerhet

Helseplager	Resultat	Referanse	Usikkerhet
Trøtthet	11%	28%	± 10%
Hodepine	7%	14%	± 9%
Tung i hode	7%	9%	± 9%
Svimmelhet/ørhet	4%	3%	± 6%
Konsentrasjonsproblemer	12%	13%	± 9%
Kløe, svie, irritasjon i øynene	2%	5%	± 7%
Irritert, tett eller rennende nese	3%	7%	± 7%
Heshet/tørrhet i hals	1%	5%	± 7%
Hoste	3%	3%	± 6%
Tørr, rød eller irritert hud i ansiktet	2%	5%	± 7%
Flassing/kløe i hodebunnen	3%	1%	± 6%
Tørr, kløende hud i hendene	8%	2%	± 6%

### 4.3 Resultater fra feltmålinger

I dette kapittelet vil resultatene fra feltmålingene på de forskjellige skolene presenteres. Resultatene fra hver skole vil bli lagt frem for seg og deretter kommentert. For Sofiemyr skole er det inkludert målinger fra to forskjellige uker, og de vil begge bli presentert. Grunnen til dette er som nevnt tidligere fordi at værforholdene var veldig forskjellig, der det var minusgrader den ene uken og nesten opp mot 30 °C den andre uken. Forskjellene i værforhold gjør at resultatene presenteres litt annerledes da det antas at målingene som er gjennomført med minusgrader ute kan implisere vinterforhold, mens temperaturer opp mot 30 grader utendørs indikerer sommerforhold. For vinter og sommer er forskjellige anbefalinger og krav gjeldene.

I grafene som blir presentert i de påfølgende delkapittelene er det lagt inn en stiplet sort linje for minimums- eller maksimumskrav for de forskjellige inneklimatemetrene. For temperatur er det også lagt inn et grønt felt som viser anbefalingene fra Helsedirektoratet, som anbefaler en temperatur mellom 20-24 °C om vinteren, og 23-26 °C om sommeren. I grafene er det valgt like akser for hver inneklimateparameter i forskjellige rom slik at det vil være lettere å sammenlikne. Til tross for det vil grensene på x-aksen være annerledes for «sommerforhold» og «vinterforhold» når det gjelder temperatur og relativ fuktighet.

Tabell 4.6 og 4.7 viser prosentvis overskridelser fra krav til temperatur, RF og CO<sub>2</sub> konsentrasjon gjennom driftstiden. Siden informasjon om driftstiden på de forskjellige rommene ikke er gitt, er det antatt en driftstid fra kl 08.00 til kl. 16.00 på hverdager.

For det termiske inneklimate viser tabell 4.6 tydelig at det er et skille mellom målingene gjort under «vinterforhold» og «sommerforhold», der det for Åsvang og Sofiemyr i uke 20 er problemer med for lave temperaturer, er utfordringen for Greverud og Sofiemyr uke 23 for høye temperaturer. For alle de fem rommene på Greverud ligger temperaturen over anbefalt verdi fra Helsedirektoratet om en maks temperatur på 24 °C vinterstid, men siden målingene er gjennomført under «sommerforhold» vil det være anbefalingen for sommeren 26 grader som er viktigst. I flere av rommene på skolen er temperaturen også over det kravet. For



klasserommet til 5B er temperaturen over kravet i over 50 % av driftstiden, som er veldig mye. Samme situasjon ser man også på Sofiemyr, men andelen driftstid over kravene er på generell basis litt lavere. Paviljong 3 på Sofiemyr er det eneste rommet uten temperaturer over 26 °C, men til gjengjeld har rommet problemer med temperaturer under 20 °C i 20 % av driftstiden.

For målingene gjort under «vinterforhold» er det et par tilfeller der temperaturen ligger under anbefalingene fra Helsedirektoratet om minst 20 °C. Dette er tilfellet i paviljong 3, 4 og 5 på Sofiemyr og rom for leksehjelp og SFO på Åsvang der overskridelsen er på henholdsvis 82,3%, 40,5%, 1,0% og 0,4% av driftstiden. Dessuten ligger temperaturen i paviljong 4 under kravet fra TEK 17 om minimumstemperatur på 19 °C i 15,2 % av skoleuken. Temperaturen i to av rommene på Åsvang ligger også over kravet fra Helsedirektoratet, men det er kun i en liten periode av driftstiden med henholdsvis 6,3 % og 0,7 % for klasserommet på 4. og 5. trinn.

**Tabell 4.6:** Prosentvis målte overskridelser fra krav og anbefalinger til temperatur i driftstiden

Skole	Rom	Temperatur [%]			
		Over 26 °C	Over 24 °C	Under 20 °C	Under 19 °C
Åsvang	7. trinn	-	-	-	-
	4. trinn	-	6,3	-	-
	5. trinn	-	0,7	-	-
	Leksehjelp og SFO	-	-	0,4	-
Sofiemyr (Uke 20)	Paviljong 1	-	-	-	-
	Paviljong 2	-	-	-	-
	Paviljong 3	-	-	82,3	-
	Paviljong 4	-	-	40,5	15,2
	Paviljong 5	-	-	1,0	-
Sofiemyr (Uke 23)	Paviljong 1	23,5	41,6	-	-
	Paviljong 2	2,9	23,9	-	-
	Paviljong 3	-	29,1	20,0	-
	Paviljong 4	16,4	44,7	-	-
	Paviljong 5	1,0	21,1	-	-
Greverud	Klasserom til 3B	21,6	52,1	-	-
	Klasserom til 4A	-	19,6	-	-
	Klasserom til 4B	3,3	38,8	-	-
	Klasserom til 5B	54,6	78,4	-	-
	Klasserom til 6A	29,2	74,9	-	-

Figur 4.7 viser at overskridelser fra krav når det kommer til RF og CO<sub>2</sub> konsentrasjon kun er tilfelle for skolene med målinger utført under «vinterforhold». På Sofiemyr skole uke 20 ligger målingene for relativ fuktighet i stor grad under anbefalt verdi på 20 %, og er verst for paviljong 1, 2 og 5 der RF ligger under kravet i over 80 % av driftstiden. I disse rommene ligger dessuten RF under 15% i opp mot 50% av driftstiden. På Åsvang er dette ikke tilfelle, og skolen har bare et klasserom med verdier under kravet på 20% i 2,0 % av driftstiden gjennom måleperioden.

Når det gjelder CO<sub>2</sub> konsentrasjonen på alle skolene i de undersøkte klasserommene er den nesten aldri over kravet på 1000 ppm. Der skjer kun for et av rommene på Åsvang, der overskridelsen skjer i 7,3 % av driftstiden, og er på sitt maks rundt 1150 ppm.

**Tabell 4.7:** Prosentvis målte overskridelser fra krav og anbefalinger til relativ fuktighet og CO<sub>2</sub> konsentrasjon i driftstiden

Skole	Rom	Relativ fuktighet [%]		CO <sub>2</sub> konsentrasjon [%]
		Under 20%	Under 15%	Over 1000 ppm
Åsvang	7. trinn	2,0	-	-
	4. trinn	-	-	-
	5. trinn	-	-	7,3
	Leksehjelp og SFO	-	-	-
Sofiemyr (Uke 20)	Paviljong 1	100	50,1	-
	Paviljong 2	81,9	22,5	-
	Paviljong 3	56,3	17,1	-
	Paviljong 4	21,6	-	-
	Paviljong 5	90,3	29,6	-
Sofiemyr (Uke 23)	Paviljong 1	-	-	-
	Paviljong 2	-	-	-
	Paviljong 3	-	-	-
	Paviljong 4	-	-	-
	Paviljong 5	-	-	-
Greverud	Klasserom til 3B	-	-	-
	Klasserom til 4A	-	-	-
	Klasserom til 4B	-	-	-
	Klasserom til 5B	-	-	-
	Klasserom til 6A	-	-	-

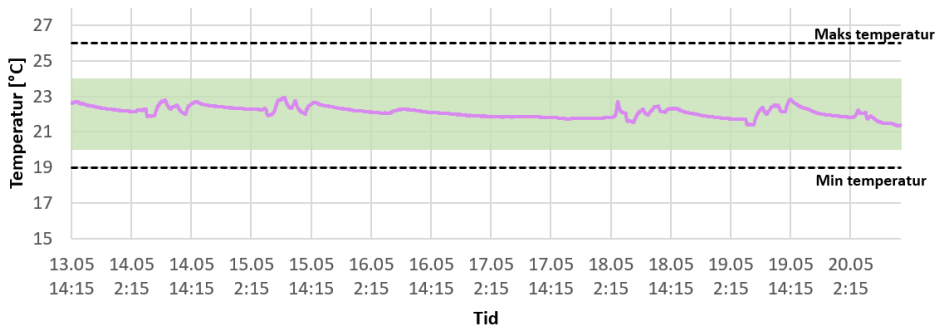
### 4.3.1 Resultater fra feltmålinger på Åsvang skole

Figur 4.3, 4.6, 4.9 og 4.12 viser at temperaturen på inneluften varierer fra rom til rom, men for det meste ligger mellom 20 °C og 24 °C. Generelt øker temperaturen om morgenen når ventilasjonssystemet starter og elevene kommer. Temperaturen er innenfor temperaturområdet i kategori II i NS-EN 16798:2019, og for det meste innenfor kravet til kategori I gjennom skoledagen med unntak av rommet som brukes av leksehjelp og SFO. På hverdager i skoletiden er lufttemperaturen i klasserommene på 4., 5. og 7. trinn over 22°C mesteparten av tiden, som ikke optimalt for helse og læring. Den høyeste temperaturen registrert i løpet av en skoledag var 24,9 °C i klasserommet på 5. trinn, og skjedde rundt kl. 08.30.

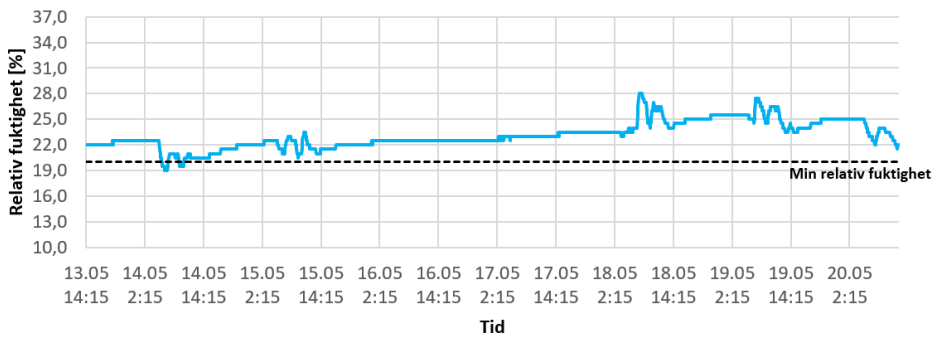
Det er kun i et tilfelle at temperaturen i klasserommene er utenfor kravene satt av TEK 17. I klasserommet på 4. trinn ble det målt en høy temperatur på hele 27 °C rundt kl. 20.30 den 19. mai, altså utenfor driftstid. Av grafen kommer det frem at temperaturen i klasserommes senkes i løpet av natten og ligger rundt 23 °C når elevene ankommer skolen dagen etter. Rommet med den laveste temperaturen gjennom dagen er rommet som brukes av leksehjelp og SFO, som fortrinnsvis holdes mellom 20 og 22 grader.

Relativ fuktighet i de fire rommene på Åsvang holder seg hovedsaklig over kravet på 20 %, og når sin høyeste verdi i klasserommet til 4. trinn på 32,7 %.

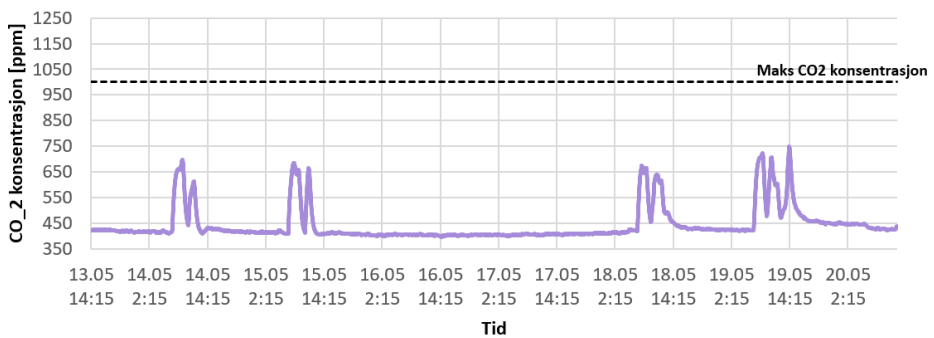
Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon på Åsvang ligger til enhver tid under kravet på 1000 ppm, foruten et par tilfeller i klasserommet på 5. trinn. Det høyeste nivået inntreffer kl. 13:15 den 18. mai og ligger på 1175 ppm. Av grafen ser det ut til at rommet kun var i bruk 3 av dagene i måleperioden og at konsentrasjonen så vidt overstiger 1000 ppm hver dag.



**Figur 4.3:** Målt innendørs temperatur i klasserom på 7. trinn på Åsvang skole

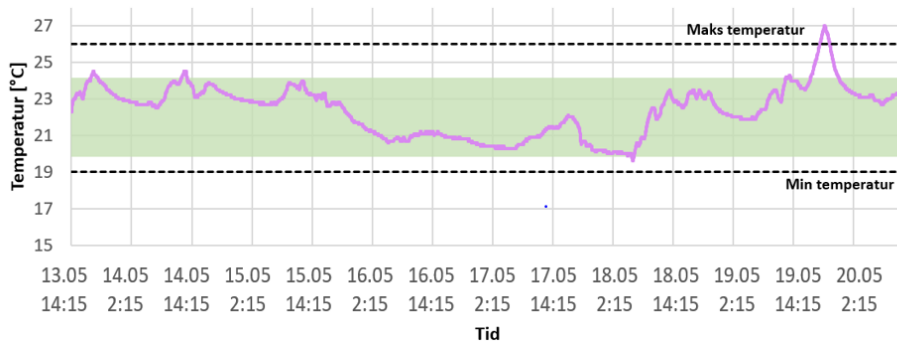


**Figur 4.4:** Målt relativ fuktighet i klasserom på 7. trinn på Åsvang skole

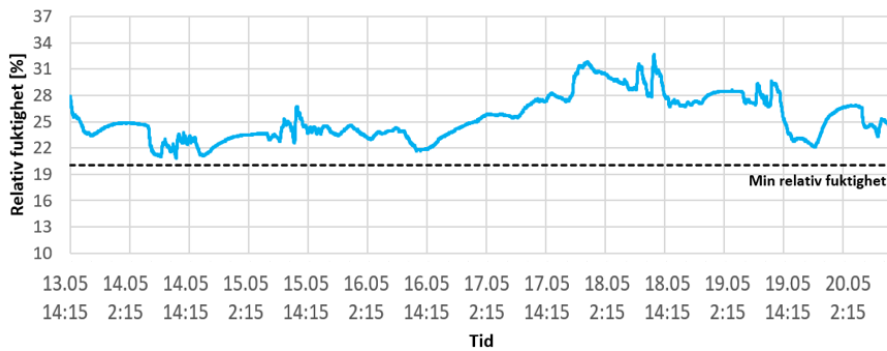


**Figur 4.5:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom på 7. trinn på Åsvang skole

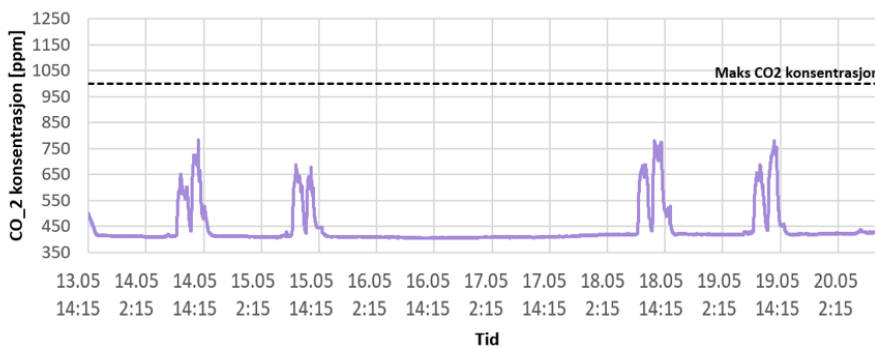
### 4.3 Resultater fra feltmålinger



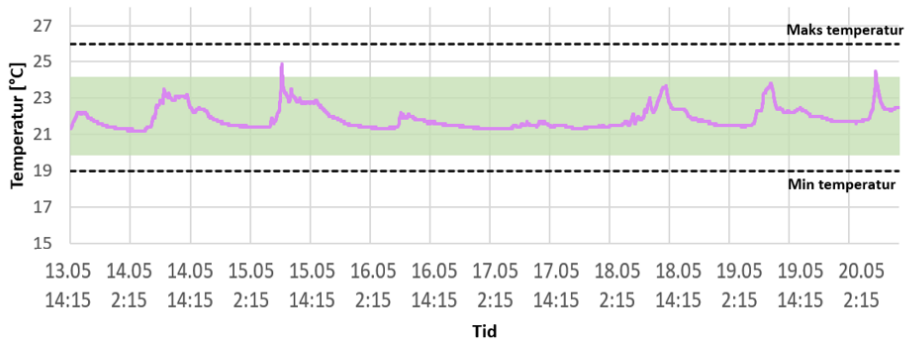
**Figur 4.6:** Målt innendørs temperatur i klasserom på 4. trinn på Åsvang skole



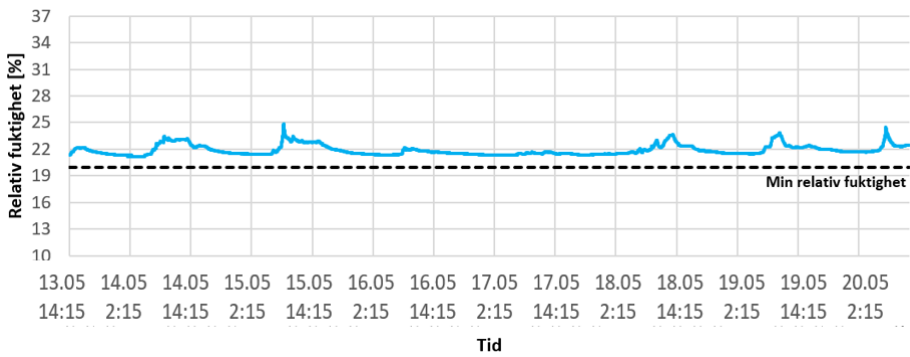
**Figur 4.7:** Målt relativ fuktighet i klasserom på 4. trinn på Åsvang skole



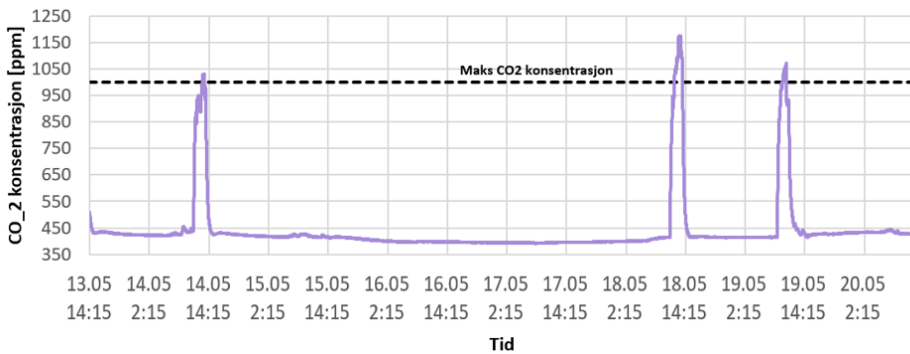
**Figur 4.8:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom på 4. trinn på Åsvang skole



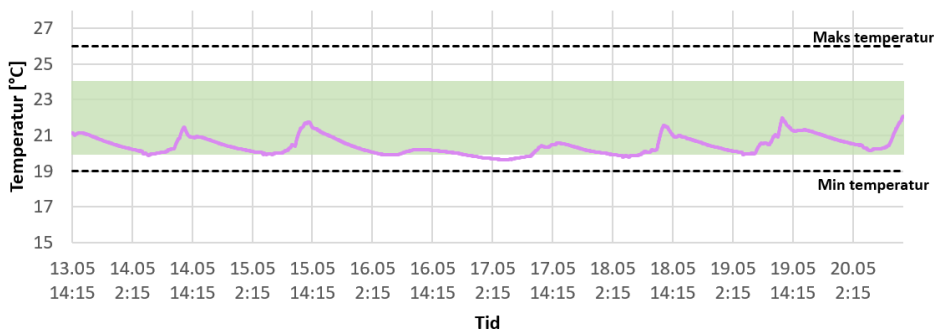
**Figur 4.9:** Målt innendørs temperatur i klasserom på 5. trinn på Åsvang skole



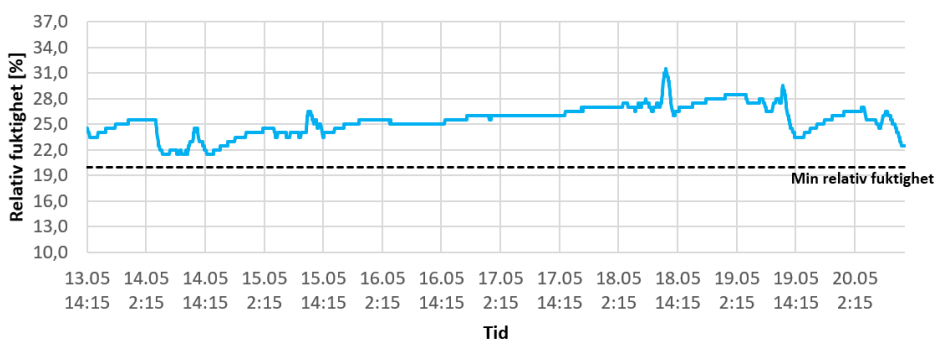
**Figur 4.10:** Målt relativ fuktighet i klasserom på 5. trinn på Åsvang skole



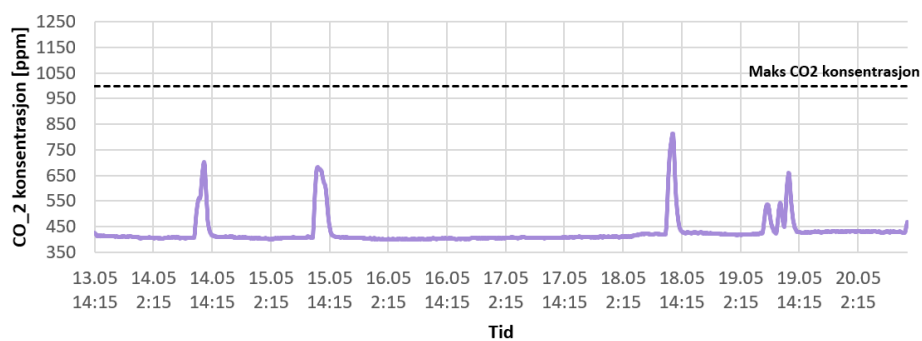
**Figur 4.11:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom på 5. trinn på Åsvang skole



**Figur 4.12:** Målt innendørs temperatur i rom som brukes av SFO på Åsvang skole



**Figur 4.13:** Målt relativ fuktighet i rom som brukes av SFO på Åsvang skole



**Figur 4.14:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i rom som brukes av SFO på Åsvang skole

### 4.3.2 Resultater fra feltmålinger på Sofiemyr skole

Det er hentet ut resultater fra to forskjellige uker på Sofiemyr skole for å vise hvordan værforholdene påvirker inneklimate på skolen. Først presenteres resultatene fra feltmålingene i uke 20, under «vinterforhold», deretter legges resultatene fra uke 23 med «sommerforhold» frem.

#### Resultater fra uke 20

Figur 4.15 til 4.29 viser inneklimate i de 5 utvalgte rommene på Sofiemyr skole i uke 20. Figurene viser at temperaturen på inneluften varierer i stor grad fra rom til rom, og at den i flere tilfeller beveger seg under kravet fra TEK 17 om minimum 19 °C. I paviljong 1, 2 og 5 ligger temperaturen mellom 20 °C og 24 °C, og er relativt stabil rundt 22 °C gjennom skoledagen. Temperaturen i disse rommene er innenfor grensene i kategori I i NS-EN 16798:2019 på 21-25,5 °C. Den høyeste temperaturen registrert i løpet av en skoledag var 24,0 °C i paviljong 1, og fant sted mellom kl. 13.40 og 14.00, som vil si mot slutten av skoledagen.

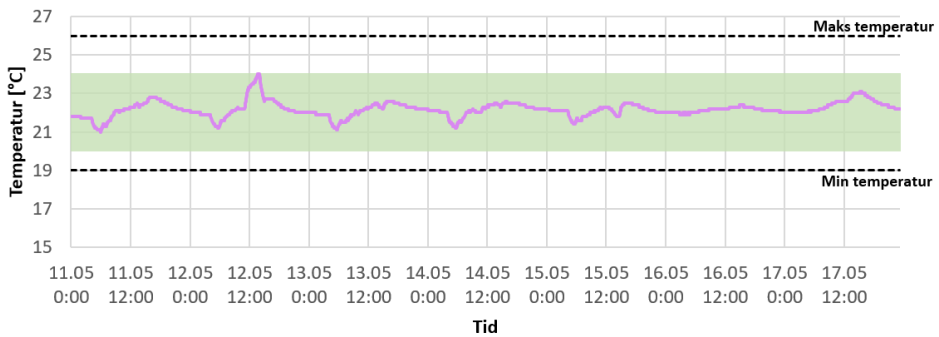
I to av paviljongene er temperaturen i store deler av dagen under 19 °, men det skjer for det meste utenfor driftstid, se figur 4.21 og 4.24, og barna blir derfor ikke påvirket av dette. Den laveste målte temperaturen innenfor skoletiden er 16,5 °C og ble målt i paviljong 4 tidlig om morgenen den 13. mai. Som grafen viser øker temperaturen gjennom dagen både når det er personer til stede og når det ikke er det, og når sitt maksimum på ettermiddagen rundt kl. 18. Siden dette skjer både med og uten personer kan det skyldes solinnstråling, som kan stemme siden rommet har vinduer mot vest og sannsynligvis vil få inn litt sol på ettermiddagen.

Relativ fuktighet i de fem rommene på Sofiemyr er for det meste lavere enn minstekravet om 20 %, med unntak av paviljong 4 der RF kun er under kravet ved to anledninger rundt kl. 12 på dagen, men personbelastningen i rommet er da er lik null, og fuktighetsnivået vil ikke ha påvirkning på elevene. I de fire andre paviljongene ligger RF under kravet også i skoletiden, og for paviljong 1 er den under kravet 100 % av driftstiden. Laveste målte verdi for RF gjennom skoledagen i de fire rommene er henholdsvis 11,0, 11,5, 13,0 og 12,5 %.

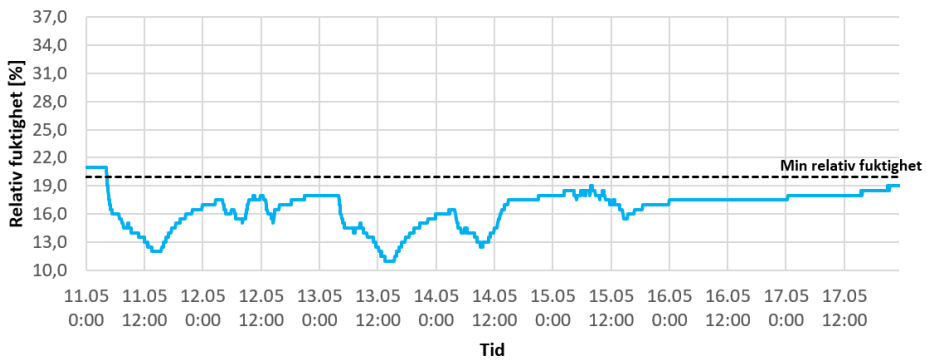
Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i rommene på Sofiemyr ligger til enhver tid



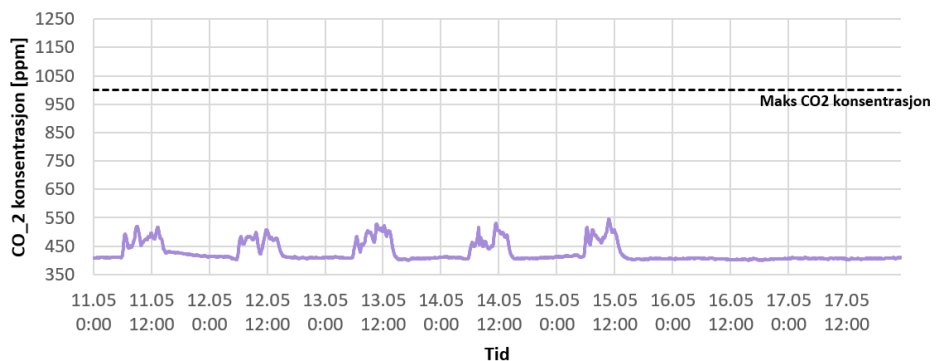
langt under kravet på 1000 ppm, som kan skyldes redusert personbelastning. Det høyeste nivået inntreffer kl. 08:20 den 12. mai og ligger på 720 ppm, som tyder på god innendørs luftkvalitet.



Figur 4.15: Målt innendørs temperatur i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 20

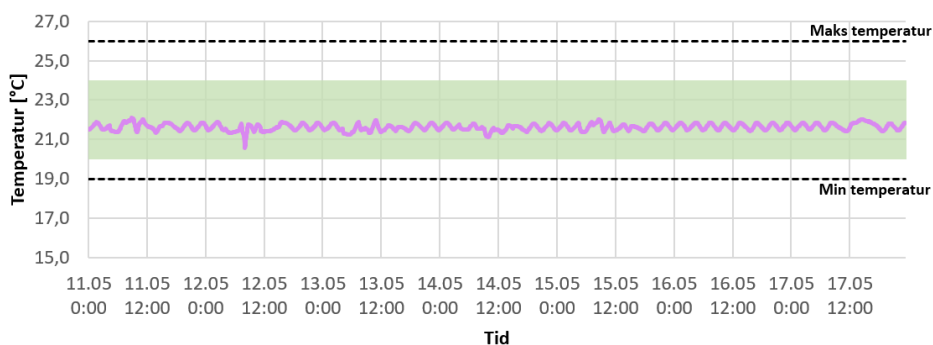


Figur 4.16: Målt relativ fuktighet i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 20

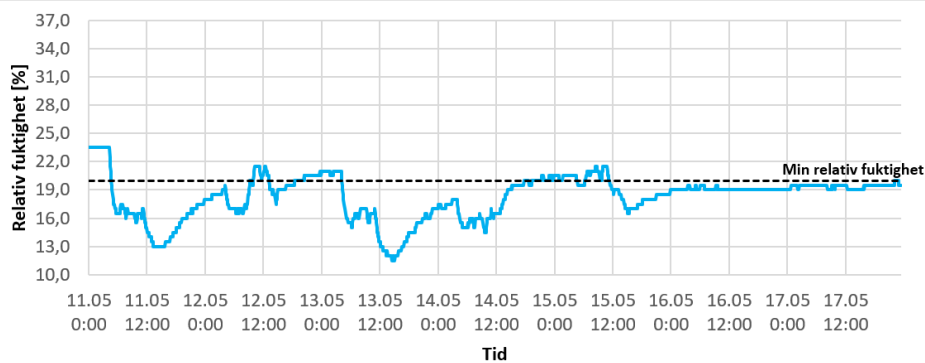


Figur 4.17: Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 20

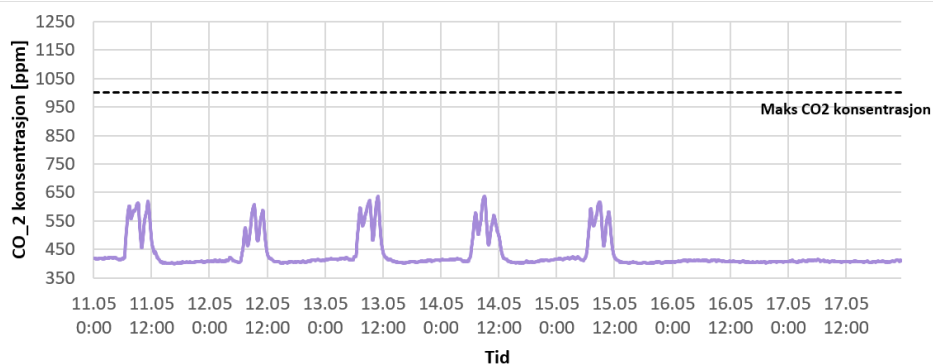
### 4.3 Resultater fra feltmålinger



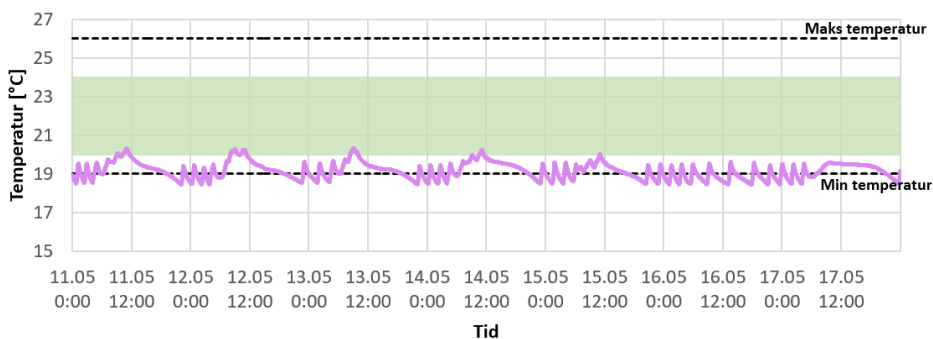
**Figur 4.18:** Målt innendørs temperatur i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 20



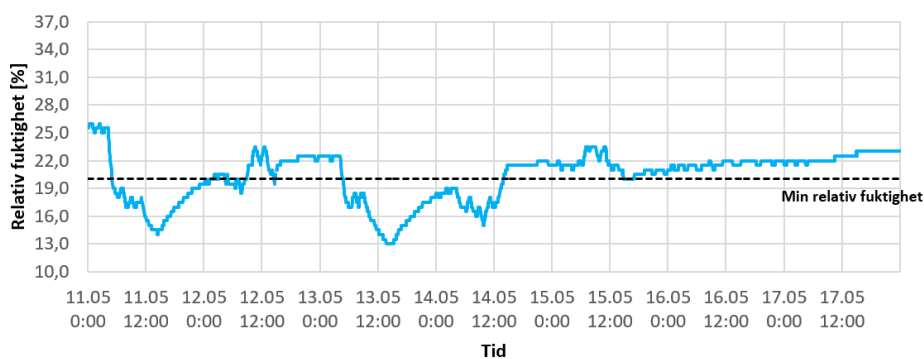
**Figur 4.19:** Målt relativ fuktighet i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 20



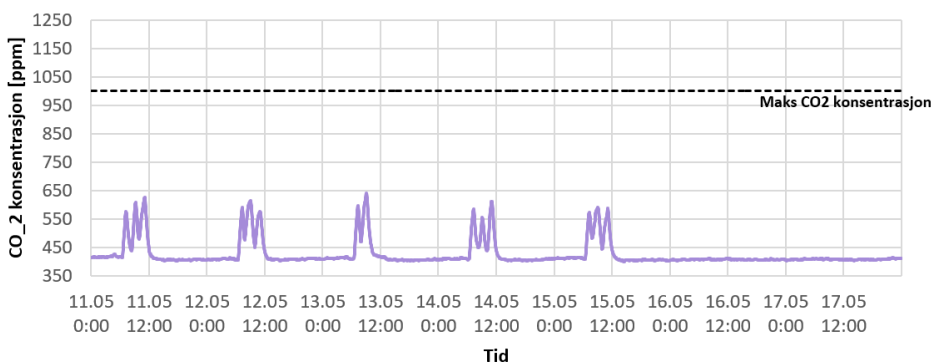
**Figur 4.20:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 20



**Figur 4.21:** Målt innendørs temperatur i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 20

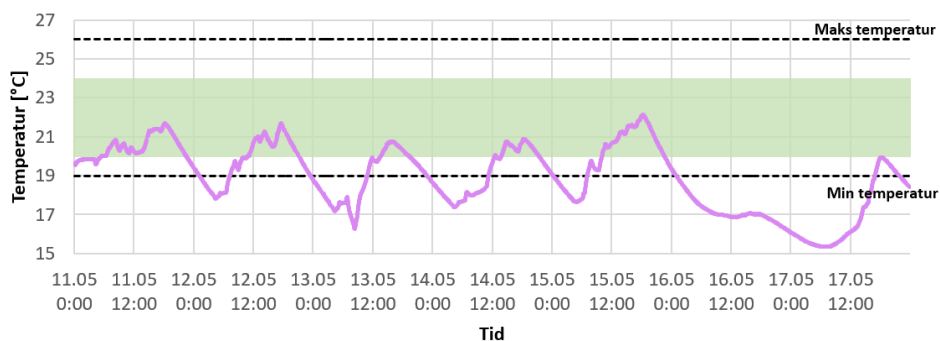


**Figur 4.22:** uke 20

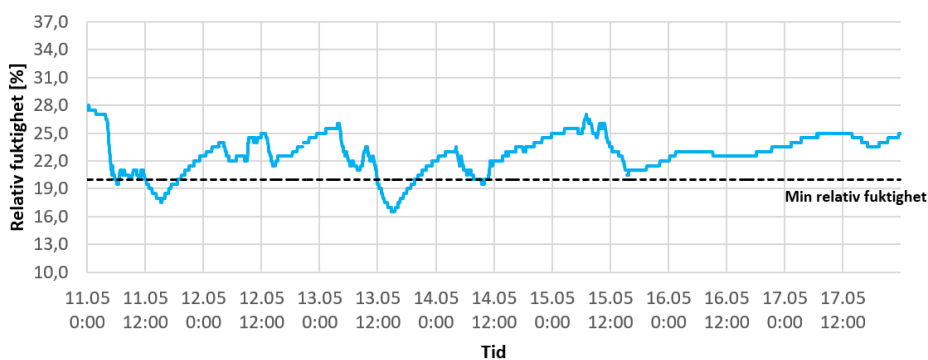


**Figur 4.23:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 20

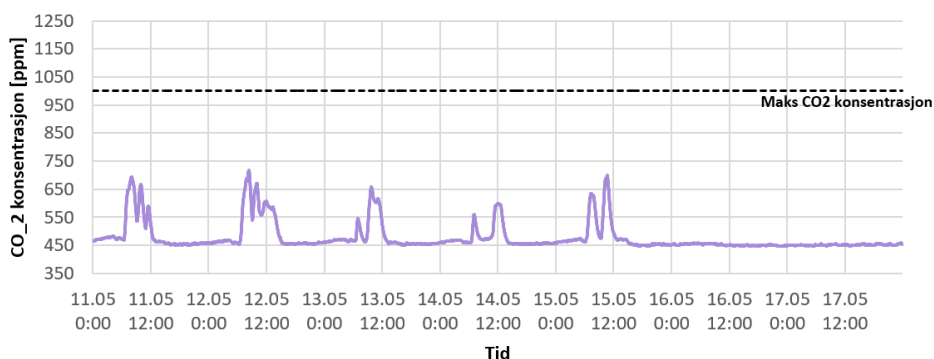
### 4.3 Resultater fra feltmålinger



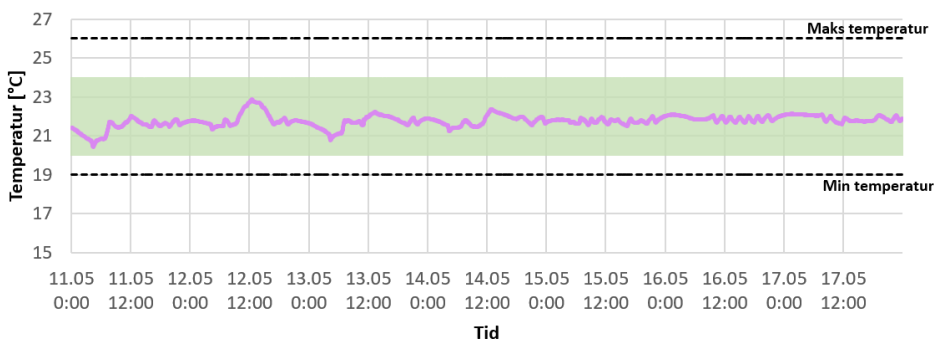
**Figur 4.24:** Målt innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 20



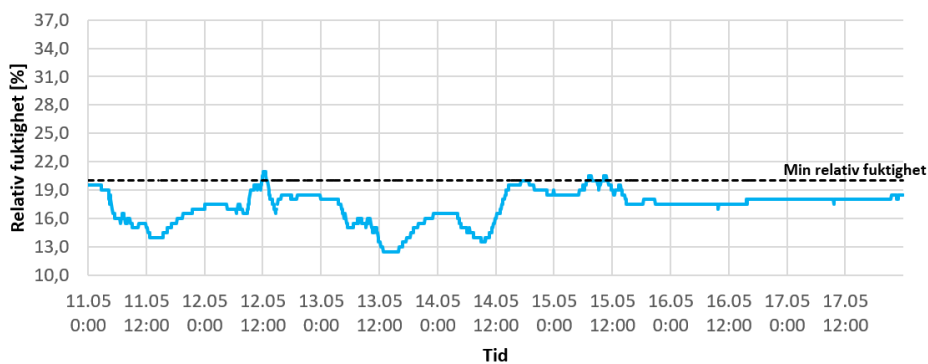
**Figur 4.25:** Målt relativ fuktighet i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 20



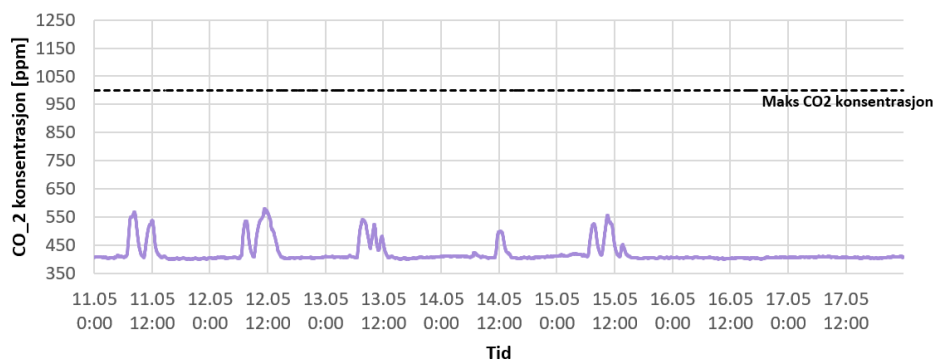
**Figur 4.26:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 20



Figur 4.27: Målt innendørs temperatur i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 20



Figur 4.28: Målt relativ fuktighet i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 20



Figur 4.29: Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 20

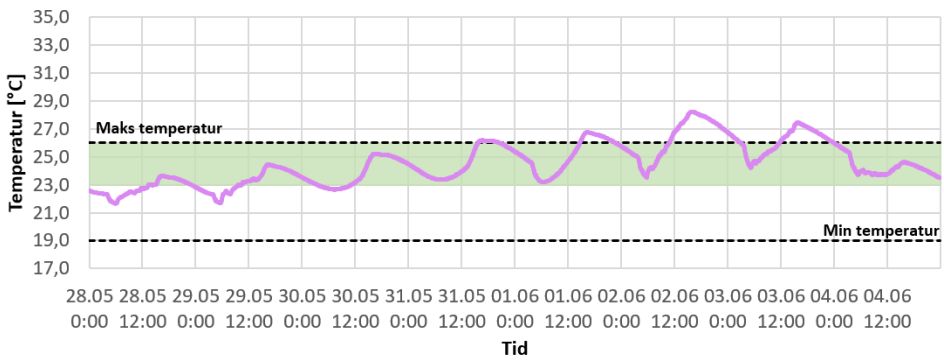
### Resultater fra uke 23

Figur 4.30 til 4.44 viser inneklimate i de 5 rommene på Sofiemyr skole i uke 23. Figurene viser at temperaturen på inneluften varierer fra rom til rom, og at den i et tilfelle beveger seg under kravet fra TEK 17 om 19 °C. Dette skjer i paviljong 3, som også er eneste rommet som ikke har temperaturer over 26 °C. Aller verst er det for paviljong 4 som har temperaturer helt opp mot 35 °C innendørs, men dette er i helgen da skolen ikke er åpen. Høyeste temperatur i rommet i driftstiden er 28,8 °C som inntreffer rett før kl. 16.00 den 2. juni. Når temperaturen er så høy mot slutten av skoledagen klarer den så vidt å komme seg under kravet på 26 °C i løpet av ettermiddagen og natten, og med en gang elevene kommer på skolen øker temperaturen igjen over kravet og holder seg der gjennom hele skoledagen.

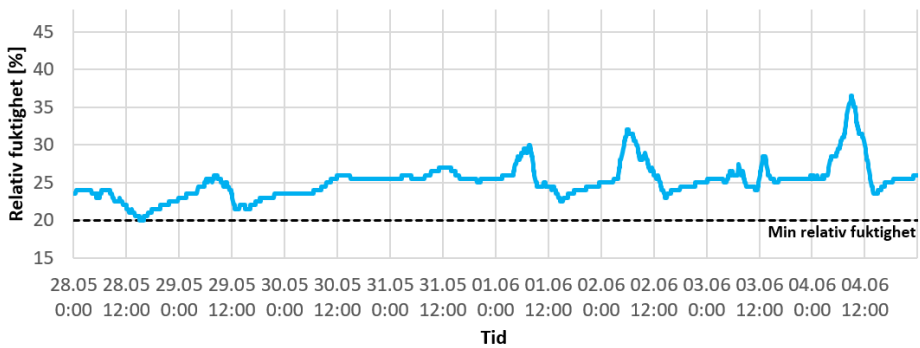
Generelt endrer grafene for RF seg i takt med CO<sub>2</sub> konsentrasjonen, og holder seg over anbefalt verdi hele måleperioden. Verdi for relativ fuktighet er for alle rommene høyest 4. juni, og når sin høyeste verdi på 47% kl. 08.45 i paviljong 2.

Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon på Greverud ligger til enhver tid under kravet på 1000 ppm. Høyeste målte CO<sub>2</sub> konsentrasjon er på 764 ppm i klasserommet til 4B.

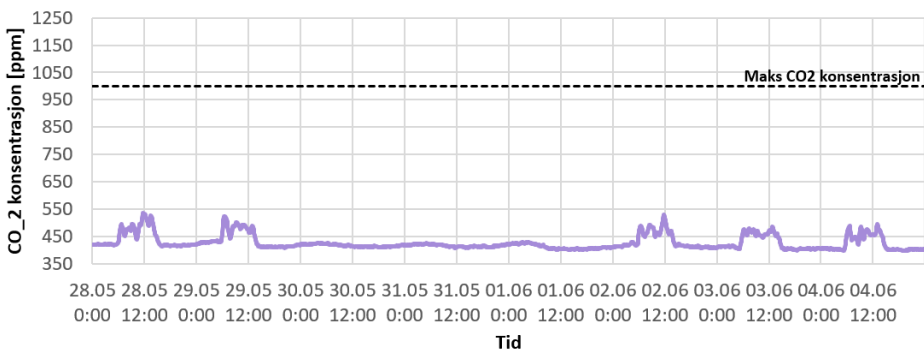
## Kapittel 4. Resultater



**Figur 4.30:** Målt innendørs temperatur i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 23

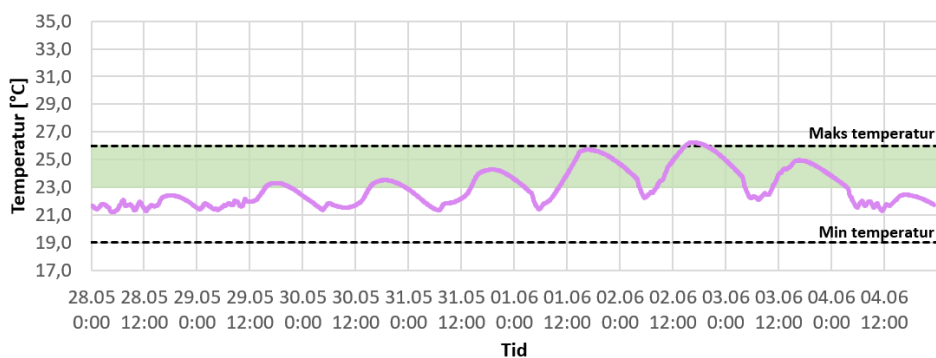


**Figur 4.31:** Målt relativ fuktighet i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 23

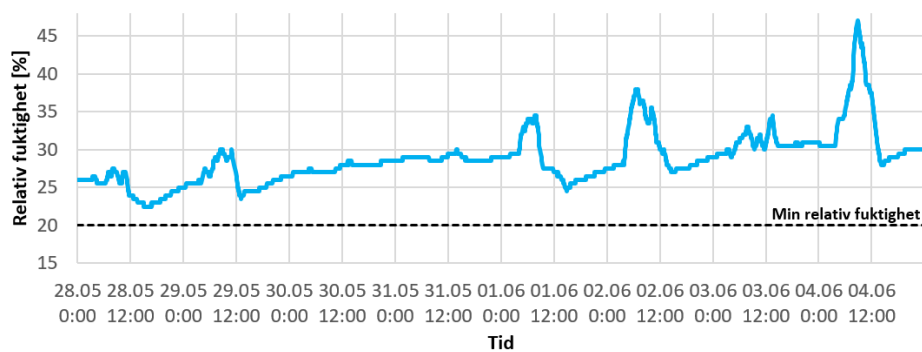


**Figur 4.32:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 1 på Sofiemyr skole uke 23

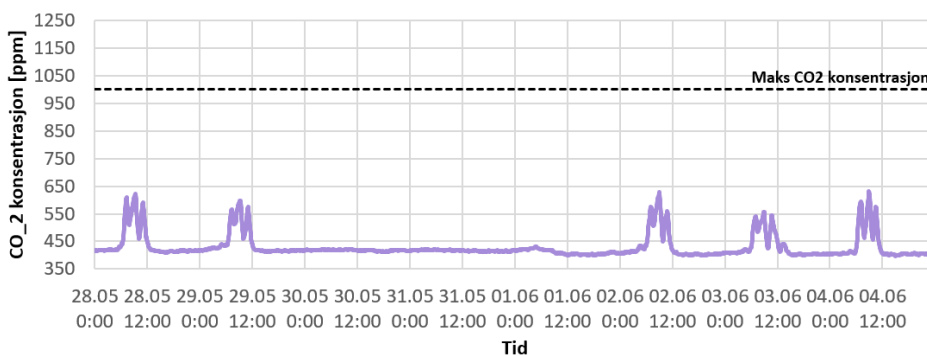




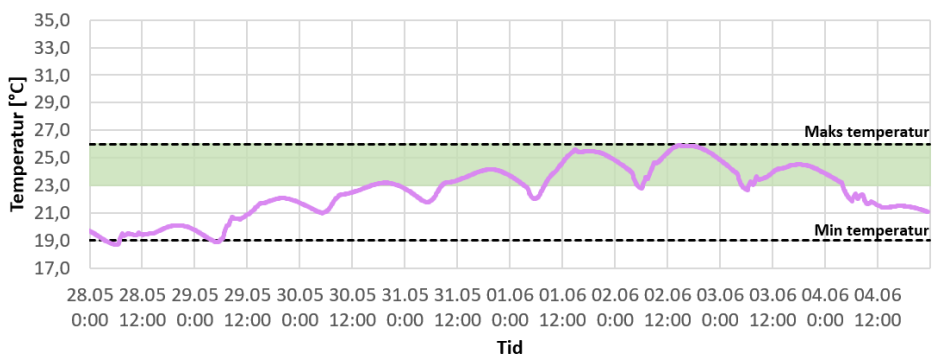
**Figur 4.33:** Målt innendørs temperatur i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 23



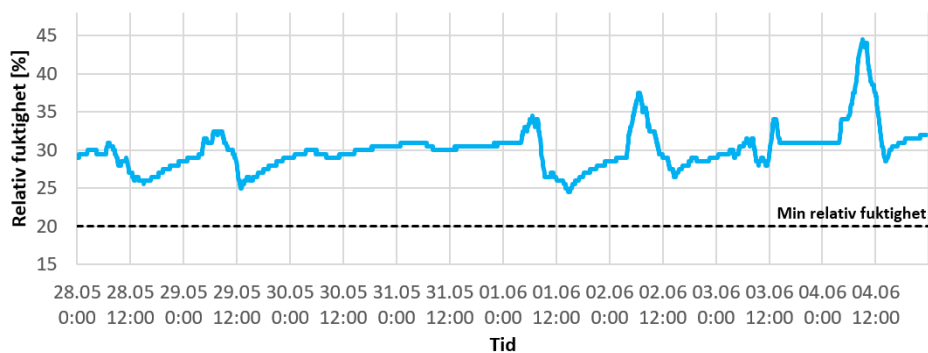
**Figur 4.34:** Målt relativ fuktighet i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 23



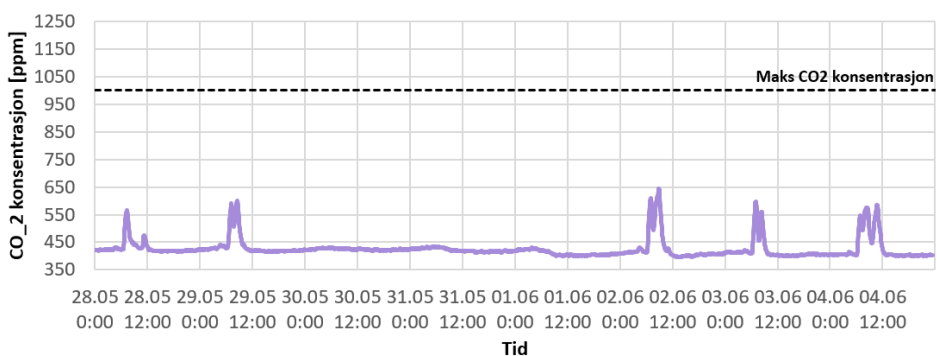
**Figur 4.35:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 2 på Sofiemyr skole uke 23



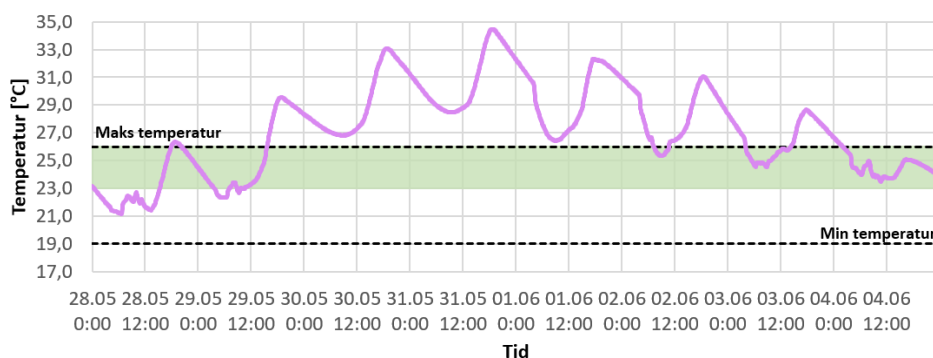
Figur 4.36: Målt innendørs temperatur i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 23



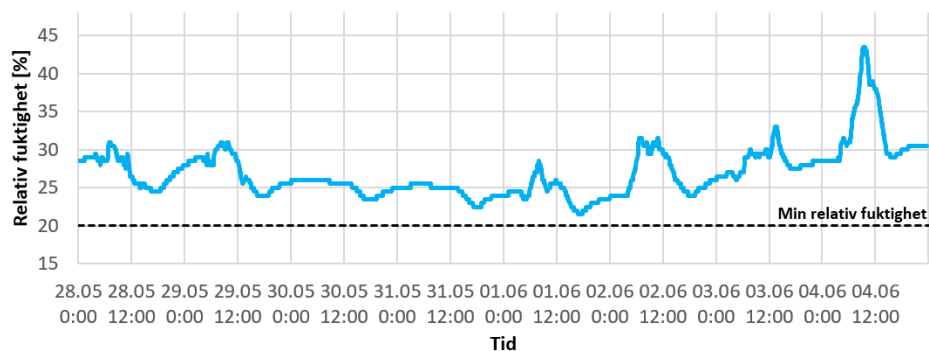
Figur 4.37: Målt relativ fuktighet i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 23



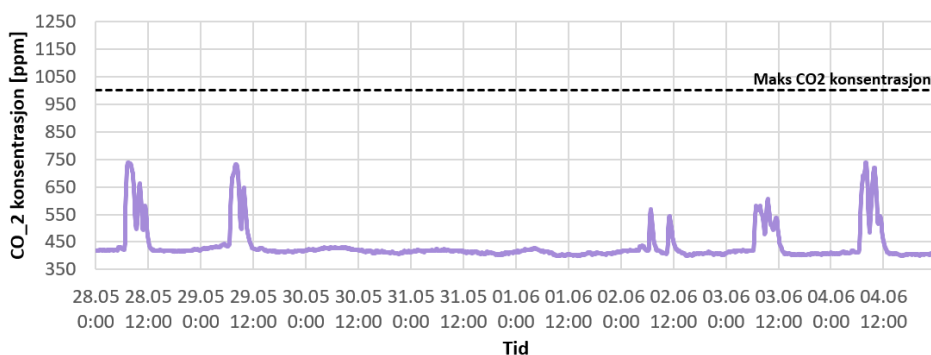
Figur 4.38: Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 3 på Sofiemyr skole uke 23



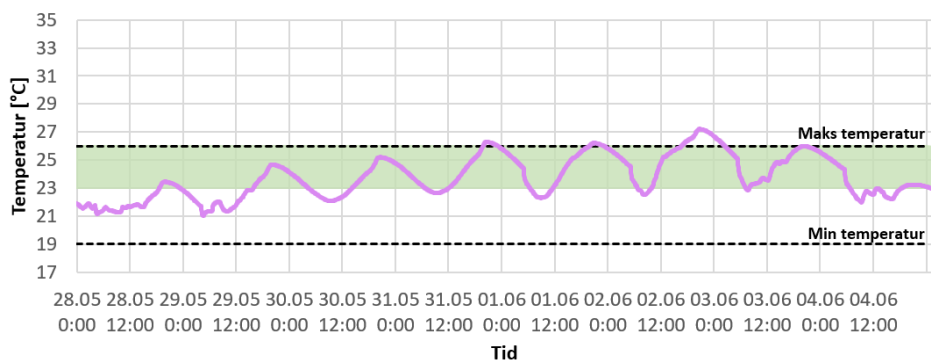
**Figur 4.39:** Målt innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 23



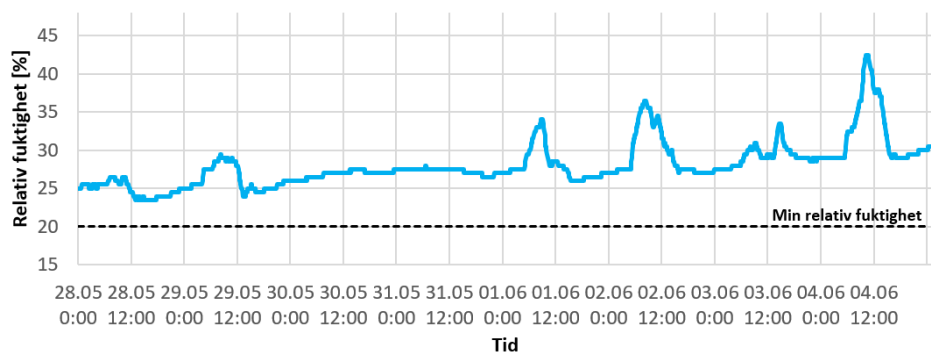
**Figur 4.40:** Målt relativ fuktighet i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 23



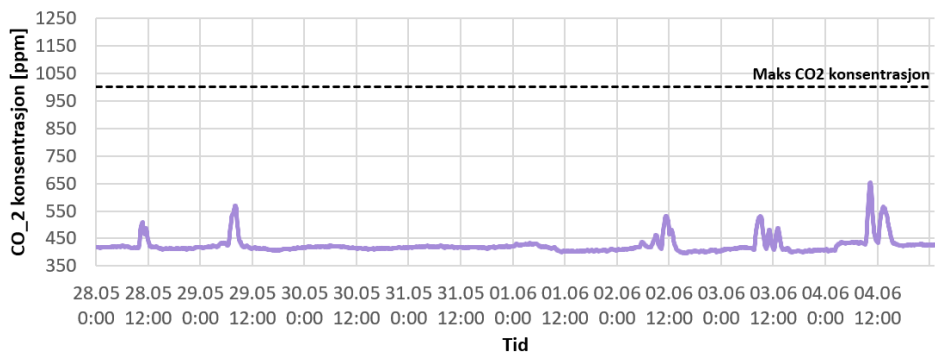
**Figur 4.41:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 4 på Sofiemyr skole uke 23



**Figur 4.42:** Målt innendørs temperatur i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 23



**Figur 4.43:** Målt relativ fuktighet i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 23



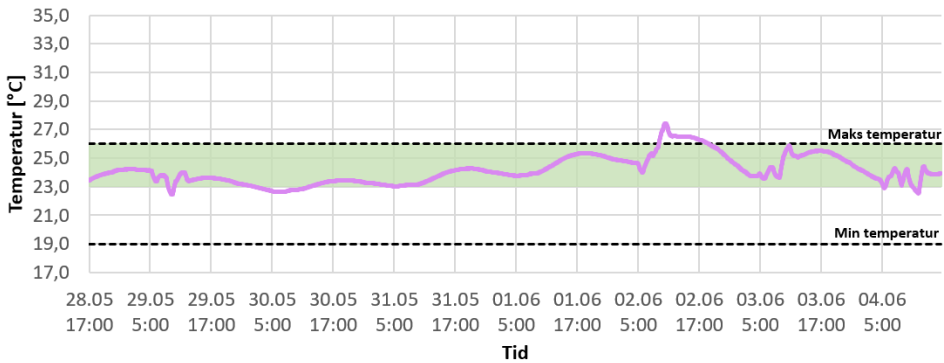
**Figur 4.44:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i paviljong 5 på Sofiemyr skole uke 23

### 4.3.3 Resultater fra feltmålinger på Greverud skole

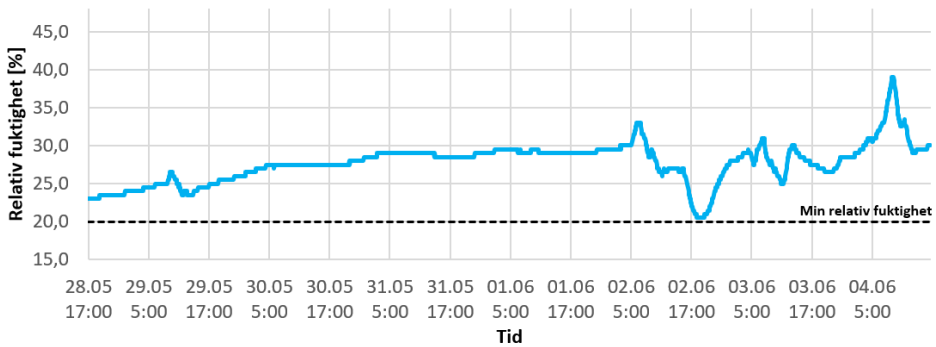
Figur 4.45 til 4.59 viser at det største inneklimateproblemet på skolen gjennom måleperioden er for høy temperatur i klasserommene. Generelt øker temperaturen utover i måleperioden og er høyest tirsdag, onsdag og torsdag. Som tabell 4.7 viser ligger temperaturen over 24 °C i store deler av driftstiden for alle rommene, samt over 26 °C i mindre deler av uken. Høyeste temperatur er målt i klasserommet til 5B, og når sin høyeste verdi i driftstiden på 27,4 °C den 2. juni nærmere kl 16.

Relativ fuktighet i de fem rommene på Greverud holder seg hovedsaklig over kravet på 20 %, og når sin høyeste verdi i klasserommet til 4B ved 43,5 %. Generelt i øker RF i alle rommene utover i uken med måleperioden og er høyere etter helgen.

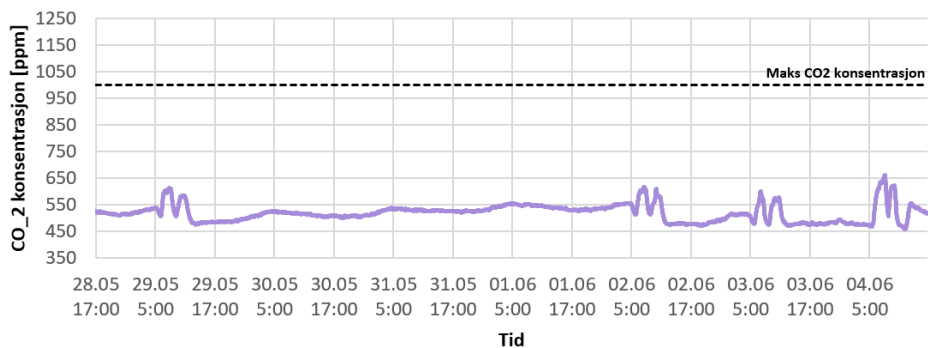
Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon på Greverud ligger til enhver tid under kravet på 1000 ppm. Høyeste målte CO<sub>2</sub> konsentrasjon er i klasserommet til 4B og på 764 ppm. Av figur 4.59 ser det ut til at rommet kun er i bruk 2 av dagene, og det er generelt lite aktivitet i klasserommene før helgen.



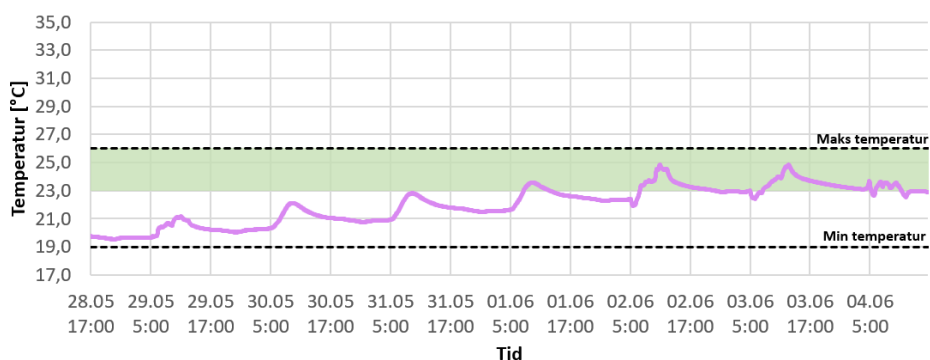
Figur 4.45: Målt innendørs temperatur i klasserom til 3B på Greverud skole



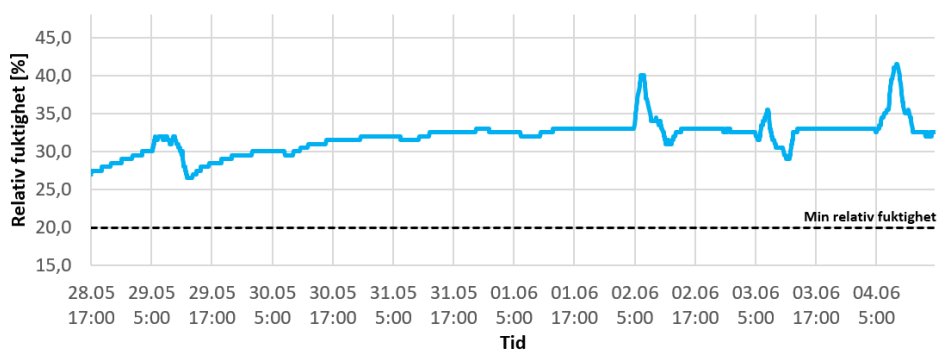
Figur 4.46: Målt relativ fuktighet i klasserom til 3B på Greverud skole



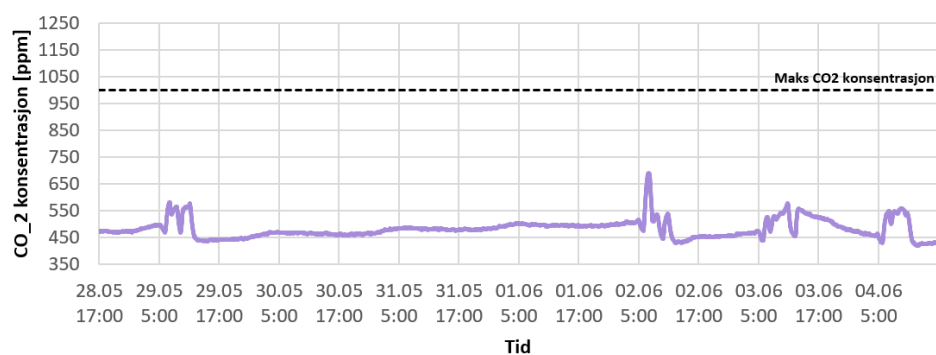
Figur 4.47: Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 3B på Greverud skole



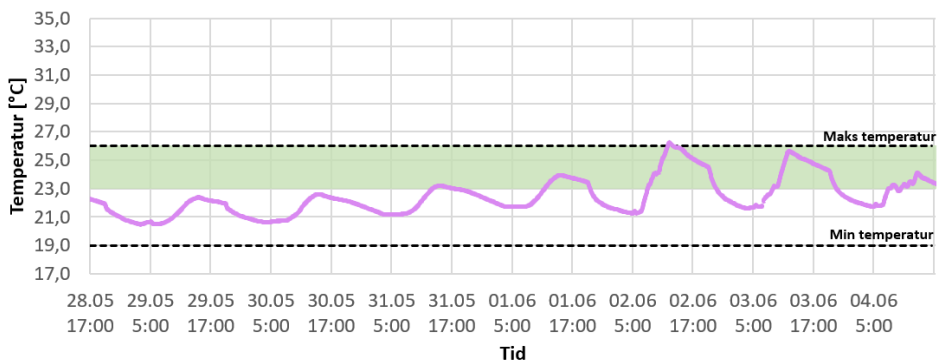
Figur 4.48: Målt innendørs temperatur i klasserom til 4A på Greverud skole



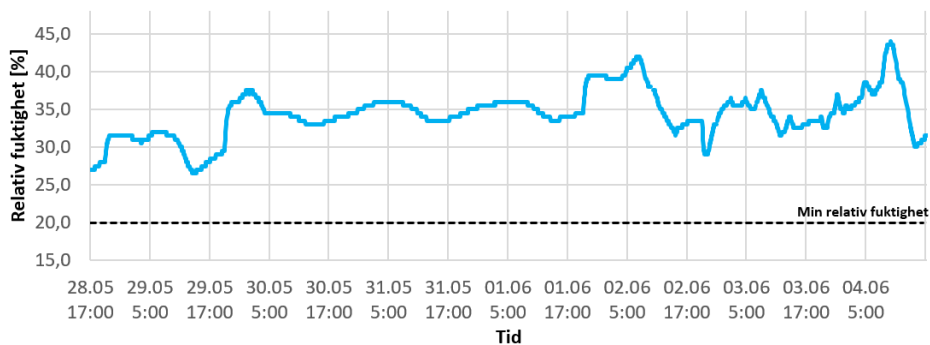
Figur 4.49: Målt relativ fuktighet i klasserom til 4A på Greverud skole



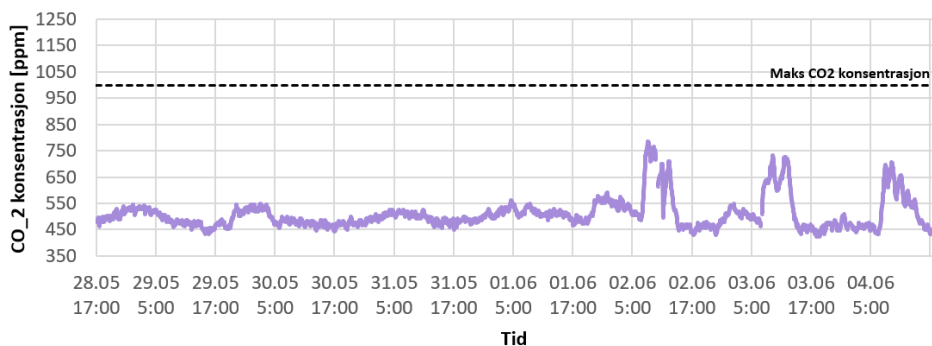
Figur 4.50: Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 4A på Greverud skole



**Figur 4.51:** Målt innendørs temperatur i klasserom til 4B på Greverud skole

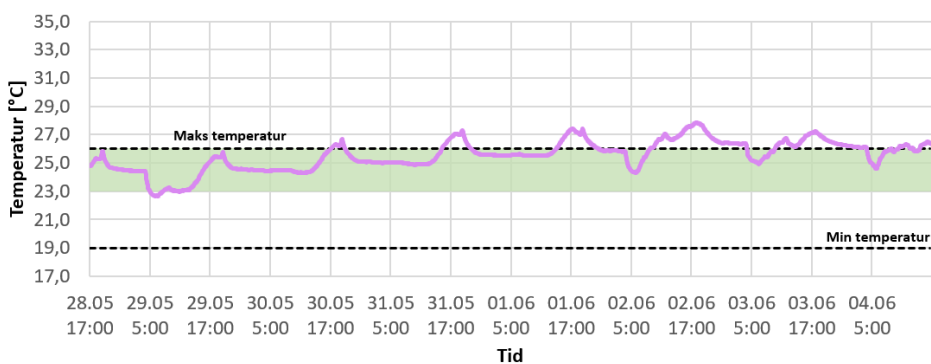


**Figur 4.52:** Målt relativ fuktighet i klasserom til 4B på Greverud skole

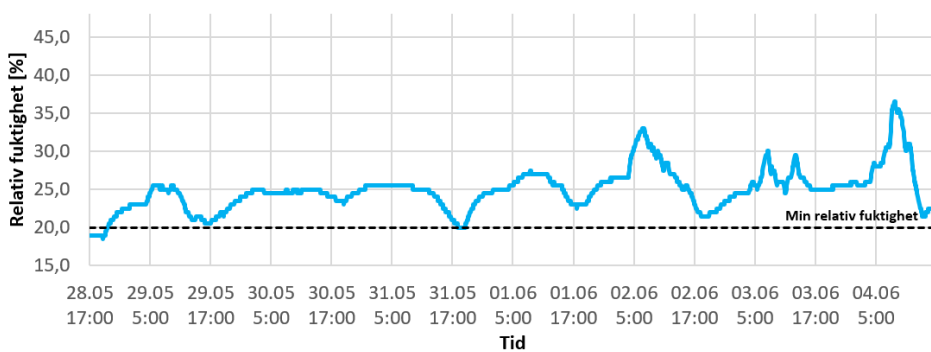


**Figur 4.53:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 4B på Greverud skole

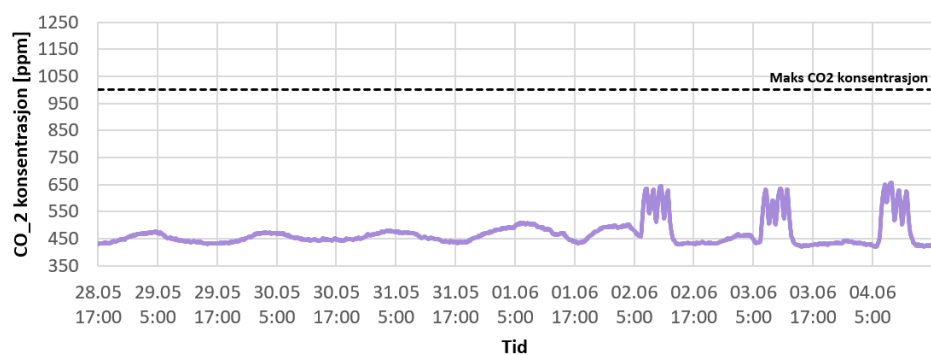




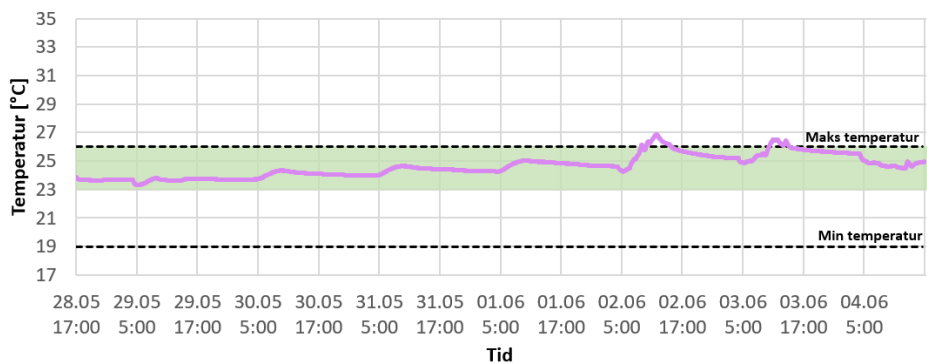
**Figur 4.54:** Målt innendørs temperatur i klasserom til 5B på Greverud skole



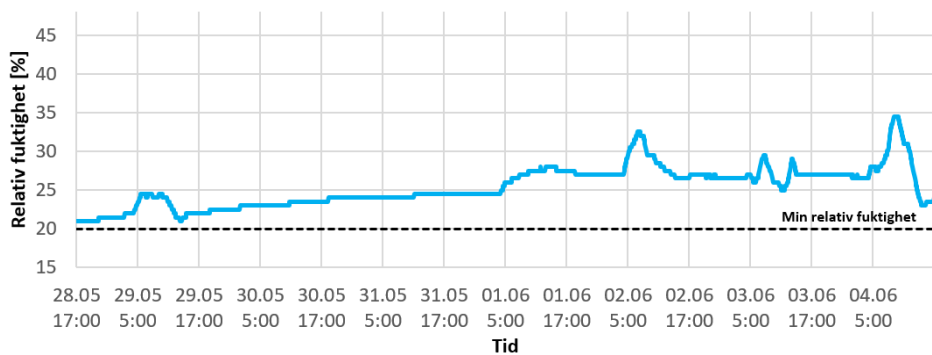
**Figur 4.55:** Målt relativ fuktighet i klasserom til 5B på Greverud skole



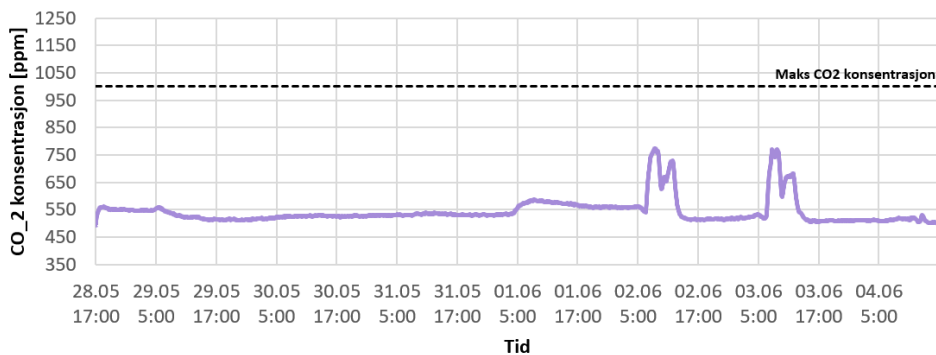
**Figur 4.56:** Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 5B på Greverud skole



Figur 4.57: Målt innendørs temperatur i klasserom til 6A på Greverud skole



Figur 4.58: Målt relativ fuktighet i klasserom til 6A på Greverud skole



Figur 4.59: Målt innendørs CO<sub>2</sub> konsentrasjon i klasserom til 6A på Greverud skole

## 4.4 Resultater fra maskinlæringsmodellene

Første versjon av XGBoost modellene som er optimalisert for *sensitivity* ved å endre *thresh* for de forskjellige helseplagene er gitt i tabell 4.8. I tabellen er det også vist *accuracy*, *null accuracy* og *specificity* samt valgt verdi for *thresh*. Valgte verdier for *thresh* varierer fra 0 til 18, og er i fire tilfeller satt til henholdsvis 0 og 5, som indikerer at XGBoost generelt er god til å håndtere manglende data på egenhånd.

**Tabell 4.8:** Evaluering av ytelse for de forskjellige maskinlæringsmodellene ved bruk av XGBoostClassifier

Modell	<i>thresh</i>	<i>accuracy</i>	<i>null accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>Sensitivity</i>
Hodepine	0	74,3	81,9	74,0	75,7
Flass/kløe	15	76,4	93,4	77,7	57,1
Heshet	5	80,5	91,8	82,2	61,3
Hoste	18	76,9	92,0	78,5	58,4
Konsentrasjonsvansker	5	72,0	80,2	72,7	68,9
Svimmel	5	75,6	87,2	76,7	68,0
Tett nese	0	76,8	89,6	79,1	56,9
Trøtthet	5	72,8	61,9	75,6	68,4
Tung i hode	0	78,4	76,4	80,6	71,4
Tørre hender	0	82,2	92,1	83,9	62,3
Tørret i ansikt	10	79,9	94,2	81,3	56,4
Øyeirritasjon	10	74,6	91,0	75,0	71,3

Etter en del endringer og forbedringer på modellene, samt valg av evalueringsparametre å fokusere på resulterte det i tabeller som For XGBoost modellen ble også *hyperparameter optimization* og *cross validation* implementert.

For å kunne sammenlikne de gamle modellene med de nye, forbedrede modellene er det laget tabeller som sammenlikner prestasjonen til baseline og forbedret versjon ved bruk av begge de to estimatorene. Forskjellige evalueringsparametre, *accuracy*, *specificity*, *sensitivity*, *F1 measure* og *ROC AUC* er gitt. Resultatene for de forskjellige helseplagene er gitt i tabell 4.9 til 4.20. Med ekstra fokus på verdiene for *F1 measure* og *ROC AUC* kommer det frem at XGB baseline er best i hele 7 av 12 tilfeller. Unntakene er for Hodepine, Tung i hodet, Hoste, Tett nese

og Svimmel, hvor forbedret XGB er bedre for de fire første og forbedret CatBoost er best for den siste. Generelt presterer alle estimatorene relativt likt, og siden baseline XGBoost gjør det best i over halvparten av tilfellene ble denne valgt som endelig estimator for alle helseplagene. Av tabellene kommer det også frem at de helseplagene som har modeller som presterer best er Hodepine, Konsentrasjonsvansker, Trøtthet og Tung i hodet, der alle modellene har *F1 measure* over 50 %, i tillegg til høy *ROC AUC*.

**Tabell 4.9:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Hodepine

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	74,3	74,0	75,7	51,6	80,3
	CatBoost	73,5	74,2	70,6	50,8	79,2
<b>Forbedret</b>	XGBoost	75,2	75,3	74,6	52,1	81,9
	CatBoost	76,1	76,8	72,9	52,5	80,0

**Tabell 4.10:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Flass/kløe

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	76,4	77,7	57,1	24,2	68,5
	CatBoost	77,2	79,8	44,3	22,1	63,1
<b>Forbedret</b>	XGBoost	76,0	78,5	44,3	21,2	67,3
	CatBoost	76,9	79,2	48,6	23,5	69,6

**Tabell 4.11:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Heshet

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	80,5	82,2	61,3	34,0	80,0
	CatBoost	77,1	78,0	66,7	31,8	80,2
<b>Forbedret</b>	XGBoost	80,6	82,9	53,9	30,8	78,8
	CatBoost	77,5	78,9	61,5	30,5	77,8

**Tabell 4.12:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Hoste

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	76,9	78,5	58,4	28,9	75,9
	CatBoost	75,4	77,0	58,9	30,5	76,5
<b>Forbedret</b>	XGBoost	80,8	84,3	45,6	30,3	72,9
	CatBoost	75,1	76,5	61,1	31,0	77,0

**Tabell 4.13:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Konsentrasjonsvansker

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	72,0	72,7	68,9	49,3	79,6
	CatBoost	70,2	70,2	71,5	48,9	78,8
<b>Forbedret</b>	XGBoost	73,6	76,0	64,0	49,4	77,3
	CatBoost	71,2	71,4	70,6	49,7	77,3

**Tabell 4.14:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Svimmel

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	75,6	76,7	68,0	37,6	78,8
	CatBoost	75,5	76,8	66,4	40,9	79,2
<b>Forbedret</b>	XGBoost	75,7	77,8	61,5	39,3	77,1
	CatBoost	76,1	77,6	66,4	41,5	79,3

**Tabell 4.15:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tett nese

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	76,8	79,1	56,9	33,8	76,3
	CatBoost	72,2	73,7	59,8	31,0	74,0
<b>Forbedret</b>	XGBoost	75,0	76,4	62,8	34,3	77,5
	CatBoost	72,3	73,8	59,8	31,0	76,1

**Tabell 4.16:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Trøtthet

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	72,8	75,6	68,4	65,8	79,9
	CatBoost	69,3	72,0	64,6	60,9	76,2
<b>Forbedret</b>	XGBoost	69,1	70,1	67,3	61,8	77,2
	CatBoost	70,6	72,2	67,8	63,1	76,8

**Tabell 4.17:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tung i hodet

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	78,4	80,6	71,4	61,0	84,0
	CatBoost	77,4	79,1	71,9	60,0	82,1
<b>Forbedret</b>	XGBoost	78,0	78,8	75,3	61,8	84,2
	CatBoost	76,4	78,3	74,5	60,9	83,3

**Tabell 4.18:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tørre hender

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	82,2	83,9	62,3	35,7	78,8
	CatBoost	78,0	80,0	54,6	28,2	74,4
<b>Forbedret</b>	XGBoost	86,1	89,4	48,1	35,4	73,6
	CatBoost	78,0	79,5	59,8	30,1	75,7

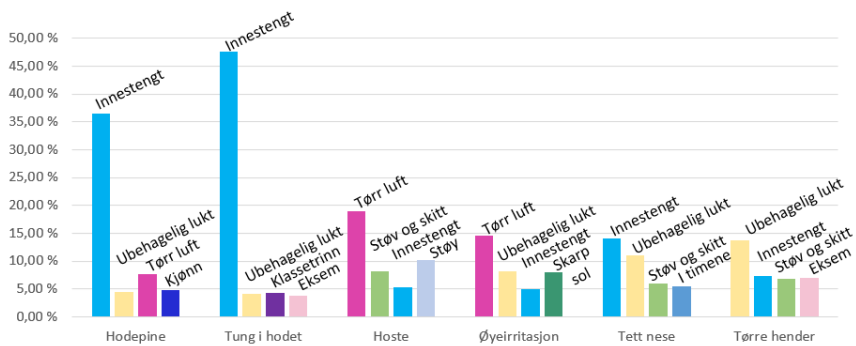
**Tabell 4.19:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Tørrhet i ansikt

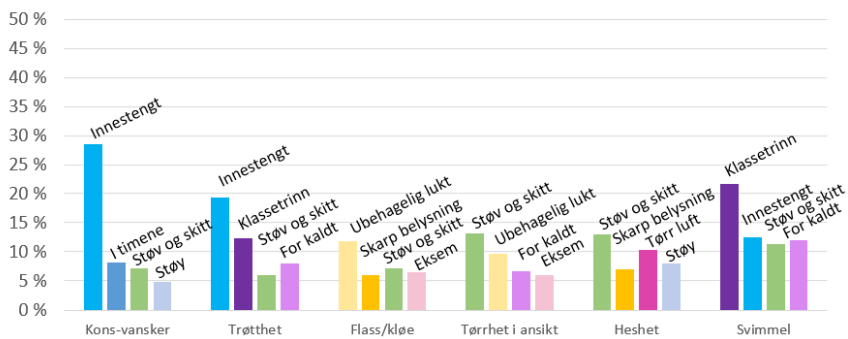
Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	79,9	81,3	56,4	24,4	76,2
	CatBoost	79,4	81,8	45,2	22,1	74,9
<b>Forbedret</b>	XGBoost	80,1	82,3	48,4	24,0	74,1
	CatBoost	80,1	82,4	46,8	23,4	75,5

**Tabell 4.20:** Evaluering av ytelse ved bruk av forskjellige estimatorene for Øyeirritasjon

Modell		<i>accuracy</i>	<i>specificity</i>	<i>sensitivity</i>	<i>F1 measure</i>	<i>ROC AUC</i>
<b>Baseline</b>	XGBoost	74,6	75,0	71,3	33,6	77,9
	CatBoost	73,6	75,2	56,6	26,9	73,7
<b>Forbedret</b>	XGBoost	73,0	74,0	62,7	28,5	76,3
	CatBoost	69,3	69,6	66,3	27,0	74,4

Etter at XGB Baseline ble valgt som modell for alle helseplagene ble de fire største *feature importance* faktorene for alle helseplagene hentet ut, og presenteres i figur 4.60 og 4.61. Det kommer tydelig frem at «Innestengt luft» er den viktigste bidragsyteren i flere av modellene, i tillegg til at den er topp fire i hele 9 av de 12 modellene. Det er også tydelig at «Støv og skitt» og «Ubehagelig lukt» er viktig for flere av modellene siden de er topp fire bidragsyter i henholdsvis 9 og 7 av modellene.

**Figur 4.60:** De fire viktigste feature importance for de seks første maskinlæringsmodellene



**Figur 4.61:** De fire viktigste feature importance for de seks siste maskinlæringsmodellene



## 5 | Diskusjon

I dette kapittelet vil resultatene fra forrige kapittel bli diskutert, og sammenliknet med funn fra teorien. Først vil resultatene fra de forskjellige metodene bli diskutert, og til slutt vil svakheter med studien kommenteres.

### 5.1 Diskusjon intervjuer

En av årsakene til dårlig vedlikehold og drift er i følge teorien mangel på rutiner og systemer for å samle inn og anvende data om tilstanden på bygningsmassen. I intervjuene med de to kommunene kommer det frem at begge aktivt bruker digitale FDV-systemer som legger til rette for at informasjon om tilstanden på byggene i sin helhet såvel som enkeltkomponenter er lett tilgjengelig og enkel å anvende når ulike vedlikeholdstiltak på byggene må prioriteres. Det gjør det også enklere å prioritere midler mellom de forskjellige byggene i kommunen fordi informasjon om hvor skoen trykker er lite krevende å oppdrive. Disse FDV-systemene brukes ukentlig i de to kommunene til å kommunisere mellom ledd, få varsler om arbeidsoppgaver eller melde inn avvik. Dersom gjennomføringen og bruken av disse systemene er så gode som respondentene hevder, har kommunene klart å minske faren for at beslutninger om hvor bevilgningene bør gå blir tatt på feil grunnlag fordi informasjon om tilstanden til byggene er lett tilgjengelig.

Et annet tema som jevnlig blir tatt opp når det er snakk om dårlig vedlikeholdsplanlegging er fokus på brannslukking i stedet for forebyggende tiltak. Flere av respondentene i Nordre Follo uttrykker misnøye med de politiske beslutningene og bevilgningene som gis til drift og vedlikehold, og peker på at midlene ikke er i

nærheten av å dekke *Life cycle cost* for byggene. Dette fører i stor til at fokuset blir dreid bort fra forebygging og mot brannslukking istedet. Dette gjøres for å unngåat problemene og utfordringene utvikler seg slik at de kan få store konsekvenser for tilstanden til byggene. Vedlikeholdet som gjøres blir tilfeldig og ad hoc preget uten en bevisst strategi, og faren for at vedlikeholdet forsømmes såpass mye at inneklimate eller andre forhold blir svekket er stor. I Trondheim uttrykker flere av respondentene at kommunens fokus er på forebyggenede vedlikehold, og at de har et mål om at 90 % av vedlikeholdet skal være forebyggende. Den overordnede vedlikeholdsstrategien i de to kommunene er derfor høyst forskjellig, og sjansen for at det gir store utslag på blant annet vedliekholdsetterslepet og tilstanden til bygningsmassen er stor.

Folkehelseinstituttet peker på manglende ressurser i forklaringen på dårlig vedlikehold. Forskjellene i ansvarsmengde hos driftsoperatørene i de to kommunene er bemerkelsesverdig, der det i Trondheim er mest vanlig å ha ansvar for 1 skole er det i Nordre Follo helt vanlig å være ansvarlig for opp mot 10 bygg. Respondentene i begge kommunene vektlegger at arbeidsmengde er helt avgjørene for å kunne yte optimalt, og fastslår at større arbeidsmengde vil implisere at fokuset og dermed innsatsen på hvert bygg svekkes. Mindre arbeidstimer på hvert bygg kan i det lange løp føre til at tilstanden svekkes og et vedlikeholdsetterslep opparbeides. Selv om Nordre Follo kanskje bruker mindre midler på lønn til driftsoperatørene er det ikke innhentet data om budsjettene til drift og vedlikehold i de to kommunene. Slik informasjon kunne bygget opp under påstanden om at bevilgningene er forskjellig.

Videre vektlegger en av respondentene fra Nordre Follo at selv om kommunen har en gitt økonomi, så er det politikerne som avgjør hvordan disse midlene skal brukes. Han peker på det politiske fokuset ofte er på å bygge nytt, i stedet for å bruke penger på å drifte og vedlikeholde det man har. Det er ikke prestisje i å vedlikeholde eksisterende bygg, det er prestisje i å klippesnoren til et nytt bygg. Dersom kommunen blir tvunget til å ta midler fra et sted ender det ofte opp med å bli fra potten som skulle gått til drift og vedlikehold. Mindre midler vil påvirke kvaliteten på skolebyggene og det vil opparbeides et vedlikeholdsetterslep. Også i Trondheim er det forståelse for viktigheten av politiske beslutninger fordi større investeringer må innom bystyre til godkjenning før det kan gjennomføres. I tillegg

snakkes det varmt om de politiske beslutningene som ble tatt om å ruste opp skolebyggene på starten av 2000-tallet. Driftsavdelingen kan ikke trylle frem penger, det er politikerne som må bevilge midler. Uten politisk velvilje til å prioritere blir det vanskelig.

Et tiltak som nevnes når det kommer til å forbedre inneklimaet på skoler er innføring av krav om innesko blant alle brukerne av bygget. Dette er lettere å overholde dersom det finnes garderober utenfor klasserommene som gjør at elevene kan henge fra seg yttertøy og skifte til innesko der. Begge de to kommunene forteller at krav om innesko er noe som praktiseres i kommunen, og at det på generelt grunnlag finnes garderober utenfor klasserommene der yttertøy kan henges opp, slik at begge kommunene virker å ha implementert dette tiltaket allerede.

## 5.2 Diskusjon spørreundersøkelse

Det er flere årsaker til at personer kan føle de samme symptomene som helseplager av dårlig inneklima kan gi. Dersom en person ikke har det bra hjemme eller på skolen, og mangler venner å leke med i friminuttene kan det påvirke følelsen av hvordan det er å være på skolen, og øke sjansen for å føle seg tung i hodet eller trøtt, eller ha problemer med å konsentrere seg om skolearbeidet.

Ved mistanke om dårlig inneklima anbefales det i teorien å gjennomføre en spørreundersøkelse blant brukerne med referanseverdier fra skoler uten kjente inneklima-problemer for lettere å kunne skille mellom helseplager knyttet til inneklima og andre sykdommer. «Mitt inneklima» fra NAAF, som har blitt brukt i denne studien, inneholder referanseverdier fra andre skoler, og det er derfor enklere å stole på resultatene som kommer derfra enn andre spørreskjemaer som forsker eventuelt skulle laget selv, og troverdigheten til svarene øker. Når det er sagt er svarprosenten kun på 43%, og det vil derfor være litt usikkerhet rundt om svarene vil være representative for hele skolen. Svarprosenten er også med på å påvirke usikkerheten, og en høyere svarprosent ville senket usikkerheten slik at det hadde vært enda lettere å tolke svarene.

Selv om det atmosfæriske inneklimaet kategoriseres som godt på bakgrunn av gjennomførte målinger, er det ikke sikkert elevene opplever inneklimaet på samme

måte. Det er andre faktorer som kan spille inn og påvirke dem. En viktig variabel er hvor mye klær elevene har på seg, som vil avhenge av sesong. Dersom det er vinter er det mer vanlig å ha på seg tykke gensere og sokker, og når våren kommer er det normalt å kle på seg mindre selvom været ikke forandrer seg så mye. Når det da er minusgrader og snø i mai måned kan elevene oppleve inneklimate annerledes enn de ville gjort i januar med det samme været. Om elevene bruker innesko eller kun går på sokkelesten vil også kunne påvirke hvor varme eller kalde de føler seg.

En potensiell svakhet med spørreundersøkelsen som ble utført på Strindheim skole er at den ble gjennomført av elever som satt på hjemmeskole, og i tillegg hadde hatt det 6 uker i forveien. Barn har en tendens til å glemme det som har skjedd for en stund siden, og det kan derfor være en mulighet for at de ikke husker korrekt hvordan de opplever inneklimate på skolen. Dessuten kan det tenkes at noen av de rapporterte symptomene kan være fra hjemmeskolen.

I en periode der det ble oppfordret til hyppig og grundig håndvask var det flere i den generelle befolkningen som klaget på tørre hender (Norges Astma- og Allergi-forbund, 2020). I spørreundersøkelsen kan dette ha slått ut og gitt den relativt høye verdien på 8% som klaget på tørre hender. Denne verdien er lik som referanseverdien pluss usikkerheten. Det er ikke en ekstremt høy verdi, men siden verdiene for de andre helseplagene for det meste ligger langt under referanseskolen kan det tenkes at korona-pandemien kan ha hatt en innvirkning på andelen av elevene med tørre hender.

### 5.3 Diskusjon feltmålinger

Tabell 4.7 i kapittel 4.3 angir prosentene av målingene innenfor antatt driftstid som overskrider de anbefalte grensene, men det er en fare for at den blir misforstått. Verdiene gitt i tabellen er fra hele perioden av antatt driftstid, men ingen av de undersøkte rommene brukes kontinuerlig fordi det i løpet av dagen kan holdes timer i andre spesialiserte klasserom, videre kan deler av dagen bestå av uteskole, som i større grad enn vanlig har blitt tatt i bruk under utbruddet av korona-viruset. I løpet av skoledagen vil det også være flere perioder med friminutt og en lengre lunsjpause hvor elevene ikke oppholder seg inne i klasserommet. En viktig faktor å

ta hensyn til når dataene fra tabellen evalueres er hvor mye eller lite rommet faktisk brukes. En driftstid frem til klokken 16 er nok i utgangspunktet en overdrivelse da de undersøkte skolene er barneskoler der undervisningen i stor grad varer frem til kl. 14 eller 15. Når det er sagt brukes også noen av de undersøkte rommene av leksehjelp eller SFO som gjerne er åpent frem til kl. 16.

#### **CO<sub>2</sub> konsentrasjon**

Generelt kan det være vanskelig å stole på måleresultatene fordi personbelastningen gjennom måleperioden ikke er reell. Både temperatur og CO<sub>2</sub> er svært avhengig av personbelastningen, og spesielt CO<sub>2</sub> konsentrasjonen. Ved større klasser tilstede i rommene, som det under normal drift er, kreves det mer tilført luftmengde for å holde CO<sub>2</sub> nivået nede på et akseptabelt nivå. Når det er sagt er det i nesten alle rommene målt konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> som er langt under kravene, og det viser at redusert personbelastning i stor grad fungerer for å forbedre luftkvaliteten i et klasserom. Det kan være et poeng å ta med seg når man senere går tilbake til normal drift, uten smittevernstiltak. Det burde være mulig å videreføre de gode rutineene med økt bruk av uteskole for å åpne for redusert personbelastning i klasserommene i løpet av dagen.

Feil personbelastning eller bruk av rom kan være avgjørende for om inneklimate er tilfredsstillende eller ikke. Dersom flere mennesker oppholder seg i et rom enn det ventilasjonsanlegget er dimensjonert for øker sannsynligheten for at CO<sub>2</sub> nivåene overstiger anbefalt verdi. Måleresultatene fra Sofiemyr og Greverud skole viser at CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i klasserommene holder seg under 1000 ppm gjennom hele måleperioden. Dette er skoler der det i utgangspunktet er registrert klager på inneklimate og det kan tenkes at resultatene ville vært annerledes med reel personbelastning.

På tross av lavere personbelastning enn normal, ble det målt en noe høy konsentrasjon av CO<sub>2</sub> på 1175 ppm en av dagene i klasserommet til 5. trinn på Åsvang. Siden Åsvang er en baseskole med normale klassestørrelser på 22-28 elever, og tillatt klassestørrelse under korona-pandemien er 20 elever kan det virke som de har relativt normale klassestørrelser, og at resultatene derfor kan implisere en tilnærmet reell situasjon. Når det skal sies vil en økning på 8 elever kunne ha en del

å si for CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i klasserommet, og siden den allerede er for høy vil det kunne få negative konsekvenser for helsen til barna.

### **Relativ fuktighet**

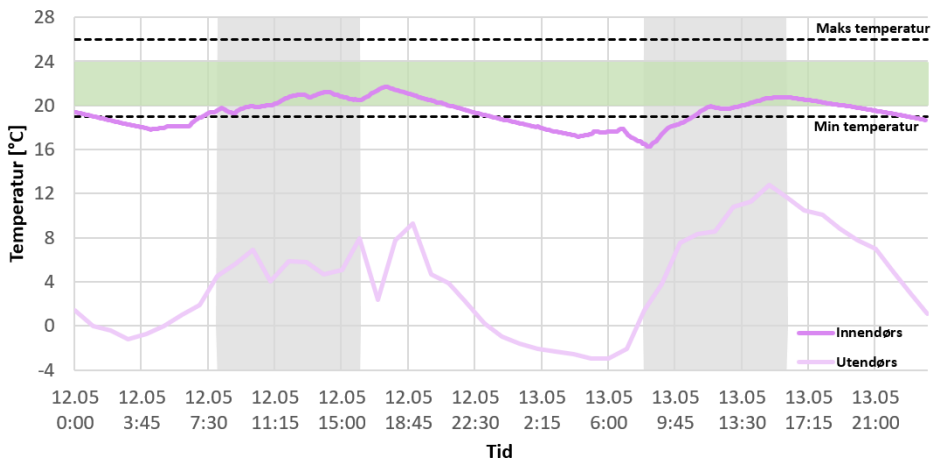
I paviljong 1 på Sofiemyr skole er målt verdi for RF under kravet i 100 % av tiden, og tillegg under 15% i over 50% av tiden. Verdier under 15% kategoriseres av Helsedirektoratet som veldig lave og bør unngås. Ved så lave verdier av relativ fuktighet er det en forhøyet sannsynlighet for at elevene vil oppleve tørrhet i håret, huden og slimhinnene, samt få problemer med kontaktlinser. Det bør vurderes å innføre tiltak for å øke fuktighetsnivået i klasserommene for å unngå uønskede helseproblemer.

### **Temperatur**

Det ble i det ene rommet på Åsvang målt en svært høy temperatur den ene ettermiddagen. Som værforholdene i vedlegg H viser, øker temperaturen utendørs generelt utover i uken i måleperioden, men gjennomsnittstemperaturen var fortsatt under 10 grader hele uken. En relativ lav utendørstemperatur burde ikke implisere at det skulle bli så varmt inne i klasserommene. Den høye temperaturen på ettermiddagen fører også til at temperaturen ikke synker helt ned til vanlig nivå gjennom natten. Samme problem kan også oppstå på dager der det er enda varmere ute og er noe man burde følge litt med på. En av årsakene til den høye temperaturen kan være solinnstråling i kombinasjon med persiener som ikke er trukket for. Dersom dette er tilfellet kan problemet enkelt løses ved at man sørger for lukkede persiener i det man forlater klasserommet for dagen. Et annet alternativ kan være å la ventilasjonssystemet fungere om natten og kanskje i helgene for å kjøle ned klasserommene på varme dager, men dette er ikke så økonomisk, ei heller miljøvennlig.

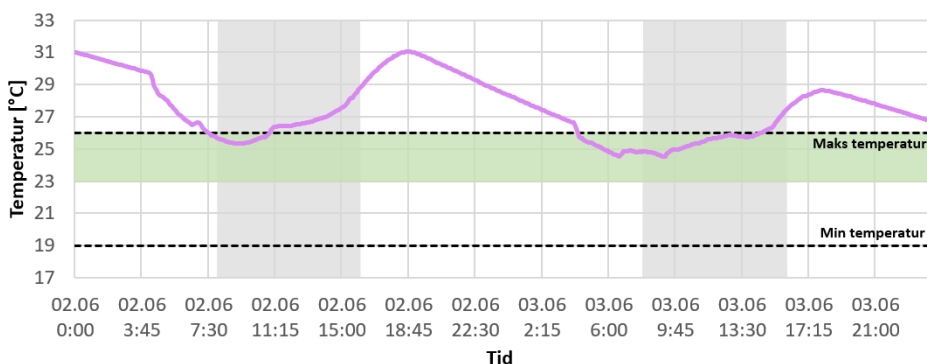
På Sofiemyr er det i flere tilfeller målt temperaturer som er under kravene fra TEK 17 om minimum 19 °C, men disse forekommer for det meste utenfor driftstid, og vil derfor ikke påvirke elevene. Et unntak er i paviljong 4 der temperaturen er under kravet i 15,2 % av driftstiden. Fra figur 5.1 er det tydelig at temperaturen faller til nesten 16 °C om morgenen 13. mai. Grå skravert område er lagt inn for å illustrere driftstiden. Av figuren kommer også tydelig frem at innnetemperaturen

følger utetemperaturen, som kan være en av grunnene til de lave temperatuere i klasserommet. Ved enda lavere utetemperatur, som kan være tilfellet midt på vinteren, kan det tenkes at innetemperaturen vil være enda lavere og det termiske miljøet enda dårligere.

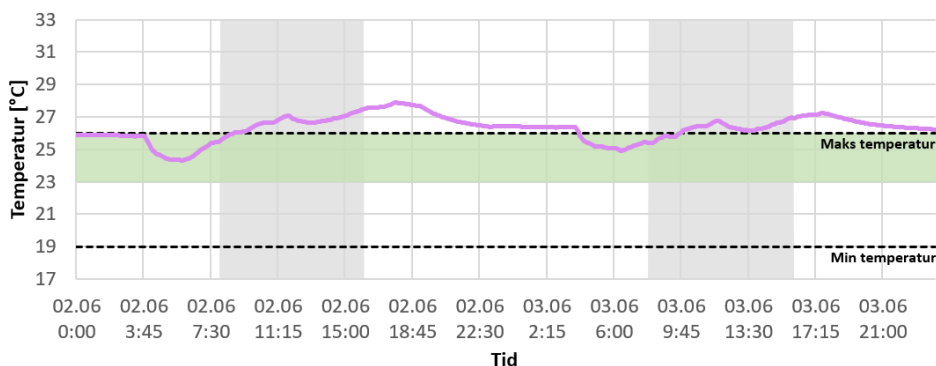


**Figur 5.1:** Hvordan innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole følger utendørs temperatur for 12. og 13. mai

Fra måleperioden med «sommerforhold» ble det målt svært høye temperaturer over lengre perioder innenfor driftstiden både på Sofiemyr og Greverud skole. Figur 5.2 og 5.3 viser målt innendørs temperatur i henholdsvis paviljong 4 på Sofiemyr og klasserommet til 5B på Greverud 2. og 3. juni, som var to av de varmeste dagene i måleperioden. Fra grafene ser man at selv om temperaturen i rommet på Sofiemyr blir så høy som 31 °C, er dette utenfor driftstid, mens temperaturen på Greverud er mer stabil over 26 grader den 2. juni. Maksimal utendørs temperatur den dagen er 28 °C, og det kan synes bekymringsverdig at det er såpass mye varmere innendørs. Det bør sjekkes hvorvidt solavskjerming er implementert i klasserommene, for å holde den verste solinnstrålingen ute.



**Figur 5.2:** Målt innendørs temperatur i paviljong 4 på Sofiemyr skole 2. og 3. juni



**Figur 5.3:** Målt innendørs temperatur i klasserommet til 5B på Greverud skole følger utendørs temperatur for 2. og 3. juni

Som tidligere nevnt i kapittel er det mange forskjellige anbefalinger og krav når det kommer til innendørs temperatur. TEK 17 sier at det skal tilstrebes å holde temperaturen under 22 grader gjennom fyringssesongen. I utgangspunktet er ikke mai måned inkludert i fyringssesongen hverken i Trondheim eller Nordre Follo, men gjennom en periode av feltmålingene på Åsvang var det minusgrader og snø, som fra et energiperspektiv vil implisere at man ikke ønsker å varme opp rommene til å være mer enn 22 °C. Dessuten mener NAAF at en temperatur på 20 °C er bra for konsentrasjonen og læringsevnen. På den andre siden anbefaler NS-EN 16798-1:2019 en minimumstemperatur på 21 °C dersom brukerne av bygget er eldre eller barn. Sett i lyset av de forskjellige anbefalingene kan det likevel tenkes at tem-





For modellen til Tung i hodet er det også «Innestengt» som er viktigste *feature* med over 45 %. At «Klassetrinn» er så viktig for prediksjonene til modellen kan med første øyekast virke litt rart, men eldre barn har en større forståelse av hodeverk og følelsen av å ikke kunne konsentrere seg, og modellen kan derfor ha fanget opp dette. Derimot vikrer det svært ulogisk at «Ubehagelig lukt» og «Eksem» skal ha stor betydning for om elevene føler seg tung i hodet eller ikke.

«Innestengt» er også den viktigste bidragsyteren til prediksjonene i modellene for Konsentrasjonsvansker og Trøtthet. At et skittent klasserom med mye støy samt lite eller mye venner i klassen kan påvirke konsentrasjonsevnen til elevene virker fornuftig og prediksjonene gjort av modellen for å estimere konsentrasjonsvansker kan sees på som troverdige.

**Tabell 5.1:** Oversikt over evalueringsparametre og *feature importance* til de fire helseplagene med modeller som gjør gode prediksjoner

	<i>FI measure</i>	<i>ROC AUC</i>	<b>Feature importance</b>	
			<i>Feature</i>	<i>Importance [%]</i>
<b>Hodepine</b>	51,6	80,3	Innestengt	36,6
			Tørr luft	7,7
			Kjønn	4,8
			Ubehagelig lukt	4,4
<b>Konsentrasjonsvansker</b>	49,3	79,6	Innestengt	28,5
			I timene	8,2
			Støv og skitt	7,1
			Støy	4,8
<b>Trøtthet</b>	65,8	79,9	Innestengt	19,4
			Klassetrinn	12,4
			For kaldt	8,0
			Støv og skitt	6,0
<b>Tung i hodet</b>	61,0	84,0	Innestengt	47,6
			Klassetrinn	4,3
			Ubehagelig lukt	4,1
			Eksem	3,8

Helsedirektoratet mener at for høy temperatur på inneluften kan føre til tretthet, dårlig konsentrasjon, hodepine og tørrhet i ansikt. Det kunne vært forventet at en av de viktigste *feature* for modellene til blant annet hodepine, trøtthet og konsentrasjonsvansker skulle vært for høy temperatur. *Feature importance* til «For høy

temperatur» for de respektive helseplagene er derimot 1,4%, 2,6% og 2,7%, som er veldig lavt.

For modellene som ikke scorer så bra på F1-measure er det flere som har ulogiske parametre som de viktigste *feature importance*. Blant annet er «Ubehagelig lukt» den viktigste faktoren for å predikere om elevene har tørre hender. Når det er sagt er det tenkelig at eksem, skittene klasserom og innestengt luft kan føre til at flere klager på tørre hender. Det virker også rimelig at tørr luft er den viktigste parameteren for å predikere hoste og øyeirritasjon blant elevene.

Selv om det kan virke som at en del av *feature importance* til modellene kan virke logiske, er det også en del som ikke er det. Det må påpekes at flere av modellene som er laget ikke presterer så godt, og det trengs mer *data engineering* til før man kan stole på prediksjonene gjort av modellene.

## 5.5 Svakheter med studien

Det er flere svakheter med studien, som kan ha påvirket resultatene eller hvordan man har kommet frem til dem, og flere av disse vil bli tatt opp og diskutert her. En av de største svakheter ved studien er endringer i opprinnelig forskningsdesign som vil bli diskutert først, mens andre svakheter blir tatt opp til slutt.

### 5.5.1 Endringer i forskningsdesign

Forskningsdesignet som inkluderte intervjuer av nøkkelpersoner innenfor drift og vedlikehold, målinger av inneklimate på flere skoler, samt en spørreundersøkelse av elevenes opplevelse av inneklimate på de samme skolene var i utgangspunktet godt. Det skulle brukes flere forskjellige metoder for å kunne bekrefte funnene som ble gjort ved bruk av en metode med de andre metodene. Kvaliteten på en undersøkelse øker dersom funn fra kvalitative metoder kan bekreftes av kvantitative undersøkelser. Hvis det i tillegg blir bekreftet av måleresultater minimeres sjansen for at funnene ikke kan generaliseres.

På grunn av omstendighetene, spesielt med tanke på utbruddet av Covid-19, som ikke bare har påvirket Norge, men hele verden, var det ikke mulig å gjennomføre alle delene av forskningsdesignet som planlagt. Nedstengning av alle skolene i

landet var en viktig årsak til at det ble vanskelig å gjennomføre feltmålinger og spørreundersøkelser på de utvalgte skolene, og en del av svakhetene har sin bakgrunn i nettopp det.

### **Urealistiske personbelastninger i klasserommene**

Da skolene gradvis ble gjenåpnet var det med forbehold om at smittevernsreglene fra regjeringen ble overholdt, som blant annet innebar en kraftig reduksjon i klassestørrelse eller antall elever som kan oppholde seg i et rom samtidig. Målingene som er gjennomført i denne studien kan derfor i liten grad representere en normal situasjon.

### **Kun gjennomført spørreundersøkelse på en skole**

I tillegg var det flere av rektorene som i utgangspunktet hadde sagt ja til å distribuere spørreundersøkelsen som ikke lenger ønsket å legge enda mer press på lærerne med det ekstraarbeidet en spørreundersøkelse ville føre med seg. Elevene fra 5-7. trinn, som kunne deltatt i spørreundersøkelsen, var gjennom perioden med feltmålinger ikke tilstede på skolen, men mottok hjemmeundervisning over nettet, som har påført lærerne en god del ekstraarbeid i form av endret undervisningsopplegg og form. Dette førte til at spørreundersøkelsen kun utført på en av skolene, som gjør det vanskelig å sammenlikne elevens oppfatning av inneklima i de to utvalgte kommunene. Som nevnt tidligere er det også en svakhet at den spørreundersøkelsen som ble gjennomført skjedde fra hjemmeskole i en periode der det var over 7 uker siden elevene hadde vært på skolen og opplevd inneklimaet der.

### **Begrensninger i respondenter til intervjuene**

Miljørettet helsevern i Nordre Follo ble ikke intervjuet, selv om de ble kontaktet. På grunn av den relativt nylige kommunesammenslåingen ble invitasjonen til intervju avslått med forklaringen om at respondenten ikke følte den hadde så mye informasjon og kunnskap å bidra med. Respoedentene fra miljørettet helsevern i Trondheim uttrykte at inneklima generelt hadde farenivå gult i kommunen, men at grunnen til dette var kvaliteten på skolene, og at situasjonen mest sannsynlig hadde vært annerledes dersom kvaliteten hadde vært dårligere. I et fåtall av skolene

i kommunen var denne vurderingen annerledes på grunn av blant annet alder på bygget. Det kunne derfor vært interessant å høre hva MHV i Nordre Follo hadde sagt om situasjonen der.

Det må også påpekes at det kun er noen få respondenter i hver kommune, som kan forårsake en ensidig fremstilling av problemene. I Trondheim ble to driftsoperatører intervjuet, og svarene deres varierte i større og mindre grad på de forskjellige spørsmålene. I Nordre Follo ble kun en driftsoperatør intervjuet, og det kan derfor være en fare for at noen aspekter har blitt utelatt. Flere respondenter vil minske sannsynligheten for at det som blir sagt er deres personlige mening som ikke sammenfaller med det resten av kommunen mener.

### **5.5.2 Andre svakheter**

#### **Avgrensninger av inneklima**

Det er andre faktorer enn temperatur, relativ fuktighet og CO<sub>2</sub> konsentrasjon, som er inkludert i denne studien, som kan føre til dårlig inneklima. Blant annet er fukt, muggsopp og radon ansvarlig for dårlig inneklima på mange skoler, men det er ikke fokusert på dem. De kan i stor grad føre til skader på skolebyggene og helseplager for elevene.

#### **Lite erfaring med maskinlæring**

Da undertegnede hadde lite tidligere erfaring med maskinlæring, startet læringssprossen i januar. Det har derfor vært relativt lite tid til å sette seg inn i og forstå konseptet med maskinlæring. Forståelsen har etterhvert kommet til det punktet at modellene som ble laget er langt i fra perfekte, og trenger mer videreutvikling før de kan tas i bruk. Flere aspekter ved maskinlæring burde testes ut, som *feature selection* og *ensemble methods*.



## 6 | Konklusjon

Det er veldig mye som kan påvirke inneklima og elevenes oppfatning av det. Derfor vil det være svært vanskelig å si sikkert om dårlig drift og vedlikehold kan være årsaken til at inneklimaet ikke er tilfredsstillende. Når det er sagt, avdekket litteraturgjennomgangen at flere aktører mener at dårlig vedlikehold vil påvirke tilstanden til skolebyggene og derfor også inneklimaet. Intervjuene avslørte en vesentlig forskjell mellom de to kommunene når det kommer til hvordan planleggingen og gjennomføringen av drift og vedlikehold fungerer. Hovedpoenget ligger i overordnet vedlikeholdsstrategi, der Trondheim i stor grad har fokus på forebyggende vedlikehold, som ikke står like sterkt i Nordre Follo. Flere av respondentene pekte på politisk uvilje som en årsak til dårlig drift og vedlikehold, fordi de strammer inn på budsjettene og bruker pengene på andre forhold. Fra intervjuene i Trondheim kom det frem at kommunen satset sterkt på opprustning av skolebyggene rundt 2003, som er mye av grunnen til den gode standarden på skolebyggene i dag.

Det ble avslørt at manglende ressurser til vedlikehold kan føre til at skolebyggene ikke overholder lov og forskriftskrav, som vil gå ut over elevene. Flere av respondentene mener at dårlig vedlikehold, og spesielt på ventilasjonsanlegg kan påvirke inneluften og dermed konsentrasjonen og prestasjonen til elevene. Mindre budsjetter til drift og vedlikehold fører til at man må prioritere hva det brukes penger på og fokuset blir ofte på brannslukking for å unngå at problemene sprer seg. Videre uttrykte flere av respondentene at ressurser i form av arbeidskraft vil påvirke jobben som gjøres av driftsoperatørene og dermed inneklimaet på skolene de er ansvarlige for. Økte midler til drift og vedlikehold avhenger av politisk velvilje til å prioritere verdibevarig av eksisterende skolebygg.

Fra maskinlæringsmodellene til de forskjellige helseplagene kom det frem at den faktoren som har størst påvirkning på om elevene opplever uønsket helseeffekt på grunn av inneklimate er innestengt luft. Det vil derfor være viktig å fokusere på det atmosfæriske inneklimate, og sørge for god innendørs luftkvalitet. En av måtene å sikre dette på er å være nøye på rutiner som omhandler ventilasjonsanlegget, som filterskifte, kontroll av reimdrift og tilluftstemperatur, samt renhold av friskluftinntak og avtrekksventiler.

Feltmålingene avslørte at det termiske miljøet på Sofiemyr og Greverud ikke tilfredsstiller kravene og anbefalingene fra myndighetene. På grunn smittevernstiltak fra regjeringen og dermed lavere personbelastning enn normalt ble det ikke målt for høye konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> i noen av klasserommene. Inneklimate på Åsvang skole i Trondheim er tilfredsstillende og spørreundersøkelsen fra Strindheim viser også det samme. Fra resultatene i oppgaven er det klart at skolene i Trondheim i stor grad har bedre inneklimate enn Nordre Follo, men alderen på skolene i sistnevnte kommune må tas i betraktning og det sås derfor tvil om resultatene er representative for hele kommunen.

På grunn av svekket forskningsdesign i form av færre målinger og spørreundersøkelser blir det vanskelig å konkludere helt sikkert, men det anbefales å legges fokus på følgende forhold når det kommer til å optimalisere drift og vedlikehold for et bedre inneklimate:

- Digitale FDV-systemer som kan lagre informasjon om tilstanden til bygget i sin helhet, men også enkeltkomponenter. Systemene bør kunne sende ut varsler på rutiner og arbeidsoppgaver som må gjennomføres av driftoperatør.
- Fokus på forebyggende vedlikehold
- Nok ressurser i form av driftsoperatører, slik at ansvarsområdet er overkommelig.
- Egne midler i budsjettene som er avsatt til å overholde lov og forskriftkrav.
- Fokusere på enkle tiltak som å redusere personbelastningen i rommet. Kan oppnås gjennom å videreføre de gode rutinene for blant annet uteskole, som i større grad enn vanlig ble implementert under utbruddet av Covid-19.



## 7 | Videre arbeid

Problemstillingen belyst i denne studien spenner over et vidt spekter, og undertegnede anser sammenhengene mellom disse som så komplekse og sammensatte at det ikke har vært mulig å sammenfatte en løsning som dekker alt. For å få til dette kreves videre kartlegging og forskning.

En mye brukt metode for validering av undersøkelser er metodetriangulering. For å videre undersøke omfanget av funnene gjort i denne studien, foreslås det at det å utføre en kvantitativ spørreundersøkelse som kan gi et innblikk i flere kommuners rutiner i forhold til drift og vedlikehold. Fokuset bør også ligge i å gjennomføre forskningsdesignet som opprinnelig planlagt for å kunne validere resultatene man oppnår ved bruk av en metode mot resultatene fra andre metoder. Dette vil da inkludere spørreundersøkelse og feltmålinger på flere skoler, samt intervjuer av nøkkelpersoner innenfor FDV.

Når man studerer vedlikeholdsstrategi og organisering i kommunene bør det også tas i betraktning hvordan denne har vært tidligere og når det eventuelt ble en endring. Begge kommunene er i gang med en kommunesammenslåing som ble vedtatt fra 01.01.20, og det kunne derfor vært interessant å gjennomføre nye intervjuer om et års tid for å få et innblikk i hvordan sammenslåingen har påvirket rutinene for drift og vedlikehold.

Et annet forslag er viderutvikling av maskinlæringsmodellen ved implementering av blant *feature selection* og *ensemble methods*. Kan også teste modellene med *out of sample data*, og tolke resultatene man får, for deretter å gjøre forbedringer.

---

# Bibliografi

- Arbeidstilsynet, 2016. Veiledning om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen.
- Brownlee, J., 2018. How to use roc curves and precision-recall curves for classification in python. Tilgjengelig fra: <https://machinelearningmastery.com/roc-curves-and-precision-recall-curves-for-classification-in-python/> (Hentet: 20. mai 2020).
- Brownlee, J., 2020a. A gentle introduction to xgboost for applied machine learning. Tilgjengelig fra: <https://machinelearningmastery.com/gentle-introduction-xgboost-applied-machine-learning/> (Hentet: 4. mai 2020).
- Brownlee, J., 2020b. How to calculate precision, recall, and f-measure for imbalanced classification. Tilgjengelig fra: <https://machinelearningmastery.com/precision-recall-and-f-measure-for-imbalanced-classification/> (Hentet: 20. mai 2020).
- Brownlee, J., 2020c. Tour of evaluation metrics for imbalanced classification. Tilgjengelig fra: <https://machinelearningmastery.com/tour-of-evaluation-metrics-for-imbalanced-classification/> (Hentet: 20. mai 2020).
- Direktoratet for byggkvalitet, 2017a. § 13-1 generelle krav til ventilasjon. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-1/> (Hentet: 22. april 2020).
- Direktoratet for byggkvalitet, 2017b. § 13-3 ventilasjon i byggverk for pub-

- 
- likum og arbeidsbygning. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-3/> (Hentet: 22. april 2020).
- Direktoratet for byggkvalitet, 2017c. § 13-4 termisk inneklime. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/ii/13-4/> (Hentet: 20. februar 2020).
- Doody, O., 2013. Preparing and conducting interviews to collect data.(report). Nurse Researcher 20, 28.
- Environmental Protection Agency, 2005. Indoor air facts no. 4: Sick building syndrome. Tilgjengelig fra: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick\\_building\\_factsheet.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sick_building_factsheet.pdf).
- Folkehelseinstituttet, 2013. Sjekkliste for inneklime i skoler. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklime/sjekkliste/sjekkliste-for-inneklime-i-skoler/>.
- Folkehelseinstituttet, 2015. Anbefalte faglige normer for inneklime : revisjon av kunnskapsgrunnlag og normer.
- Hanssen, S.O., 2018. Enøk i bygninger - effektiv energibruk. 3 ed., Gyldendal Norsk Forlag.
- Helsedirektoratet, 2014. Miljø og helse i barnehagen: Veileder til forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler. Tilgjengelig fra: <https://www.helsedirektoratet.no/veiledere/miljo-og-helse-i-barnehagen/pdf-versjon> (Hentet: 13. februar 2020).
- Helsedirektoratet, 2016. Anbefalinger for praktisk inneklimearbeid i barnehager og skoler. Tilgjengelig fra: <https://www.helsedirektoratet.no/produkter?tema=faglig-raad> (Hentet: 13. februar 2020).
- Johannessen, A., 2016. Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode. 5th ed., Abstrakt, Oslo.
- Juliebø, E., 2001. Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygg. Gyldendal yrkesopplæring.

- 
- Kvale, S., 2009. Det kvalitative forskningsintervju. 2. utg. ed., Gyldendal akademisk, Oslo.
- Liu, H., 1998. Feature selection for knowledge discovery and data mining.
- Lov om folkehelsearbeid, 2019. Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2011-06-24-29/KAPITTEL\\_3#%C2%A79](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2011-06-24-29/KAPITTEL_3#%C2%A79) (Hentet: 20. april 2020).
- Multiconsult og PricewaterhouseCoopers, 2008. Vedlikehold i kommunesektoren : fra forfall til forbilde.
- Norges Astma- og Allergiforbund, 2010. Spørreundersøkelse. Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/subsites/mitt-inneklima/sporreundersokelse/>.
- Norges Astma- og Allergiforbund, 2016. Ventilasjon/luftskifte. Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/subsites/mitt-inneklima/inneklima-og-helse/ventilasjonluftskifte/>.
- Norges Astma- og Allergiforbund, 2019. Temperatur, inneklima i skoler. Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/fokusomrader/inneklima/inneklima-i-skoler/temperatur/> (Hentet: 15. januar 2020).
- Norges Astma- og Allergiforbund, 2020. Ta vare på hendene. Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/aktuelt2/handvask-og-handpleie/> (Hentet: 10. mai 2020).
- Norges byggforskningsinstitutt, 2006. Skolemiljø for læring - veileder for skoleeiere : om inneklima og helhetlig fysisk miljø.
- Ritchie Ng, 2020. Evaluating a classification model. Tilgjengelig fra: <https://www.ritchieng.com/machine-learning-evaluate-classification-model/> (Hentet: 23. mai 2020).
- Robson, C., 2016. Real world research : a resource for users of social research methods in applied settings. 4th ed., Wiley.
- Rådgivende ingeniørers forening, 2019. State of the nation: Norges tilstand 2019 kommunale og fylkeskommunale bygg. Tilgjengelig fra: <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2019/08/Bygg.pdf> (Hentet: 12. mai 2020).
- Scikit learn, 2019a. Cross validation: evaluating estimator performance.

- 
- Tilgjengelig fra: [https://scikit-learn.org/stable/modules/cross\\_validation.html#cross-validation](https://scikit-learn.org/stable/modules/cross_validation.html#cross-validation) (Hentet: 28. mai 2020).
- Scikit learn, 2019b. `sklearn.impute.iterativeimputer`. Tilgjengelig fra: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.impute.IterativeImputer.html> (Hentet: 28. mai 2020).
- Scikit learn, 2019c. Supervised learning. Tilgjengelig fra: [https://scikit-learn.org/stable/supervised\\_learning.html#supervised-learning](https://scikit-learn.org/stable/supervised_learning.html#supervised-learning) (Hentet: 28. mai 2020).
- Scikit learn, 2019d. Tuning the hyper-parameters of an estimator. Tilgjengelig fra: [https://scikit-learn.org/stable/modules/grid\\_search.html#grid-search](https://scikit-learn.org/stable/modules/grid_search.html#grid-search) (Hentet: 28. mai 2020).
- Simanic, B., Nordquist, B., Bagge, H., Johansson, D., 2019. Indoor air temperatures, co2 concentrations and ventilation rates: Long-term measurements in newly built low-energy schools in sweden. *Journal of Building Engineering* 25, 100827.
- Skulberg, K.R., Høiskar, B.A.K., Rønning, K.A., Kolstad, L., 2010. Inneklima i skolebygg - utfordringer og tiltak. *Bedre skole* , 54–56.
- Stai, E., 2016. Norges beste storby: Planglagt vedlikehold er alfa og omega. Tilgjengelig fra: <http://www.fagbladet2.com/fagbladet/PDF/TEMA/Temahefte-43.pdf> (Hentet: 12. mai 2020).
- Standard Norge, 2005. Ns-en iso 7730 ergonomics of the thermal environment. analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the pmv and ppd indices and local thermal comfort criteria.
- Standard Norge, 2012. Ns 3424 tilstandsanalyse av byggverk - innhold og gjennomføring.
- Standard Norge, 2013. Ns 3454 livssyklus kostnader for byggverk - prinsipper og klassifisering.
- Standard Norge, 2016. Ns 3031 beregning av bygningers energiytelse.
- Standard Norge, 2019. Ns-en 16798 energy performance of buildings. ventilation in buildings. part 1: Indoor environmental input parameters for design and

- 
- assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lightning and acoustics (module m1-6).
- Standing Standard Project Committee, 2013. Ashrae standard 55 thermal environmental conditions for human occupancy.
- Standing Standard Project Committee, 2019. Ashrae standard 62.1 ventilation for acceptable indoor air quality.
- Sørensen, S.M., 2016. Vedlikehold – nettopp fordi det ikke er spennende. Tilgjengelig fra: <http://www.fagbladet2.com/fagbladet/PDF/TEMA/Temahefte-43.pdf> (Hentet: 12. mai 2020).
- Tidemann, A., Elster, A.C., 2019. maskinlæring. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/maskinl\T1\æring> (Hentet: 2. mai 2020).
- Tjora, A.H., 2012. Kvalitative forskningsmetoder i praksis. 2. ed., Gyldendal akademisk, Oslo.
- Unsdorfer, S., 2015. Managing ideal indoor humidity for maximum comfort. Tilgjengelig fra: <https://www.centralhtg.com/blog/managing-home-humidity-for-maximum-comfort> (Hentet: 10. november 2019).
- Utdanningsdirektoratet, 2019. Fakta om grunnskolen skoleåret 2019-2020. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/tall-og-forskning/finn-forskning/tema/fakta-om-grunnskolen-2019-20/> (Hentet: 25. mai 2020).
- Utdanningsdirektoratet, 2020. Veileder om smittevern for skoletrinn 1.–7. trinn under covid-19 utbruddet 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/sikkerhet-og-beredskap/informasjon-om-koronaviruset/smittevernveileder/skoletrinn-1-7/smitteforebyggende-tiltak/#reduisert-kontakt-mellom-personer> (Hentet: 25. mai 2020).
- Valen, M.S., Olsson, N., Bjørberg, S., Gissing, H.K., 2011. Bygningsvedlikehold : bedre planlegging - en nøkkel til bedre vedlikehold. volume 4 of *Tema-*

---

*hefte (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Fakultet for arkitektur og billedkunst). Tapir, Trondheim.*

XGBoost, 2020. Introduction to boosted trees. Tilgjengelig fra: <https://xgboost.readthedocs.io/en/latest/tutorials/model.html> (Hentet: 4. mai 2020).

Yandex, 2020. About catboost. Tilgjengelig fra: <https://catboost.ai/> (Hentet: 4. mai 2020).

Yang, Z., 2019. Prediction models.

Øvrevik, J., Becher, R., Martinsen, Finn, Bjerke, M., 2016. Inneklima i skoler og barnehager : helsemessig betydning for barn og unge.



# Vedlegg

## A Informasjon om skolene

**Tabell 7.1:** Informasjon om de fire skolene

Kommune	Skole	Alder	Areal [ $m^2$ ]	Størrelse [elever]
Trondheim	Strindheim	2004	6700	595
	Åsvang	2003	6676	484
Nordre Follo	Greverud	1922	<i>Uvisst</i>	Ca. 600
	Sofiemyr	1963	<i>Uvisst</i>	390

**Tabell 7.2:** Informasjon om varme- og ventilasjonsanleggene på de fire skolene

Kommune	Skole	Varmesystem	Ventilasjonsystem
Trondheim	Strindheim	Vannbåren varme fra fjernvarme ut til radiatorer	Flere systemer. Balansert. Eldre gjenvinner. 6 balanserte vent. systemer
	Åsvang	Vannbårent varmesystem med radiatorer	
Nordre Follo	Greverud	Blanding av elektrisk og nyere varmepumpe og elkjel	Ulik alder på anleggene. Ca. 2000-tallet Eldre systemer fra 1990-tallet
	Sofiemyr	Elektrisk oppvarming med panelovner	

## B Feltkort

### FIELD CARD - FOR PARTICIPANTS

Name:  Maren Pedersen Feness  Tel.  95024453

Home address in Norway:  Klæbuveien 26 7030 Trondheim

Name of insurance company:  If

Next of kin (name, residence and tel.):

Kjersti Feness, Vikane 17 5304 Hetlevik, 92601695

#### FIELDWORK DETAILS

Fieldwork name/type:  Field measurement

Fieldwork leader, name:  Guangyu Cao

Fieldwork area/workplace:

Duration From:  18.02.20  To:  05.06.20

Private itinerary: \_\_\_\_\_

*Please describe here if you are planning a private trip in connection with your fieldwork.*

I confirm that I have read NTNU's guidelines on [Fieldwork – for participants](#).

I confirm that I will comply with the security procedures applicable to the fieldwork, and that I will act in a way to ensure the safety of myself and others.

Place/date:  Trondheim/ 18.02.20

Signature:  Maren P. Feness

*Send completed field card to the fieldwork leader. Field cards are stored at the faculty/department while the fieldwork is being conducted.*

---

## **C Informasjonsskriv intervju**

## Vil du delta i masteroppgaven med tittel

### *”Evaluering av effekten forvaltning, drift og vedlikehold har på kvaliteten på inn klimaet i norske skoler”?*

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å finne ut hvordan forvaltning, drift og vedlikehold påvirker inn klimaet på norske skoler. Målet er å avdekke hvilke rutiner innenfor FDV som er gode og bør satses på videre, og hvilke som kan endres for å minske vedlikeholdsetterslep på skolene. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

#### **Formål**

Dette prosjektet gjennomføres i forbindelse med en mastergrad på NTNU der målet er å finne ut hvordan forvaltning, drift og vedlikehold påvirker inn klimaet på norske skoler. Målet er å avdekke hvilke rutiner innenfor FDV som er gode og bør satses på videre, og hvilke som kan endres for å minske vedlikeholdsetterslep på skolene.

For å få til dette skal det gjennomføres intervjuer av personer med ansvar for forvaltning, drift og vedlikehold av skoler i to kommuner i Norge. I tillegg skal det gjøres målinger av inn klima på to skoler i hver kommune. På de samme skolene vil elevene bli invitert til å delta i en spørreundersøkelse om hvordan de opplever inn klimaet, som utføres i samarbeid med Norges astma- og allergiforbund.

#### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

Institutt for energi- og prosessteknikk ved NTNU er ansvarlig for prosjektet.

#### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

To kommuner i Norge er valgt ut til å inngå i masteroppgaven, Trondheim og Nordre Follo. Avdeling for eiendom i kommunen ble kontaktet og fikk de ansvar for å velge ut hvem det passer seg å intervju.

#### **Hva innebærer det for deg å delta?**

Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du gjennomfører et intervju med varighet på ca. 1 time. Det vil bli gjort lydopptak av intervjuet. For å planlegge intervjuet vil vi motta ditt navn, telefonnummer og epost.

#### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Student og veileder vil ha tilgang til opplysningene ved behandlingsansvarlig institusjon
- Navnet og kontaktopplysningene dine vil erstattes med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data.

Dersom du godkjenner det vil vi omtale deg i oppgaven ved din stillingstittel. Det vil ikke være nødvendig å bruke navnet ditt eller andre personopplysninger.

### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Prosjektet skal etter planen avsluttes 20.06.2020. Personopplysninger og opptak vil slettes ved prosjektslutt.

### **Dine rettigheter**

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- NTNU ved Institutt for energi- og prosesseteknikk:  
Veileder: Guangyu Cao, [guangyu.cao@ntnu.no](mailto:guangyu.cao@ntnu.no), 91897689.  
Student: Maren Pedersen Feness, [maren.feness@gmail.com](mailto:maren.feness@gmail.com), 95024453
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Guangyu Cao  
[guangyu.cao@ntnu.no](mailto:guangyu.cao@ntnu.no)  
918 97 689  
Proffesor Energi- og prosesseteknikk, NTNU  
Trondheim

Maren Pedersen Feness  
[marenpf@stud.ntnu.no](mailto:marenpf@stud.ntnu.no)  
950 24 453  
Masterstudent, Energi og miljø, NTNU  
Trondheim

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om masteroppgaven med navn ”Evaluering av effekten forvaltning, drift og vedlikehold har på kvaliteten på inn klimaet i norske skoler”, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju
- at opplysninger om meg publiseres slik at jeg kan gjenkjennes. (Dette gjelder omtale ved bruk av stillingstittel)

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 20.06.2020

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

---

## D Intervjuguide til de forskjellige respondentene

### Intervjuguide drift og vedlikehold på beslutningsnivå i kommunen

#### *Innledning*

- Presentasjon av forsker/intervjuer og prosjektet
- Gjennomgang av hvordan dokumentasjon av intervjuet fungerer og hva som skjer med data når prosjektet er avsluttet
- Informere om informantens rett til å når som helst avslutte intervjuet
- Antyde hvor lang tid intervjuet vil ta

#### *Faktaspørsmål*

- Hvor lenge har du arbeidet i denne stillingen i kommunen?
- Kan du kort fortelle hvordan en typisk arbeidsdag ser ut for deg?

#### *Hoveddel*

##### **Vedlikeholdsplan**

- Hvordan planlegges vedlikehold?
  - o Har dere et system for forebyggende vedlikehold?
  - o Hvem er ansvarlig for å utarbeide vedlikeholdsplaner?
  - o Hvor ofte gjøres det tilstandsanalyser av byggene?
- Gjøres det forskjeller mellom eldre og nyere skoler i vedlikeholdsplanen?
- Brukes digitale verktøy for å planlegge og gjennomføre drift og vedlikehold?
  - o Hvis ja, hvordan?

##### **Organisering**

- Hvordan er kommunikasjonen mellom deg og driftsoperatørene?
- Hvordan er kommunikasjonen med miljørettet helsevern?

##### **Økonomi:**

- Har skolene avsatt egne midler til vedlikehold i budsjettet?

##### **Helse**

- Hvordan tenker du at manglende vedlikehold kan påvirke helse for brukerne av byggene?

##### **Mulige forbedringer**

- Hva er, etter din oppfatning og erfaring, årsaker til vedlikeholdsetterslep på skolene i kommunen?
- På bakgrunn av din erfaring, hva mener du er det mest effektive tiltaket for å sikre et bedre vedlikehold?

#### *Avslutning*

- Har du noen kommentarer?
- Har du noen tanker om andre du tenker det hadde vært lurt av meg å intervjuer for å få en enda bedre innsikt?
- Runde av
  - o Takk for at du stilte til intervju
  - o Sender deg transkribert versjon av intervjuet, slik at du kan se over at alt ser ok ut.

---

## Intervjuguide driftsoperatør

### *Innledning*

- Presentasjon av forsker/intervjuer og prosjektet
- Gjennomgang av hvordan dokumentasjon av intervjuet fungerer og hva som skjer med data når prosjektet er avsluttet
- Informere om informantens rett til å når som helst avslutte intervjuet
- Antyde hvor lang tid intervjuet vil ta

### *Faktaspørsmål*

- Hvor lenge har du jobbet som driftsoperatør i kommunen?
- Fortell kort hvordan en typisk arbeidsdag ser ut for deg.

### *Hoveddel*

#### **Vedlikeholdsplanlegging**

- Hvordan planlegges vedlikehold?
  - o Har dere et system for forebyggende vedlikehold?
  - o Hvem er ansvarlig for å utarbeide vedlikeholdsplaner?
  - o Hvor ofte gjøres det tilstandsanalyser av byggene
- Brukes digitale verktøy for å planlegge og gjennomføre drift og vedlikehold?
  - o Hvordan?
- Hvilke rutiner har dere når det oppdages skader på skoler?
- Har brukerne mulighet til å melde inn avvik?

#### **Organisering**

- Hvordan er driftsoperatørene på skolene i kommunen organisert? (En på hver skole?)
- Hvilke deler/funksjoner har driftsoperatør ved skolen ansvar for?
- Hvordan er kommunikasjonen mellom driftsoperatør og seksjonen for eiendom i kommunen?

#### **Helse**

- Hvordan tenker du at manglende vedlikehold kan påvirke helse for brukerne av byggene?

#### **Mulige forbedringer**

- Hva er, etter din oppfatning og erfaring, årsaker til vedlikeholdsetterslep på skolene i kommunen?
- På bakgrunn av din erfaring, hva mener du er det mest effektive tiltaket for å sikre et bedre vedlikehold?

#### **Spesifikke spørsmål:**

- Hvor ofte skiftes filter på ventilasjonsanlegg?
- Er det krav om bruk av innesko på skolene i kommunen? Hva med garderobe utenfor klasserom?
- Hvordan styres varmeanlegget og ventilasjonsanlegget på skolen?
- Har brukerne av bygget mulighet til å styre temperatur i klasserommene?
- Hva slags solavskjerming har skolen?

### *Avslutning*

- Har du noen kommentarer?
- Har du tips om noen andre jeg burde intervjuer for å få mer forståelse og innblikk?
- Runde av
  - o Takk for at du stilte til intervju!
  - o Sender deg en transkribert versjon av intervjuet slik at du kan lese over og se at jeg har forstått deg korrekt.



---

## Intervjuguide Miljørettet helsevern

### *Innledning*

- Presentasjon av forsker/intervjuer og prosjektet
- Gjennomgang av hvordan dokumentasjon av intervjuet fungerer og hva som skjer med data når prosjektet er avsluttet
- Informere om informantens rett til å når som helst avslutte intervjuet
- Antyde hvor lang tid intervjuet vil ta

### *Faktaspørsmål*

- Hva er stillingstittelen din?
- Kan du kort fortelle hvordan en typisk arbeidsdag ser ut for deg?

### *Hoveddel*

- Hvilket arbeid gjør du inn mot skoler?

### **Inneklima**

- På hvilken måte kan dere være med å påvirke inneklimaet på skoler?
- Kan du fortelle hvordan får dere tildelt arbeidsoppgaver som handler om inneklima?
- Hva kan du gjøre dersom du oppdager dårlig inneklima på en skoler?
- Har du et eksempel på en situasjon der inneklimaet kunne vært bedre dersom miljørettet helsevern hadde blitt koblet inn tidligere?

### **Tilsyn**

- Kan du forklare hvordan tilsyn av en skole kan foregå?
- Hvordan blir tilsynsplaner utarbeidet?

### **Kommunikasjon**

- Hvordan er kommunikasjonen mellom miljørettet helsevern og seksjonen for eiendom/bygg i kommunen?
- Er det noen andre avdelinger i kommunen dere samarbeider med når det kommer til inneklima?

### *Avslutning*

- Har du noen kommentarer?
- Har du tips om noen andre jeg burde intervjuer for å få mer forståelse og innblikk?
- Runde av
  - o Takk for at du stilte til intervju!
  - o Sender deg en transkribert versjon av intervjuet slik at du kan lese over og se at jeg har forstått deg korrekt.

## E Test for håndtering av personopplysninger hos NSD

NSD MELDESKJEMA FOR BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER Norsk - Logg inn

### Hvilke personopplysninger skal du behandle?

[Hva er personopplysninger?](#)  
[Hva er behandling?](#)

Navn (også ved signatur/samtykke) [?](#)

Ja  Nei

Fødselsnummer eller andre nasjonale identifikasjonsnumre [?](#)

Ja  Nei

Fødselsdato

Ja  Nei

Adresse eller telefonnummer

Ja  Nei

E-postadresse, IP-adresse eller annen nettidifikator [?](#)

Ja  Nei

Bilder eller videoopptak av personer [?](#)

Ja  Nei

Lydopptak av personer [?](#)

Ja  Nei

Gps eller andre lokaliseringsdata (elektroniske spor) [?](#)

Ja  Nei

Bakgrunnsopplysninger som vil kunne identifisere en person [?](#)

Ja  Nei

Genetiske opplysninger [?](#)

Ja  Nei

Biometriske opplysninger [?](#)

Ja  Nei

Andre opplysninger som vil kunne identifisere en fysisk person [?](#)

Ja  Nei

**Du har oppgitt at ingen personopplysninger skal behandles i prosjektet.**  
Dersom du kun skal behandle anonyme opplysninger, skal du ikke melde prosjektet. Et anonymt datamateriale består av opplysninger som ikke på noe vis kan identifisere enkeltpersoner, hverken direkte, indirekte eller via e-post/IP-adresse eller koblingsnøkkel.

Vi gjør oppmerksom på at dette ikke er en formell vurdering, men en veiledning basert på svarene du har gitt over.

---

## F Spørreundersøkelse fra NAAF

### Hvordan opplever du inneklimaet på skolen din?

Vi ønsker å ha et godt inneklima på skolen vår. Inneklimaet er viktig for helse, trivsel og læring. Vi vil gjerne vite hva du synes, og håper du vil svare på noen spørsmål. Du skal ikke oppgi navn, og ingen får vite hva du har svart. Når elevene har svart på undersøkelsen, lages det en rapport som skolen kan bruke for å opprettholde et godt inneklima eller forbedre inneklimaet ved skolen din.

Takk for at du hjelper til!

#### Bakgrunnsspørsmål

##### Klassetrinn

Drop down liste – klassetrinn: 4, 5, 6, 7,8,9,10,VDG1, VDG2, VDG3

##### I hvilken skolebygning er du mest?

Listen er basert på de navnene på bygningene som rektor har satt opp. Du kan bare velge ett bygg

- Bygning 1
- Bygning 2
- Bygning 3

##### Kjønn

- Jente
- Gutt

### Hvordan synes du luften, støyen, temperaturen og lyset har vært på skolen din de siste 3 månedene?

Har du i skoletiden vært plaget av:

	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri	Vet ikke
Trekk av kald luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For høy romtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varierende romtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For lav romtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innestengt (dårlig) luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ubehagelig/vond lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Statisk elektrisitet som gjør at du får støt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Støy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Støv og skitt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For svak belysning fra taklampene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For skarp belysning fra taklampene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Skarpt lys fra solen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Plagsom varme fra solskinn gjennom vinduene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plagsom varme fra ovner i nærheten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaldt på gulvet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Påvirker noen av disse faktorene dine skoleprestasjoner negativt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Noen spørsmål om helseplager

Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene når du er på skolen?

	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri	Vet ikke
Trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hodepine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Svimmelhet/ørhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konsentrasjonsproblemer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kløe, svie, irritasjon i øynene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irritert, tett eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heshet/tørrehet i hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hoste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr, rød eller irritert hud i ansiktet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flassing/kløe i hodebunnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr, kløende hud på hendene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

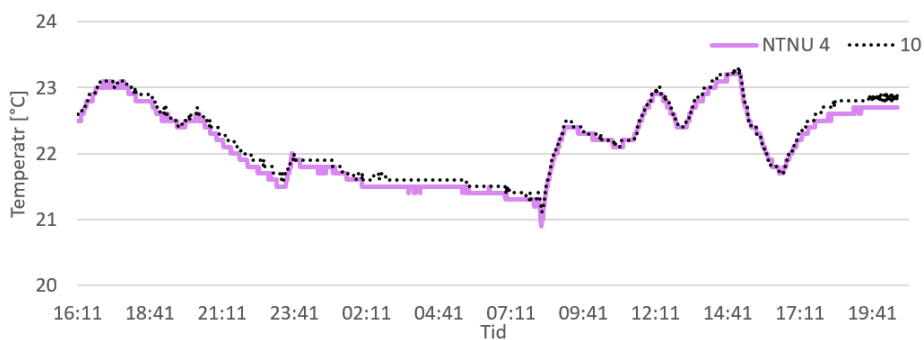
#### Noen spørsmål om allergiske sykdommer

	Ja/Nei/Vet ikke	Nei
Har du hatt eller har du astma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du hatt eller har du allergi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du hatt eller har du eksem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

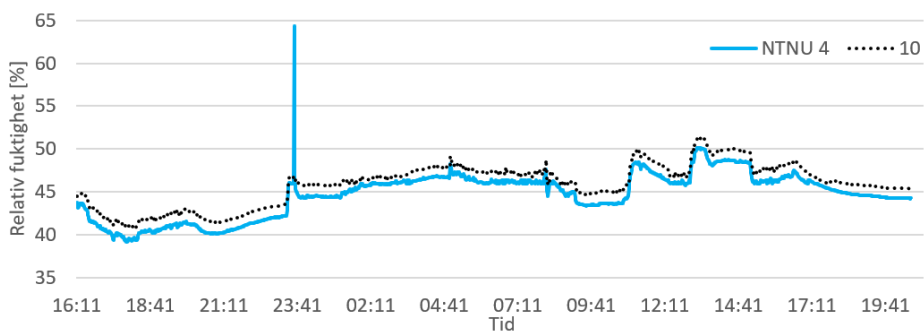
#### Hvordan trives du på skolen?

	Ja, oftest	Ja, iblant	Nei, sjeldent	Nei, aldri	Vet ikke
I timene?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I friminuttene?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du noen å være sammen med på skolen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

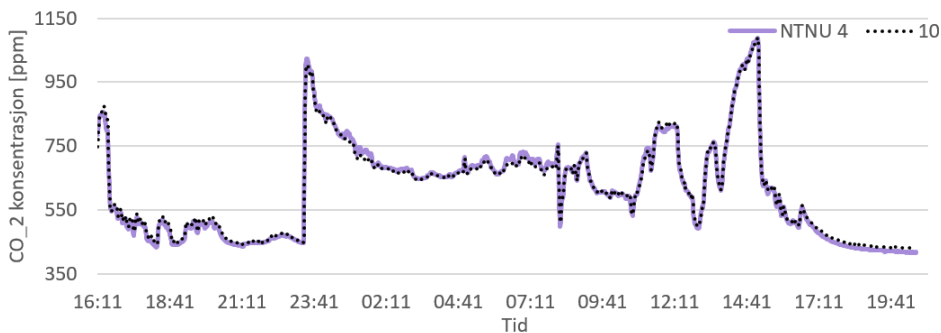
## G Kalibrering av Elma DT-802D



**Figur 7.1:** Målt temperatur ved bruk av to Elma instrumenter



**Figur 7.2:** Målt relativ fuktighet ved bruk av to Elma instrumenter



**Figur 7.3:** Målt CO<sub>2</sub> ved bruk av to Elma instrumenter

---

## H Værforhold

**Tabell 7.3:** Værforhold på Åsvang skole (Målestasjon 0,1 km unna)

Dato	Temperatur [°C]			Relativ fuktighet [%]	
	Min	Max	Gjennomsnitt	Min	Max
13.05.20	-1,0	3,2	0,6	68	96
14.05.20	-1,1	3,5	0,9	74	95
15.05.20	-0,2	4,2	1,2	78	96
16.05.20	-0,3	5,4	3,1	54	89
17.05.20	2,6	7,8	4,8	72	89
18.05.20	1,6	7,1	3,8	66	91
19.05.20	0,7	7,5	4,3	61	94
20.05.20	0,7	11,1	6,6	68	42

**Tabell 7.4:** Værforhold på Sofiemyr skole (Ljabruveien målestasjon 6 km unna)

Dato	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Gjennomsnitt
11.05.20	-2,8	12,6	4,4
12.05.20	-1,6	9,4	3,3
13.05.20	-3,1	13,6	4,7
14.05.20	-2,6	12,2	4,3
15.05.20	-0,3	14,8	7,1
16.05.20	0,8	10,8	6,8
17.05.20	2,2	15,8	8,9

---

**Tabell 7.5:** Værforhold på Greverud skole og Sofiemyr skole uke 23 (Blindern målestasjon, 23 km unna)

Dato	Temperatur [°C]		
	Min	Max	Gjennomsnitt
28.05.20	6,8	19,9	13,4
29.05.20	5,0	22,5	15,1
30.05.20	11,0	23,5	18,1
31.05.20	8,5	25,4	18,2
01.06.20	8,1	27,4	18,8
02.06.20	9,9	26,3	18,5
03.06.20	8,9	23,3	17,5
04.06.20	12,3	20,8	16,3

---

## I Kode for XGBoost baseline modell

```
1 #!/usr/bin/env python
2 # coding: utf-8
3
4
5 import pandas as pd
6 import numpy as np
7
8 df1 = pd.read_csv('hodepine.csv')
9
10
11 df1.head()
12
13 df1.shape
14
15 df1 = df1.replace('missing', np.nan)
16
17 df1 = df1.astype({'Eksem':'float', 'Allergi':'float', 'Astma':'float', 'Venner':'float', 'I friminuttene':'float', 'I timene':'float', 'Trekkt':'float', 'For varmt':'float', 'Variende temperatur':'float', 'For Kaldt':'float', 'Innestengt':'float', 'Torr luft':'float', 'Ubehagelig lukt':'float', 'Statisk Elektrisitet':'float', 'Stoy':'float', 'Stov og skitt':'float', 'Svak belysning':'float', 'Skarp belysning':'float', 'Skarp sol':'float', 'Varme fra solen':'float', 'Varme fra ovner':'float', 'Kaldt gulv':'float', 'Hodepine':'float'})
18
19 df1 = df1.dropna(subset=['Hodepine'], how='all')
20
21 df1 = df1.dropna(thresh=0)
22
23 def description(df1):
24     summary = pd.DataFrame(df1.dtypes, columns=['dtypes']) #get the type
25     summary['Missing'] = df1.isnull().sum().values #the count of missing value
26     summary['Uniques'] = df1.nunique().values #the count of non-unique value
27     summary['First Value'] = df1.iloc[0].values
28     summary['Second Value'] = df1.iloc[1].values
```



---

```

29     summary['Third Value'] = df1.iloc[2].values
30     return summary
31
32 description(df1)
33
34 df1.shape
35
36
37 # ## Method2: Using XGBClassifier
38
39 from xgboost.sklearn import XGBClassifier
40
41
42 from sklearn import model_selection
43 from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix,
44     f1_score, roc_auc_score, roc_curve
45 import matplotlib.pyplot as plt
46
47 X=df1.loc[:, 'Kjonn':'Kaldt gulv']
48 y = df1.loc[:, 'Hodepine']
49
50 x_train, x_test, y_train, y_test = model_selection.
51     train_test_split(X,y,test_size = 0.25, shuffle = True,
52     random_state = 1)
53
54
55
56 print('rate of train:', len(x_train)/len(X), '\n'
57     'rate of test :', len(x_test)/len(y))
58
59
60 XGB = XGBClassifier(n_estimators = 100, random_state = 1,
61     scale_pos_weight= (len(y_test)-y_test.sum())/(y_test.sum()))
62
63 XGB.fit(x_train,y_train)
64
65
66 f_importance_XGB = pd.DataFrame({'features':x_train.columns,
67     'feature_importances':XGB.
68     feature_importances_}).sort_values(by = 'feature_importances',
69     ascending = False)

```

---

---

```
64 f_importance_XGB
65
66
67 Y_pred_XGB = XGB.predict(x_test)
68
69
70 # ### Check the accuracy of the model
71
72 #overall accuracy of the model
73 accuracy_score(y_test, Y_pred_XGB)
74
75
76 #which is the dominating class?
77 y_test.value_counts()
78
79
80 #calculate the null accuracy of a stupid model
81 max(y_test.mean(), 1-y_test.mean())
82
83
84 #print the 25 first values
85 print ('True:', y_test.values[0:25])
86 print ('Pred:', Y_pred_XGB[0:25])
87
88
89 # ### Confusing matrix
90
91 confusion = confusion_matrix(y_test, Y_pred_XGB)
92 TP = confusion[1, 1]
93 TN = confusion[0, 0]
94 FP = confusion[0, 1]
95 FN = confusion[1, 0]
96 confusion
97
98
99 # Classification accuracy - how often is the classifier correct?
100 (TP + TN)/float(TP+TN+FP+FN)
101 #accuracy_score(y_test, Y_pred_XGB) - can also use this method
102
103
```

---

```
104 #Sensitivity or True positive rate - how sensitive is the
      classifier to detecting positive instances?
105 TP/float (TP+FN)
106
107
108 #Specificity - how specific is the classifier in predicting
      negative instances
109 TN/float (TN+FP)
110
111
112 #Precision - how precise the classifier is when prediction
      positive instances
113 TP/float (TP+FP)
114
115
116 #F-measure
117 f1_score(y_test, Y_pred_XGB)
118
119
120 # ### ROC curve
121
122
123 Y_score = XGB.predict_proba(x_test)[: ,1]
124
125
126 roc_auc_score(y_test, Y_score)
127
128
129 fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, Y_score)
130 plt.plot(fpr, tpr)
131 plt.xlim([0.0, 1.0])
132 plt.ylim([0.0, 1.0])
133 plt.title('ROC curve for the classifier')
134 plt.xlabel('False positive rate')
135 plt.ylabel('True positive rate')
136 plt.grid(True)
```

---

## J Kode for CatBoost baseline modell

```
1 #!/usr/bin/env python
2 # coding: utf-8
3
4
5 import pandas as pd
6 import numpy as np
7
8
9
10 df1 = pd.read_csv('hodepine.csv')
11
12
13 helseplage = 'Hodepine'
14
15
16 df1.head()
17
18
19 df1.shape
20
21
22 df1 = df1.replace('missing', np.nan)
23
24
25 df1 = df1.astype({'Eksem':'float', 'Allergi':'float', 'Astma':'float', 'Venner':'float', 'I friminuttene':'float', 'I timene':'float', 'Trekke':'float', 'For varmt':'float', 'Variende temperatur':'float', 'For Kaldt':'float', 'Innestengt':'float', 'Torr luft':'float', 'Ubehagelig lukt':'float', 'Statisk Elektrisitet':'float', 'Stoy':'float', 'Stov og skitt':'float', 'Svak belysning':'float', 'Skarp belysning':'float', 'Skarp sol':'float', 'Varme fra solen':'float', 'Varme fra ovner':'float', 'Kaldt gulv':'float', helseplage:'float'})
26
27
28 df1 = df1.dropna(subset=[helseplage], how='all')
29
30
31 df1 = df1.dropna(thresh=5)
```

---

```
32
33
34 def description(df1):
35     summary = pd.DataFrame(df1.dtypes, columns=['dtypes']) #get the
36     type
37     summary['Missing'] = df1.isnull().sum().values #the count of
38     missing value
39     summary['Uniques'] = df1.nunique().values #the count of non-
40     unique value
41     summary['First Value'] = df1.iloc[0].values
42     summary['Second Value'] = df1.iloc[1].values
43     summary['Third Value'] = df1.iloc[2].values
44     return summary
45
46 description(df1)
47
48 df1.shape
49
50 # # Method: CatBoostClassifier
51 #
52
53 from sklearn import model_selection
54 from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix,
55     roc_curve, roc_auc_score, f1_score
56 import matplotlib.pyplot as plt
57
58
59 X=df1.loc[:, 'Kjonn':'Varme fra ovner']
60 y = df1.loc[:, helseplage]
61
62
63
64 x_train, x_test, y_train, y_test = model_selection.
65     train_test_split(X,y,test_size = 0.25,shuffle = True,
66     random_state = 1)
```

---

```

67 print('rate of train:', len(x_train)/len(X), '\n'
68       'rate of test :', len(x_test)/len(y))
69
70
71 from catboost import CatBoostClassifier
72
73
74 cat_features = [0,1]
75
76
77 CatB = CatBoostClassifier(class_weights = [1, (len(y_test)-y_test.
78       sum())/ (y_test.sum())], learning_rate=0.5)
79
80 CatB.fit(x_train, y_train, cat_features, eval_set=(x_test,y_test),
81       use_best_model=True, plot=True)
82
83 Y_pred_CatB = CatB.predict(x_test)
84
85
86 preds_proba = CatB.predict_proba(x_test)
87
88
89 f_importance_CatB = pd.DataFrame({'features':x_train.columns,
90       'feature_importances':CatB.
91       feature_importances_}).sort_values(by = 'feature_importances',
92       ascending = False)
93
94 f_importance_CatB
95
96
97 # ### Confusion matrix
98
99 confusion = confusion_matrix(y_test, Y_pred_CatB)
100 TP = confusion[1, 1]
101 TN = confusion[0, 0]
102 FP = confusion[0, 1]
103 FN = confusion[1, 0]

```

---

---

```
104
105 #share of correctly guessed negatives
106 TN/(TN+FP)
107
108
109 #share of correctly guessed positives
110 TP/(TP+FN)
111
112
113 # Classification accuracy - how often is the classifier correct?
114 (TP + TN)/float(TP+TN+FP+FN)
115
116
117 #calculate the null accuracy of a stupid model
118 max(y_test.mean(), 1-y_test.mean())
119
120
121 # ### ROC curve
122
123
124 Y_score = CatB.predict_proba(x_test)[: ,1]
125
126
127 fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, Y_score)
128 plt.plot(fpr,tpr)
129 plt.xlim([0.0,1.0])
130 plt.ylim([0.0,1.0])
131 plt.title('ROC curve for Hodepine classifier')
132 plt.xlabel('False positive rate')
133 plt.ylabel('True positive rate')
134 plt.grid(True)
135
136
137 roc_auc_score(y_test, Y_score)
138
139
140 f1_score(y_test, Y_pred_CatB)
```

---

## K Kode for XGBoost forbedret modell

```
1 #!/usr/bin/env python
2 # coding: utf-8
3
4
5 import pandas as pd
6 import numpy as np
7
8
9 df1 = pd.read_csv('hodepine.csv')
10
11
12 helseplage = 'Hodepine'
13
14
15 df1.head()
16
17
18 df1.shape
19
20
21 df1 = df1.replace('missing', np.nan)
22
23
24 df1 = df1.astype({'Eksem':'float', 'Allergi':'float', 'Astma':'float', 'Venner':'float', 'I friminuttene':'float', 'I timene':'float', 'Trekkt':'float', 'For varmt':'float', 'Variende temperatur':'float', 'For Kaldt':'float', 'Innestengt':'float', 'Torr luft':'float', 'Ubehagelig lukt':'float', 'Statisk Elektrisitet':'float', 'Stoy':'float', 'Stov og skitt':'float', 'Svak belysning':'float', 'Skarp belysning':'float', 'Skarp sol':'float', 'Varme fra solen':'float', 'Varme fra ovner':'float', 'Kaldt gulv':'float', helseplage:'float'})
25
26
27 df1 = df1.dropna(subset=[helseplage], how='all')
28
29
30 def description(df1):
31     summary = pd.DataFrame(df1.dtypes, columns=['dtypes']) #get the
```



---

```

    type
32     summary['Missing'] = df1.isnull().sum().values #the count of
        missing value
33     summary['Uniques'] = df1.nunique().values #the count of non-
        unique value
34     summary['First Value'] = df1.iloc[0].values
35     summary['Second Value'] = df1.iloc[1].values
36     summary['Third Value'] = df1.iloc[2].values
37     return summary
38
39 description(df1)
40
41
42 X=df1.loc[:, 'Kjonn':'Kaldt gult']
43 y = df1.loc[:, helseplage]
44
45
46 #make a dataset of the lines that does not have any missing data
47 X_learn = df1.dropna(how='any')
48
49
50 X_learn = X_learn.loc[:, 'Kjonn':'Kaldt gult']
51
52
53 # ## Omgjoring av missing data
54
55
56 from sklearn.experimental import enable_iterative_imputer
57 from sklearn.impute import IterativeImputer
58
59
60 imp_mean = IterativeImputer(random_state=0)
61
62
63 imp_mean.fit(X_learn)
64
65
66 X_new = np.round(imp_mean.transform(X))
67
68
69 # ## Method: Using XGBClassifier

```

---

---

```

70 #
71
72
73 from xgboost.sklearn import XGBClassifier
74
75
76 from sklearn import model_selection
77 from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix,
78     f1_score, roc_curve, roc_auc_score
79 import matplotlib.pyplot as plt
80
81 x_train, x_test, y_train, y_test = model_selection.
82     train_test_split(X_new,y,test_size = 0.25,shuffle = True,
83     random_state = 1)
84
85 print('rate of train:',len(x_train)/len(X_new),'\n'
86     'rate of test :',len(x_test)/len(y))
87
88 XGB = XGBClassifier(n_estimators = 100,random_state = 1,
89     scale_pos_weight= (len(y_test)-y_test.sum())/ (y_test.sum()))
90
91 XGB.fit(x_train,y_train)
92
93
94 f_importance_XGB = pd.DataFrame({'features':X.columns,
95     'feature_importances':XGB.
96     feature_importances_}).sort_values(by = 'feature_importances',
97     ascending = False)
98
99 f_importance_XGB
100
101
102 Y_pred_XGB = XGB.predict(x_test)
103
104 #overall accuracy of the model
105 accuracy_score(y_test, Y_pred_XGB)

```

---

---

```

105
106 f1_score(y_test,Y_pred_XGB)
107
108
109 confusion = confusion_matrix(y_test, Y_pred_XGB)
110 TP = confusion[1, 1]
111 TN = confusion[0, 0]
112 FP = confusion[0, 1]
113 FN = confusion[1, 0]
114 confusion
115
116
117 #Sensitivity or True positive rate or recall - how sensitive is
    the classifier to detecting positive instances?
118 recall = TP/float(TP+FN)
119 recall
120
121
122 #Specificity - how specific is the classifier in predicting
    negative instances
123 TN/float(TN+FP)
124
125
126 # ## Hyperparameter Optimization
127
128
129 params = {
130     'learning_rate' : [0.05, 0.10, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3],
131     'max_depth' : [3,4,5,6,8,10,12,15],
132     'min_child_weight' : [1,3,5,7],
133     'gamma' : [0,0.1,0.2,0.3,0.4],
134     'colsample_bytree' : [0.3,0.4,0.5,0.7]
135 }
136
137
138 from sklearn.model_selection import RandomizedSearchCV
139
140
141 random_search = RandomizedSearchCV(XGB,param_distributions=params,
    n_iter=5,
142                                     scoring='roc_auc', n_jobs=1, cv=5,

```

---

---

```
        verbose=3, refit=True)
143
144
145 search = random_search.fit(x_train,y_train)
146
147
148 search.best_estimator_
149
150
151 search.best_params_
152
153
154 classifier = XGBClassifier(base_score=0.5, booster='gbtree',
        colsample_bylevel=1,
155         colsample_bynode=1, colsample_bytree=0.4, gamma=0.1,
156         learning_rate=0.05, max_delta_step=0, max_depth=10,
157         min_child_weight=7, missing=None, n_estimators=100,
        n_jobs=1,
158         nthread=None, objective='binary:logistic',
        random_state=1,
159         reg_alpha=0, reg_lambda=1, scale_pos_weight
        =4.519337016574585,
160         seed=None, silent=None, subsample=1, verbosity=1)
161
162
163 from sklearn.model_selection import cross_val_score
164 score = cross_val_score(classifier, x_train,y_train, cv=10)
165 score
166
167
168 score.mean()
169
170
171 # ### Train model with training and validation data
172
173
174 classifier.fit(x_train,y_train)
175
176
177 f_importance = pd.DataFrame({'features':X.columns,
178                             'feature_importances':classifier.
```

---

```
feature_importances_)).sort_values(by = 'feature_importances',
    ascending = False)
179 f_importance
180
181
182 Y_pred = classifier.predict(x_test)
183
184
185 # ### Check the accuracy of the model
186
187
188 #overall accuracy of the model
189 accuracy_score(y_test, Y_pred)
190
191
192 #which is the dominating class?
193 y_test.value_counts()
194
195
196 #calculate the null accuracy of a stupid model
197 max(y_test.mean(), 1-y_test.mean())
198
199
200 # ### Confusing matrix
201
202
203 confusion = confusion_matrix(y_test, Y_pred)
204 TP = confusion[1, 1]
205 TN = confusion[0, 0]
206 FP = confusion[0, 1]
207 FN = confusion[1, 0]
208 confusion
209
210
211 #Sensitivity or True positive rate or recall - how sensitive is
    the classifier to detecting positive instances?
212 recall = TP/float(TP+FN)
213 recall
214
215
216 #Specificity - how specific is the classifier in predicting
```

---

```
    negative instances
217 TN/float(TN+FP)
218
219
220 f1_score(y_test,Y_pred)
221
222
223 # ## ROC curve
224
225
226 Y_score = classifier.predict_proba(x_test)[:,1]
227
228
229 fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, Y_score)
230 plt.plot(fpr,tpr)
231 plt.xlim([0.0,1.0])
232 plt.ylim([0.0,1.0])
233 plt.title('ROC curve for the classifier')
234 plt.xlabel('False positive rate')
235 plt.ylabel('True positive rate')
236 plt.grid(True)
237
238
239 roc_auc_score(y_test, Y_score)
```

---

## L Kode for CatBoost forbedret modell

```
1 #!/usr/bin/env python
2 # coding: utf-8
3
4
5 import pandas as pd
6 import numpy as np
7
8
9 df1 = pd.read_csv('hodepine.csv')
10
11
12 helseplage = 'Hodepine'
13
14
15 df1.head()
16
17
18 df1.shape
19
20
21 df1 = df1.replace('missing', np.nan)
22
23
24 df1 = df1.astype({'Eksem':'float', 'Allergi':'float', 'Astma':'float', 'Venner':'float', 'I friminuttene':'float', 'I timene':'float', 'Trekkt':'float', 'For varmt':'float', 'Variende temperatur':'float', 'For Kaldt':'float', 'Innestengt':'float', 'Torr luft':'float', 'Ubehagelig lukt':'float', 'Statisk Elektrisitet':'float', 'Stoy':'float', 'Stov og skitt':'float', 'Svak belysning':'float', 'Skarp belysning':'float', 'Skarp sol':'float', 'Varme fra solen':'float', 'Varme fra ovner':'float', 'Kaldt gulv':'float', helseplage:'float'})
25
26
27 df1 = df1.dropna(subset=[helseplage], how='all')
28
29
30 def description(df1):
31     summary = pd.DataFrame(df1.dtypes, columns=['dtypes']) #get the
```

---

```

    type
32     summary['Missing'] = df1.isnull().sum().values #the count of
        missing value
33     summary['Uniques'] = df1.nunique().values #the count of non-
        unique value
34     summary['First Value'] = df1.iloc[0].values
35     summary['Second Value'] = df1.iloc[1].values
36     summary['Third Value'] = df1.iloc[2].values
37     return summary
38
39 description(df1)
40
41
42 X=df1.loc[:, 'Kjonn':'Kaldt gult']
43 y = df1.loc[:, helseplage]
44
45
46 #make a dataset of the lines that does not have any missing data
47 X_learn = df1.dropna(how='any')
48
49
50 X_learn = X_learn.loc[:, 'Kjonn':'Kaldt gult']
51
52
53 # ## Omgjoring av missing data
54
55
56 from sklearn.experimental import enable_iterative_imputer
57 from sklearn.impute import IterativeImputer
58
59
60 imp_mean = IterativeImputer(random_state=0)
61
62
63 imp_mean.fit(X_learn)
64
65
66 X_new = np.round(imp_mean.transform(X))
67
68
69 dataset = pd.DataFrame({'Kjonn': X_new[:,0], 'Klassetrinn': X_new

```

---



---

```

[:,1], 'Eksem':X_new[:,2], 'Allergi':X_new[:,3], 'Astma':X_new
[:,4], 'Venner':X_new[:,5], 'I friminuttene':X_new[:,6], 'I
timene':X_new[:,7], 'Trekke':X_new[:,8], 'For varmt':X_new
[:,9], 'Variende temperatur':X_new[:,10], 'For Kaldt':X_new
[:,11], 'Innestengt':X_new[:,12], 'Torr luft':X_new[:,13], '
Ubehagelig lukt':X_new[:,14], 'Statisk Elektrisitet':X_new
[:,15], 'Stoy':X_new[:,16], 'Stov og skitt':X_new[:,17], 'Svak
belysning':X_new[:,18], 'Skarp belysning':X_new[:,19], 'Skarp
sol':X_new[:,20], 'Varme fra solen':X_new[:,21], 'Varme fra
ovner':X_new[:,22], 'Kaldt gulv':X_new[:,23]})
70 dataset
71
72
73 dataset = dataset.astype({'Kjonn':'int','Klassetrinn':'int','Eksem
':'int', 'Allergi':'int', 'Astma':'int', 'Venner':'int', 'I
friminuttene':'int', 'I timene':'int', 'Trekke':'int', 'For
varmt':'int', 'Variende temperatur':'int', 'For Kaldt':'int',
'Innestengt':'int', 'Torr luft':'int', 'Ubehagelig lukt':'int',
'Statisk Elektrisitet':'int', 'Stoy':'int', 'Stov og skitt':
'int', 'Svak belysning':'int', 'Skarp belysning':'int', 'Skarp
sol':'int', 'Varme fra solen':'int', 'Varme fra ovner':'int',
'Kaldt gulv':'int'})
74
75
76 y = y.astype({'helseplage':'int'})
77
78
79 # ## Method: Using CatBoostClassifier
80 #
81
82
83 from catboost import CatBoostClassifier
84
85
86 from sklearn import model_selection
87 from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix,
f1_score, roc_curve, roc_auc_score
88 import matplotlib.pyplot as plt
89
90
91 x_train, x_test, y_train, y_test = model_selection.

```

---

---

```

    train_test_split(dataset,y,test_size = 0.25,shuffle = True,
        random_state = 1)
92
93
94 print('rate of train:',len(x_train)/len(X),'\n'
95       'rate of test :',len(x_test)/len(y))
96
97
98 cat_features = [0,1]
99
100
101 CatB = CatBoostClassifier(class_weights = [1, (len(y_test)-y_test.
102       sum()/(y_test.sum()))],learning_rate=0.5)
103
104 CatB.fit(x_train, y_train, cat_features, eval_set=(x_test,y_test),
105       use_best_model=True, plot=True)
106
107 Y_pred_CatB = CatB.predict(x_test)
108
109
110 preds_proba = CatB.predict_proba(x_test)
111
112
113 f_importance_CatB = pd.DataFrame({'features':X.columns,
114       'feature_importances':CatB.
115       feature_importances_}).sort_values(by = 'feature_importances',
116       ascending = False)
117
118 f_importance_CatB
119
120
121 accuracy_score(y_test,Y_pred_CatB)
122
123
124 # ### Check the accuracy of the model
125
126 #which is the dominating class?
127 y_test.value_counts()

```

---

---

```
127
128 #calculate the null accuracy of a stupid model
129 max(y_test.mean(), 1-y_test.mean())
130
131
132 # ### Confusing matrix
133
134
135 confusion = confusion_matrix(y_test, Y_pred_CatB)
136 TP = confusion[1, 1]
137 TN = confusion[0, 0]
138 FP = confusion[0, 1]
139 FN = confusion[1, 0]
140 confusion
141
142
143 # Classification accuracy - how often is the classifier correct?
144 (TP + TN)/float(TP+TN+FP+FN)
145 #accuracy_score(y_test, Y_pred_XGB) - can also use this method
146
147
148 #Sensitivity or True positive rate or recall - how sensitive is
    the classifier to detecting positive instances?
149 TP/float(TP+FN)
150
151
152 #Specificity - how specific is the classifier in predicting
    negative instances
153 TN/float(TN+FP)
154
155
156 f1_score(y_test, Y_pred_CatB)
157
158
159 # ## ROC curve
160
161
162 Y_score = CatB.predict_proba(x_test)[: ,1]
163
164
165 fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, Y_score)
```

---

```
166 plt.plot(fpr, tpr)
167 plt.xlim([0.0, 1.0])
168 plt.ylim([0.0, 1.0])
169 plt.title('ROC curve for the classifier')
170 plt.xlabel('False positive rate')
171 plt.ylabel('True positive rate')
172 plt.grid(True)
173
174
175 roc_auc_score(y_test, Y_score)
```

