

Energibruk i ishaller

Rasmus Rørholt Theisen

Trondheim/Oslo, juni 2022



Sammendrag

Ishaller med produksjon av kunstis krever mye energi, og i Norge finnes det omkring 50 slike ishaller. Et stort sprik i energiforbruk mellom ishallene indikerer at en stor andel av ishallene potensielt kan spare mye energi. Dette prosjektet, i regi av Senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT), søker å kartlegge energibruken i norske ishaller og se på hvilke faktorer som påvirker dette, samt å diskutere mulighetene for videre forskning på området.

Energiforbruket i 17 norske ishaller har i 2021 blitt kartlagt ved hjelp at et spørreskjema som ble sendt ut til ishallene. Resultatene viser at årlig energiforbruk i ishallene varierer mellom 650 og 2 243 MWh, med et gjennomsnitt på 1 278 MWh. Dette er noe høyere enn gjennomsnittet for svenske ishaller som er på 1 091 MWh (Rogstam, Dahlberg, & Hjert, 2011). Nøkkeltallet *spesifikt energiforbruk* tar hensyn til variasjoner i islagt areal og brukstid slik at sammenligning av ishallene blir mer rettferdig. Ishallenes spesifikke energiforbruk varierer mellom 0,09 og 0,49 kWh/(m²•h) og er i gjennomsnitt på 0,22 kWh/(m²•h).

I tillegg til datainnsamlingen med spørreskjemaet, ble det for enkelte av analysene også benyttet data om ishalls energiforbruk fra tidligere kartlegginger gjort av SIAT. I gjennomsnitt har ishaller bygget etter år 2000 et lavere energiforbruk, og ishaller med stor publikumskapasitet har et høyere energiforbruk, sammenlignet med en gjennomsnittlig ishall. Resultatene kan også tyde på en sammenheng mellom høyt vannforbruk og høyt energiforbruk. Med datagrunnlaget som er tilgjengelig i dette prosjektet er det ikke mulig å påvise en sammenheng mellom energiforbruk og romtemperatur eller brukstid, selv om det er naturlig å anta at slike sammenhenger finnes. For å finne disse vil det være nødvendig med videre kartlegging.

Selv om det er mulig å finne sammenhenger mellom energiforbruk og faktorer som vannforbruk, byggeår og publikumskapasitet, er det hele tiden store forskjeller mellom enkelthaller. Disse kan forklares med forskjeller i de tekniske systemene og hvor godt disse fungerer. Gode tekniske løsninger for kjøling, oppvarming, avfukting og ventilasjon, som er tilpasset hverandre, ishalls bruk og lokalt klima er derfor sentralt for å sikre lavt energiforbruk i ishaller.

Innhold

Sammendrag.....	3
Innhold	5
1 Innledning.....	7
1.1 Ishaller og energibruk.....	7
1.2 Om dette prosjektet.....	7
2 Teori	8
2.1 Kilder til energiforbruk.....	8
2.1.1 Kjøleanlegg	8
2.1.2 Oppvarming.....	8
2.1.3 Avfukting	8
2.1.4 Andre kilder til energiforbruk	10
2.2 Tidligere kartlegging av energibruk i ishaller	11
2.2.1 Stoppsladd	11
2.2.2 SIAT	11
2.3 Tiltak for energisparing i ishaller	13
2.3.1 Varmegjenvinning.....	13
2.3.2 Redusert romtemperatur	13
2.3.3 Behovsstyrt ventilasjon med varmeveksler.....	13
2.3.4 Isolert og tett bygningskropp.....	14
2.3.5 Avfukting som styres etter duggpunkt	14
2.3.6 Reflekterende folie i tak	14
2.3.7 LED-belysning	15
2.3.8 Mer effektiv kompressordrift	15
2.3.9 Behovsstyring.....	16
2.3.10 Tilpasning og drift.....	16
2.3.11 Energisparing i Stoppsladd.....	16
3 Metode.....	18
3.1 Utforming av spørreskjema	18
3.2 Datainnsamling fra ishallene	18
3.3 Analyser.....	19

3.3.1	Nøkkeltall	19
3.3.2	Kategorisering av ishaller.....	20
3.4	Usikkerhet.....	21
4	Resultater.....	22
4.1	Totalt energibruk og energibruk per areal isflate	22
4.2	Spesifikt energiforbruk	23
4.3	Energibruk og tribunekapasitet.....	24
4.4	Byggeperiode.....	25
4.5	Energibruk og brukstid	26
4.6	Energibruk og romtemperatur	27
4.7	Energiforbruk og vannforbruk.....	28
5	Diskusjon.....	29
5.1	Klimakorrigerings	29
5.2	Klimatilpasning av ishaller.....	30
5.3	Nøkkeltall	31
5.3.1	Areal	31
5.3.2	Brukstimer og sesonglengde	31
5.4	Målinger og oversikt over energiforbruk.....	32
6	Konklusjon	33
6.1	Konklusjon.....	33
6.2	Videre forskning.....	34
6.2.1	Større utvalg	34
6.2.2	Grundigere datainnsamling per ishall	34
6.2.3	Analyse av enkelthaller	34
6.2.4	Klimakorrigerings og nøkkeltall.....	35
Kilder.....		36
Vedlegg A: Spørreskjema		37
Vedlegg B: Infoskriv om spørreskjema		38

1 Innledning

1.1 Ishaller og energibruk

I Norge finnes det omkring 50 ishaller med anlegg for produksjon av kunstis. Slike haller er svært energikrevende fordi isflaten må kjøles ned, samtidig som romtemperaturen i hallen skal være behagelig for brukerne. I tillegg må luften avfuktes for å unngå kondens inne i ishallen og preparering av isflaten krever store mengder varmtvann. Ishallprosjektet Stoppsladd i Sverige har kartlagt energiforbruket i 102 svenske ishaller, og kom fram til at en gjennomsnittlig ishall totalt bruker rundt 1 000 MWh elektrisitet og fjernvarme per år (Rogstam et al., 2011). Spriket i energiforbruk mellom de svenske ishallene var stort, noe som indikerer et stort potensial for å redusere energiforbruket.

1.2 Om dette prosjektet

Dette prosjektet har til hensikt å kartlegge energibruken i norske ishaller. Et godt datasett er essensielt i arbeidet med å redusere energiforbruket i ishaller. Det kan avdekke ishaller som bruker mer energi enn forventet, slik at årsakene til dette kan undersøkes og tiltak iverksettes. Prosjektet ønsker også å kartlegge ishallenes mest energikrevende systemer, som kjøleanlegg og avfuktingsanlegg, samt andre faktorer som kan påvirke ishallenes energiforbruk. Slik blir det lettere å vurdere hvilke energisparingstiltak som har størst effekt. Et tredje mål med prosjektet, og trolig det viktigste, er å diskutere mulighetene for og nødvendigheten av videre forskning på området.

Prosjektet har foregått ved Senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT) som en del av prosjektet «Gode idrettsanlegg». SIAT er tilknyttet Institutt for Bygg- og miljøteknikk ved NTNU og har til oppgave å «gjennom forskning, utdanning og formidling å bringe fram forskningsbasert kunnskap og teknologiske løsninger innenfor idrettsanlegg og idrettsteknologi til det beste for idretten og samfunnet.» (Senter for idrettsanlegg og teknologi, u.å.). Prosjektet har blitt gjennomført våren 2021 med et omfang på omkring 100 arbeidstimer og slutført i juni 2022.

I kapittel 2 presenteres litt teori om hva som bruker energi i en ishall, tidligere forskning på området og mulige tiltak for å redusere energibruken i ishaller. Deretter følger kapittel 3 med en beskrivelse av hvordan datainnsamlingen for dette prosjektet har foregått samt usikkerheten til de innsamlede dataene. Resultatene presenteres i kapittel 4. Her drøftes også ulike momenter ved resultatene. Rapporten avsluttes med kapittel 5 der muligheter for videre arbeid diskuteres.

2 Teori

2.1 Kilder til energiforbruk

2.1.1 Kjøleanlegg

En vanlig ishall består av et stort rom, selve hallen, med en islagt bane og eventuelle tribuner. Som regel er det også andre rom i bygningen, som garderober, kafeteria, møterom, lager osv. Banen kjøles ned ved at kald kjølevæske sirkulerer i rør i banedekket som vanligvis er av betong. Et kjøleanlegg med en eller flere kompressorer fjerner varme fra kjølevæsken slik at denne holder tilstrekkelig lav temperatur. De fleste ishaller har et eget kjøleanlegg, men det er også mulig å få kjøling fra eksterne kilder (fjernkjøling).

2.1.2 Oppvarming

I tillegg til kjøling trenger en ishall også oppvarming. (Enkelte treningshaller, kaldhaller, har ikke oppvarming. Dette diskuteres videre i kapittel 5.2). Isdekket og kjølingen av denne sørger for lave lufttemperaturer like over banen. Av hensyn til publikums komfort ønsker en gjerne å ha høyere lufttemperatur på tribunene. Varmeoverføring mellom tribunene og banen øker behovet både for kjøling og oppvarming, og større forskjell i lufttemperatur mellom bane og tribune gir større varmeoverføring. Det finnes strategier for å holde kald luft over banen separert fra varm luft på tribunene, men dette utdypes ikke nærmere i denne rapporten. Resten av bygningen krever også oppvarming slik at den kan holde normal romtemperatur. Oppvarming i en ishall kan, som for andre typer bygninger, gjøres på flere måter. For eksempel oppvarming av ventilasjonsluft, radiatorer, varmelamper eller gulvvarme. I tillegg kreves det varme til oppvarming av varmtvann til garderober og ispreparering.

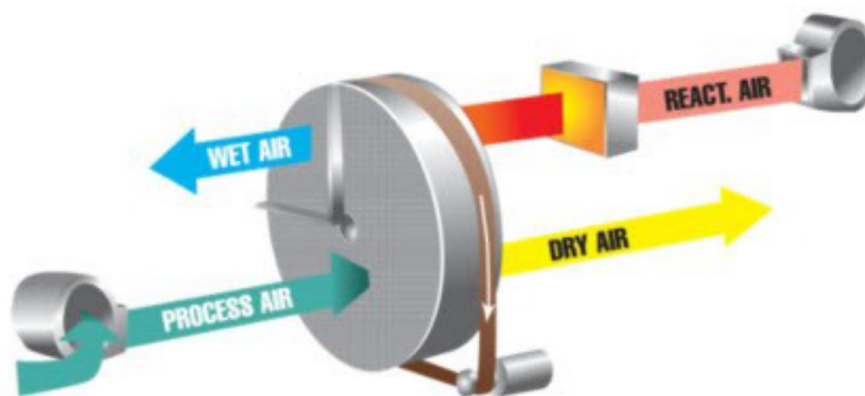
Varmebehovet i norske ishaller dekkes hovedsakelig på tre måter: fjernvarme, elektrisitet og varmegjenvinning fra kjøleanlegget. Kjøleanlegg avgir varme som kan, og bør, brukes framfor å dumpes til omgivelsene. Ofte kan dette brukes til å dekke store deler av en ishalls oppvarmingsbehov.

2.1.3 Avfukting

Avfukting er en annen kilde til energiforbruket i ishaller. Fuktighet kan komme fra spillere, ispreparering og luftlekkasje inn i hallen, og i de lave temperaturene som er i ishaller er det fare

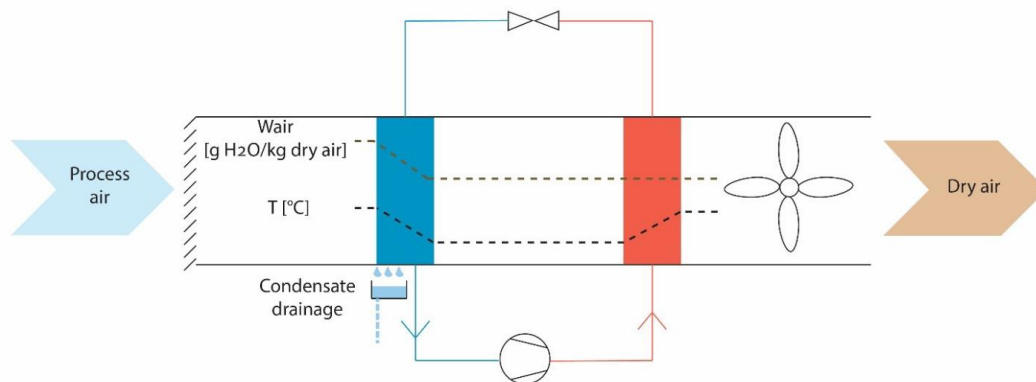
for at fuktigheten kondenserer. Luftas duggpunkt angir ved hvilken temperatur konens vil dannes. Vi ønsker derfor å ha et duggpunkt som er lavere enn temperaturene i ishallen. Dette kan vi oppnå ved å fjerne fuktighet fra lufta (avfukting) slik at duggpunktet blir lavere. To forskjellige metoder for avfukting benyttes i norske ishaller, sorpsjonsavfukting og kjøleavfukting.

Sorpsjonsavfukting fungerer ved at luften blåses gjennom et materiale som absorberer fuktigheten. Deretter tørkes det fuktabsorberende materialet med varm regenereringsluft. Figur 1 viser en avfukter med roterende sorpsjonshjul. Sorpsjonsavfukting fungerer effektivt også ved lave temperaturer og et duggpunkt under 0 °C (Rogstam, Pomerancevs, Bolteau, & Grönqvist, 2017b). Det største energiforbruket til en sorpsjonsavfukter er oppvarming av regenereringsluft. En energibesparende løsning kan derfor være å bruke overskuddsvarme fra ishallens kjøleanlegg til dette.



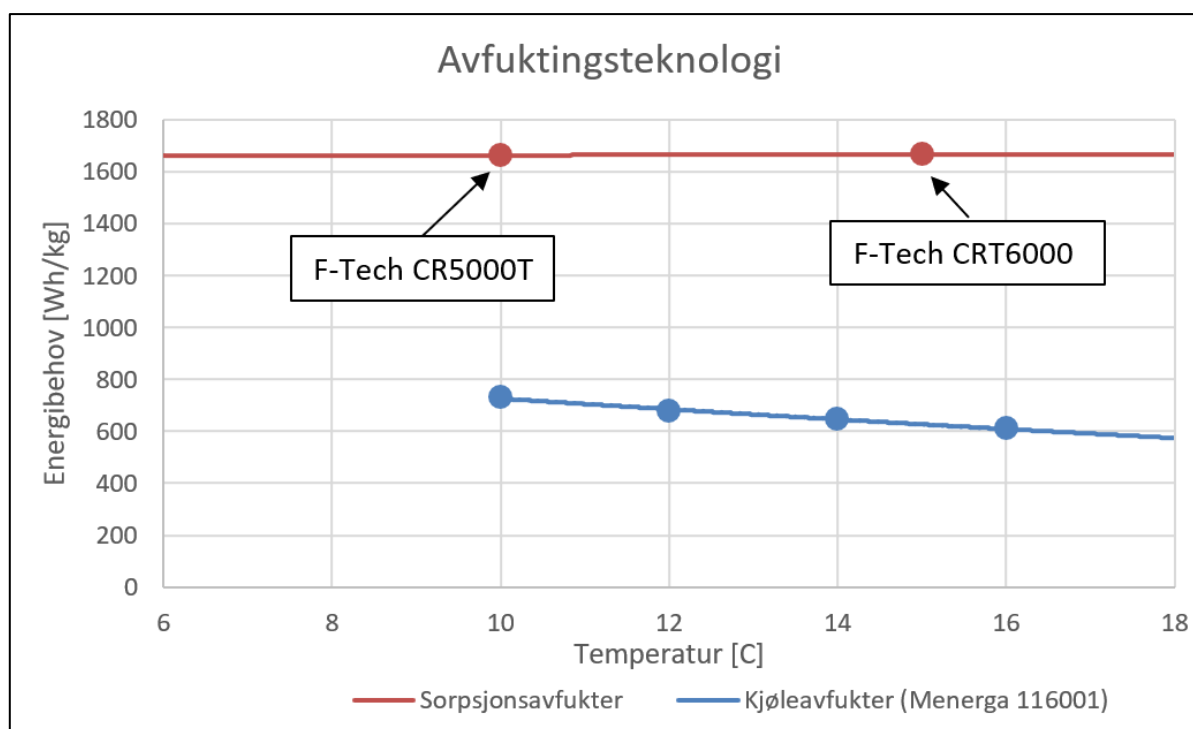
Figur 1: Roterende sorpsjonsavfukter (Rogstam et al., 2017b).

Kjøleavfuktere virker ved å kjøle ned luft slik at fuktighet kondenserer og kan fjernes, før lufta varmes opp igjen. Dette kan gjøres ved å brukes varm- og kalidsiden på en varmepumpe (direkte kjøleavfukting) slik som vist på figur 2. En annen mulighet er å benytte ishallens kjøle- og varmeanlegg (indirekte kjøleavfukting). I så fall må en passe på at kjølekapasiteten er stor nok, ettersom behovet både behovet for avfukting og kjøling er størst når utetemperaturen er høy. Kjøleavfuktere fungerer dårlig dersom romtemperaturen i en ishall er lav, fordi fuktigheten som kondenserer fryser til is. Dette krever avising, noe som gjør at avfukteren blir lite effektiv. Et duggpunkt på ca 5 °C er en nedre grense for hvor kjøleavfuktere anses å kunne operere effektivt (Rogstam et al., 2017b). Ved høyere romtemperaturer kan kjøleavfukting være veldig effektivt.



Figur 2: Direkte kjøleavfukter (Rogstam et al., 2017b).

Figur 3 viser energibehovet for en sorpsjonsavfukter og en kjøleavfukter per kilo kondensat. Verdiene er hentet fra produsentenes egne tabeller. Merk at tallene ikke nødvendigvis er representative for alle sorpsjons- og kjøleavfuktere. Figuren viser at fra en romtemperatur på 10 °C og høyere har kjøleavfukteren et energibehov under 50 % av sorpsjonsavfukteren.



Figur 3: Energibehov sorpsjons- og kjøleavfukting.

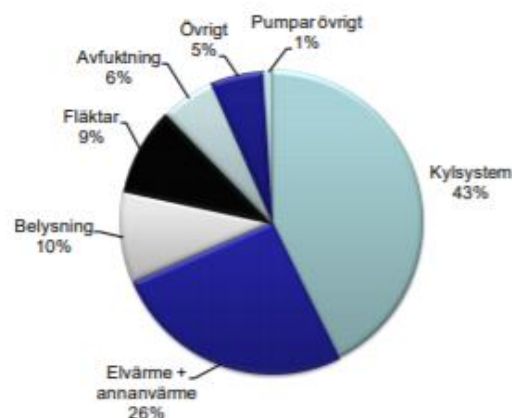
2.1.4 Andre kilder til energiforbruk

Belysning, vifter, pumper og diverse andre kilder bidrar også til ishallenes energiforbruk.

2.2 Tidligere kartlegging av energibruk i ishaller

2.2.1 Stoppsladd

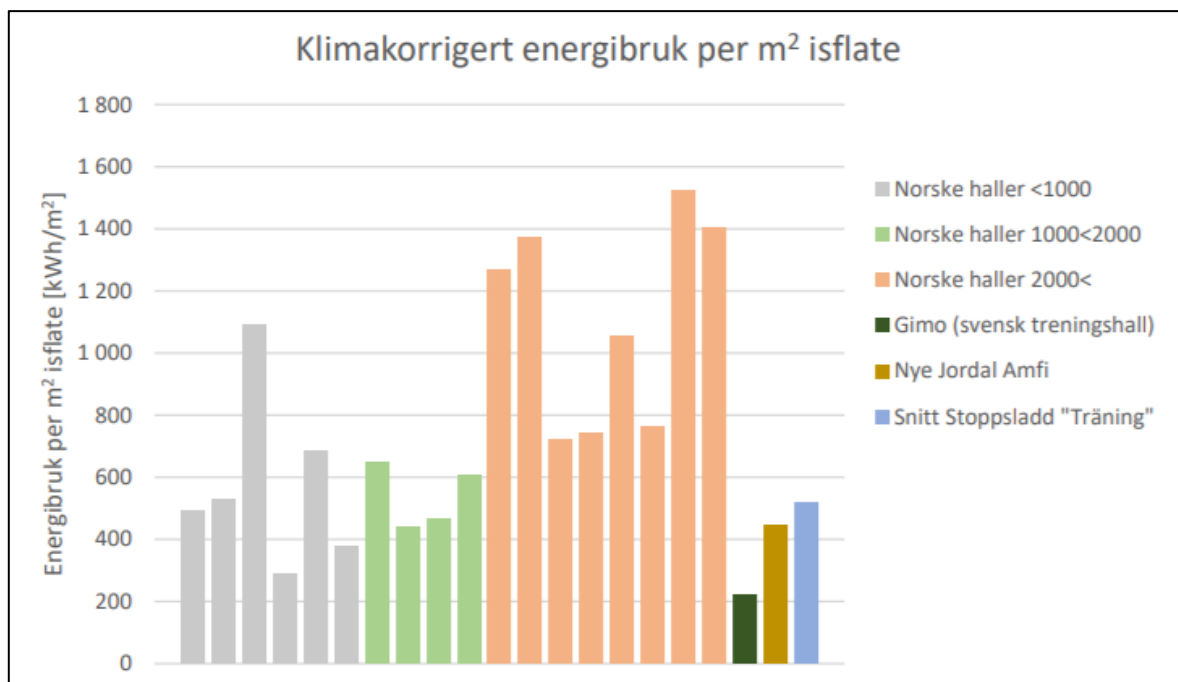
Som en del av det svenske ishallprosjektet Stoppsladd, som varte fra 2009 til 2014, ble det gjort en grundig datainnsamling av energiforbruket i 102 svenske ishaller. Både ishallenes totale energiforbruk og andelen av energibruk til de ulike prosessene i ishallene ble kartlagt (se figur 4). Det ble vist at kjøleanlegg og oppvarming står for størstedelen av energiforbruket i ishaller, og for de kartlagte ishallene var andelene på henholdsvis 43 % og 26 %. Ishallene hadde et gjennomsnittlig totalforbruk på 1 091 MWh per år. Publikasjoner og ytterligere informasjon om prosjektet finnes på denne nettsiden: <http://www.stoppsladd.se/index.php>.



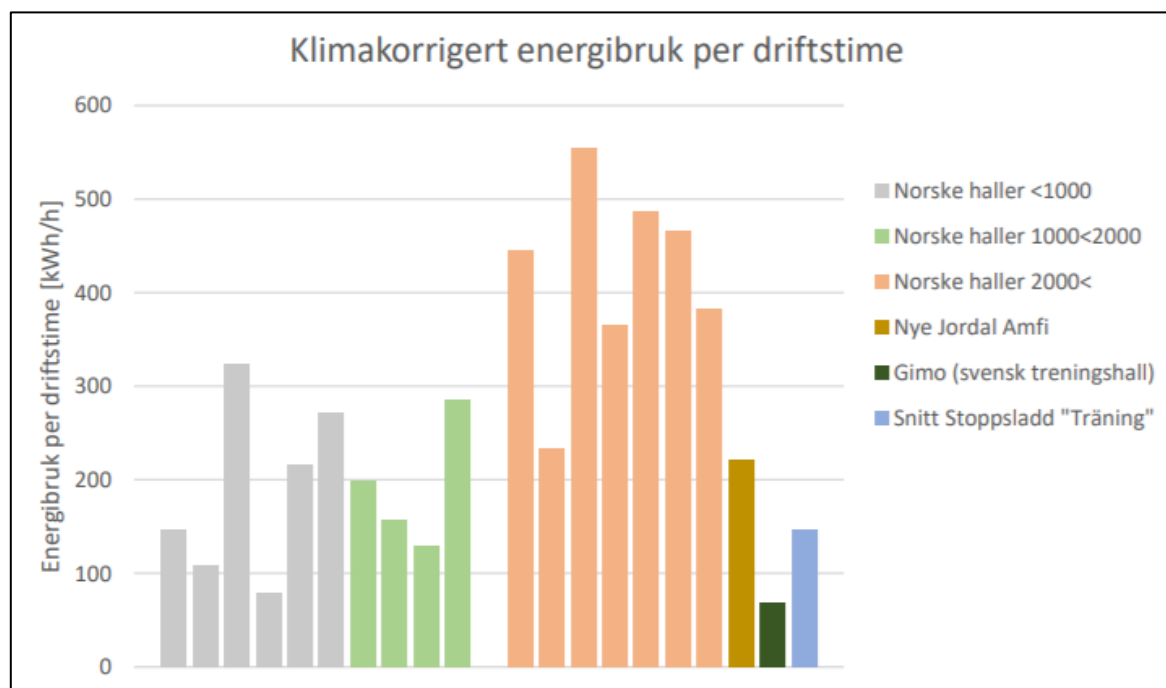
Figur 4: Fordeling av energibruk i en svensk gjennomsnittshall, hentet fra Stoppsladd (Rogstam & Hjert, 2010).

2.2.2 SIAT

Det finnes fra før ingen fullstendig oversikt over energiforbruket i norske ishaller. SIAT publiserte i 2018 et notat med klimakorrigert energiforbruk i 18 norske ishaller (Senter for idrettsanlegg og teknologi, 2018), delvis basert på datainnsamling gjort av (Andersen & Rangul, 2015). Resultatene ble sortert etter tribunekapasiteten til ishallene og presentert både som klimakorrigert årlig energiforbruk per kvm isflate, og klimakorrigert energiforbruk per brukstime. Resultatene er gjengitt i Figur 5 og 6. Som man kan se er variasjonene mellom ishallene store, med energibruk fra ca. 300–1 500 kWh/m² isflate.



Figur 5: Energiforbruk per areal isflate (Senter for idrettsanlegg og teknologi, 2018).



Figur 6: Energiforbruk per driftstunde (Senter for idrettsanlegg og teknologi, 2018).

2.3 Tiltak for energisparing i ishaller

2.3.1 Varmegjenvinning

Varmegjenvinning er kanskje det viktigste enkelttiltaket for å spare energi i en ishall. Kondensatoren i kjølesystemet til en ishall avgir varme, og denne bør utnyttes. Varmegjenvinning kan kraftig redusere behovet for annen type oppvarming. Nøyaktig hvor mye av en ishalls oppvarmingsbehov som kan dekkes av varmegjenvinning varierer fra hall til hall. SIAT har tidligere undersøkt to norske ishaller og konkludert med at for disse hallene kan tilnærmet hele oppvarmingsbehovet dekkes av varmegjenvinning. Ifølge Stoppsladd er det et forsiktig anslag å anta at i gjennomsnitt kan minst halvparten av oppvarmingsbehovet til en ishall dekkes av varmegjenvinning, og at denne kan senke en ishalls totale energiforbruk med opptil 25 % (Rogstam & Hjert, 2010). Stoppsladd viste også at i 2011 manglet nesten 40 % av svenske ishaller varmegjenvinning.

Varmer kreves flere steder i en ishall, og kravene til temperatur varierer. Det kan være oppvarming av rom, oppvarming av tappevann, varme til smeltegropp, avfuktingsanlegg, undervarme osv. Det er mange ulike løsninger for varmegjenvinning som kan spare energi, men hva som er den beste løsningen kan variere fra hall til hall.

2.3.2 Redusert romtemperatur

Ved å senke romtemperaturen i hallen minsker varmeoverføringen mellom isflaten og resten av hallen. Dette kan redusere behovet for både kjøling og oppvarming. Tribunene ofte det stedet i ishallen som varmes opp mest, noe som krever mye energi. Å senke temperaturen på tribunene kan derfor spare energi. Det er også en stor fordel å behovsstyre oppvarmingen av tribuner, ettersom det kun er publikum der en liten del hallenes åpningsstid. Om man skal endre temperaturen i en ishall er det viktig å tenke på hvordan dette påvirker de andre systemene, for eksempel avfukting. Hvis ikke kan man risikere at det man sparer på redusert oppvarming brukes opp av andre systemer som fungerer dårligere.

2.3.3 Behovsstyrt ventilasjon med varmeveksler

Ettersom antall personer som oppholder seg i en ishall kan variere mye, vil også behovet for ventilasjon variere tilsvarende. Gammeldagse anlegg gir konstant mengde ventilasjon, slik at man ikke kan følge behovet og resultatet blir mye unødvendig ventilasjon. Dette gir i seg selv unødvendig energibruk fra ventilasjonsanlegget, men også økt behov for oppvarming eller

kjøling avhengig av utetemperaturen. Også behovet for avfukting øker ettersom uteluften som regel er fuktigere enn inneluften. Behovsstyring etter CO₂-nivået i ishallen er en god og effektiv metode. Det sikrer god kvalitet på inneluften, samtidig som unødvendig ventilasjon minimeres. En varmeveksler på ventilasjonsanlegget er viktig for å sikre at ventilasjonsluften som går inn i ishallen har riktig temperatur, men slike varmevekslere krever vedlikehold og jevnlig rengjøring. Gjøres ikke dette kan det økte energibehovet i en ishall med 60–75 MWh årlig (Shirvani & Youssef, 2018).

2.3.4 Isolert og tett bygningskropp

En tett og isolert bygningskropp gir mindre behov for oppvarming og kjøling, avhengig av utetemperaturen. Det gjør det også lettere å holde optimal temperatur i hallen, ved at forholdene utenfor hallen i mindre grad får påvirke. En tett bygningskropp med lite luftinfiltrasjon vil også redusere behovet for avfukting. Luftlekkasje er den største fuktkilden i ishaller (Rogstam, Pomerancevs, Bolteau, & Grönqvist, 2017a). Dette gjelder spesielt ved høye utetemperaturer og høy luftfuktighet. Enkle, men effektive tiltak mot luftlekkasje kan være noe så enkelt som å unngå at dører står åpne mellom rom med ulik temperatur og å tette sprekker rundt dørene. En lite tett utgangsdør kan resultere i et økt årlig energibehov på 5 MWh (Shirvani & Youssef, 2018).

2.3.5 Avfukting som styres etter duggpunkt

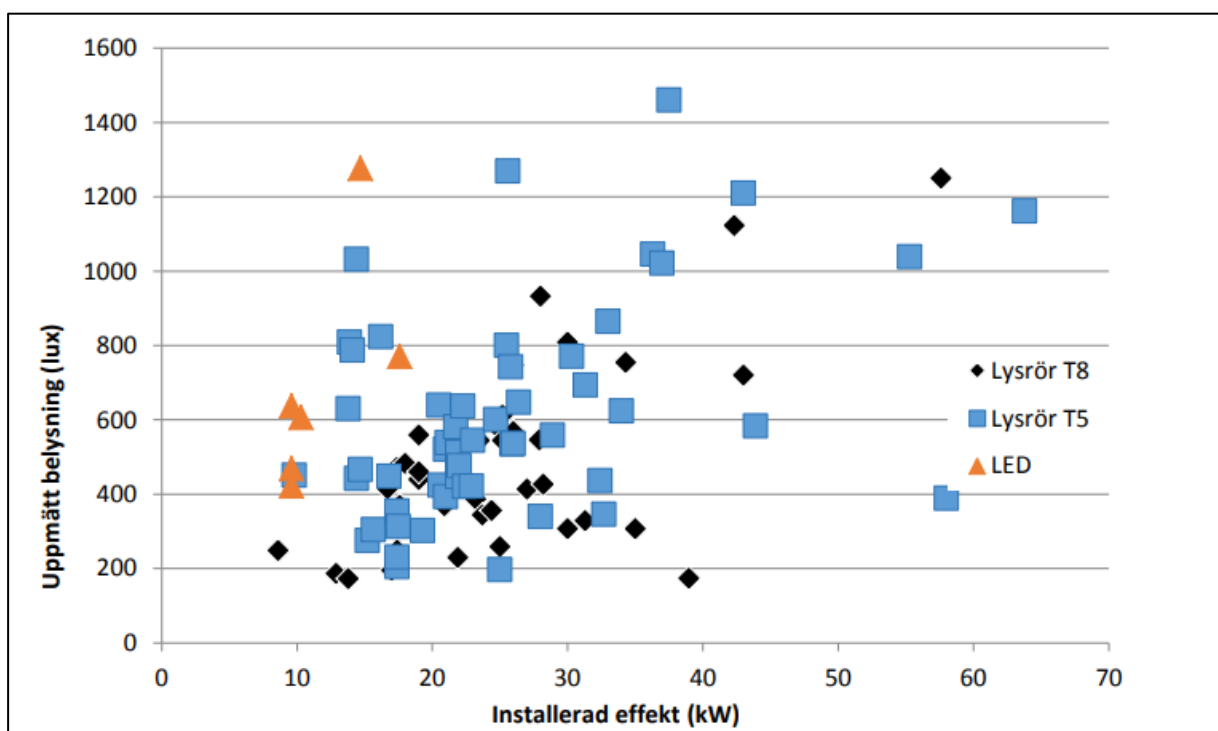
Bruker en avfukting som styres etter duggpunkt, holdes mengden fuktighet i lufta konstant. Relativ luftfuktighet varierer med temperatur. Styrer man etter dette vil systemet jobbe mindre effektivt når temperaturen i hallen endres.

2.3.6 Reflekterende folie i tak

Taket over isflaten avgir strålingsvarme som fører til økt behov for kjøling av isflaten. For å motvirke dette er et effektivt tiltak å installere en reflekterende folie med lav emissivitet i taket. En slik reflekterende folie i taket kan også bedre lysforholdene i ishallen slik at man kan redusere energibehovet til belysning. Installasjonskostnadene er omkring 300 000 kr. Besparelsen for en gjennomsnittlig ishall kan bli ca. 35–55 MWh per år, der besparelser for kjøleanlegg og belysning står for henholdsvis 20–40 MWh og ca. 15 MWh (Rogstam, Dahlberg, & Hjert, 2012).

2.3.7 LED-belysning

Målinger gjort av Stoppsladd viser at LED-belysning i ishaller kan gi tre ganger så mange lux per kW som gjennomsnittet for svenske ishaller. Figur 7 viser oppmålt belysning i forhold til installert effekt for en rekke svenske ishaller med ulike typer belysning. LED-belysning gir et hvitt lys med god fargegjengivelse, åpner for stor grad av regulering av lysstyrke og har lang levetid (Rogstam, Beaini, & Hjert, 2014).



Figur 7: Oppmålt belysning vs. installert effekt for LED, T5 og T8 på 7 meters høyde (Rogstam et al., 2014).

2.3.8 Mer effektiv kompressordrift

I de fleste ishaller er det kjøleanleggets kompressorer som står for det største energiforbruket. Kompressorer står for 80 % av energibruken til kjøleanlegg i ishaller (Nguyen, 2012), noe som utgjør omkring 35 % av det totale energiforbruket i en gjennomsnittlig ishall. Kan man gjøre kompressordriften mer effektiv har man mulighet til å spare mye energi.

2.3.9 Behovsstyring

I mange ishaller går energikrevende systemer når det ikke er behov for disse. I tillegg til ventilasjon som er nevnt i et eget punkt kan dette for eksempel være unødvendig bruk av belysning, undervarme, varme i smeltegrop og lakepumpe. Ved å bedre styringssystemene i ishallen kan man unngå dette. Ulike typer sensorer kan registrere behovene og tilpasse energibruken etter dette.

2.3.10 Tilpasning og drift

Det hjelper lite å ha installert alle de beste systemene om de ikke er tilpasset hverandre og det lokale klimaet. Det samme gjelder for drift. Skal systemene utnyttets kreves kompetente driftsansvarlige som kan styre dem, overvåke og sette inn tiltak om nødvendig. De må ha kunnskap om ishallen og hvordan de ulike systemene påvirker hallen og hverandre. Samordnet automatisering av prosessanlegg og bygning er en stor fordel og letter jobben for de driftsansvarlige, men forståelse for systemene må ligge til grunn for god drift.

2.3.11 Energisparing i Stoppsladd

Tabell 1, hentet fra Stoppladd, viser en oversikt over ulike energisparende tiltak. Denne inneholder anslag for størrelsen på besparelsen samt en indikasjon på hvor enkle disse er å gjennomføre. Tabellen tar utgangspunkt i en «gjennomsnittlig svensk ishall». I dette inngår en romtemperatur på ca. 9 °C og en isflate på 30 x 60 meter. Det totale årlige energibehovet er ca. 1 000 MWh, med en fordeling som vist i figur 4.

Tabell 1: Energisparing i ishall (Rogstam et al., 2011).

	Åtgärd	Energi - %	Energi MWh/år	Att genomföra	Kostnad
1	Projektera och bygg "rätt"	50%	500	😊	😊
2	Injustering av kylsystem	5%	50	😊	😊
3	Service och underhåll	5%	50	😊	😊
4	Mät, dokumentera och följ upp	10%	100	😊	😊
5	Utbildning	10%	100	😊	😊
6	Värmeåtervinning	25%	250	😊	😊
7	Frekvensstyr motorer	10%	100	😊	😊
8	Driftoptimering energisystemen	15%	150	😊	😊
9	Behovsstyrda temperaturer	5%	50	😊	😊
10	Flytande kondensering	5%	50	😊	😊
11	Avfuktning	5%	50	😊	😊
12	Täta byggnaden	5%	50	😊	😊
13	Stäng portar och sargdörrar	2%	20	😊	😊
14	Behovsstyrd belysning	5%	50	😊	😊
15	Sänk lufttemperaturen	3%/°C	50	😊	😊
16	Vattenbehandling	5%	50	😊	😊
17	Strålningsreducering	10%	100	😊	😊
18	Separera avfuktaren ifrån ventilationen	3%	30	😊	😊
19	Anpassa driften på ventilationsaggregat	5%	50	😊	😊
20	Minimera istjockleken - max ca 25-35mm	3%	30	😊	😊

3 Metode

3.1 Utforming av spørreskjema

For å samle inn data om energiforbruket i ishallene ble det utformet et spørreskjema (vedlegg A). Det ble tatt utgangspunkt i et tilsvarende spørreskjema av SIAT fra 2015, men en del av spørsmålene ble endret. Det ble lagt vekt på at det skulle være enkelt å fylle ut, slik at terskelen for å fylle ut skjemaet ikke ble for høy. Samtidig skulle skjemaet kartlegge energibruken og flest mulig av de antatt viktigste faktorene som påvirker denne på en grundig måte. Der SIAT hadde noe informasjon om ishallene fra før ble denne lagt inn i spørreskjemaet før dette ble sendt til de aktuelle ishallene. Ishallene ble da bedt om å se over det som var ferdig utfyllt og selv fylle ut de resterende punktene. Dette ble gjort for å hjelpe mottakerne av spørreskjemaene i gang med utfyllingen. Tidligere erfaringer med tilsvarende spørreskjemaer har vist at det kan være en utfordring å få flest mulig til å svare. Mottakere av spørreskjema må sette av tid for å fylle det ut, og det er ikke sikkert de har mulighet eller ønsker om å prioritere dette. Det var derfor viktig å legge ved et informasjonsskriv (vedlegg B) sammen med spørreskjemaet for å forklare hensikten med prosjektet og hvilke fordeler det vil ha for ishallene.

3.2 Datainnsamling fra ishallene

Fra Norges Ishockeyforbund ble det hentet inn en liste over norske ishaller, med kontaktinfo. Kompletterende kontaktinfo ble hentet inn fra kommuner og idrettslag med ishall. Kontakten med ishallene foregikk hovedsakelig over e-post, med også telefon ble benyttet. Responsen fra ishallene var varierende. 49 ishaller ble kontaktet, og til slutt hadde 21 av disse fylt ut og returnert spørreskjemaet.

3.3 Analyser

To av de returnerte spørreskjemaene manglet tilstrekkelig informasjon om hallens energiforbruk og kunne derfor ikke brukes videre. I dette prosjektet skilles det i utgangspunktet ikke mellom forbruk av elektrisitet og fjernvarme. For hallene med fjernvarme blir dette forbruket lagt sammen med elektrisitetsforbruket for å finne det totale energiforbruket. To av ishallene benytter fjernkjøling fra en energisentral utenfor ishallene istedenfor å ha eget kjøleanlegg. Siden disse måler mengden levert kjøling, der andre haller måler elektrisitetsforbruket til kjøleanlegget, gir dette et målt energiforbruk som ikke bør sammenlignes med resten av ishallene. Dermed er det dataene fra de resterende 17 ishallene som blir tatt med til videre analyser, og som presenteres i kapittel 4.

Energiforbruket til ishallene ble beregnet ved å ta gjennomsnittet av forbruket i årene 2016–2020. For en del av ishallene ble forbruket i ett eller flere av disse årene tatt vekk fra beregningen av gjennomsnittet fordi disse årene ble antatt å ikke være representative for hallenes energiforbruk ved normal drift. Lavt forbruk på grunn av nedstengning under koronapandemien eller ombygning var de vanligste årsakene.

Fra tidligere kartlegging har SIAT informasjon om energiforbruket til flere ishaller det ikke ble innhentet data fra i dette prosjektet. I diagrammene som presenteres i kapittel 4.3, 4.4 og 4.5 er henholdsvis 9, 8 og 9 slike haller tatt med for å vise et større utvalg. For 8 av hallene ble energiforbruket som vises hentet inn i 2015, mens den siste har et energiforbruk som ble hentet inn i 2020. Siden datagrunnlaget er eldre og kan ha endret seg er disse hallene tydelig markert i en annen farge (grønn) for å skille dem fra hallene der datagrunnlaget er nytt (blå farge).

3.3.1 Nøkkeltall

Nøkkeltall brukes for å ta hensyn til enkelte faktorer når energiforbruket til ulike ishaller skal sammenlignes.

Ishallene har ulikt areal på isflatene. For å kompensere for dette i en sammenligning mellom ishallene ble nøkkeltallet *energiforbruk per islagt areal* beregnet. Dette fikk da enheten kWh/m².

Nøkkeltallet *spesifikt energiforbruk* ble beregnet ved å dele energiforbruk per islagt areal på ishallenes brukstid. Med brukstid menes her antall timer i året hallen er åpen for aktivitet på isen.

I dette prosjektet er det ikke gjort noen klimakorrigerings av energiforbruk. En diskusjon rundt dette og bruken av nøkkeltall finnes henholdsvis i kapittel 5.1 og 5.3.

3.3.2 Kategorisering av ishaller

I en del tilfeller er det nyttig å dele ishallene inn i kategorier etter størrelse. Her benyttes tribunekapasiteten. Dette er nyttig fordi tribunekapasiteten gir en pekepinn på bruken av hallene. Haller med liten tribunekapasitet brukes hovedsakelig til trening, mens hallene med størst tribunekapasitet også brukes til kamper med mye publikum. De største ishallene er også de som i størst grad brukes til konserter og andre arrangementer.

I dette prosjektet er hallene delt inn i følgende kategorier:

- Små haller: Publikumskapasitet $< 1\,000$
- Mellomstore haller: Publikumskapasitet $< 2\,000$
- Store haller: Publikumskapasitet $\geq 2\,000$

Dette er samme kategorisering som SIAT har benyttet tidligere.

I Sverige er kategoriinndelingen litt annerledes. Dette kan være verdt å merke seg ved sammenligning med svenske ishaller:

- Träningshall: Publikumskapasitet ≤ 500
- Publikhall: Publikumskapasitet $\leq 4\,000$
- Evenemangsarena: Publikumskapasitet $> 4\,000$

3.4 Usikkerhet

Det er flere feilkilder ved datainnsamlingen. For det første er det usikkerhet rundt kvaliteten på dataene som hver enkelt ishall har levert. Det kan være unøyaktigheter i ishallenes målinger, og ulike målemetoder kan gi ulikt resultat. For eksempel kan romtemperatur variere etter hvor i ishallen den måles. Spørsmålene i spørreskjemaet kan også ha blitt misforstått slik at feil verdier har blitt oppgitt.

Enkelte ishaller har god oversikt over eget energiforbruk og kan enkelt gi korrekte data, mens andre har dårligere oversikt. For eksempel kan store idrettskompleks med flere typer anlegg i tillegg til ishallen ha et kaotisk oppsett med en rekke ulike poster på sine energimålinger, og liten kontroll på fordelingen av energiforbruk mellom de ulike delene av idrettskomplekset. Uten å sjekke opp med hver enkelt ishall hvordan de har kommet fram til det innrapporterte energiforbruket er det vanskelig å si noe sikkert om hvor stor usikkerheten er. Enkelte data som skilte seg markant ut ble sjekket opp med ishallene og korrigert om det viste seg å være feil. Det kan antas at det fortsatt er en del feil og unøyaktigheter i de innsamlede dataene, men det store bildet og det gjennomgående trendene antas å være ganske riktige.

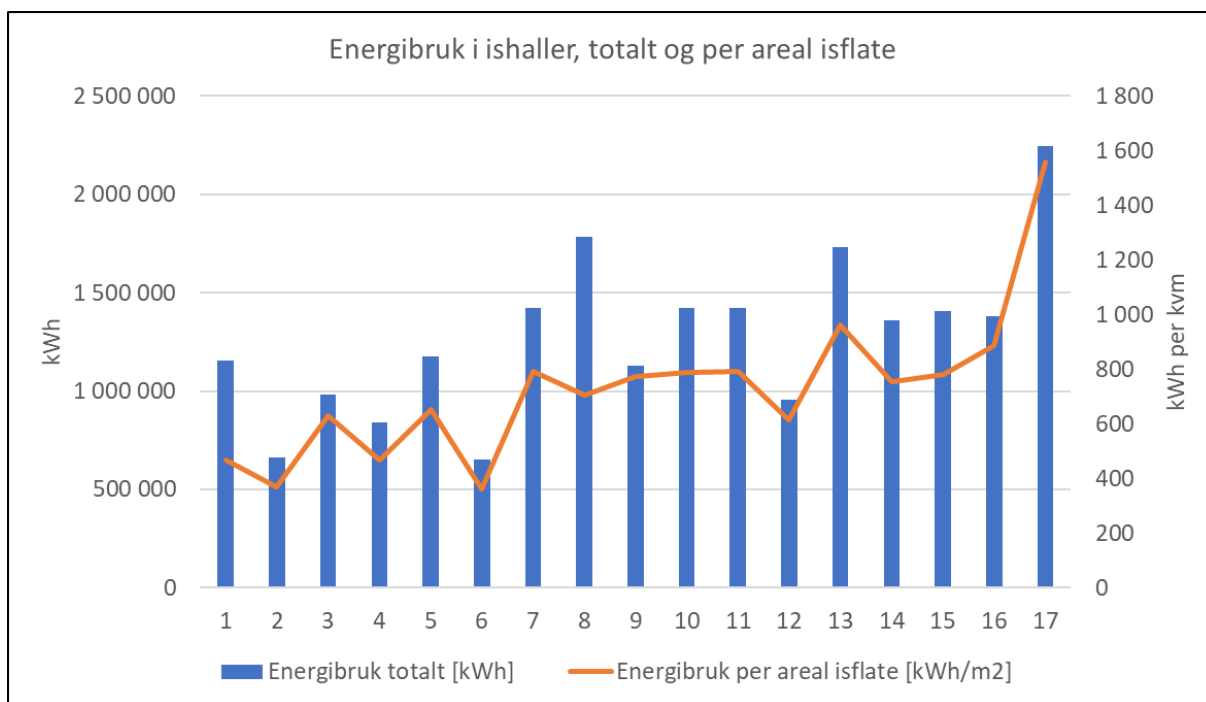
Et viktig spørsmål ved de innsamlede dataene er hvorvidt de er representative for de norske ishallene det ikke har blitt samlet inn data fra. Det kan tenkes å være et systematisk avvik mellom ishallene som fylte ut spørreskjemaet og det som lot være. For eksempel kan ishaller som vet at de har et lavt energiforbruk være mere motivert for å delta. Ishaller uten oversikt over eget energiforbruk hadde vanskeligere for å fylle ut spørreskjemaet, og det er ikke utenkelig at ishaller uten oversikt over energiforbruket også har et høyere energiforbruk. Likevel antas det at et eventuelt systematisk avvik er begrenset slik at resultatene i dette prosjektet også er relevante for resten av landets ishaller.

4 Resultater

De 17 kartlagte ishallene er nummerert etter spesifikt energiforbruk, slikt at ishall 1 har det laveste spesifikke energiforbruket, og ishall 17 har det høyeste. Der de 9 ishallene med et eldre datagrunnlag er inkludert, er disse markert i grønt og nummerert etter spesifikt energiforbruk fra 18 til 26.

4.1 Totalt energibruk og energibruk per areal isflate

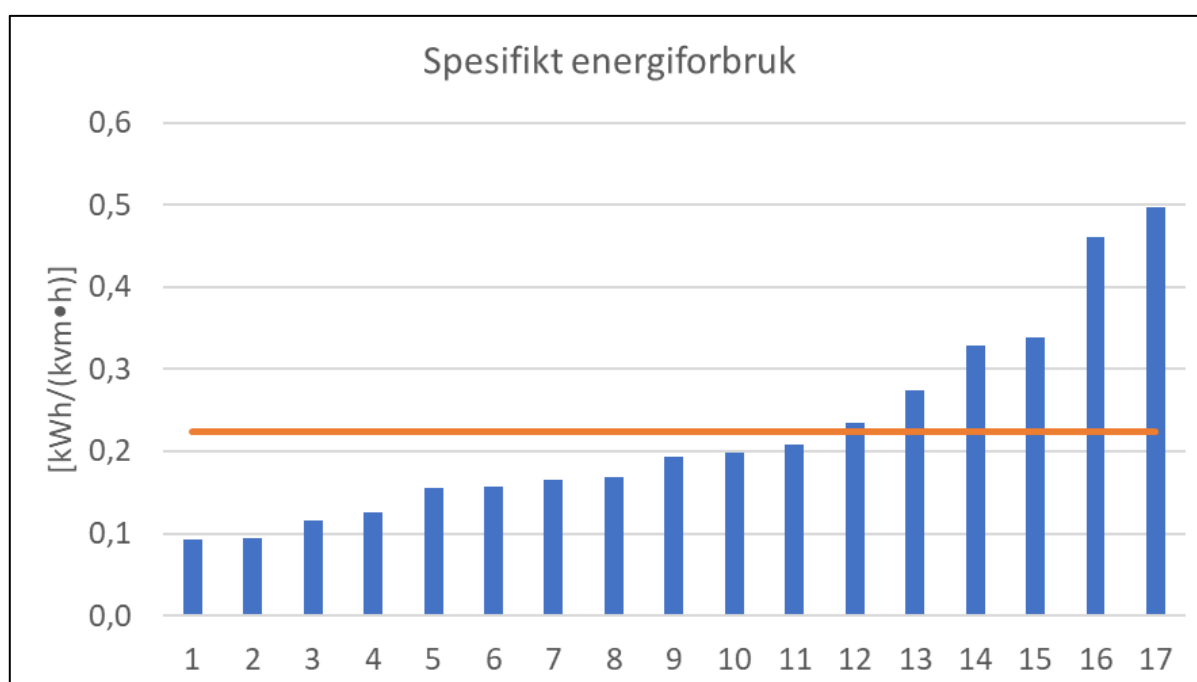
Figur 8 viser årlig energibruk i ishallene, både totalforbruk og energiforbruk per islagt areal. Gjennomsnittet for alle ishallene er 1 278 MWh i totalforbruk, og 727 kWh per kvadratmeter isflate. De fleste ishallene har omtrent det samme islagte arealet, en ishockeybane. Noen av ishallene har også curlingbaner slik at det islagte arealet blir større. Det er dette som gir et høyere totalforbruk i forhold til energibruk per areal isflate for enkelte av ishallene.



Figur 8: Energiforbruk totalt og per areal isflate.

4.2 Spesifikt energiforbruk

Figur 9 viser ishallenenes spesifikke energiforbruk, altså det årlige energiforbruket delt på antall kvadratmeter isflate og antall brukstimer. Ishallenenes spesifikke energiforbruk varierer fra 0,09 til 0,50 kWh/(m²•h), med et gjennomsnitt på 0,22 kWh/(m²•h). Mens mange ishaller ligger like under gjennomsnittet i spesifikt energiforbruk er det et mindretall av ishallerne (særlig to) som drar opp gjennomsnittet.

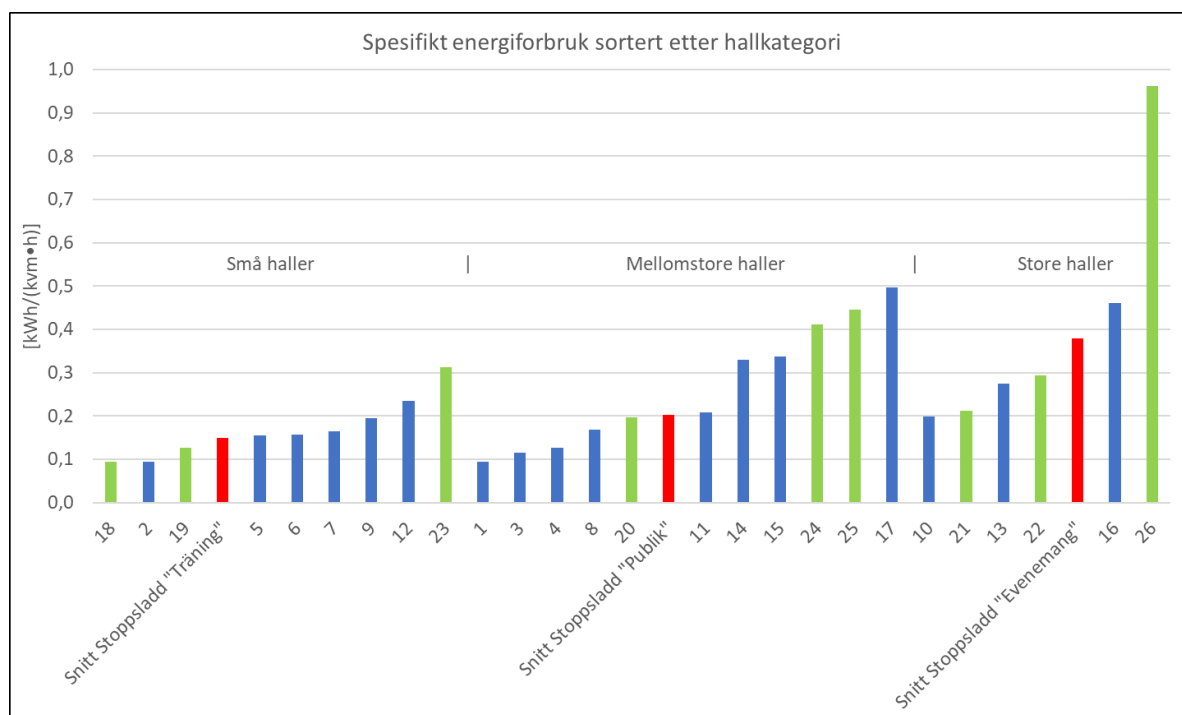


Figur 9: Spesifikt energiforbruk.

4.3 Energibruk og tribunekapasitet

Figur 10 viser spesifikt energiforbruk sortert etter de tre kategoriene små ishaller, mellomstore ishaller og store ishaller, der publikumskapasiteten er brukt for å dele inn kategoriene. Her er også 9 ishaller med et noe eldre datagrunnlag inkludert (hentet inn mellom 2015 og 2020 og markert i grønt), samt gjennomsnittlig energiforbruk for tre kategorier av svenske ishaller. De svenske kategoriene er delt inn litt annerledes enn kategoriene for de norske ishallerne. I tillegg er dataene for de svenske ishallerne hentet inn rundt år 2010 og kan dermed være noe utdatert. For å regne om energiforbruket til de svenske ishallerne til spesifikt energiforbruk er det benyttet gjennomsnittsverdier for brukstid innen hver kategori for norske ishaller.

Ikke uventet viser den en tendens til at større ishaller har et høyere energiforbruk. I kategorien store ishaller har samtlige ishaller et forbruk over eller nært gjennomsnittet. Kategorien mellomstore ishaller er svært variert. Her finner en flere av ishallerne både med det laveste og det høyeste spesifikke energiforbruket.



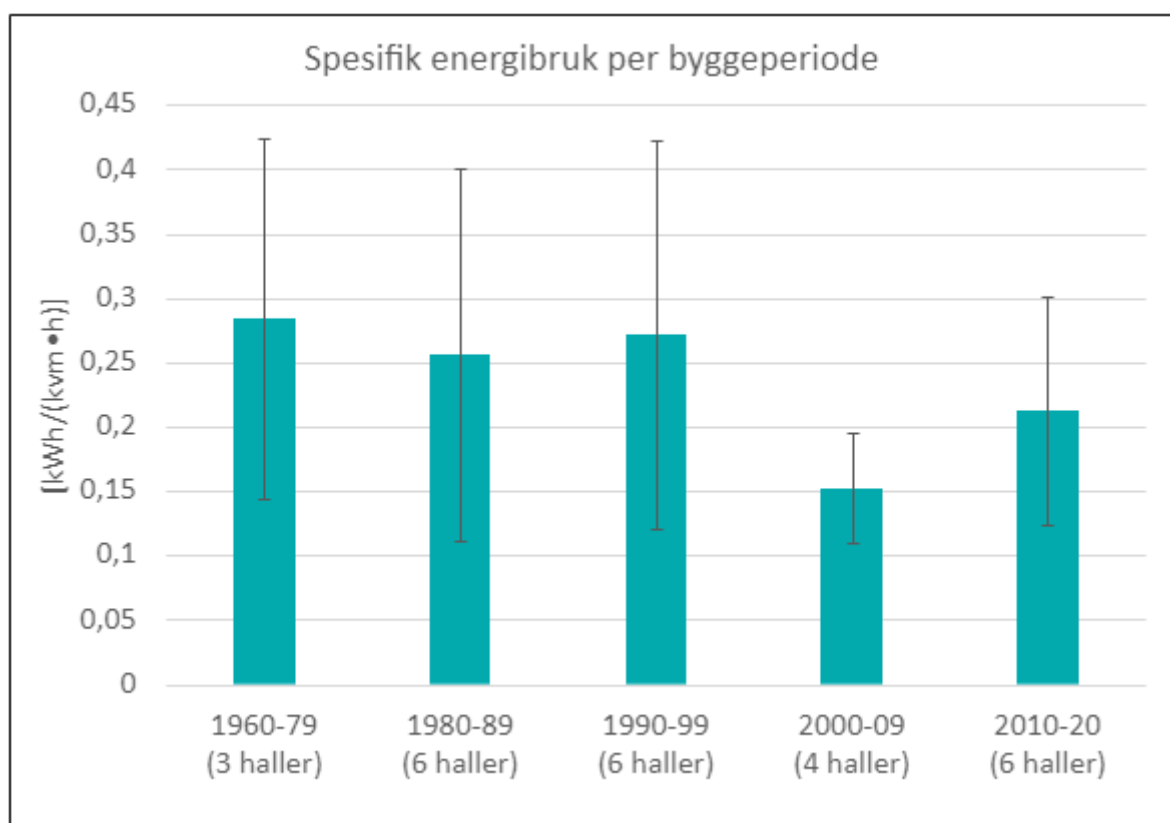
Figur 10: Spesifikt energiforbruk etter hallkategori. Grønne søyler viser ishaller med eldre datagrunnlag.

To av ishallerne med det høyeste energiforbruket (nr. 17 og 26) har vært gjennom kraftige oppgraderinger etter at energiforbruket ble registret. I dag har de et vesentlig lavere energiforbruk. Figuren representerer derfor ikke situasjonen nøyaktig slik den er i dag.

4.4 Byggeperiode

I figur 11 er ishallene (inkludert 8 ishaller med eldre datagrunnlag) gruppert etter byggeår. Figuren viser gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk, samt standardavvik, for hver byggeperiode. Merk at ishall 26 (som er registrert med et svært høyt energiforbruk) er tatt ut av statistikken fordi energiforbruket i denne hallen er kraftig redusert siden dataene ble samlet inn, og denne ville påvirket gjennomsnittet for perioden 1990–1999 i vesentlig grad.

Figuren viser et jevnt høyt energiforbruk for periodene før år 2000, og en reduksjon i energiforbruket for periodene fra og med år 2000.

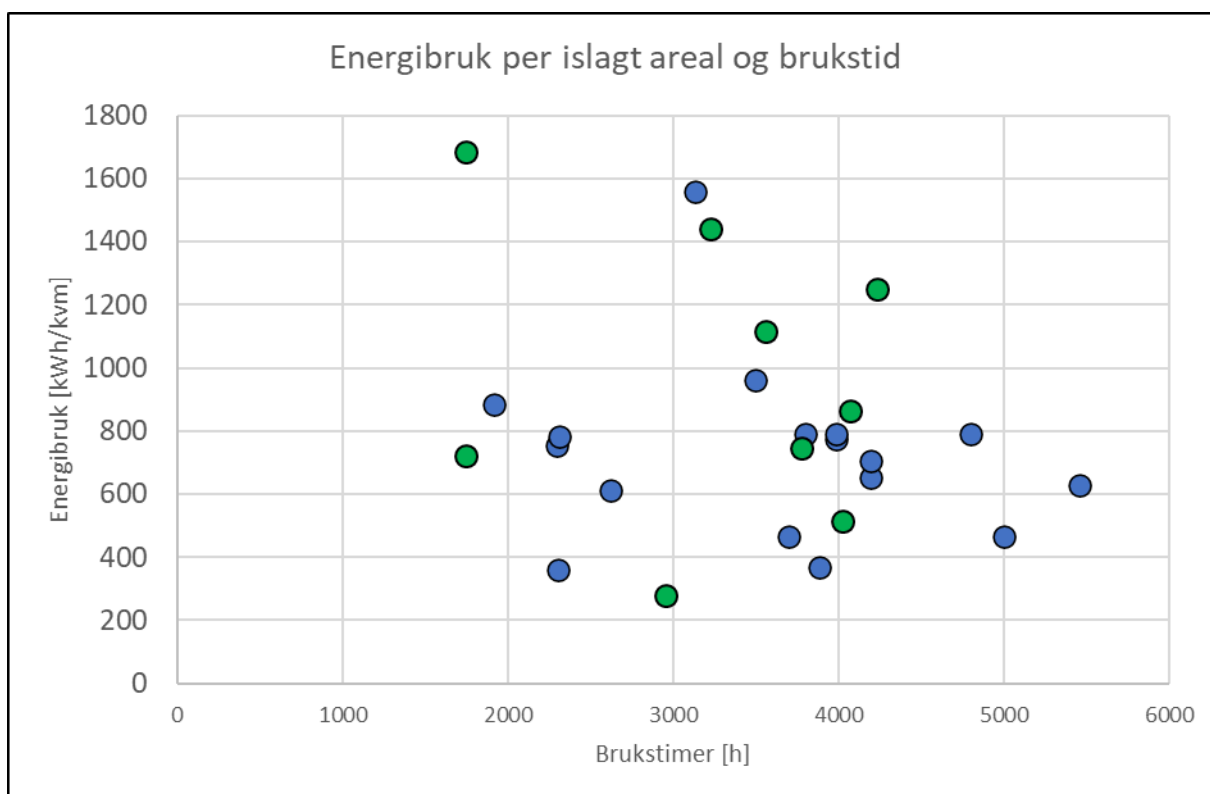


Figur 11: Spesifikt energiforbruk per byggeperiode.

4.5 Energibruk og brukstid

Figur 12 viser energibruk per islagt areal i forhold til brukstid for ishallene (inkludert 9 ishaller med eldre datagrunnlag, markert med grønt). Med brukstid menes her antallet timer i året der ishallen er åpen for aktivitet. For at ikke brukstid skal bli en del av enhetene både på x- og y-aksen benyttes energibruk per islagt areal istedenfor spesifikt energiforbruk.

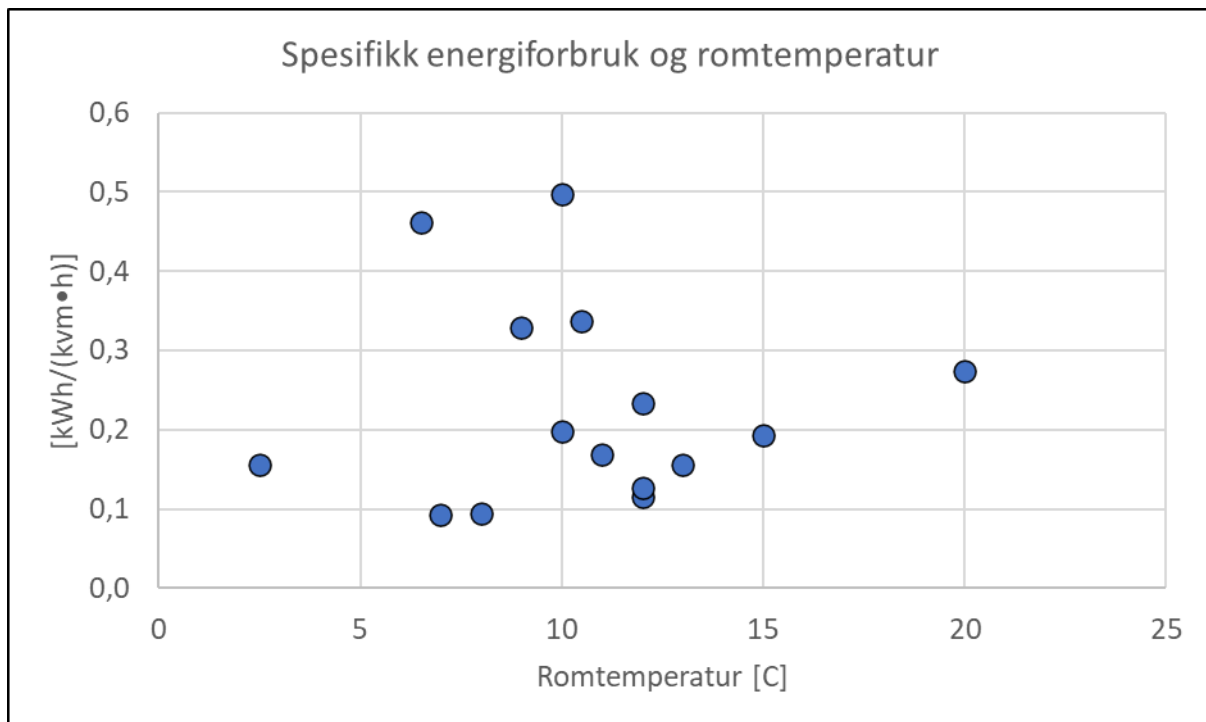
Det er naturlig å forvente at økt brukstid gir økt energiforbruk, blant annet fordi økt aktivitet gir økt behov for ispreparering. Imidlertid er det ikke mulig å se noen trender ut ifra disse dataene. Dette kan skyldes variasjoner i hvordan ishallen har beregnet brukstid. En annen mulig forklaring er at det økte energibehovet knyttet til aktivitet er lavt sammenlignet med energibehovet som er uavhengig av aktivitet. I så fall kan dette være et argument for at energibruk per tidsenhet (time, dag eller uke) med is i hallene er et mer relevant nøkkeltal å bruke sammenlignet med energibruk per brukstime. Forholdet mellom disse to nøkkeltallene diskuteres videre i kapittel 5.3.2.



Figur 12: Energibruk per islagt areal og brukstid. Grønne punkter viser ishaller med eldre datagrunnlag.

4.6 Energibruk og romtemperatur

Figur 13 viser spesifikt energiforbruk i forhold til romtemperatur i ishallene. Det er naturlig å anta at høy romtemperatur i ishallene kan gi høyere energiforbruk, men i dataene til dette prosjektet er det vanskelig å finne noen sammenheng. En mulig forklaring kan være usikkerhet rundt dataene for romtemperatur og hvordan ishallene måler dette, ettersom romtemperaturen i en enkelt ishall kan variere mye etter hvor i hallen man måler. For å si noe sikkert om hvordan romtemperatur i ishallene påvirker energiforbruket er det derfor nødvendig med videre forskning.



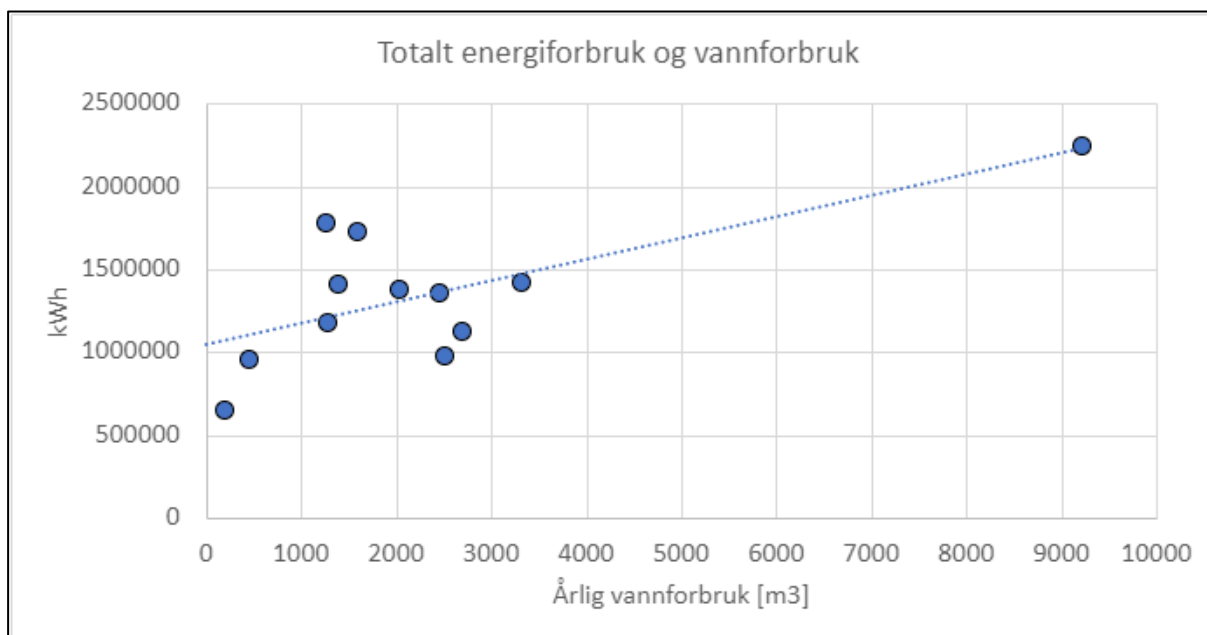
Figur 13: Spesifikt energiforbruk og romtemperatur.

4.7 Energiforbruk og vannforbruk

Figur 14 viser totalt årlig energiforbruk i forhold til årlig vannforbruk. Vannforbruk kan, på samme måte som energiforbruk, trolig knyttes til brukstid, og islagt areal. Man kan anta at økt brukstid og islagt areal gir både høyere energiforbruk og høyere vannforbruk. For at denne effekten ikke skal påvirke grafen er det valgt å bruke totalt energiforbruk istedenfor spesifikt energiforbruk.

Dataene kan tyde på en sammenheng mellom økt vannforbruk og økt energiforbruk. Dette er trolig fordi hoveddelen av vannet som brukes i en ishall varmes opp, enten det går til ispreparering eller dusj. Ispreparering krever både energi til oppvarming av vann og kjøling av isen for å kompensere for økt varmebelastning.

En ishall skiller seg tydelig ut med høyt vannforbruk og energiforbruk. Dette skyldes at ishallen har brukt varmt tappevann direkte i smeltegrop. Dette er en løsning som krever store mengder vann og energi til å varme opp dette.



Figur 14: Årlig energiforbruk og vannforbruk.

5 Diskusjon

5.1 Klimakorrigerering

I resultatene for energibruk i ishaller publisert av Stoppsladd er det ikke gjort noen klimakorrigerering. Imidlertid ble forskjeller i energibruk mellom ulike landsdeler i Sverige undersøkt. Totalt sett hadde ishallene nord i Sverige et energiforbruk 36 % over snittet for hele landet (Rogstam et al., 2011). Dette kan tyde på at kaldere klima gir økt energiforbruk, men variasjonen innad i hver landsdel er stor og begrenset størrelse på utvalget gir stor usikkerhet. Hoveddelen av det økte energiforbruket i de nordlige ishallene kom fra et vesentlig høyere forbruk av fjernvarme. Dette kan tyde på lavere grad av varmegjenvinning noe som også kan være med å forklare økt energiforbruk i nord.

Ishaller for forskjellig beliggenhet utsettes for forskjellig klima. Særlig temperatur vil påvirke energiforbruket gjennom påvirkning av behovet for kjøling, og oppvarming. Ved sammenligning av ulike ishaller kan det derfor være en fordel å klimakorrigere energiforbruket, dersom man har en god modell for dette. Imidlertid er det stor usikkerhet knyttet til hvordan klimakorrigerering bør gjøres på ishaller.

Klimakorrigerering ved hjelp av graddagstall er den vanligste metoden, og benyttes blant annet av ENOVA og NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014). Graddagstallet beregnes vanligvis med en basistemperatur på 17 grader. Ved bruk av graddagstall trenger man også en verdi for den temperaturavhengige andelen av energiforbruket. ENOVA sin bygningsstatistikk (Enova, 2019) gir et estimat på denne andelen etter bygningstype og tekniske standard, men ishaller er ikke inkludert her. Da SIAT publiserte et notat om energibruken i 18 norske ishaller, ble dette klimakorrigert med graddagstall og en antatt temperaturavhengig andel på 0,6 og en basistemperatur på 17 grader. Imidlertid har SIAT ved en annen anledning beregnet at de temperaturavhengige andelene av energiforbruket i to ishaller var 0,15 (liten ishall) og 0,25 (stor ishall).

Ved bruk av graddagstall antar man at utetemperaturer lavere enn basistemperaturen gir behov for oppvarming, og at dette er den dominerende effekten varierende klima har på energibruken. Andre typer påvirkning som økt behov for kjøling ved høye utetemperaturer neglisjeres. Ifølge Stoppsladd (Rogstam & Hjert, 2010) står kjøling for 43 % av energibruken i en ishall (se figur 4 i kapittel 2.2.1). Det kan derfor stilles spørsmålsteget ved om bruk av graddagstall i det hele tatt er en hensiktsmessig metode for klimakorrigerering av ishaller. Dersom graddagstall skal

brukes bør det også vurderes å bruke en annen basistemperatur enn 17 grader. En mulighet kan være å bruke en basistemperatur nær romtemperaturen i ishallene, og korrigere både for utetemperaturer høyere (økt behov for kjøling) og lavere (økt behov for oppvarming) enn denne. Så lenge det er stor usikkerhet rundt metodene for klimakorrigerende av energibruken i ishaller, bør man vurdere om klimakorrigerende er hensiktsmessig. På grunn av dette har man i dette prosjektet valgt å ikke klimakorrigerende energiforbruket. I verste fall risikerer man å ende opp med resultater som er mindre representative enn utgangspunktet.

5.2 Klimatilpasning av ishaller

Romtemperaturen i ishaller varierer og det finnes ulike løsninger for kjøling, oppvarming og avfukting. De ulike løsningene gir også forskjeller i hvordan klima påvirker energiforbruket. Ishaller som er godt isolert og med lite luftlekkasje vil bli mindre påvirket av klima. Bugården ishall i Sandefjord er et godt eksempel på en slik ishall. Bygningen er et passivhus og målinger viser et lavt energiforbruk. Romtemperaturen i hallen er 12–13 grader, noe som gir mulighet for energieffektiv kjøleavfukting.

Kaldhaller er en helt annen strategi, der en unngår oppvarming av hallen. Disse hallene er ofte uisolerte. Så lenge utetemperaturen er lav gir det også en lav romtemperatur og redusert behov for kjøling av isflaten. Enkel og uisolert bygningskropp gir redusert investeringskostnad. En ulempe er at dager med høy utetemperatur gir et stort behov for kjøling. På kalde dager kan det bli lav romtemperatur og det er ukomfortabelt å oppholde seg i hallen for alle som ikke er i aktivitet. Slike haller er dermed best egnet som treningshall, og fungerer best i områder med stabilt kaldt klima gjennom sesongen man ønsker is i hallen. Kaldhaller er sjeldne i Norge, men det finnes flere av dem i Sverige. Rendalen ishall i Åkrestrømmen, er Norges eneste ordentlige kaldhall, og den er spesiell fordi det heller ikke er noen kjøling av isflaten. Dermed er den helt avhengig av at kaldt vær gir mulighet for å legge og vedlikeholde isflaten. Her er sesongen relativt kort, fra desember og ut mars, og temperaturen i ishallen ligger vanligvis rundt -5°C (Rendalen ishall, u.å.). Ettersom Rendalen ishall er så forskjellig fra andre ishaller i Norge er den ikke inkludert i denne studien.

Når en ny ishall planlegges, eller ved utbedring av en eksisterende hall, er det viktig å velge løsninger som er tilpasset det lokale klimaet. En bør derfor være svært forsiktig med å kopiere løsninger fra en annen ishall i et annet klima. Ulike løsninger tilpasset ulikt klima gir enda en utfordring ved klimakorrigerende av energibruken i ishaller. En metode kan ikke fungere bra for

alle ishaller. For eksempel vil det være helt feil å bruke graddagstall og anta at lavere temperaturer gir økt energiforbruk for en kaldhall.

5.3 Nøkkeltall

5.3.1 Areal

Bruk av nøkkeltall er en annen metode for å kunne sammenligne energibruken i forskjellige ishaller. Istedenfor å sammenligne det totale energiforbruket, ses kan forbruket ses i sammenheng med ulike faktorer som påvirker det. Generelt for bygninger er det vanlig å se på energibruk per kvadratmeter, slik at man kan sammenligne energibruket i bygninger med ulikt areal. For ishaller er energibruk per kvadratmeter isflate et kjent nøkkeltall. Blant annet Stoppsladd og Nøstvik & Rustad (2015) benytter dette. Begrunnelsen for å bruke islagt areal framfor totalt areal er at energibruken til kjøling av isflaten er dominerende og at forskjeller i annet areal har mindre å si for bygningens totale energibruk.

5.3.2 Brukstimer og sesonglengde

Mange ishaller har ikke is hele året. En lengre sesong med is i hallen gir naturlig nok et større energiforbruk. Dermed kan det være fornuftig å se på energibruken i forhold til tiden der er is i hallen. I Stoppsladd har dette blitt gjort ved å dele energibruken på antall døgn i året med is i hallen. Siden de også har tatt med islagt areal har de fått nøkkeltallet energibruk per sesongdøgn og isflateareal [$\text{kWh}/(\text{døgn} \cdot \text{m}^2)$] (Rogstam et al., 2011).

Denne rapporten bruker driftstimer framfor sesonglengde til å lage nøkkeltall. Med driftstimer menes her antall timer i året hallen er åpen for aktivitet. Det er dette nøkkeltallet SIAT også har brukt tidligere. Både sesonglengde og brukstimer kan brukes til å lage nøkkeltall og det finnes argumenter for begge to. Ved bruk av sesonglengde inkluderes tiden det er is i hallen uten at ishallen er i bruk, for eksempel om natten. Dette kan være fornuftig fordi også denne tiden gir et energiforbruk for å holde riktig temperatur i hallen. Ulempen er at tid hallen ikke er i bruk sidestilles med tiden det er aktivitet i hallen. For det første vil bruk av hallen øke energiforbruket gjennom blant annet økt varmebelastning på isen, økt behov for avfukting, ispreparering og ventilasjon. For det andre kan man argumentere for at poenget med en ishall er å ha aktivitet, og at tid hallen ikke er i bruk er sløsing med energi. Ulempen med å bruke brukstid er at islagt tid der hallen ikke er i bruk neglisjeres helt. Det er også vanskeligere å få tak i gode tall for brukstid fra ishaller sammenlignet med sesonglengde. Måten ishallene rapporterer om brukstid

varierer. Noen bruker åpningstid, andre prøver å estimere faktisk bruk. Særlig for haller som er åpne for bruk av skoler på dagtid kan det være vanskelig å vite hvor mange timer det er aktivitet i hallen, og når den står tom.

Bruk av sesonglengde og brukstid gir litt ulike framstillinger av energiforbruket. I et samfunnsøkonomisk perspektiv er brukstid et godt alternativ. Dersom en ønsker å fokusere kun på energieffektivitet er trolig en vektet kombinasjon av sesonglengde og brukstid det beste alternativet, men nøyaktig hvordan disse bør vektes må undersøkes nærmere.

5.4 Målinger og oversikt over energiforbruk

Gode data er en forutsetning for å kunne arbeide med energibruk og energisparing. SIAT og andre som arbeider med temaet bør arbeide for å skaffe seg en bedre oversikt over ishallenenes energibruk, gjennom å innhente data fra flere ishaller og å få mer nøyaktige data fra hver ishall. For å få til dette er man avhengig av hjelp fra ishallene, både gjennom at ishallene samarbeider og deler sine data, og at ishallene skaffer seg bedre oversikt over eget energiforbruk. Denne undersøkelsen har avdekket at mange ishaller har dårlig oversikt. Totalforbruket har de fleste ishaller et brukbart bilde av, selv om det også her er enkelte som ikke har kontroll. Derimot er det få ishaller som er i stand til å rapportere om energiforbruket til de ulike prosessene i ishallen. Ishallene oppfordres på det sterkeste til å skaffe seg bedre oversikt, gjennom blant annet å installere flere målere for de mest energikrevende prosessene i ishallen og overvåke vann og energiforbruket. Dette vil ikke bare hjelpe SIAT og andre som forsker på energibruken i ishaller, men også være til stor hjelp for ishallen selv i arbeidet med å redusere eget energiforbruk. Et høyt energiforbruk kan skyldes en rekke ulike faktorer, og det er svært vanskelig å gjøre riktige tiltak når man ikke har kontroll på hvorfor forbruket er høyt. Med oversikt over energiforbruk til de ulike prosessene vil det bli mye enklere å identifisere potensialet for energisparing og hvilke tiltak som er effektive.

6 Konklusjon

6.1 Konklusjon

Prosjektet benyttet et spørreskjema som ble sendt til ishallene som metode for innsamling av data. Metoden gir noe usikkerhet ved dataene, men ble foretrukket for å kunne samle data fra flest mulig haller på begrenset tid. I tillegg til spørreskjemaet som ishallene svarte på, har det også blitt benyttet data som SIAT har samlet inn ved tidligere prosjekter.

Ishallenes årlige energiforbruk varierer fra 650 til 2 243 MWh, og spesifikt energiforbruk varierer fra 0,09 til 0,49 kWh/(m²•h). Den store variasjonen mellom ishallene kan delvis forklares med at utvalget dekker flere typer ishaller som bruker ulikt, fra enkle treningshaller til store arenaer. Resultatene viser at størrelsen på hallen (publikumskapasitet), byggeår og vannforbruk påvirker energiforbruket. Imidlertid har kartleggingen vist at det er store forskjeller innad i ulike kategorier ishaller, og mellom tilsynelatende like ishaller. Dette tyder på at mange ishaller har et stort potensial for å redusere forbruket ved å iverksette energisparende tiltak. Drift og ulike tekniske løsninger i hallene har mye å si for energiforbruket. Store mengder energi sløses når systemer for kjøling, oppvarming, ventilasjon og avfukting ikke fungerer som de skal eller er dårlig tilpasset hverandre.

Når ishaller planlegges er det derfor viktig å tenke på helheten, og sikre at alle systemene fungerer godt sammen. Tilpasning til lokale forhold som klima er også sentralt, derfor skal en være forsiktig med å kopiere løsninger direkte fra andre ishaller. God oppfølging av de tekniske systemene er nødvendig for å sikre at de fungerer som planlagt, og at energiforbruket holdes nede. Til dette trengs gode målinger av energiforbruk og andre sentrale parametere for ishallenes tekniske systemer. I tillegg behøves kompetente driftsansvarlige som overvåker og iverksetter tiltak om nødvendig.

Det er mulig å utforme nøkkeltall på flere måter, og det kan slå ulikt ut for de ulike ishallene. Ved bruk av nøkkeltall er det derfor nødvendig med en god forståelse for hvilke utslag valg av nøkkeltall kan gi. Prosjektet har også avdekket usikkerhet rundt bruk av klimakorrigerings. Per dags dato finnes det ingen gode modeller for klimakorrigerings som er tilpasset ishaller. Dagens modeller er tilpasset helt andre typer bygninger og kan i verste fall virke mot sin hensikt. I dette prosjektet er det derfor valgt å ikke klimakorrigere ishallenes energiforbruk.

Denne rapporten viser noen mulige analyser som kan gjøres med data fra ishaller. Videre forskning er nødvendig for å få bedre kvalitet på analysene og sikrere resultater.

6.2 Videre forskning

6.2.1 Større utvalg

For videre forskning på temaet anbefales det så arbeide for et bedre datagrunnlag, ved å hente inn data fra et større utvalg. Ettersom det kun er omkring 50 ishaller i Norge bør man kunne samle data fra (nesten) samtlige. Erfaringene fra datainnsamlingen til denne undersøkelsen er at responsen på en e-post med oppfordring til å fylle ut et spørreskjema er svært varierende, men at nærmere oppfølging av ishallen får flere til å fylle ut skjemaet.

6.2.2 Grundigere datainnsamling per ishall

En annet anbefaling for videre arbeid er å gå grundigere til verks for hver enkelt hall man henter data fra. Det er ikke bare ønskelig med en bedre oversikt over andelene av energibruken til de ulike prosessene i ishallene. Også en rekke tekniske momenter vil være interessant å undersøke nærmere. Blant annet løsninger for varmegjenvinning og styringen av kjøling, oppvarming, ventilasjon og avfukting (hvorvidt det er behovsstyrt og hvilke setpunkter det styres etter).

En mulighet er å bruke et mer omfattende spørreskjema, men en fare da er at det krever mer innsats å fylle ut og at man får færre svar. Stoppsladd løste dette ved å selv dra ut på besiktigelse til ishallene og fylle ut skjemaet sammen med de ansvarlige for ishallene. Dette er tidkrevende arbeid, men fordelene er at det gir mulighet for grundig datainnsamling, mulighet for oppfølgingsspørsmål og bedre kontroll med datainnsamlingen og usikkerheten rundt dataene. En utfordring med datainnsamlinger er, som tidligere nevnt, at ishallene gjør få målinger av eget energiforbruk slik at det noen gang rett og slett ikke er mulig å samle inn de dataene man ønsker. Desto grundigere datainnsamling man ønsker, desto oftere vil man oppleve at manglende målinger legger begrensninger.

6.2.3 Analyse av enkelthaller

En annen mulig tilnærming til temaet er å gjøre grundige analyser av energibruken i enkelthaller. For eksempel er det interessant å undersøke hvorfor enkelthaller skiller seg ut med et svært høyt energiforbruk. Ligger problemet i det tekniske anlegget, eller er det måten det driftes på som gir det høye forbruket? Hvorfor har enkelte ishaller et høyt forbruk av fjernvarme når varmegjenvinningen de har bør kunne dekke hoveddelen av oppvarmingsbehovet? Også ishaller med normalt og lavt energiforbruk vil være interessant å undersøke nærmere. Hvordan kan «normale» ishaller uten store feil eller problemer som drar opp energiforbruket bli bedre

på å spare energi? Hvordan og hvorfor skiller det faktiske situasjonen i ishaller seg fra hvordan de ble planlagt og prosjektert ved bygging? Hva er suksesskriteriene for ishallene med lavt forbruk? Kartlegging av beste praksis for drift av ishaller kan være nyttig som eksempel for andre haller og ved etablering av nye haller, så lenge man husker at alle løsninger bør tilpasses lokale forhold.

6.2.4 Klimakorrigerering og nøkkeltall

Utvikling av bedre metoder for klimakorrigerering og nøkkeltall vil være til hjelp ved sammenligning av energibruk mellom ishaller. Det vil være nyttig i videre arbeid, men foreløpig anses det som viktigere å skaffe et bedre datagrunnlag med mindre usikkerhet.

Kilder

- Andersen, & Rangul. (2015). *Analyse av energibruk i ishallar*. (Bacheloroppgave). NTNU, Trondheim.
- Enova. (2019). *Enovas byggstatistikk 2017*. Hentet fra <https://presse.enova.no/news/ny-byggstatistikk-og-nye-graddagstall-er-ute-358849>
- Nguyen. (2012). *Carbon dioxide in ice rink refrigeration*. (Master thesis). KTH, Hentet fra <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aakth%3Adiva-118099>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2014). *Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk*. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_07.pdf
- Nøstvik, & Rustad. (2015). *Energy use in Norwegian ice rinks*. (Bacheloroppgave). NTNU, Trondheim.
- Rendalen ishall. (u.å.). Rendalen ishall. Hentet fra <https://www.facebook.com/Rendalen-Ishall-338065266206962>
- Rogstam, Beaini, & Hjert. (2014). *Stoppsladd fas 4: Energiansvinding i svenska ishallar*. Hentet fra http://www.stoppsladd.se/Slutrapport_Stoppsladd_fas_4.pdf
- Rogstam, Dahlberg, & Hjert. (2011). *Stoppsladd fas 2 Energianvending i svenska ishallar*. Hentet fra http://www.stoppsladd.se/Stoppsladd_Slutrapport%2010aug11.pdf
- Rogstam, Dahlberg, & Hjert. (2012). *Stoppsladd fas 3: Energianvänding i svenska ishallar*. Hentet fra <http://www.stoppsladd.se/Stoppsladd%20Slutrapport%2030aug12%20JR.pdf>
- Rogstam, & Hjert. (2010). *Energianvänding i svenska isarenor*. Hentet fra http://www.stoppsladd.se/Slutrapport_Stoppsladd_fas_1.pdf
- Rogstam, Pomerancevs, Bolteau, & Grönqvist. (2017a). *NERIS-Del 1: Fuktproblematiken i ishallar - en introduksjon*. Hentet fra <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aakth%3Adiva-236534>
- Rogstam, Pomerancevs, Bolteau, & Grönqvist. (2017b). *NERIS - Del 2: Metoder och energianvänding för avfukting is ishallar*. Hentet fra <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aakth%3Adiva-236535>
- Senter for idrettsanlegg og teknologi. (2018). *Energibruk i ishall*. Hentet fra <https://www.godeidrettsanlegg.no/publikasjon/energibruk-i-ishall>
- Senter for idrettsanlegg og teknologi. (u.å.). Senter for idrettsanslegg og teknologi (SIAT). Hentet fra <https://www.ntnu.no/siat/om-senteret>
- Shirvani, & Youssef. (2018). *Energieffektivisering av ishallar*. Hentet fra <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aakth%3Adiva-230716>

Vedlegg A: Spørreskjema



SIAT



Nasjonal spørreundersøkelse for ishaller

Ishallens navn:

Kontaktperson (navn og tlf.):

Total årlig energiforbruk [kWh]				
2016	2017	2018	2019	2020

Byggeår:

Har hallen hatt en større oppgradering (hva og når):

Åpningstid per uke i timer:

Antall uker åpent per år:

Årlig vannforbruk [m³]:

Romtemperatur i hallen:

Tykkelse og overflateareal på isflate: 30x60m, tykkelse mangler

Type kuldeanlegg for isproduksjon:

Type avfuktingsanlegg (gjerne merke og modell):

Årlig energiforbruk kuldeanlegg [kWh]:

Kommentarer til dette skjemaet. Er noe uklart? Er noen spørsmål vanskelige å svare på?

Dersom du har spørsmål, ta kontakt med:

Bjørn Aas

bjorn.aas@ntnu.no

97171814

Rasmus Rørholt Theisen

rasmusrt@stud.ntnu.no

48092076

Vedlegg B: Infoskriv om spørreskjema



Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

1 av 1

Info om spørreskjema energibruk i ishaller

Senter for Idrettsanlegg og Teknologi ved NTNU har til oppdrag å formidle forskningsbasert kunnskap og teknologiske løsninger for idrettsanlegg til det beste for idretten og samfunnet. Ishaller er blant de mest energikrevende idrettsanleggene og de har ofte stort potensiale for å spare energi og penger med relativt enkle tiltak. For bedre å kunne bistå eiere, driftsansvarlige og brukere med dette ønsker vi å kartlegge energibruken i norske ishaller.

Det vil være til stor hjelp om dere kan fullføre dette spørreskjemaet med data fra deres ishall. Spørsmålene handler om energibruken i ishallen og faktorer som kan påvirke denne, som driftstid og temperatur i hallen. Jeg har startet med å skrive inn den lille informasjonen vi har fra før om ishallen, men mesteparten trenger vi fra dere. Dere må gjerne korrigere om noe av det jeg har fylt ut et feil. Dersom det er spørsmål dere ikke kan svare på, skriv gjerne en kort forklaring (for eksempel at dere ikke gjør slike målinger).

Spørreskjemaet fylles ut i Word og sendes til rasmusrt@stud.ntnu.no innen **21.mai**.

Innsamlet data som publiseres offentlig vil bli anonymisert slik at det ikke kan spores tilbake til enkelthaller. Internt i SIAT ønsker vi å holde innsamlet data sporbart.

Dersom dere ønsker kan vi i etterkant av undersøkelsen gi dere en tilbakemelding på energibruken i ishallen og mulige tiltak for å redusere denne.



SIAT – Senter for
idrettsanlegg og teknologi

Postadresse

SIAT, Institutt for bygg-
og miljøteknikk,
7491 Trondheim

Org.nr. 974 767 880

postmottak@ntnu.no

Besøksadresse

Høgskoleringen 7a,
Trondheim

Telefon

+47 73595000

Kontakt

kontakt@siat.ntnu.no