



Høgskulen på Vestlandet

H02-300 - Bacheloroppgåve

H02-300

Predefinert informasjon

| | | | |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Startdato: | 04-05-2019 09:00 | Termin: | 2019 VÅR |
| Sluttdato: | 20-05-2019 14:00 | Vurderingsform: | Norsk 6-trinns skala (A-F) |
| Eksamensform: | Bacheloroppgave | Studiepoeng: | 20 |
| SIS-kode: | 203 H02-300 1 O 2019 VÅR FORDE | | |
| Intern sensor: | (Anonymisert) | | |

Deltaker

Kandidatnr.: 141

Informasjon fra deltaker

Antall ord *: 22820

Egenerklæring *: Ja

**Inneholder besvarelsen
konfidensiell materiale?:** Nei

**Jeg bekrefter at jeg har
registrert oppgavetittelen
på norsk og engelsk i
StudentWeb og vet at
denne vil stå på
vitnemålet mitt *:** Ja

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Ja, Førde kommune



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGÅVE

Energieffektivisering av svømmehall i
Førdehuset

Energy efficiency of swimming pool arena in
Førdehuset

**Joakim Kvammen, Marta Hugøy Sandnes, Karl Ullrich og
Viggo Leikanger**

H02-300 Bacheloroppgåve

Fakultet for ingeniør- og naturvitskap, Institutt for byggfag

Ingeniørfag bygg og anlegg

Ingvild Haktorson, HVL

20.05.2019

Vi stadfester at arbeidet er sjølvstendig utarbeida og at referansar/kjeldetilvisingar til alle
kjelder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

Studentrapport

Campus Førde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no

| | | |
|--|--|---------------------------|
| TITTEL Energieffektivisering av svømmehall i Førdehuset | RAPPORTNR. | DATO 20.05.2019 |
| PROSJEKTTITTEL Hovudprosjekt HO2-300 | TILGJENGE Ikkje avgrensa | TAL SIDER 80 |
| FORFATTARAR Joakim Kvammen, Marta Hugøy Sandnes, Karl Ullrich og Viggo Leikanger | ANSVARLEGE RETTLEIARAR Ingvild Haktorson, HVL | |
| OPPDRAGSGJEVAR Førde kommune | | |
| SAMANDRAG Rapporten handlar om kva energiøkonomiserande tiltak som kan gje størst sparegevinst utan å øydelegge arkitekturen til svømmehallen i Førdehuset. Prosjektet tek føre seg varmetap i bygningskroppen og energibruk knytt til klimakontroll, dusjvatn og bassengteknisk vassforbruk. Prosjektet konkluderer med kva bygningsdelar det vil lønne seg å etterisolere, samt at det vil svare seg å ettermontere varmegjenvinning for gråvatn også utan utviding med ny svømmehall. | | |
| SUMMARY This report describes what actions need to be taken in order to obtain the best results in energy savings for the building complex of the Førdehuset swimming arena; without disturbing the architecture. It focuses on loss of heat energy in the building and use of energy related to climate control, showers' spill water and pool related equipment. The project concludes about what parts of the building will be the most profitable to insulate better and that investing in energy recycle equipment for the spill water, will result in significant amounts of energy savings. | | |
| EMNEORD Svømmehall, Førdehuset, symjehall, badeanlegg, etterisolering, isolering, isolasjon, glassfasade, varmegjenvinning, gråvatn, gråvann, energi, varmetap | | |

Forord

Denne oppgåva er valt grunna gruppa si felles interesse for fagområda bygningsfysikk og energi. Moglegheita til å kunne gjere ein jobb for kommunen som seinare kan nyttast som slutningsgrunnlag, gav oss motivasjonen til å sette oss skikkeleg inn i dei ulike løysingane slik at resultatata er pålitelege. Vi vil gje ein stor takk til vår rettleiar Ingvild Haktorson frå Høgskulen på Vestlandet for støtte og godt samarbeid. Vi vil og gje ein takk til:

- Driftspersonale ved Førdehuset og Førde kommune ved; Kari Aase, Olav Johan Årskaug, Kåre Åsnes, Ståle Haugen, Jarl Helle, Laila Haugsbø og Johan Bengtsson
- Ejnar Brendsdal og Bjørn Are Vollstad, arkitektar hjå Arki
- Thomas Hjertenes, avdelingsleiar service hjå Menerga
- Tor Brekke, seniorrådgjevar hjå Enova
- Bjørn Aas, overingeniør ved Senter for idrettsanlegg og teknologi, NTNU
- Linn Grepstad Nes og Lars-Idar Vegsund, Norconsult
- Norvald Hegrenes og Stefen Jensen, Statsbygg
- Bjørn Holvik, Glasmeister John Holvik AS
- Kristian Grov, glasmeister
- Jarle Lundekvam, proffseljar hjå XL Bygg Farsund Bygg
- Tom Blestrud, driftsleiar ved Holmen svømmehall og Elisabeth Kolrud, Asker kommune
- Torstein Svennevig, Kingspan Insulation Norge

Desse har bidrege med informasjon og kunnskap innan sine fagområde.

Samandrag

Utgangspunktet for oppgåva har vore kva energieffektiviseringstiltak som vil gje best effekt i samband med energisparing i svømmehallen i Førdehuset. Oppgåva har to deler der den eine omtalar varmetap i bygningskroppen og den andre omhandlar energibruk i bygget knytt til det bassengtekniske. To overordna premissar for arbeidet har vore å bevare arkitekturen i bygget samt å vurdere tiltaka også i lys av ei utviding av badeanlegget med svømmehall på vestsida av bygget.

Ein har funne at det vil lønne seg å fornye deler av ytterveggane i eksisterande svømmehall. Utskifting av glasfasade i sørvegg samt fornying av vindauge og teglsteinvegg på austsida er lønnsame tiltak å gjennomføre. Ein vil spare om lag 150 000 kroner årleg i energikostnadar og netto noverdi etter 30 år er nærare 800 000 kroner ved etterisoleringa. Taket på svømmehallen vil ikkje svare seg å etterisolere og ein kan etter vår vurdering, vente med tiltak til levetid for takmembran er ute.

Det vil lønne seg å ettermontere utstyr for energigjenvinning for gråvatn. Med tal for 2018 viser det seg at det renn varmt vatn rett i avlaupet for ein verdi av om lag 250 000 kroner årleg. Denne energien kan gjenvinnast med rett utstyr uavhengig av ei utviding av badeanlegget. Noverdien etter 15 år for eit slikt anlegg er estimert til 2,2 millionar ved dagens vassforbruk.

Abstract

The background information for this project: One wish to establish what actions need to be taken in order to obtain the best results in energy savings for the building complex of the Førdehuset swimming arena. This report is divided in two parts: The first is concentrated around the amount of lost heat energy from the building into its surroundings; the second part references how to best utilize equipment-based energy relating to the water pool.

There are two overriding premises for the project. First, one does not want to disturb the architecture style of “Brutalism” established from the unique period when the complex was originally built. The second is to consider plans for a new swimming pool that would be connected to the existing building complex.

One has found that it will be a profitable investment to renew some parts of the outer walls in the existing building. Specifically, refurbishing the glass front in the southern wall, and the brick wall with windows in the eastern wall are the two most economically feasible actions. The calculations show potential economic savings of 150 000 NOK each year.

The roof in the hall has relative low potential of energy savings by adding more insulation on top. From an economic standpoint, our opinion is that one should wait until maintenance of the roof covering is needed.

It will also be a good investment to install heat pump equipment to recycle the energy in the spill water from the showers and the pool. Numbers for water consumption from 2018 indicate that warm water of 250 000 NOK today goes directly down the drain. It is possible to recycle this energy with the right equipment. This investment will be positive regardless of whether a new pool is connected to the building or not.

Innhald

| | |
|---|------|
| Forord..... | III |
| Samandrag | IV |
| Abstract..... | V |
| Figurliste..... | X |
| Tabelliste | XII |
| Formelliste | XIII |
| 1 Innleiing | 1 |
| 1.1 Bakgrunn for oppgåva | 1 |
| 1.1.1 Kvifor energieffektivisere? | 2 |
| 1.1.2 Førde kommune sine energi- og klimamål..... | 2 |
| 1.2 Avgrensingar..... | 3 |
| 1.3 Oppbygging av rapporten | 3 |
| 1.4 Generell metode | 4 |
| 1.4.1 Litteratur..... | 4 |
| 1.4.2 Intervju og synfaringar | 4 |
| 2 Svømmehallen | 6 |
| 2.1 Verneverdi og arkitektur | 7 |
| 2.1.1 Etterisolering av verneverdige bygg..... | 7 |
| 2.2 Ny svømmehall..... | 9 |
| 2.3 Utforming og dagens funksjon | 10 |
| 2.3.1 Tekniske anlegg | 11 |
| 2.3.2 Dagens tilstand | 12 |
| 3 Tiltak for å redusere varmetap | 14 |
| 3.1 Metode – tiltak..... | 14 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1.1 | Innhenting av produkt og prisar..... | 14 |
| 3.1.2 | Målingar | 15 |
| 3.1.3 | Simien | 17 |
| 3.2 | Teori – tiltak..... | 18 |
| 3.2.1 | Varmelære..... | 18 |
| 3.2.2 | U-verdi..... | 19 |
| 3.2.3 | Kuldebruer..... | 20 |
| 3.2.4 | Isolerande material | 22 |
| 3.2.5 | Utvendig eller innvendig isolering..... | 24 |
| 3.2.6 | Luftlekkasjar | 25 |
| 3.2.7 | Fukt i bygg | 25 |
| 3.2.8 | Krav til svømmehall i byggtknisk forskrift | 28 |
| 3.3 | Resultat – tiltak..... | 30 |
| 3.3.1 | Dagens energibruk og varmetapstal | 31 |
| 3.3.2 | Utvendig isolering av søyler og bjelkar | 33 |
| 3.3.3 | Etterisolering av tak | 36 |
| 3.3.4 | Isolering av teglsteinsveggar | 42 |
| 3.3.5 | Byte av vindauge | 46 |
| 3.4 | Drøfting – tiltak | 49 |
| 4 | Gjenvinning av energi..... | 52 |
| 4.1 | Metode – gjenvinning | 52 |
| 4.1.1 | Energiberekningar | 53 |
| 4.1.2 | Lønnsemd | 53 |
| 4.2 | Teori – gjenvinning | 54 |
| 4.2.1 | Kalorimetri..... | 54 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2.2 | Avfukting i svømmehall | 55 |
| 4.2.3 | Energigjenvinning av gråvatn | 59 |
| 4.3 | Resultat – gjenvinning | 61 |
| 4.3.1 | Luftbehandling | 61 |
| 4.3.2 | Varmegjenvinning av gråvatn..... | 62 |
| 4.4 | Drøfting – gjenvinning..... | 64 |
| 4.4.1 | Arealbehov | 65 |
| 4.4.2 | Andre tekniske utfordringar..... | 65 |
| 5 | Samla drøfting | 66 |
| 5.1 | Støtte til energieffektiviserande tiltak | 67 |
| 6 | Konklusjon | 68 |
| 7 | Vidare arbeid | 69 |
| 8 | Prosjektadministrasjon | 70 |
| 8.1 | Prosjektorganisering..... | 70 |
| 8.1.1 | Organisasjonsplan | 70 |
| 8.1.2 | Prosjektleiing..... | 71 |
| 8.1.3 | Prosjektperiode | 71 |
| 8.2 | Gjennomføring i forhold til plan..... | 72 |
| 8.3 | Ressursar | 74 |
| 8.3.1 | Tidsbruk..... | 74 |
| 8.3.2 | Budsjett | 74 |
| 8.4 | Prosjektevaluering..... | 75 |
| 9 | Referanser..... | 76 |
| 10 | Vedlegg..... | 81 |
| 10.1 | Samtykkeskjema..... | 81 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 10.2 | Temperatur- og fuktforhold ved termografering..... | 82 |
| 10.3 | U-verdi berekningar | 83 |
| 10.4 | Prisar og anbefalte tiltak for å redusere varmetap..... | 92 |
| 10.5 | Dagens energibruk og varmetapstal | 95 |
| 10.6 | Energibruk etter utført tiltak..... | 121 |
| 10.7 | Utvendig isolasjon av søyler og bjelkar | 147 |
| 10.8 | Etterisolering av tak | 151 |
| 10.9 | Utskifting av isolasjon i teglsteinvegger | 156 |
| 10.10 | Bytte av vindauge | 160 |
| 10.11 | Samla drøfting av tiltak | 167 |
| 10.12 | Luftbehandling | 168 |
| 10.13 | Varmegjenvinning av gråvatn..... | 175 |
| 10.14 | Utrekningar for gjenvinning av gråvatn | 183 |

Figurliste

| | |
|---|----|
| Figur 2.1: Bilete teke av sørfasaden til Førdehuset. Fotograf: Joakim Kvammen. | 6 |
| Figur 2.2: Vestveggen til idrettshallen. Brutalistisk stil er vidareført etter påbygg i 1996. | 7 |
| Figur 2.3: Illustrasjon av konseptet Førde IL har utarbeida i samarbeid med Norconsult Førde om utviding av svømmehall og meir idrettsareal [11]. Legg merke til overgang til ny glasfasade i område der eksisterande skorstein er bygd inn. | 9 |
| Figur 2.4: Tenkt planteikning av det nye konkurransebassenget med tilhøyrande garderobar [11]. | 9 |
| Figur 2.5: Bilete av svømmehallen innvendig. Her ser ein konkurransebassenget, stupebassenget samt delar av barnebassenget. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes. | 10 |
| Figur 2.6: Bilete som syner saltkrystallar inne i eitt vindauge. Teglsteinsmuren i aust ber tydeleg preg av elde. Fotograf: Joakim Kvammen/ Viggo Leikanger. | 12 |
| Figur 2.7: Bilete teke av bassengkaret i Førdehuset. Foto: Marta Hugøy Sandnes. | 13 |
| Figur 3.1: Bilete teke av sørfasaden til svømmehallen i Førdehuset som syner kuldebruer. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes. | 16 |
| Figur 3.2: Syner luftfuktmålaren som vart nytta. | 16 |
| Figur 3.3: Illustrasjon som syner dei tre ulike formene for varmetransport gjennom ein bygningsdel [21]. | 19 |
| Figur 3.4: Dei tre ulike typane kuldebru [22]. | 20 |
| Figur 3.5: Figuren frå boka "Bygningsfysikk grunnlag" syner samanhengen mellom densitet og varmekonduktivitet i nokre typar isolasjon [4, p. 198]. | 22 |
| Figur 3.6: Temperaturvariasjon og kuldebruer ved utvendig og innvendig etterisolering av murvegg [34]. | 24 |
| Figur 3.7: Illustrasjon som syner vanlege fuktkjelder og transport av fukt i bygget [36]. | 26 |
| Figur 3.8: Mollier-diagram [36]. | 27 |
| Figur 3.9: Varmetapstal frå simulering i Simien [Vedlegg10.5]. | 31 |
| Figur 3.10: Bilete av sørfasaden i Førdehuset, bjelkar og søyler. Foto: Marta Hugøy Sandnes. | 33 |
| Figur 3.11: Standardoppbygging rettvendt tak [54]. | 36 |

| | |
|---|----|
| Figur 3.12: Lagoppbygging vakuumtak [56]. | 37 |
| Figur 3.13: Bilete av austsida på taket på svømmehallen. Fotograf: Karl Ullrich. | 41 |
| Figur 3.14 Bilete av teglvegg sett frå aust. Fotograf: Viggo Leikanger. | 42 |
| Figur 3.15: Bilete teke av aust-fasaden til Førdehuset syner kvar ein har størst varmetap. Fotograf: Joakim Kvammen. | 44 |
| Figur 3.16: Parti av plassen utanfor hovudinngangen på Førdehuset. Dei nye tunhellene vart i ein annan fargekontrast enn det opphavelege. | 45 |
| Figur 3.17: Syner at aluminiumsrammene er ein bygningsdel der det ikkje finst kuldebrubrytar. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes. | 46 |
| Figur 3.18: Fasade av svømmehall mot vest. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes. | 46 |
| Figur 3.19: Parti av glasfasade på Ulsteinbadet. Foto: Karl Ullrich. | 47 |
| Figur 3.20: Diagram med samla oversikt over økonomisk sparing i dei ulike tiltaka. | 49 |
| Figur 3.21: Diagram som syner endring i varmetapstal. | 50 |
| Figur 3.22: Diagram som syner energibudsjett før og etter tiltak. | 51 |
| Figur 4.1: Bilete av avfuktaraggregat i frå Menerga [65]. | 56 |
| Figur 4.2: Avfuktaraggregat i driftsfase omluft [65]. | 57 |
| Figur 4.3: Avfuktaraggregat i driftsfase omluft med gjenvinning og avfukting [65]. | 57 |
| Figur 4.4: Avfuktaraggregat i driftsfase med inntak av friskluft [65]. | 58 |
| Figur 4.5 Varmegjenvinningsaggregat for gråvatn [66]. | 59 |
| Figur 4.6 Prinsippskisse for aggregat i driftsfase [66]. | 60 |
| Figur 4.7 Prinsippskisse for aggregat i rensfase [66]. | 60 |
| Figur 4.8: Syner historisk vassforbruk henta i frå Servicetorget i Førde Kommune [67]. | 62 |
| Figur 8.1: Organisasjonskart som syner korleis prosjektet er organisert. | 70 |
| Figur 8.2: Kalender med milepålar og møtedatoar. | 71 |
| Figur 8.3: Opphavleg framdriftsplan. | 72 |
| Figur 8.4 Samanlikning av den planlagde framdriftsplanen mot gjennomført framdrift. | 73 |

| | |
|--|----|
| Figur 8.5 Tidsbruk i bachelorprosjekt..... | 74 |
|--|----|

Tabelliste

| | |
|--|----|
| Tabell 3.1: Minimumskrav til energieffektivitet i bygningar frå §14-3(1) og energiltak frå §14-2(2) i TEK17 [38]. | 29 |
| Tabell 3.2: Tabellen viser typar isolasjon som kan brukast til å isolere søyler og bjelkar. Det er òg vurdert om dei ulike produkta teknisk eignar seg til montering på Førdehuset, sett vekk frå arkitektfaglege råd..... | 34 |
| Tabell 3.3: Pris, U-verdi, energisparing og netto noverdi på tiltak på bjelkar og søyler..... | 35 |
| Tabell 3.4: Oversikt over innhenta takisolasjon med varmekonduktivitet, tjukne og pris..... | 38 |
| Tabell 3.5: Kostnadar av takisolering. Alle priser er utan meirverdiavgift og frakt. | 40 |
| Tabell 3.6: Tiltak utskifting av vindauge. Tabellen syner pris, U-verdiar, energisparing og netto noverdi..... | 48 |
| Tabell 4.1: Viser sparepotensiale ved tre ulike vassforbruk samt netto noverdi over tid..... | 64 |
| Tabell 5.1: Utrekning av lønnsemd for dei tilrådde tiltaka. | 66 |
| Tabell 8.1: Oversikt over milepålar. | 71 |
| Tabell 8.2: Tabellen syner utgifter i forbindelse med studietur til Asker. | 75 |

Formelliste

| | |
|--|----|
| Formel 3.1: Varmemotstanden til eit materiale [4, p. 54]. | 19 |
| Formel 3.2: U-verdien til ein konstruksjon [4, p. 221]. | 19 |
| Formel 3.3: U-verdi-metoden [4, p. 218]. | 20 |
| Formel 3.4: λ -verdi-metoden [4, p. 218]. | 20 |
| Formel 3.5: U-verdiberekning med kuldebru [4, p. 226]. | 21 |
| Formel 3.6: Normalisert kuldebruverdi [4, p. 226]. | 21 |
| Formel 3.7: Formel for U-verdi vindaugsfasade [4, p. 237]. | 21 |
| Formel 3.8: Relativ fukt [4, p. 52]. | 26 |
| Formel 4.1: Utrekning av noverdi. | 53 |
| Formel 4.2: Tilført varme til eit stoff. | 54 |
| Formel 4.3: Energi for å varme opp vatn. | 54 |
| Formel 4.4: Varmemengd ved faseovergang. | 54 |

1 Innleiing

Svømmehallen i Førdehuset har vore i drift i over 40 år utan omfattande ombygging eller vedlikehald. I tillegg til at den treng eit løft på dei tekniske installasjonane og at bygningsmassen treng verdibevarande vedlikehald, er den ikkje energieffektiv etter dagens standard. Førdehuset har stor betydning for befolkninga i Førde og tilstøytande kommunar, som samlingsplass for ulike sosiale samankomstar og idrettsarrangement. Bygget har grunna bygningstype og tidstypisk arkitektur, ein arkitektonisk og kulturell verneverdi.

Problemstillinga denne oppgåva omhandlar er:

«Kva tiltak vil gje best effekt om ein skal spare energi i svømmehallen i Førdehuset, med tanke på rasjonell energibruk og samstundes bevare arkitekturen?»

Oppgåva har to fokusområde: Kva tiltak kan ein gjere på bygningskroppen for å minske varmetap frå svømmehallen og slik bruke mindre energi på oppvarming? Det andre er energigjenvinning. Kan ein installere eit anlegg for gjenvinning av energi i gråvatn frå dusjanlegga?

For å finne kva tiltak som er nyttige for Førde kommune er kostnadar og sparing av energikostnadar som følgje av tiltaka, høgst relevant. Det er på same tid eit mål å kunne bevare arkitektur og funksjon av svømmehallen. Med rasjonell energibruk er det meint ein energibruk som balanserer økonomiske og bygningstekniske interesser.

1.1 Bakgrunn for oppgåva

I samband med faget Ingeniørfagleg systememne hausten 2018 gjennomførte gruppa eit prosjekt der det vart intervjuet fleire bedrifter i Sunnfjord om kva problemstillingar eller fagområde dei kunne tenkt seg at det vart skrive bacheloroppgåve om innan bygg- og anlegg. Ei av bedriftene gruppa var i møte med var Førde kommune. Dei hadde fleire interessante innspel om kva dei kunne ha nytte av at vart utgreia. Eit av problemområda kommunen hadde i bygningsporteføljen sin omhandla energibruk i spesielt to av sine bygg:

Førde kommune har fleire eldre bygningar som brukar mykje energi på oppvarming. Dei to bygga dei hadde størst ynskje om å forbetre energimessig var Førdehuset og Førde helsetun. Begge bygga er nyleg kopla på fjernvarmeanlegget i Førde og energikostnadane til kommunen har gått ned. Det er likevel store varmetap til omgjevnadane i desse bygga. Dette er lite gunstig for miljøet og kostnadmessig uheldig. Ei aktuell oppgåve er då å sjå nærare på eitt av desse bygga og slik vurdere korleis ein kan forbetre bygga for å spare både pengar og miljø [1].

Dette gav inspirasjon til problemstillinga ved å energieffektivisere denne svømmehallen.

1.1.1 Kvifor energieffektivisere?

Byggebransjen står i dag for 40 % av all energibruken, avfall og forureining i Noreg [2]. Om lag 90 % av miljøbelastningane finn stad i bruksfasen, altså frå innflytting til sanering. Ressursbruken i prosjekterings- og byggefasen på 10 % verkar då ikkje til å vere så stor. Dersom bygget ikkje vert brukt over tid, og ikkje kan tilpassast ny bruk eller nye krav, krev likevel riving og bygging av eit nytt bygg store ressursar. Det er derfor viktig å ha fokus på heile livsløpet til eit bygg under planlegging av bygging og ved verdibevarande vedlikehald [2]. Å energieffektivisere framfor å bygge nye og betre bygg kan spare miljøet for ressursar. Å spare energi til oppvarming er også god ressursparing. Ved fokus på auka gjenvinning, gjenbruk og energieffektivisering kan ein spare miljøet ved å fornye svømmehallen i Førdehuset.

Miljøperspektivet er viktig for mange. Fokuset på den globale oppvarminga dei siste åra har også skapt nasjonal politikk og føringar. Kommunane pliktar å planlegge etter desse føringane, mellom anna med kommuneplan for energi, miljø og klima. I tillegg kan økonomi vere ein sterk drivar for mange til å gjennomføre energieffektiviserande tiltak.

1.1.2 Førde kommune sine energi- og klimamål

Førde kommune har utarbeida ein kommunedelplan som tek for seg energi, miljø og klima målsetnadar [3]. Den nyaste planen er for perioden 2010-2015. Denne planen bygger på analysar og nasjonale føringar. Her nemner kommunen statusen slik den var ved utarbeiding av planen og om kva mål kommunen har sett seg for framtida. Nokre av desse måla går ut på energibruk og klimautslepp.

Førde kommune har sett seg ein visjon om at kommunen skal vere karbonnøytral innan 2050. For å nå dette målet, har dei sett seg eit hovudmål om at innan 2020 skal klimautsleppa i kommunen vere redusert med 30 %. Når det gjeld energibruken har kommunen sett seg eit delmål, at ein skal syte for eit effektivt energibruk kombinert med bruk av alternative energikjelder. Innan 2020 skal energibruken vere redusert med 10 % samanlikna med det forbruket ein hadde i 1991. Strategien for å nå dette målet er at kommunen skal ha eit auka fokus på bruk av alternative og klimavennlege energikjelder, samt fortsette jobben med å utbetre energiløysingane i dei kommunale bygga.

Eit viktig poeng kommunen tek opp i denne klima- og miljøplanen er energieffektiviseringstiltak i kommunale bygg. Her vurderer dei energieffektivisering som den rimelegaste vegen til eit lågare energiforbruk. Uansett kva energikjelde ein har i bygget vil meir effektiv energibruk vere ein fordel. Eksempel på slike tiltak kan vere å innføre energistyringssystem, etterisolere, utskifting av vindauge og modernisere og effektivisere varme- og ventilasjonssystem.

Eit mål som er nemnt er bytte av oljekjelane som har vore nytta til oppvarming, med eit meir miljøvennleg alternativ. Varmepumpe kjem vanlegvis godt ut økonomisk, men avhengig av alder og bygningstype kan tilleggsisolasjon eller skifting av vindauge totalt sett være vel så effektivt. Ved ein kombinasjon av begge deler vil ein oppnå mest effektiv energiutnytting [3].

1.2 Avgrensingar

Denne oppgåva avgrensar seg til å omhandle kva ein kan spare på å redusere varmetapstalet til klimaskalet til svømmehallen i Førdehuset, samt å installere gjenvinning av gråvatn. Det vil seie at det ikkje er vurdert isolering av skillekonstruksjonen mot resten av bygget. I energigjenvinningsdelen er det sett på avfukting av lufta i svømmehallen samt gjenvinning av gråvatn frå dusjanlegget. Det er fleire dusjanlegg i Førdehuset på ulike plassar. Det vil i tillegg komme nytt dusjanlegg dersom det vert bygd ein ny svømmehall i tilknytning til den gamle. Det er forsøkt å finne ut om alt av gråvatn kan samlast, slik at ein kan få mest mogleg ut av å installere eit anlegg for energigjenvinning av gråvatn.

1.3 Oppbygging av rapporten

Rapporten er delt inn i to hovuddelar, den første delen i kapittel 3 omhandlar tiltak mot varmetap. Kapittelet er delt inn i metode, teori, resultat og konklusjon. I resultatet er alle tiltaka mot varmetap gjennom klimaskalet presentert og drøfta, med tanke på kva løysing som er best i eit balansert økonomi- og arkitekturperspektiv. Til sist er det lagt fram ein konklusjon der dei anbefalte tiltaka går fram.

I kapittel 4 er sparepotensialet med energigjenvinning omtala. Kapittelet er bygd opp likt som føregåande kapittel med metode, teori, resultat og konklusjon. Her er det utrekningar på kva ein kan spare med å installere gjenvinningsaggregat for gråvatn og konkludert om dette er lønnsamt å investere i.

Litteratur, intervju og synfaringar er omtala i kapittel 1.4.1 og 1.4.2. Dette er metoden som er generell for begge hovuddelane, då ein har brukt same litteraturen og intervjuobjekta har vore behjelpelege med fleire fagfelt. I kapittel 2 er historie, funksjon og oppbygging av svømmehallen i Førdehuset omtala. Dette er eit viktig kapittel for å forstå kvifor det arkitektoniske spelar ei rolle ved ei ombygging, samt ei kort innføring i den nye svømmehallen som er planlagd og utforminga av den eksisterande svømmehallen.

1.4 Generell metode

For å løyse oppgåva er det gjennomført litteratursøk, intervju og synfaringar som har gjeve informasjon til begge deloppgåvene. Dette er samla i eit generelt metodekapittel der ein går inn på bøker som er brukt, samt fortel om intervju og synfaringar.

1.4.1 Litteratur

Som grunnlag for den teoretiske kunnskapen er det i hovudsak brukt bøker om bygningsfysikk, samt SINTEF Byggforsk sine detaljblad og handbøker. Jan Vincent Thue si bok «Bygningsfysikk, grunnlag» [4] og Byggforsk sine handbøker «Håndbok 52 - Bade og svømmeanlegg» [5] og «Håndbok 50 - Fukt i bygninger» [6] har gjeve grunnlaget for utrekningar av varmegjennomgang i konstruksjonar, fukt i bygningar og kunnskap om kva tekniske installasjonar som krevst for å halde innelufta på eit akseptabelt nivå.

1.4.2 Intervju og synfaringar

Gjennom prosjektet er det utført fleire intervju og synfaringar. Alle intervjuobjekta har gjeve samtykke til at informasjonen dei har gjeve er korrekt brukt i oppgåva [Vedlegg 10.1].

For å hente inn informasjon om Førdehuset sitt svømmeanlegg og drifta av dette har det vore til stor nytte å kunne bruke kontaktpersonar i Førde kommune. Olav Johan Årskaug, leiande vaktmeister i Førde kommune og Kåre Åsnes, vaktmeister på Førdehuset, har vore gode ressurspersonar frå kommunen. I tillegg har pensjonert driftsleiar Ståle Haugen bidrege med nyttig historikk. Det har vore nødvendig med fleire synfaringar i svømmehallen for målingar og innhenting av informasjon.

I tillegg til synfaring på Førdehuset har ein vitja både Ulstein Arena og Holmen Svømmehall i Asker. Dette er nyare anlegg med god energieffektivitet og tekniske installasjonar av nyare dato. Desse anlegga har vore gode referanseprosjekt, der ein kan sjå at nyare anlegg har fokus på energieffektivitet og funksjonalitet.

Linn Grepstad Nes i Norconsult Førde har vore til stor hjelp med oppgåva og har vore ein ressurs ved fleire høve. Nes syntte stor interesse for oppgåva tidleg i prosessen og har vore behjelpelig med å finne referanseprosjekt, planar om ny svømmehall samt å formidle kontakt med andre nyttige fagpersonar.

For å få ei innføring i dei arkitektoniske utfordringane med å isolere svømmehallen utvendig, vart Ejnar Brendsdal hjå Arki arkitektkontor i Førde kontakta. Brendsdal og Bjørn-Are Vollstad gav ei god innføring i den brutalistiske byggestilen som Førdehuset er bygd i, samt nye synspunkt på arkitektur som sette eit nytt perspektiv på oppgåva. Dette kan ein lese meir om i kapittel 2.1.

Menerga er den einaste leverandøren av anlegg for gjenvinning av gråvatn. Grappa vitja deira hovudkontor i Asker. Thomas Hjertenes, avdelingsleiar hjå Menerga, gav god innføring i dei bygningsfysiske utfordringane i svømmehallar samt presentasjon av leverandøren sine anlegg for gråvatn og avfukting av luft. Anlegga er omtala i kapittel 4.2.2 og 4.2.3. Desse anlegga er installert i Holmen svømmehall, som ligg rett ved hovudkontoret til Menerga. Hjertenes og Tom Blestrud, driftsleiar hjå Asker kommune, gav omvising i denne svømmehallen.

Seniorrådgjevar i Enova, Tor Brekke, har gjeve ei innføring i korleis Enova kan gje økonomisk støtte til energieffektivisering av bygningar. Brekke gav også informasjon om Holmen Svømmehall og har gjeve rettleiing undervegs i løysinga av oppgåva [7].

Bjørn Aas, overingeniør ved Senter for idrettsanlegg og teknologi hjå NTNU, har gjeve rettleiing innan bygningsfysikk for svømmehallar. Aas har også gjeve råd ved analyse av energi og vassforbruk samt inneklime.

2 Svømmehallen

På midten av 1960-talet vart det bestemt at Førde skulle fungere som eit vekstsenter i Sunnfjord og det vart brukt store ressursar for å byggje ut næring sentralt i Førde. Med satsing på at folk skulle ha lyst å bu og å bli verande i Førde trengde ein også eit kulturhus. Førdehuset vart dermed planlagt som det første av slike kombinerte kultur- og idrettsbygg i landet [8]. Kulturbygget er teikna av Peder Ristesund og sto ferdig våren 1976. Det inneheldt då: Kinosal, teatersal, svømmebasseng, bibliotek og fleire kontor.

Førdehuset er bygd i brutalistisk stil, med underkategori, konstruksjon. Denne arkitektoniske stilen oppstod på siste halvdel av 1960-talet og fortsette utover første del av 70-åra [9]. Brutalistisk stil gjev eit solid og robust uttrykk ved framheving og bruk av tunge material. Dei konstruktive elementa er synlege, slik at det er tydeleg korleis den bærande konstruksjonen er bygd opp [9]. Dette ber Førdehuset tydeleg preg av, med sine synlege betongdetaljar. På bilete nedanfor kan ein sjå sørfasaden til svømmehallen med brutalistisk arkitektur og store glasflater. Svømmehallen og idrettshallen vart teke i bruk hausten 1975, før den offisielle opninga.



Figur 2.1: Bilete teke av sørfasaden til Førdehuset. Fotograf: Joakim Kvammen.

I 1996 vart det bygd på om lag 7000 kvadratmeter idrettshall, dette teikna av Arild Waage. Førdehuset inneheld i dag om lag 17 000 kvadratmeter med kultur- og idrettsarenaer [10]. Bygget er eigd av Førde kommune, som også har ansvar for drift, vedlikehald og utvikling. Den brutalistiske byggestilen er vidareført i tilbygget frå 1996, dette kan ein sjå av biletet på neste side.



Figur 2.2: Vestveggen til idrettshallen. Brutalistisk stil er vidareført etter påbygg i 1996.

2.1 Verneverdi og arkitektur

I følge «Kulturminneplan for Førde kommune 2018-2030» [8] som no ligg ute til høyring, har Førdehuset ein verneverdi. Bygget ligg med omsynssone i kommuneplanen. Rådmannen meiner Førdehuset er eit ikonisk bygg der det er viktig å sikre ei god sone framfor og å bevare uttrykket til bygget, spesielt i den sørgåande aksen mot Angedalsvegen [8]. Eventuelle tilbygg bør ha ein arkitektur som tek spesielt omsyn til form og uttrykk av denne fasaden.

2.1.1 Etterisolering av verneverdige bygg

Verneverdien som ligg til grunn må takast omsyn til når ein skal vurdere kva tiltak ein kan gjere for å redusere varmetapet i bygget. Tidleg i prosessen med bacheloroppgåva tenkte ein å etterisolere betongsøyler og -bjelkar utvendig. Det var klart at det var ynskje frå kommunen om at fasaden vart bevart, ein tenkte derfor å finne eit materiale med god isolasjonsevne som kunne overflatebehandlast slik at det ser ut som betong. Første steget mot å finne eit slikt material, var å kontakte arkitekt MAA Ejnar Brendsdal hjå Arki Arkitektur AS i Førde. Det vart avtalt eit møte med han og hans kollega, arkitekt Bjørn-Are Vollstad.

Utgangspunktet før møtet med Brendsdal og Vollstad var å diskutere kva løysingar som eksisterer for å bevare utsjånaden på betongfasade ved utvendig etterisolering. Vi fekk eit interessant foredrag om kva Brendsdal tenkjer rundt dette med å dekke til opphaveleg arkitektur utvendig på Førdehuset.

Brendsdal var tydeleg på at utvendig etterisolering av betongbjelkar og -søylar ville skape ein illusjon, altså ei løgn i denne ærlege byggestilen. Han refererte til maleriet Mona Lisa av Leonardo Da Vinci: «Dersom det hadde synt seg at Mona Lisa var malt med maling som var farleg for omgjevnadane og at det måtte destruerast, hadde det då vore greitt berre ein kunne lage eit nytt maleri som var identisk?». Han drog også parallellar til eit lafta stabbur – det er rimeleg uaktuelt å isolere eit ærverdig lafta stabbur berre for å oppnå betre isolasjonsverdi i veggane. Desse samanlikningane gjev eit godt perspektiv på viktigheita av å bevare arkitektur slik den er. Vidare kan ein tenke at arkitektur er kunst og at kunsten vert øydelagd dersom den vert endra. Brendsdal meinte derimot det ville vere mindre dramatisk for arkitekturen, om ein i samband med fornying av glasfasade i sørveggen, skifta til vindaugsprofilar med kuldebrobrytar så lenge profilane er identisk i form og farge.

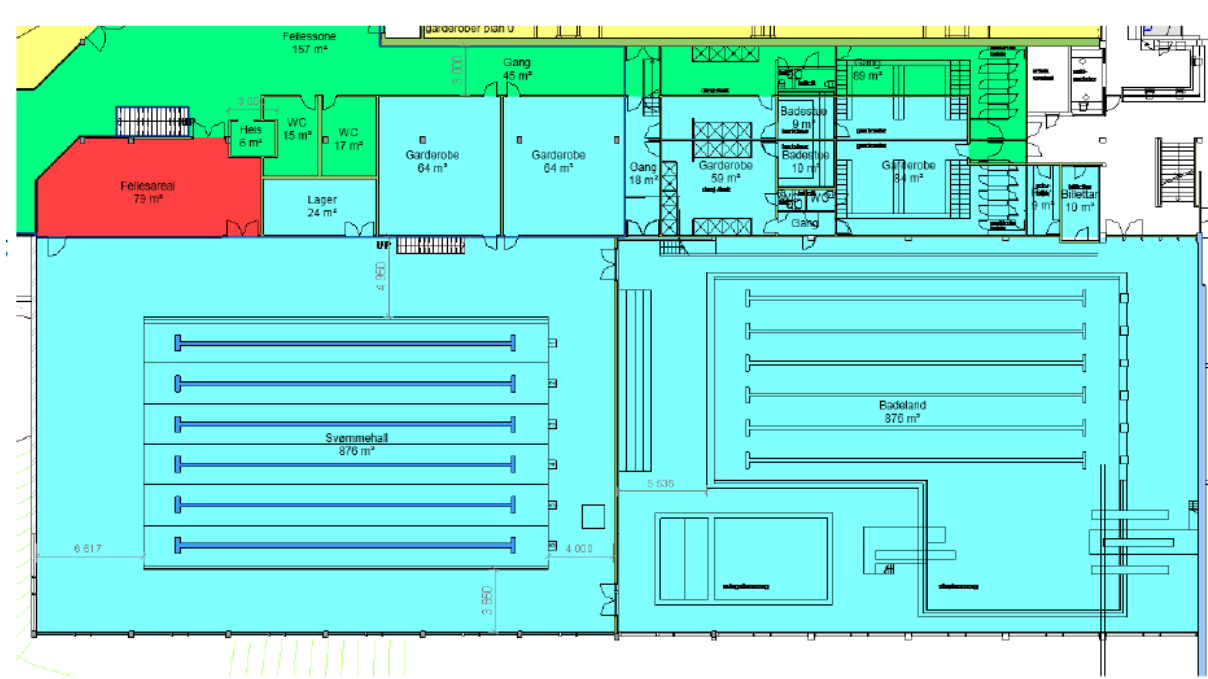
Brendsdal hadde også ein interessant idé om at dersom ein set inn fornybare energiltak, til dømes solcellepanel, så kan dette kompensere for energitap i eksisterande bygg. Dette kan delvis relaterast til eit omfordelingsprinsipp. Ved energisimulering og konstruksjon av nye bygg er det vanleg å kompensere energitapet i ein litt for stor glasfasade ved å auke isolasjonsverdien i andre deler av bygningen. Ein kan vidare tenkje at ei installering av eit varmegjenvinningsanlegg for gråvatn, også kan inngå i ein slik kompensasjon. Grunna planar om å bygge ein ny svømmehall som er knytt til den eksisterande, er installering av eit slikt anlegg noko som kan gjennomførast.

2.2 Ny svømmehall

Førde IL har engasjert Norconsult avdeling Førde til å komme med eit konsept med ein ny idrettshall tenkt tilknytt Førdehuset. Her ser dei føre seg eit nytt konkurransebaseng og eit betre egna innandørs friidrettsanlegg. Som ein ser av illustrasjonen under, har ein fortsett med glasfasaden på sørsida slik den er i dag der den nye svømmehallen er tenkt. Vidare har ein trekt bygget bak og teikna det i ein vinkel på skrå bakover for å unngå store endringar til det arkitektoniske uttrykket som dominerer i dag. Ein vil på den måten bevare den brutalistiske stilen ein ser når ein går mot hovudinggangen.



Figur 2.3: Illustrasjon av konseptet Førde IL har utarbeida i samarbeid med Norconsult Førde om utviding av svømmehall og meir idrettsareal [11]. Legg merke til overgang til ny glasfasade i område der eksisterande skorstein er bygd inn.

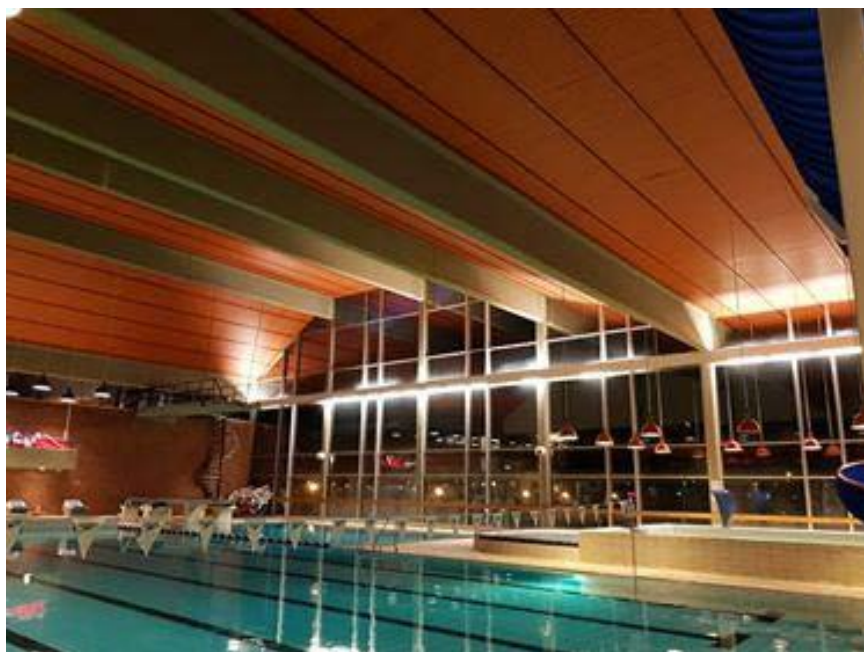


Figur 2.4: Tenkt planteikning av det nye konkurransebasenget med tilhørende garderobar [11].

Den nye svømmehallen er i konseptet tenkt med ei konkurransebane som stettar dagens krav til lengde og breidde, tribune, lager, samt fire nye garderober, der to av dei ligg på same nivå som svømmehallen medan to av dei ligg i underetasjen knytt til hallen med ei trapp. Arealet under den nye hallen er tenkt til å huse dei bassengtekniske anlegga. Som nemnd i kapittel 2.3.1 er det behov for å fornye det eksisterande badetekniske anlegget. Ein kan sjå føre seg at det nye anlegget vert dimensjonert til å serve både det nye og dei gamle bassenga. Ein vil då ha eit større grunnlag for energigjenvinning av gråvatn og ein har større arealmoglegheiter ved plassering av anlegg og røyrføringar til dette. Ein går nærare inn på dette i kapittel 4.

2.3 Utforming og dagens funksjon

Svømmehallen består i dag av to ulike basseng. Eit hovudbasseng med lengd på 25 m som held ein temperatur på 27 °C, med tilhøyrande stupebasseng. I tillegg er her eit barnebasseng som held 30 °C. Svømmehallen har òg ei vass-sklie som er 38 m lang. Bygningsmassen til hallen består av ei stor glasfasade med aluminiumskarmar og berande betongsøyler, samt to ytterveggar av teglstein. Innvendige overflater består av flislagt golv og ein flislagt innervegg. Mellom dei store betongdragarane i taket er det oransje metallplater som synt på biletet nedanfor.



Figur 2.5: Bilete av svømmehallen innvendig. Her ser ein konkurransebassenget, stupebassenget samt delar av barnebassenget. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes.

Svømmehallen skal dekke fleire ulike behov i kommunen. Den har ei viktig rolle i svømmeopplæringa til skulekrinsane rundt. Den skal serve idrettslaget som trenings- og konkurransearena, og den skal vere open for folk elles. Kvar av desse rollene set eigne krav til hallen. Norges Svømmeforbund har laga spesifikasjonar for svømmehallar [12]. Der tek dei for seg krav til storleik, djupne, temperatur, tilrettelegging for rørslehemma og området rundt sjølve bassenget for dei ulike rollene.

Komforten over vatnet er eit anna krav som er sett. Det skal vere ein temperatur som gjer at det er behageleg for badande, samstundes som den minimerer avdamping frå bassengvatnet. Det er vanleg at lufttemperaturen i ein svømmehall er eit par grader høgre enn temperaturen i vatnet. Denne temperaturen vil opplevast behageleg for dei badande som enno er våte når dei kjem ut av bassenget, men den kan opplevast som ubehageleg varm for tørre personar som til dømes er tilskodarar i svømmehallen.

Lufta i ein svømmehall inneheld mykje vassdamp, for å sørge for at ein heile tida har eit stabilt og jamt klima så er det gitt av Byggforsk at ein bør ha 4-7 luftutskiftingar per time. For terapibasseng og svømmehallar med store glasflater er det anbefalt 8-10 luftutskiftingar [13]. Eksisterande luftbehandlingsaggregat stettar i utgangpunktet ikkje dagens krav til luftmengde. Meir om dette i kapittel 4.3.1.

Som alle offentlege bygg er det viktig med krav som seier noko om materialbruken. Miljøet i ein svømmehall er krevjande på fleire måtar. Ein har dei bygningsfysiske belastningane samt slitasjen som brukarane påfører bygget. Ein må og tenke på korleis ein på best mogleg måte kan førebygge og hindre hærverk samt velje materiale som toler både miljøet og bruken.

2.3.1 Tekniske anlegg

Luftbehandlingsanlegget som betener svømmehallen er eit Menerga aggregat med luftmengde 19 000 m³/h [14]. Dette er eit avfuktaraggregat av nyare dato. Deler av kanalsystemet for avtrekk og tilluft, vart fornya samtidig for å auke kapasiteten. Varmesentralen er fornya i samband med kopling til fjernvarmeanlegget for kort tid sidan, men røyropplegget rundt i Førdehuset er av eldre dato. Det bassengtekniske vassbehandlingsanlegget er også gammalt, truleg er enkelte komponentar originale frå byggeåret. Dette er vedlikehalde etter beste evne, men driftspersonalet fortel om enkelte deler av anlegget som ikkje kan demonterast for vedlikehald, då det er så gammalt at ein ikkje får skaffa deler som ville vere naturleg å byte ved ein service. Desse bassengtekniske komponentane fungerer dermed på ubestemt tid [14].

2.3.2 Dagens tilstand

Den sørgående fasaden består av ein stor glasfasade med aluminiumsrammer og betongsøyler. Vindauga i fasaden vart skifta i 2001 medan rammene er originale i frå byggeåret. Nokre av rutene har tydelege skader etter klorsprut på innsida, samt at ein kan sjå at det har danna seg saltkrystallar i spalten mellom glasa til nokre av vindauga, som synt på bilete nedanfor. Dette tyder på at desse vindauga er punkterte, det er også teikn til kondens inne i vindauga.



Figur 2.6: Bilete som syner saltkrystallar inne i eitt vindauge. Teglsteinsmuren i aust ber tydeleg preg av elde. Fotograf: Joakim Kvammen/ Viggo Leikanger.

Ytterveggane på vest- og austsida av bygget er skalmurveggar av tegl med 10 cm isolasjon, dette er originalt frå byggeåret. Forblendinga som vist på bilete ovanfor, altså den ytre vangen av veggen, ber preg av elde. Denne har mykje sprekker både i fuger og teglsteinar, dette gjer at fukt og slagregn kan trenge inn i veggen.

Takkonstruksjonen er eit kompakttak av profilerte stålplater under isolasjon og tekking. Alle konstruksjonsdelane i klimaskalet er nærare forklart i påfølgjande kapittel om tiltak mot varmetap.

Veggen som grensar mot garderobeanlegget er ein stendervegg, med flislagt overflate mot svømmehallen. Denne veggen har tydeleg utbuling, dette kan tyde på at det er fukt inne i stenderverket. Skille mellom basseng og teknisk rom i kjellaretasjen er av armert betong. Slitelaget på golv og i basseng er keramiske fliser. Betongen i basseng-karet har teikn til tidlegare lekkasjar frå bassenget. På biletet nedanfor kan ein sjå skadar i betongen etter lekkasjar.



Figur 2.7: Bilete teke av bassengkaret i Førdehuset. Foto: Marta Hugøy Sandnes.

3 Tiltak for å redusere varmetap

Når ein skal energieffektivisere bygg som er konstruert i betong og murverk, er det mange ulike omsyn ein må ta, reint bygningsfysisk med fuktransport og kondensering inne i veggene. I dette tilfellet er temperaturen og luftfukt innandørs monaleg høgare enn normalt og spesielle omsyn må takast.

Først i dette kapitlet er det omtala kva metode som er brukt for å finne svar på delen av problemstillinga som omhandlar varmetap. Den andre omhandlar teori som er knytt til varmetap i klimaskalet. Her går ein nærare inn på kva som fører til at varmen vert transportert ut av bygget og korleis ein reknar på U-verdi og kuldebruer. I tillegg er det omtala kva som isolerer bygget samt forklaring på ulike isolasjonsmateriale. Problemområde og verkemåte av fukt i konstruksjonen er omtala i 3.2.7. Kva dagens krav til energieffektivitet i bygningar er jamfør byggtknisk forskrift er og forklart.

Resultatet er lagt fram i kapittel 3.3 og har underkapittel for kvar konstruksjonsdel der ulike isolasjonsprodukt og løysingar er drøfta. Arkitektur, funksjon og lønnsemd er teke omsyn til i drøfting av tiltak. Til slutt er dei tilrådde tiltaka samla i ein konklusjon.

3.1 Metode – tiltak

I tillegg til litteraturstudie som omtala i kapittel 1.4.1 og intervju og synfaringar i kapittel 1.4.2 er det brukt ulike metodar for innhenting av produkt og prisar på desse. Det er utført ulike målingar og simulering i programmet Simien for utrekning av energisparing og lønnsemd.

3.1.1 Innhenting av produkt og prisar

For å finne ulike isolasjonsmateriale er det brukt eit Byggforsk detaljblad frå 2004 «573.344 Varmeisolasjonsmateriale. Typer og eigenskapar» [15]. Her finn ein både dei tradisjonelle og dei mindre tradisjonelle materiala samt tekniske eigenskapar for desse. Det er gjort søk etter ulike produsentar av isolasjon, der ein har prøvd å finne eit representativt utval for å ikkje favorisere ein eller få leverandørar. Leverandørane vart kontakta per e-post og telefon for å få opplysningar om deira produkt og kva område ein kan anvende produkta på. Kva tekniske krav det er til isolasjonen avheng av bygningsdelen ein skal montere den på. Ulike isolasjonstypar har forskjellige tekniske eigenskapar med omsyn til varmeleiing, brann, fukt og trykkfastleik. I tillegg er eigenskapar som tjukne og utsjånad viktige ved nokre høve. For vindaugsprodukt er det funne ulike varmeeigenskapar for glas, rammer og kuldebru i ulike produkt.

For isolasjonsprodukt til isolering av betongbjelkar og -søyler er det sett krav om tjukke og visuelle eigenskapar for å bevare arkitektonisk uttrykk. Inne i teglveggar er det sett på moglegheit for å bruke blåseisolasjon, som er ein utradisjonell isolasjonsmetode.

I tillegg til funksjon er kostnadar av dei ulike tiltaka vurdert. Kostnadsutrekningar av forslag til tiltak er basert på prisar funne i «Holte kalkulasjonsnøkkel» [16] samt frå leverandørar og XL-BYGG Farsund bygg [17]. Alle isolasjonsprisane som er gitt av XL-BYGG Farsund ligg i vedlegg 10.4. Nøkkeltal i frå Holte er brukt i fleire reknedømer for å samanlikne tiltak, for å kunne vurdere lønnsemd. Prisar på vindauge er gitt av Glasmeister Grov. Beløpa i utrekningane er utan meirverdiavgift og må sjåast på som estimat. Prisane ein har funne kan avvike frå tilbod frå ein entreprenør. Kostnadane tek ikkje omsyn til rigg og drift, avfallshandtering og eventuelle fraktkostnadar. Det er heller ikkje teke omsyn til fortjeneste og påslag i prisane. Utrekningar av lønnsemd på dei ulike tiltaka er utført i Simien.

For å finne teknisk levetid for dei ulike bygningskomponentane er det teke utgangspunkt i Byggforsk sitt detaljblad: «700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler» [18].

3.1.2 Målingar

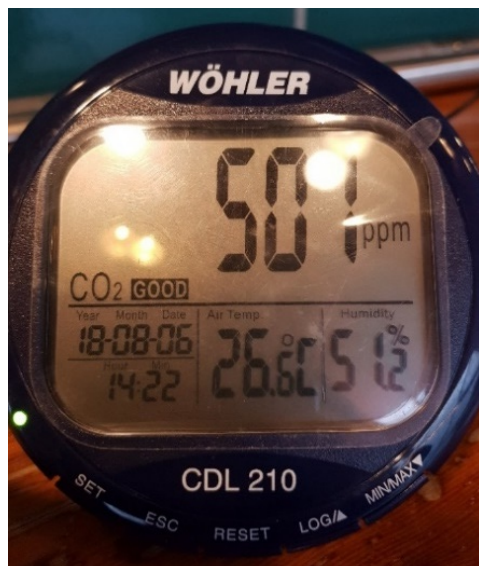
For å kartlegge svømmehallen er det nytta fleire ulike verktøy. Eit av verktøya er eit Flir termografikamera. Dette er eit kamera som fangar opp temperaturskilnadar i overflata på bygningskonstruksjonen [19]. Ein kan på den måten lokalisere og dokumentere varmeisolasjonsevne og undersøke om det er luftlekkasjar i konstruksjonen. Alle objekt som har ein overflatetemperatur som er over 0 K (-273 °C) sender ut varmemestråling. Denne varmemestrålinga frå bygningsdelar som held normale temperaturar ligg i den infraraude delen av spekteret, dette gjer at varmemestrålinga har ein lågare frekvens enn det auge kan sjå [19]. Det er desse låge frekvensane termograferingskameraet gjere om til eit bilete, som ein ser eit eksempel av på figur 3.1. For å få best moglege bilete vart dei tatt ein dag med kuldegrader ute slik at ein får ein størst mogleg differanse mellom inne- og utetemperatur. Dette gjev tydelegast fargekontrast i bilete.

På figuren nedanfor kan ein sjå av fargen på termografi-biletet at ein har eit større varmetap gjennom profilane enn rutene. Ein ser også at ein får den største kuldebrua i overgangen mellom glasfasaden og gesims. Dette kan til dels skuldast luftlekkasjar.



Figur 3.1: Bilete teke av sørfasaden til svømmehallen i Førdehuset som syner kuldebruer. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes.

Innandørs er det målt relativt luftfukt. Til dette nytta ein «Wöhler CDL 210» som er eit apparat som måler CO₂ innhald i lufta, temperaturen og den relative luftfukta. Relativ fukt er nærare forklart i kapittel 3.2.7.



Figur 3.2: Syner luftfuktmålarer som vart nytta.

For at målinga skal vere mest mogleg nøyaktig er den avhengig av å måle over tid. Medan apparatet utførte målinga, nytta ein tida til å ta mål av vegg, vindauge og basseng for å supplere og kontrollere dei gamle teikningane til kommunen. Dette er mål som seinare vart nytta til mellom anna å rekne ut areala som inngår i U-verdi berekninga.

3.1.3 Simien

For å estimere dagens energibehov i svømmehallen, samt finne kva energi ein kan spare ved å gjennomføre tiltaka er simuleringsprogrammet Simien nytta.

Programmet er utvikla av ProgramByggerne, som har spesialisert seg på utvikling av programvare innan energibruk og inneklima i bygningar [20]. I Simien kan ein simulere energibruk og evaluere bygg mot teknisk forskrift, passivhusstandarden og andre evalueringar. Programmet brukar ein dynamisk modell av bygningar og vurderer tilstanden med intervall på 15 minutt. Programmet tek omsyn til oppbygginga av bygningskroppen, tekniske installasjonar, personbelastning og varmelagring for å gjere dei ulike simuleringane. Simien bygger på berekningsmetoden for bygningar si energiyting gitt i NS 3031:2014 [20].

U-verdiar til bygningsdelar er utrekna eller opplyst av kommunen [Vedlegg 10.8]. Nokre av verdiane er antekne eller estimerte. Tabellen i vedlegg 10.3 syner kva verdiar som er brukt og kvar dei er funne.

Ein av funksjonane i Simien er «Lønnsomhet tiltak» der ein kan utføre lønnsomheitsutrekningar. Dette får ein ved å legge inn dei tenkte tiltaka og kva bygningsdelar desse verkar på. Ein får då ein rapport som syner økonomiske verdiar samt årleg sparing av energi, CO₂ og netto noverdi. Noverdi er forklart i kapittel 4.1.2.

3.2 Teori – tiltak

Dette kapitlet forklarar det teoretiske grunnlaget som er brukt for å kunne svare på problemstillinga som gjeld varmetap i klimaskalet. Det er forklart korleis varmen vert transportert og korleis ein reknar varmegjenomgang i konstruksjonsdelar. Kva som fører til og kva problemområde ein kan møte med fukt i bygningar, er utgreia i kapittel 3.2.7. Deretter er dagens krav til energieffektivitet i svømmehallar lagt fram.

3.2.1 Varmelære

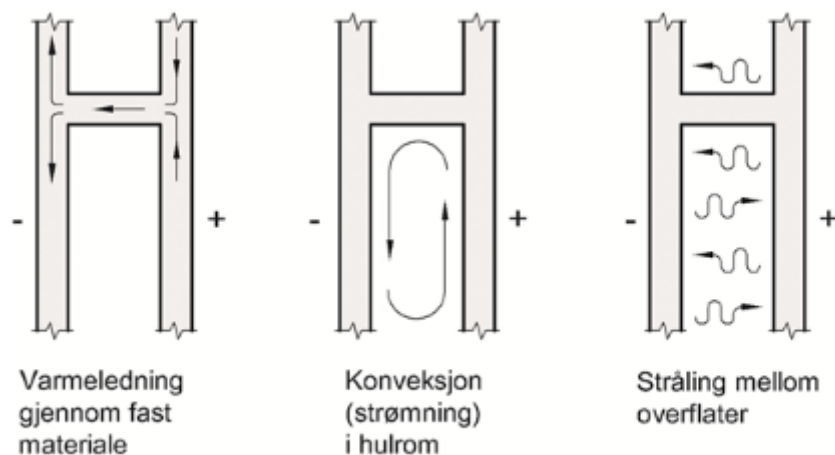
For å finne ut kva ein kan gjere for å redusere behovet til oppvarming i ein bygning, er det viktig at ein forstår kva som hender med den varmen ein tilfører bygget. Ein vil aldri klare å halde på all den varmen ein tilfører eit rom; noko vil gå ut gjennom veggjar, golv og tak. Noko av varmen vert trekt ut med ventilasjonslufta, noko går ut gjennom dører eller andre opningar i konstruksjonen. Varmetransport kan overførast mellom objekt på tre ulike måtar:

Varmeleiing, er varmeoverføring gjennom stoff ved at varme molekyl overfører energi til meir energifattige molekyl i samanstøyt [6, p. 309]. Kor mykje varmeleiing ein har avhenger av den termiske konduktiviteten (varmeleiingsevna) til materialet. Den termiske konduktiviteten, λ -verdien, varierer mykje. Kopar har til dømes $\lambda = 380 \text{ W/mK}$ medan luft har $\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$ [6, p. 310]. Ein låg λ -verdi gjev betre isolasjonsegenskap for materialet. Kor mykje varme som går gjennom materialet vil også avhenge av tjukna på sjiktet og temperaturskilnaden.

Konveksjon, er varmetransport i ei væske eller ein gass som hender ved at indre energi flyttar seg [6, p. 314]. Denne varmetransporten er samansett prosess som delvis skuldast oppvarming eller nedkjøling av fluidet ved leiing i eit grensesjikt ved materialoverflata. Varmetransport ved konveksjon avhenger av kva gass eller væske det er snakk om, tilstanden, temperaturen, overflate og fleire andre forhold [6, p. 314]. Konveksjon hender til dømes i luftspalten til ei forsegl vindaugsrute ved at lufta varmast opp og stig opp ved det innvendige glaset, kjølast ned for så å sige ned ved det utvendige glaset. Dette kallar ein naturleg konveksjon, eller eigenkonveksjon. Dersom det er ytre årsaker til konveksjonen, til dømes vind eller ei vifte kallast det tvungen konveksjon [4, p. 58].

Varmestråling, er infraraud elektromagnetisk stråling frå ei overflate [6, p. 314]. Denne strålinga har ulik bølgelengd og går føre seg i dei fleste gassar samt nokre væsker og faste stoff, stråling kan også hende gjennom vakuum. Strålinga oppstår både inne i holrom og porer i bygningsdelane samt mot utvendige og innvendige overflater [6, p. 314]. Det er denne strålinga ein kan måle, med til dømes termografering.

I faste materiale er det nesten berre varmeleiing som hender, medan det i porøse materiale er ein kombinasjon av alle dei tre formene for transport. Dei tre formene er synt på figuren nedanfor.



Figur 3.3: Illustrasjon som syner dei tre ulike formene for varmetransport gjennom ein bygningsdel [21].

3.2.2 U-verdi

U-verdien fortel kor god motstand ein bygningsdel har mot varmgjennomgang. Ein låg U-verdi vil gje ein låg varmegjennomgang. For å komme fram til denne brukar ein varmemotstanden til materialet, R , som er forholdet mellom sjiktjunkte og konduktivitet.

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Formel 3.1: Varmemotstanden til eit materiale [4, p. 54].

Konstruksjonar er ofte samansett av fleire ulike sjikt og ein kan då summere varmemotstanden til dei ulike sjikta for å finne total varmemotstand. Bygningsdelar er ofte oppgitt med ein U-verdi, dette er den inverse verdien av den totale varmemotstanden.

$$\Delta U = \frac{1}{\Sigma R} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Formel 3.2: U-verdien til ein konstruksjon [4, p. 221].

For å finne U-verdi av konstruksjonar med sjikt som ikkje er homogene, til dømes teglveggar samansett av teglstein og fuger, brukar ein middelveidien av to ulike metodar: U-verdimetoden og λ -verdimetoden [4, p. 218].

U-verdi-metoden:

$$U_a = \frac{1}{R_H + \frac{d_s}{\lambda_a}}, U_b = \frac{1}{R_H + \frac{d_s}{\lambda_b}}$$

$$U = \frac{A_a}{A_T} U_a + \frac{A_b}{A_T} U_b$$

Formel 3.3: U-verdi-metoden [4, p. 218].

λ -verdi-metoden:

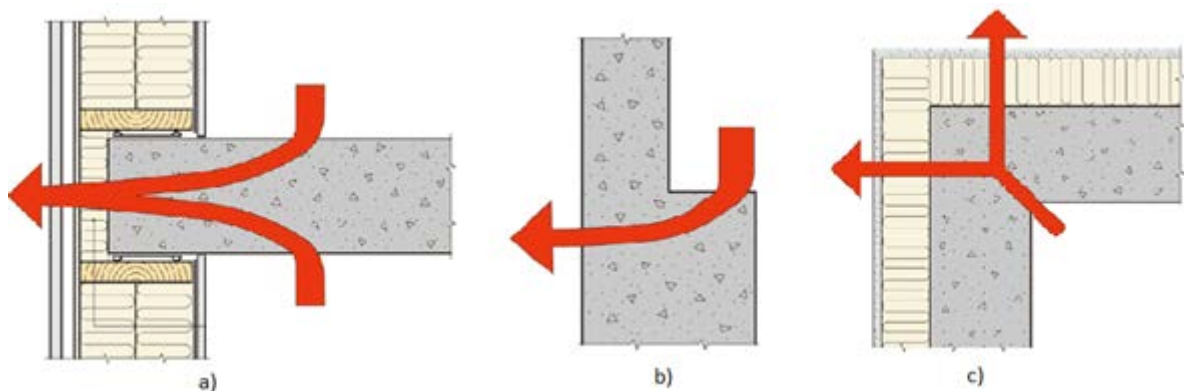
$$\lambda_s = \frac{A_a}{A_T} \lambda_a + \frac{A_b}{A_T} \lambda_b, U = \frac{1}{R_H + \frac{d_s}{\lambda_s}}$$

Formel 3.4: λ -verdi-metoden [4, p. 218].

Der U_a og U_b er U-verdien til dei ulike felta i sjiktet, d_s og λ_s er tjukne og varmekonduktivet til det ikkje-homogene sjiktet. R_H er den totale varmemotstanden til dei homogene sjikta i konstruksjonen, medan A_T , A_a og A_b er totalarealet til sjiktet og arealet av dei ulike felta i sjiktet [4, p. 218].

3.2.3 Kuldebruer

Ei kuldebru er ein del av ein konstruksjon der isolasjonen er vesentleg dårlegare enn dei resterande områda. Figuren nedanfor syner tre typar kuldebru ein har i ein klimaskjerm.



Figur 3.4: Dei tre ulike typane kuldebru [22].

- Klimaskjermen eller ein del av denne vert gjennomtrengt av eit materiale med ein anna varmekonduktivitet enn den resterande konstruksjonen [22].
- Skilnad i materialtjukne fører til at ein har større varmegjennomgang [22].
- Grunna skilnad i arealet på innvendige- og utvendige overflater dannast det ei geometrisk kuldebru. Dette vil oppstå i alle utvendige hjørne og der veggjar møter golv eller tak [22]. I innvendige hjørne vil ein få ei negativ kuldebru.

I ein skalmurvegg vil bindarane mellom dei to vangane og utmuringa i vindaugssmyget danne kuldebruer [4, p. 224]. Vangane tek ein med i berekninga av U-verdien til veggen, medan utmuringa vil utgjere ei større kuldebru og reknast for seg.

Verknaden av kuldebruer i ein bygningsdel reknast som eit tillegg til U-verdien til konstruksjonen:

$$U = U_0 + U_{\Delta} = U_0 + \frac{\sum_k \psi_k l_k}{A} + \frac{\sum_j \chi_j}{A}$$

Formel 3.5: U-verdiberekning med kuldebru [4, p. 226].

Der U_0 er U-verdien til bygningsdelen og U_{Δ} er tillegget grunna kuldebruene.

For å finne den normaliserte kuldebruverdien ψ'' til eit bygg, brukar ein summen av alle kuldebruer som ikkje er medrekna i U-verdien, dividert på oppvarma golvareal:

$$\psi'' = \frac{\sum_k \psi_k l_k + \sum_j \chi_j}{A_{fl}}$$

Formel 3.6: Normalisert kuldebruverdi [4, p. 226].

Der ψ_k er kuldebruverdi for lineær kuldebru ((W/mK), l_k er lengda på lineær kuldebru (m), χ_j er kuldebruverdi for tredimensjonale kuldebruer (W/K).

For berekning av U-verdi for eit vindauge kan ein bruke følgjande uttrykk:

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g}{A_g + A_f}$$

Formel 3.7: Formel for U-verdi vindaugsfasade [4, p. 237].

Her er A_g og U_g areal og U-verdi til glaset, A_f og U_f er areal og U-verdi til karm og ramme, medan l_g og ψ_g er lengde rutekant og lineært tilleggsvarmetap grunna kantforsegling av ruta.

Kuldebruene har ofte små areal, men overflatetemperaturen på innvendige flater kan bli veldig låg. Varmen som går ut gjennom kuldebruene kan utgjere ein stor prosentdel av det totale transmisjonsvarmetapet gjennom bygningsdelane [23, p. 19].

I tillegg til varmetapet kan dette føre til overflatekondens, som er omtala i kapittel 3.2.7. For å unngå fare for overflatekondens bør ikkje skillekonstruksjonar ha dårlegare U-verdi enn om lag 0,65 W/m²K [6, p. 179]. Spesielt i innvendige hjørne, der det er mindre luftrørsle enn ved frie overflater, er risikoen for låge overflatetemperaturar høg [23, p. 19].

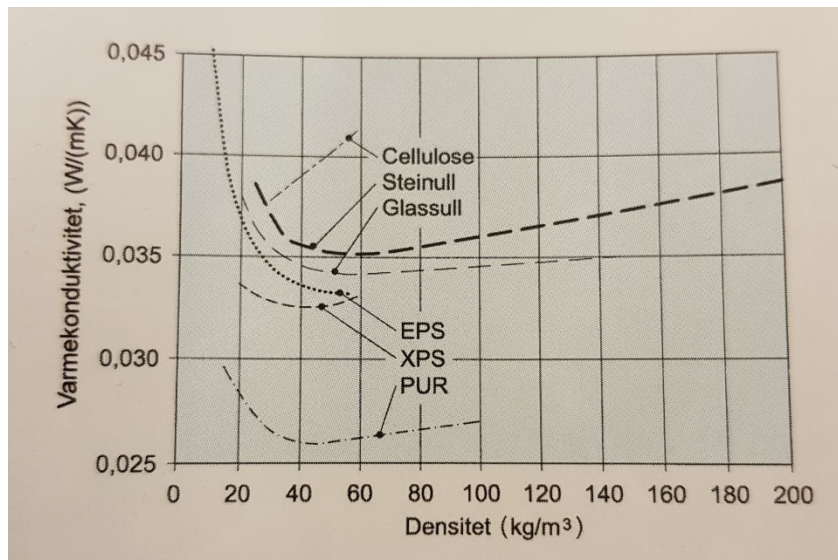
Den termiske komforten kan vere redusert grunna kuldebruer. Komforten er subjektiv og avhenger av person, på kledning, aktivitetsnivå og det termiske inneklimaet [23, p. 20]. Temperaturen på flater, spesielt på golvet, kan redusere varmekomforten. Ein kan også merke «trekk» i frå kalde vindaug i hus med dårleg isolerte vindaug.

3.2.4 Isolerande material

Den termiske konduktiviteten til material er avgjerande for kor godt det isolerer [4, p. 197]. Porøsiteten til materialet samt kva porene inneheld, for eksempel gass eller væsker har stor betydning for konduktiviteten. Ein kan som hovudregel sei at med auka porøsitet vil isolasjonsevna til materialet auke. Som nemnt i kapittel 3.2.1, har til dømes luft ein låg λ -verdi medan faste stoff har monaleg høgre verdi. Det er luft, eller andre gassar med låg konduktivitet som dannar grunnlaget for så å sei all varmeisolasjon [4, p. 197].

Varmetransporten inne i dei porøse materiala vil vere samansett av alle dei tre formene for varmetransport og er ein komplisert prosess.

Den termiske konduktiviteten til eit byggemateriale vil vere avhengig av poremengde, porestruktur, porefordeling, temperatur og fuktinnhald. Normalt vil λ -verdien minke når poremengda i materialet aukar, men porestorleik og -fordeling vil også ha noko å sei [4, p. 198]. Eit ope materiale, for eksempel mineralull, vil vere utsett for tvungen konveksjon frå vind eller trykk. Dette vil også hende i materiale med store opningar, slik som hullstein [4, p. 198].



Figur 3.5: Figuren frå boka "Bygningsfysikk grunnlag" syner samanhangen mellom densitet og varmekonduktivitet i nokre typar isolasjon [4, p. 198].

Figuren ovanfor syner at ved låg densitet er λ -verdien temmeleg høg, for så å minke mot ein optimal verdi med aukande densitet. Deretter aukar λ -verdien ved høgre densitet [4, p. 199]. Denne optimale densiteten er avhengig av leiings- og strålingsegenskapane til materialet og gassen i porene. Det finst fleire gassar som har mindre λ -verdi enn luft til dømes freon 12 ($\lambda= 0,009$ W/mK), argon ($\lambda= 0,017$ W/mK) og xenon ($\lambda= 0,0054$ W/mK). For å kunne bruke slike gassar til å fylla porene, må ein ha tette poreveggar [4, p. 199]. Tidlegare vart det brukt freon som fyllgass i polyuretan (PUR), som gav desse materiala veldig gode isolasjonsegenskap som synt på figuren ovanfor. Etersom ein antek at freon er farleg for ozonlaget, vert ikkje denne nytta lenger. Argon er vanleg å bruke for å isolere vindaugsruter, ein kan også her bruke betre, men dyrare gassar for å auke isoleringsevna til vindauge.

For å kunne vurdere kva isolasjonsprodukt ein kan bruke, må ein kunne noko om korleis ulike isolasjonsmateriale verkar og kva tekniske eigenskapar dei har. Nedanfor er dei ulike isolasjonsprodukta som er vurderte i oppgåva forklart:

Vakuumisolasjon er panel som består av ei porøs kjerne som er pakka inn i ein damp- og lufttett folie for å oppretthalde tilnærma vakuum i kjernen [24]. Isolasjonen har, avhengig av kjernematerialet og folie, ein varmekonduktivitet som er 5 – 10 gongar lågare enn for konvensjonell isolasjon [24].

EPS (ekspandert polystyren) betre kjend under merkenamnet «Isopor» er eit produkt som er laga av raffinert råolje. EPS vert produsert ved at små kuler vert ekspandert ved oppvarming og smeltast saman i kontaktpunkta. Isolasjonen vert så støypt i plater, blokker eller band. Materialet brukast i hovudsak på flate tak, under eller i golv på grunnen og til markisolasjon [25]. I tillegg blir EPS brukt som blåseisolasjon. Dette er små kuler som er tilsett grafitt for å auke isolasjonsevna og redusere fukttransport i konstruksjonen [26].

Aerogel er eit veldig lett, porøst og varmeisolerande produkt som består av silisiumdioksid med ein open amorf struktur med porer på omlag 50 nanometer [27]. Aerogel av silisiumoksid er eit transparent som slepp om lag alt lys igjennom, men er ikkje gjennomsiktig. Ein kan derfor bruke dette som dagslyspanel med god isolerande effekt i bygningar. Om ein tilset murmørtel kan det brukast til etterisolering av hus [27].

PIR (polyisocyanurateisolasjon) er eit isolasjonsmateriale av hardskum med veldig låg lambda-verdi. Det absorberer ikkje fukt eller transporterer vatn grunna sin lukka cellestruktur [28]. Denne eigenskapen gjer at den er egna til takisolasjon. PIR isolasjon er ein av dei meir brannsikre plastisolasjonsvariantane, men den er avhengig at den vert dekkja med ikkje brennbart materiale. Ved brann vil PIR isolasjon under gitte temperaturer danne giftige gassar som hydrogencyanid, også kjent som blåsyre [29].

Mineralull er eit samleomgrep på isolasjonsmateriala som er produsert av mineral som sand, stein eller glas. Underkategoriar av mineralull er glasull og steinull [30]. Mineralull produserast med låg romdensitet til bruk i bindingsveggar og etasjeskillarar og høg romdensitet til bruk der isolasjonen skal bere last, som i grunnen eller på tak [30]. I tillegg produserast blåseisolasjon av mineralull [25].

Fenolskum er eit plastprodukt. Fenol er organiske forbindelsar som er avleia av aromatiske hydrokarbonar [31]. Dette er isolasjonsmateriale med låg varmekonduktivitet og god fuktbestandigheit [32].

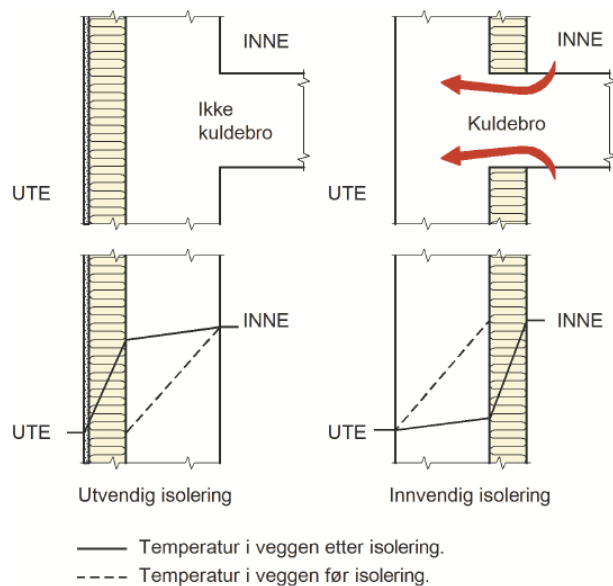
Celluloseisolasjon er laga av returpapir eller trefibermasse [15]. Dette er eit typisk blåseisolasjonsprodukt, men det produserast også i matter og plater. Isolasjonen har ein ull-liknande konsistens [15].

Perlite er et vulkansk stein/bergart [33]. Ved spesiell varmebehandling ekspanderer granulatet til 20 gonger av opphavelig volum og dannar mange små bobler skilt av tynne celleveggar. Isolasjonsmaterialet har ein storleik frå 0,5 til 6 mm og brukast som blåseisolasjon i tak, vegg og golv [33].

3.2.5 Utvendig eller innvendig isolering

I samansette konstruksjonar har plassering av dei enkelte sjikta mykje å seie for dei termiske eigenskapane til bygningsdelen [4, p. 230]. Grunna at tunge materiale lagrar varmen vil meir energi halde seg på innsida av klimaskalet ved utvendig isolering av slike bygningsdelar. Isolerer ein innvendig vil betongen, eller teglsteinen vere kjølegare og varmeinnhaldet i vegggen vil vere mykje lågare. Det er derfor ein fordel å isolere utvendig ved etterisolering av betong- og murbygningar. Isolerer ein innvendig, kan ein også risikere at ein får frostskadar eller kondens i muren eller betongen, fordi denne då vil få mindre varme frå oppvarma inneluft [4, p. 230].

Figuren nedanfor syner både temperatur i vegggen og kuldebruverknaden ved utvendig og innvendig isolering. Med utvendig isolering vil ein redusere kuldebruverdiane til bygningar monaleg, i motsetnad til ved innvendig isolering der kuldebruene vil auke [34].



Figur 3.6: Temperaturvariasjon og kuldebruere ved utvendig og innvendig etterisolering av murvegg [34].

3.2.6 Luftlekkasjar

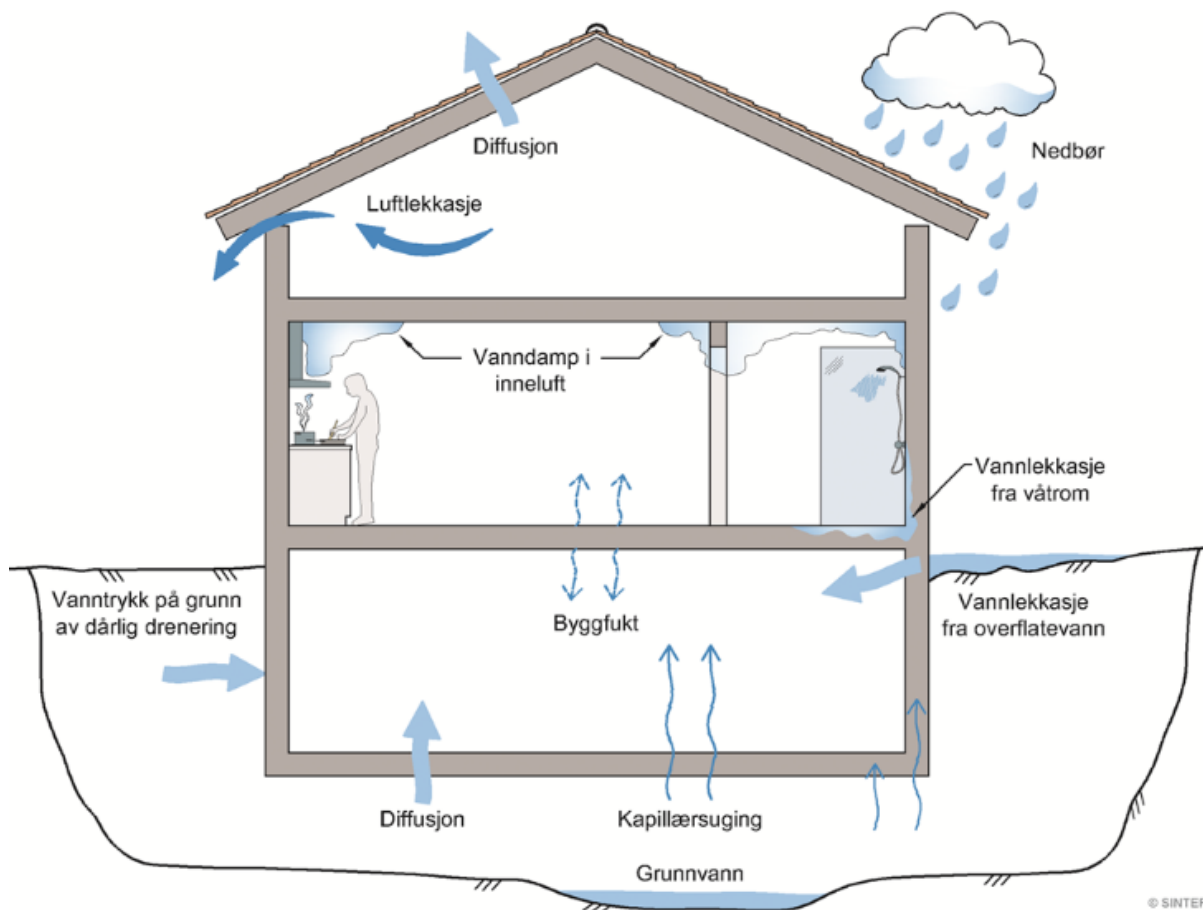
Luftlekkasjar kjem av at klimaskalet ikkje er tett, samt trykkforskjell på utvendig og innvendig side av konstruksjonen. For å oppnå tett klimaskal har ein innvendig dampsperre og utvendig vindsperre ofte i kombinasjon med andre lufttette materiale [5, p. 72]. Gode detaljar og god utføring er viktig for tettleiken. Ein må anta at det er ulikt lufttrykk på kvar side av skillekonstruksjonen. I ein svømmehall, når innetemperaturen er høgre enn utetemperaturen vert det innvendig overtrykk øvst i bygget grunna at varm luft er lettare enn kald luft [5, p. 72]. For å unngå at ein pressar fuktig luft utover, er det då vanleg å nytte undertrykksventilasjon i svømmehallar, dette vil også redusere fukttransport til naborom [5, p. 72].

Luftlekkasjar kan stå for ein betydeleg del av varmetapet til ein bygning [35]. Dette grunna at desse luftlekkasjane gjev ukontrollert tilførsel av kald uteluft som må varmast opp, samt at det svekka isolasjonsevna. Dersom ein har varmegjenvinning på ventilasjonsanlegget vil delar av luftskiftinga hende utanom varmegjenvinnaren og energibehovet til oppvarming aukar. Ved større lekkasjar kan det også verke på den termiske komforten grunna trekk og låge overflatetemperaturar [35].

Dersom ein utfører ei fornying av klimaskalet med høg presisjon og fokus på gode detaljar, kan ein anta at luftlekkasjane vil reduserast betydeleg. Tettleik mot luftlekkasjar er viktig både for å redusere faren for fuktskadar og for å avgrense varmetap [5, p. 72]. Ved lekkasjar vil fuktig luft kunne vandre utover i konstruksjonar og kunne føre til store skadar. For å fuktsikre ytterkonstruksjonen i ein svømmehall er det då viktig at konstruksjonen er lufttett, sidan luftlekkasjar normalt er eit større problem enn vassdampdiffusjon [6, p. 178].

3.2.7 Fukt i bygg

Ein antek at om lag 75 % av alle byggskadar oppstår grunna fukt [36]. Skadar som kan oppstå er: korrosjon, råte, muggsopp, frost, telehiv, svelling og saltvandring i materiale og konstruksjon. Den viktigaste drivkrafta for fukttransport gjennom konstruksjonen er skilnad i damp- og lufttrykk mellom klimaskillet [37]. Ulikheit i damptrykk fører til diffusjon (vassdampvandring) gjennom konstruksjonen frå varm side som har størst vassdamptrykk til kald side, der tykket er lågare. Den varme og fuktige lufta som vandrar utover i konstruksjonen, vil ved avkjøling kunne kondensere. Figur 3.7 syner nokre av kjeldene til fukt i bygningar samt korleis det vert transportert i bygget.



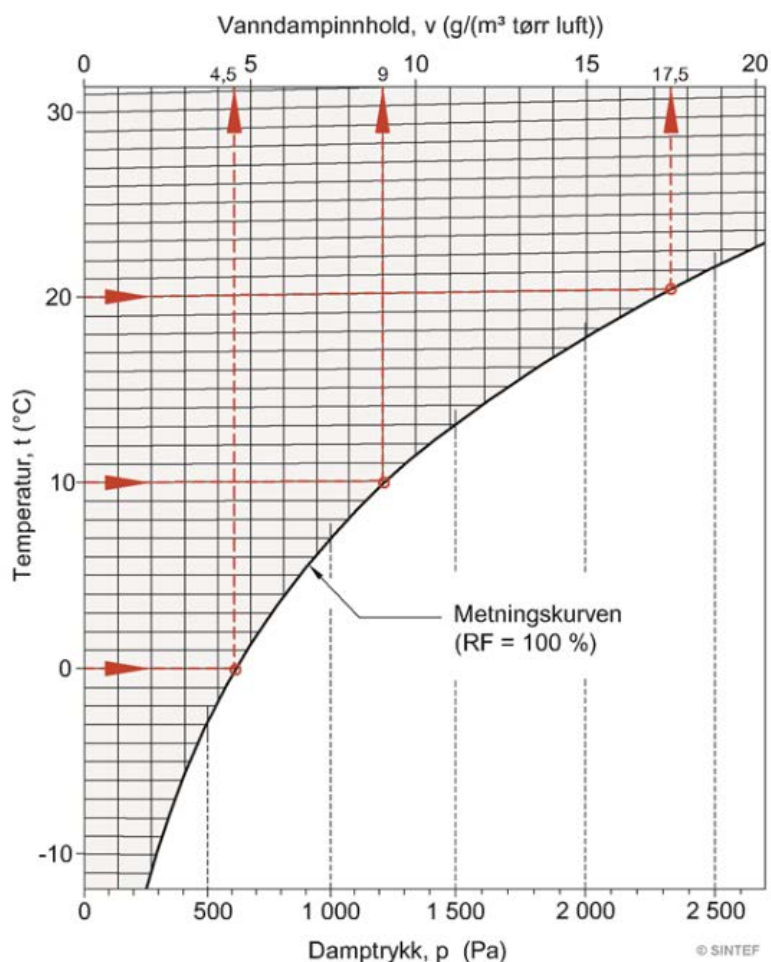
Figur 3.7: Illustrasjon som syner vanlege fuktkjelder og transport av fukt i bygget [36].

Det som er spesielt for svømmehallar er den høge temperaturen og det høge fuktinnhaldet i lufta. Ein oppgjev ofte vassinnhald i lufta i relativ fukt (RF) som er eit forhold mellom vassdampen sitt partialtrykk (p_v) (vassdampkonsentrasjon) og mettingstrykk (p_{sat}) [4, p. 52]. Dette er tilnærma likt vassdampkonsentrasjonen (v) dividert på mettingsinnhald (v_{sat}).

$$RF = \frac{\rho_v}{\rho_{sat}} \approx \frac{v}{v_{sat}}$$

Formel 3.8: Relativ fukt [4, p. 52].

Mettingstrykket er eit mål på kor mykje vassdamp lufta kan innehalde før det byrja å kondensere, altså at vassdampen vert til vatn. Dette trykket varierer med temperatur. Luft med høg temperatur kan halde på meir vassdamp enn kald luft. Om varm luft vert avkjølt vil den relative fukta i lufta auke. Dersom mettingstrykket er lik partialtrykket i lufta får ein 100 % RF, dette kallast doggpunktstemperatur, ved ytterlegare avkjøling vil det kondensere [4, p. 52]. Figur 3.8 syner eit Mollier-diagram [36]. Diagrammet syner samanhengen mellom lufttemperatur, vassdampinnhald og mettingstrykk. Ein kan ved hjelp av diagrammet bestemme doggpunkt og vurdere faren for kondens.



Figur 3.8: Mollier-diagram [36].

Ved diffusjon og nedkjøling av fuktig luft utover i konstruksjonen vil den nå doggpunktstemperaturen og deretter kondensere [4, p. 49]. Dette kan føre til fuktskadar inne i konstruksjonen. Den termiske konduktiviteten (varmeleiingsevna) for vatn er vesentleg høgare enn for luft. Dette vil seie at dersom materiala i konstruksjonen vert oppfukta vil det svekke isolasjonsevna. Det vil då kunne kondensere lenger inne i konstruksjonen. Is har endå høgare varmeleiingsevne enn vatn og frost inne i konstruksjonen vil ytterlegare forverre situasjonen [4, p. 49].

Overflatekondens er ei anna utfordring ein kan få med fuktig luft. Dette får ein når varm, fuktig luft treffer kalde overflater. Ein kan eksempelvis sjå dette når spegelen på badet har dogga etter ein dusj. Dette grunna at overflata på spegelen er kaldare enn lufta og den fuktige lufta kjølast ned til doggpunkttemperaturen. Om vinteren vil dei innvendige overflatene i bygningen vere kaldare enn om sommaren grunna låg utetemperatur og risikoen for overflatekondens vil auke. Det er derfor tilrådd for svømmehallar å ha lågare relativ fukt om vinteren enn om sommaren [6, p. 179]. Denne overflatekondensen kan føre til fuktskadar og slitasje på overflatematerialet.

For å minske risikoen for overflatekondens bør ein unngå kuldebruer og bygningsdelar med høg U-verdi. Ein brukar også avfuktingsventilasjon for å halde lufta i svømmehallen på eit stabilt nivå, slik at ein unngår kondens og fuktproblem. Ved høg lufttemperatur og høg relativ fukt (RF) i svømmehallen kan brukarar få pustevanskar. Med RF over 80 % vil det vere fare for sopp og muggdanning inne i konstruksjonen. [6, p. 179].

3.2.8 Krav til svømmehall i byggteknisk forskrift

Byggteknisk forskrift (TEK17) gjev tekniske krav til byggverk som oppførast i Noreg [38]. Forskrifta gjev ulike funksjons- og ytingskrav. Jamfør Plan- og bygningslova [39] §20-1 omfattast tiltaka vesentleg endring eller vesentleg reoperasjon av ein bygning av byggesaksføresegnene, derunder TEK17. Endring, oppføring og reparasjon av dei tekniske installasjonane vil også komme under føresegnene. §31-2 første ledd, gjeld tiltak på eksisterande byggverk og seier: «Tiltak på eksisterande byggverk skal prosjekteres og utføres i samsvar med bestemmelser gitt i eller i medhold av loven» [39]. Ved ei fornying vil ein måtte oppfylle krava i Plan- og bygningslova.

Kapittel 14 i byggteknisk forskrift omhandlar krav til energi i bygningar. Hovudformålet til dette kapitlet er gitt i §14-1(1) og seier at: «Bygninger skal prosjekteres og utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk». Vidare gjev forskrifta i §14-2 krav til energieffektivitet og i §14-3 minimumskrav til U-verdiar og lekkasjetal. Dette er krav som vil vere vanskelege å oppnå for ein 40 år gammal bygning utan å gjere svært omfattande inngrep. Ein kan då nytte seg av unntaket i §14-1(5) som seier at krava i forskrifta gjeld så langt dei passar, dersom dei ikkje kan foreinast med bevaring av kulturminner og antikvariske verdiar [38]. Verneverdien til Førdehuset er greia ut i kapittel 2.1.

Energirammene gitt av tabellen i §14-2(1) gjev at for idrettsbygg, som er den mest nærliggande bygningskategorien til svømmehall, skal ha maksimalt 145 kWh/m² totalt netto energibehov. I følgje Enova sin byggstatistikk frå 2017 [40, p. 23] er gjennomsnittleg energibruk i svømmehallar 363 kWh/m², der 16 svømmehallar er med i statistikken. Statistikken seier ikkje noko om alderen på desse svømmehallane, men for idrettsbygg, som er den overordna bygningskategorien, er gjennomsnittsalderen 26 år. Ein kan anta at energibruken i svømmehallen i Førdehuset er høgare enn gjennomsnittet grunna den høge alderen. Sjølv om ein ikkje klarer å oppnå krav til energieffektivitet gjev TEK17 gode retningslinjer til kva ein bør forsøke å oppnå ved ei fornying.

I tabellen nedanfor kan ein sjå minimumskrava som alle bygg må oppfylle samt verdier i energitiltaksmetoden.

Tabell 3.1: Minimumskrav til energieffektivitet i bygningar frå §14-3(1) og energitiltak frå §14-2(2) i TEK17 [38].

| | U-verdi yttervegg [W/m ² K] | U-verdi tak [W/m ² K] | U-verdi golv på grunn og mot det fri [W/m ² K] | U-verdi vindauge og dør inkludert karm og ramme [W/m ² K] | Lekkasjetal ved 50 Pa trykkskilnad |
|---------------------|--|----------------------------------|---|--|------------------------------------|
| Minimumskrav | ≤ 0,22 | ≤ 0,18 | ≤ 0,18 | ≤ 1,2 | ≤ 1,5 |
| Energiltak | ≤ 0,18 | ≤ 0,13 | ≤ 0,10 | ≤ 0,80 | ≤ 0,6 |

Det er i tillegg i energiltak sett krav om del vindaugs- og dørareal til ≤ 25 % av BRA, spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg ≤ 1,5 kW/(m³/s) og normalisert kuldebruverdi ≤ 0,05 i småhus eller ≤ 0,07 i bustadblokk [38].

I bustadhus har ein energiltak i §14-2(2) som alternativ til energirammene dei andre bygningskategoriane må oppfylle. Dersom ein brukar denne metoden i bustadhus, kan ein også bruke omfordeling. Det vil seie at ein kan vike frå krava forutsett at varmetapstalet til bygningen ikkje aukar og minimumskrava er oppfylt. Varmetapstalet er resultatet av varmetapet gjennom klimaskalet samt varmetap gjennom infiltrasjon (luftlekkasjar) og ventilasjon. Sjølv om ein ikkje kan bruke denne metoden for den gjeldande bygningskategorien, vil også desse verdiane vere retningsgivande i arbeidet vårt.

3.3 Resultat – tiltak

Ein vil i påfølgjande kapittel legge fram korleis ein kan redusere varmetapet gjennom klimaskillet ved å vurdere forbetringar i dei ulike bygningsdelane. Det er vurdert isolering av søyler og bjelkar, etterisolering av tak, utbytting av isolasjon i veggjar samt utskifting av eksisterande vindaugsfasade. Som nemnt i kapittel 2.1 om verneverdi og arkitekturen til Førdehuset, er det fagmessig ikkje tilrådd å isolere bygget utvendig. Noko av utgangspunktet for denne bacheloroppgåva var om det er mogeleg å isolere bygget utvendig, utan å endre det visuelle uttrykket. Etter samtale med arkitekt Brendsdal innsåg ein at dette heller ikkje er tilrådeleg. Det er likevel valt å undersøke om ein kan isolere søyler og bjelkar utvendig med eit tynt material, for å undersøke kva økonomisk vinst dette kan gje.

Ein har sett på kva ulike isolasjonstypar som finnast i dag, som kan passe til fasaden på Førdehuset. Det er sett to mål for isolasjonen:

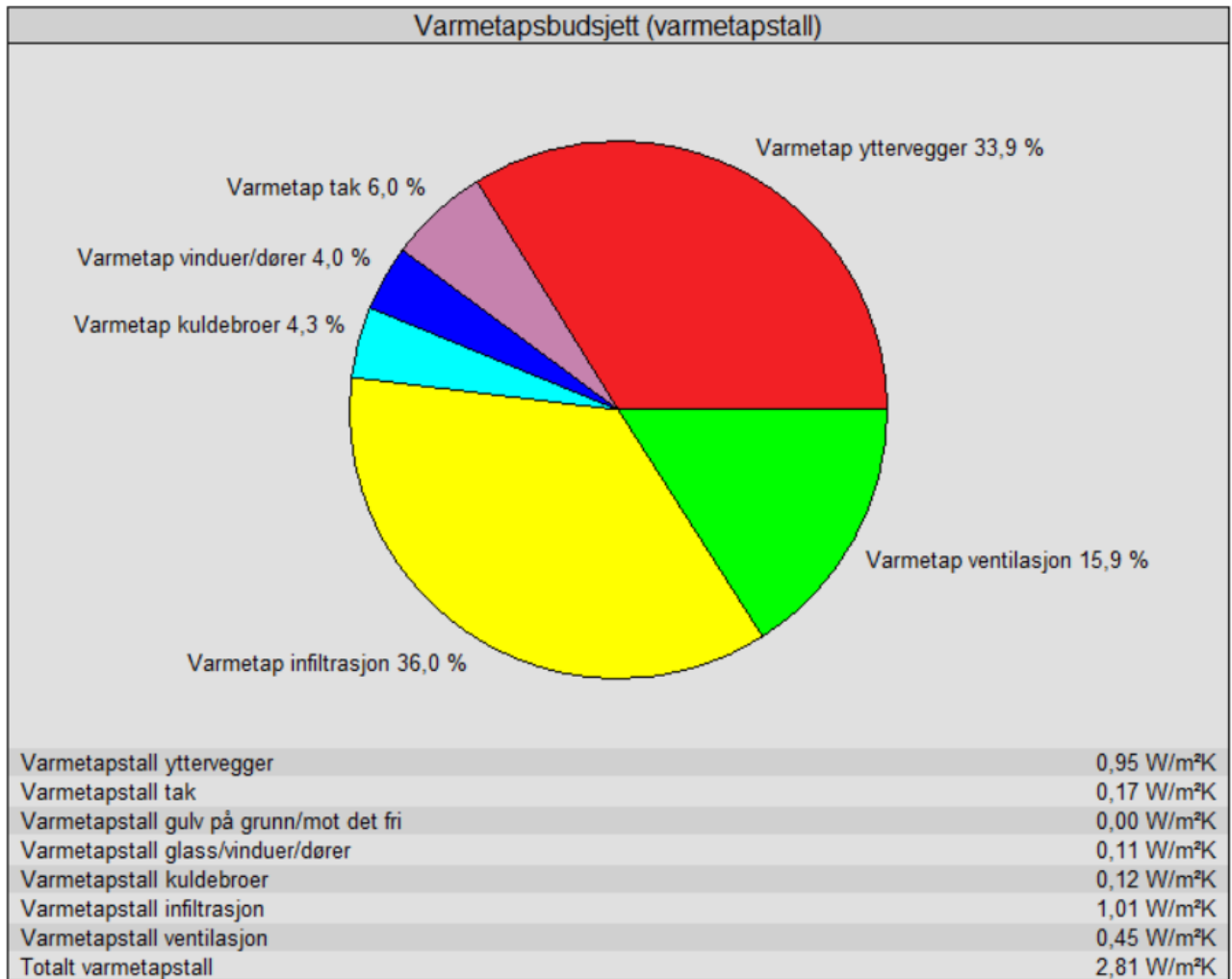
- ❖ Mest mogleg energireduksjon
- ❖ Bevare det arkitektoniske uttrykket som fasaden på har i dag

Det gjort kostnadsberekningar med prisar frå leverandørar og Holte kalkulasjonsnøkkel. Desse er utan meirverdiavgift og er estimat. På alle utrekna prisar er det lagt inn 15 % påslag for tilpassingar og ekstraarbeid. Det er i denne samanhengen gjort enkle vurderingar av levetida til tiltaka for å legge fram ein noverdi for tiltaka etter enda levetid.

Når ein har sett på isolering av teglvegg og betongbjelke er vestfasaden utelaten. Årsaka til dette er at ein antek at tilbygget til svømmehallen, som omtala i kapittel 2.2, vil komme der.

3.3.1 Dagens energibruk og varmetapstal

For å finne eit nærliggande energiforbruk og varmetapstal for svømmehallen er det gjort ei årssimulering i Simien. Input-verdiane kan ein sjå av vedlegg 10.3. Her får ein eit utrekna spesifikt energibehov på 355 kWh/m² [Vedlegg 10.5]. Av figuren nedanfor kan ein sjå varmetapsbudsjettet i svømmehallen. Infiltrasjonsvarmetapet kjem av det høge luftlekkasjetalet som er sett til 5,0 l/h, som er forklart nedanfor. Det er tydeleg at ein kan spare mykje energi ved å tette hol og gjennomføringar i klimaskalet.



Figur 3.9: Varmetapstal frå simulering i Simien [Vedlegg10.5].

Det store prosentvise varmetapet gjennom ytterveggar i kakediagrammet kjem av at heile sørfasaden er lagt inn som yttervegg i simuleringa, sørfasaden kjem i tillegg til teglveggar. Dette er også årsaka til det tilsynelatande låge varmetapet gjennom vindauge og dører. Forenkla er betongbjelken på austfasaden lagt inn saman med sørfasaden, slik at ein lettare kunne kalkulere energisparing grunna etterisolering av betongsøyler og -bjelkar.

I følge Bjørn Aas hjå NTNU [41], er ikkje Simien godt eigna for simulering av svømmehallar totalt sett. I simuleringane er det sett vekk i frå dei spesielle tilhøva i svømmehallar. Aas seier at: «Erfaringsvis kan du anta at ca. 30 % av energibruk i dette badet er klimastyr, resten er prosessrelatert, dvs. avhengig av besøkstall». Dette er vidare utgreia i energigjenvinningsdelen av oppgåva. Det er derfor brukt standardverdiar for oppvarming, temperaturar og klimaanlegg i simuleringa.

Luftlekkasjetalet er i simuleringa sett til 5,0 1/h ved 50 Pa trykkskilnad. I følge NVE sin rettleiar for energimerking er luftlekkasjetalet for bygningar frå denne tidsperioden 7,0 1/h [42, p. 43], det er valt å anslå at denne verdien er noko høg. Luftlekkasjetalet som er brukt er betydeleg større enn krava i TEK tilseier, men eit tal på 5,0 1/h er antekt å vere reelt for dette bygget. Dersom ein utfører ei fornying av klimaskalet med høg presisjon og fokus på gode detaljar, kan ein anta at luftlekkasjane vil reduserast betydeleg. I følge Bjørn Aas [41] bør lekkasjetalet i nye svømmehallar vere lågare enn 0,6. Lufttettleik er viktig både for å redusere faren for fuktskadar og for å avgrense varmetap [5, p. 72]. For å få ein reell luftlekkasjeverdi må det utførast trykktest.

Til grunn for utrekningar av lønnsemd for dei ulike tiltaka, er det brukt ein energipris på 0,85 kr/kWh og ei kalkulasjonsrente på 5 %. Det er ikkje gjort skilnad på prisen for fjernvarme og elektrisitet. Når ein utfører ulike tiltak for energieffektivisering, vil desse ha innverknad på kvarandre. Ein kan til dømes oppleve at ein får lågare sparing på takisolering dersom ein legg til isolering av veggjar i tillegg. Utrekningane av lønnsemd for dei ulike bygningsdelane i kapitla er gjort uavhengig av kvarandre. I drøftinga i kapittel 3.4 er dei tilrådde tiltaka samla. I denne konklusjonen er samanhengen mellom tiltaka med i vurderinga av lønnsemd, energisparing og reduksjon av varmetapstal.

3.3.2 Utvendig isolering av søyler og bjelkar

Sørfasaden i svømmehallen har sju berande betongsøyler og bjelkar. Søylen har dimensjonar 300x400 mm, medan bjelkane er 300x1200 mm. Søyler og bjelkar er synt på biletet nedanfor. Det er vurdert ulike isolasjonstypar som kan brukast til å isolere desse utvendig.



Figur 3.10: Bilete av sørfasaden i Førdehuset, bjelkar og søyler. Foto: Marta Hugøy Sandnes.

I tabell 3.2 kan ein sjå dei ulike produkta som er funne. I siste kolonne er det kommentert om vi finn at produktet er teknisk eigna eller ikkje eigna i dette prosjektet. Premissane for om produktet er teknisk eigna, er at det skal vere teknisk mogleg å montere produktet, med eventuelle tilleggsmateriale som ein må ha for å tilbakeføre overflate til betongutsjånad. Nokre av produkta kan ein montere, men vi meiner at produkta bygger så mykje at det ferdige resultatet vert ei rein innkassing. Om ein legg arkitektfaglege premissar til grunn, er ingen av produkta gode nok.

Tabell 3.2: Tabellen viser typer isolasjon som kan brukast til å isolere søyler og bjelkar. Det er òg vurdert om dei ulike produkta teknisk eignar seg til montering på Førdehuset, sett vekk frå arkitektfaglege råd.

| Produkt | λ -verdi [W/mK] | Tjukne [mm] | Pris [kr/m ²] eks. mva. | Teknisk eigna/ikkje eigna |
|---|-------------------------|-------------|---|-------------------------------------|
| Vakuumisolasjon | | | | |
| Vacunor va-Q-vip F [43] | 0,008 | 10-50 | | Ikkje eigna |
| Vacunor va-Q-vip B [43] | 0,008 | 10-50 | | Ikkje eigna |
| Kingspan OPTIM-R [44] | 0,007 | 20-60 | 1.350 med t= 40 mm | Ikkje eigna |
| Kingspan OPTIM-R Fix [44] | 0,007 | 20-60 | | Ikkje eigna |
| Kingspan OPTIM-R K [44] | 0,007 | 20-60 | | Ikkje eigna |
| Aerogelisolasjon | | | | |
| Glava Spaceloft 10 grå [45] | 0,015 | 10 | 1.436,28 | Teknisk eigna |
| Plateisolasjon – EPS/Fenolskum | | | | |
| Kingspan Kooltherm K5 Fasadeisolasjon [44] | 0,021 | 20-200 | | Teknisk eigna |
| StoTherm Resol med Kooltherm K5 [46] | | 30 | 587,29 [Vedlegg 10.4] | Teknisk eigna |
| Kingspan Kooltherm K15C [44] | 0,021 | 60-140 | 160 | Ikkje eigna, berre for lufta fasade |
| Jackon Super EPS 100 Fasadeplate [47] | 0,031 | 50-100 | 78 med t= 50 mm | Ikkje eigna |
| Vartdal Neopor EPS NE150 [48] | 0,031 | 10-200 | | Teknisk eigna |
| Plateisolasjon vanlig varmekonduktivitet | | | | |
| Sundolitt S150 [49] | 0,035 | 10-100 | 599,40 per m ³ 17,98 med t= 30 mm | Teknisk eigna |
| Glava EPS S150 [50] | 0,035 | 40 | 49,84 | Teknisk eigna |
| Rockwool Hardrock fasadeplate [51] | 0,037 | 50-150 | 116,17 med t= 50 mm | Ikkje eigna |
| Isolerande murpuss | | | | |
| Isokalk murpuss [52] <i>Fixit 222 Superisolerende Kalkmørtel med Aerogel</i> | 0,028 | 30-80 | 1126,13 med t= 40 mm | Teknisk eigna |

Produktet som har best isolasjonsegenskap i forhold til tjukne er vakuumisolasjon, dette er plater som ikkje kan kappast og tilpassast. Desse er derfor ikkje eigna, då det vil vere svært dyrt å spesialtilpassa desse [E-post frå Kingspan Vedlegg 10.4].

Aerogelisolasjon er eit produkt som kan vere aktuelt å bruke, då dette er eit tynt produkt med god isolasjonsevne. Det er i tillegg diffusjonsøpe og dermed godt eigna som utvendig isolasjon. Ein kan ikkje påføre murpuss direkte på dette produktet. Dermed må ein nytte eit platemateriale utanpå for å tilbakeføre bygget sin utsjånad. Det er ikkje kjent at aerogel er brukt til heilisolering av element tidlegare [53].

Plateisolasjon er produkt som er enkle og raske å montere med enten lim eller pluggar. Fire av plateisolasjonsprodukta i tabell 3.2 har lågare varmekonduktivitet enn standard plateisolasjon, desse produkta er laga av EPS og fenolskum. Av desse fire produkta er to av dei rekna som eigna, dette grunna låg varmekonduktivitet og tjukne. Desse to produkta er Kooltherm K5, som er laga av fenolskum samt ei EPS-plate frå Vartdal.

To produkt av plateisolasjon med vanleg varmekonduktivitet er eigna til bruk på betongen. Begge desse er laga av EPS og har ein forholdsvis låg pris.

Isolerande murpuss er eit produkt som består av kalkmørtel blanda med Aerogel. Dette kan påførast med sprøyting direkte på betongen. Murpussen kan tilpassast i form og farge slik at ein kan få tilnærma betongutsjånad.

Døme

Det er rekna på to dømer [Vedlegg 10.7], eitt der ein etterisolerer med 30 mm EPS for så å overflatebehandle med murpuss. Det andre er etterisolering med 40 mm isolerande aerogel murpuss. Begge desse døma bygger 40 mm på søyler og bjelkar.

Tabell 3.3: Pris, U-verdi, energisparing og netto noverdi på tiltak på bjelkar og søyler.

| Tiltak | Pris [kr] eks. mva | Ny U-verdi [W/m ² K] | Energisparing [kr/år] | Netto noverdi [kr] |
|---------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Etterisolering EPS | 138 200 | 0,77 | 20 100 | 113 300 |
| Isolerande murpuss | 184 700 | 0,57 | 20 900 | 75 600 |

Betongsøylene har i utgangspunktet ein U-verdi på 2,97 W/m²K, ved etterisolering ser ein at ein reduserer denne mykje [Vedlegg 10.3]. Levetida er sett til 20 år for begge tiltaka [18].

I simuleringa er det lagt inn areal av betongsøyler i sørfasaden og bjelken i austfasaden, medan det i kostnadsutrekninga er lagt til grunn alle utvendige betongareal bortsett frå på vestfasaden. I utrekninga av kostnader er det brukt eit betongareal på 164 m² medan det i simuleringa er brukt 43 m². Årsaka til denne store skilnaden er gesimsen som går langs alle dei tre veggane som utgjør store areal på utsida, men reknast ikkje med i areal for varmetap.

Drøfting

Den enklaste løysinga er å bruke isolerande murpuss, men grunna tørketid av pussen tek dette relativt lang tid. Monteringstid med isolering med plater vil gå raskt, men ein må legge puss utanpå for å tilbakeføre utsjånad.

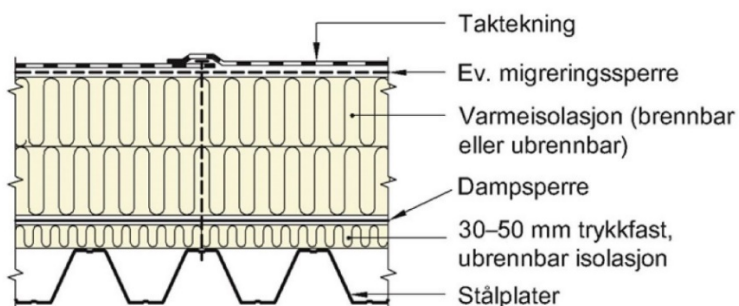
Ut i frå resultatata i tabell 3.3 ser ein at det er eit teoretisk sparepotensiale ved å etterisolere søyler og bjelkar. Grunna material- og monteringskostnader er det alternativet med EPS-materiale som utpeikar seg som mest lønnsamt.

Bygningsfysisk vil det vere eit godt tiltak å etterisolere søyler og bjelkar på utsida. Ein vil redusere energibruken i bygget og temperaturen i betongen vil halde seg jamt høgare. Dette ville dermed bidrege til betre uttørking av betongkonstruksjonane, faren for frostskeidar vil minimerast og levetida til konstruksjonen ville auke. Arkitektonisk er det ikkje tilrådeleg å gjennomføre slike tiltak då ein ikkje vil klare å bevare det opphavelege visuelle uttrykket. I eit tverrfagleg og heilskapleg perspektiv vil arkitektoniske omsyn vege tyngre enn energiinteressene. Som også omtalt i kapittel 2.1.1 er det difor ikkje tilrådeleg å gjennomføre ei slik etterisolering.

3.3.3 Etterisolering av tak

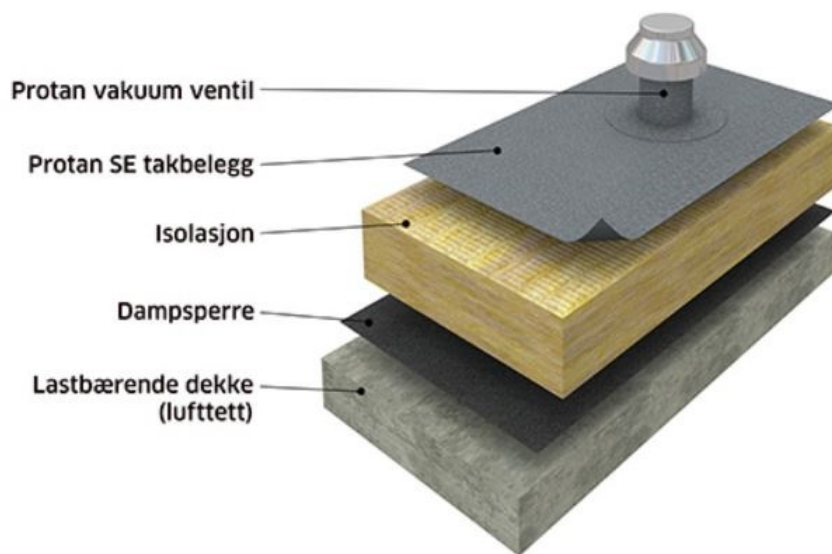
Førde kommune har planar om å etterisolere taket på svømmehallen. I dette underkapittelet tek ein føre seg ulike løysingar og samanliknar dei med den løysinga kommunen i utgangspunktet har valt. Her er fleire aspekt som kan belyst ved ei slik samanlikning. I tillegg til rein investeringskostnad vert det også fokusert på kva teknisk løysing som er den beste med omsyn til bygningsfysikken og risikoen for fuktskade.

Eksisterande takkonstruksjon på svømmehallen er eit kompakttak av eit Q-dekke av profilerte stålplater og isolasjon med asfalttakbelegg. Ut i frå detaljblad hjå SINTEF Byggforsk vert dette kalla eit rettvendt tak på stålkonstruksjon, som synt på figur 3.11 [54].



Figur 3.11: Standardoppbygging rettvendt tak [54].

Førde kommune antek at eksisterende takkonstruksjon har 250 mm isolasjon med U-verdi = 0,16 W/m²K. Dei har planar om å etterisolere taket med 100 mm isolasjon, slik at ein får U-verdien ned til 0,10 W/m²K. Planen er å legge eit vakuumtak oppå eksisterande konstruksjon [55]. Vakuumtak er ein type tak der ein nyttar lufteventilar i takduken til å skape eit undertrykk på undersida denne. Det er utforminga av takventilane som gjer at vindkraftene skapar eit undertrykk som held takfolien på plass. Vakuumtak treng dermed ingen festemidlar på takflata. Ulempa med eit slikt undertrykk er at dette skapar eit «sug» som påverkar belastninga på dampsperra på innsida av bygget. Det er difor viktig at bærande underlag må være lufttett [56]. Ein må ved ettermontering av slike tak vurdere om innvendig dampsperre og ståldekket til saman er tett nok til å hindre eventuell fuktvandring oppover i takkonstruksjonen.



Figur 3.12: Lagoppbygging vakuumtak [56].

For å finne kva isolasjon og kva løysingar ein kan bruke for å redusere U-verdien til taket er det gjort undersøkingar av isolasjonsprodukt som eignar seg for etterisolering av tak. Eit utval av ulike leverandørprodukt ordna etter materialtype, er lista opp i tabell 3.4. Produkta er notert med materialkostnad utan monteringskostnad i tabellen. Prisane legg vidare grunnlaget for utrekna kostnader på fire ulike døme på isoleringstiltak. I tabellen er det også kort kommentert ulike tekniske aspekt og problemstillingar.

Tabell 3.4: Oversikt over innhenta takisolasjon med varmekonduktivitet, tjukne og pris.

| Produkt | λ -verdi [W/mK] | Tjukne [mm] | Pris [kr/m ² eks. mva. | Kommentar |
|--|-------------------------|---|-----------------------------------|---|
| EPS | | | | |
| Glava S80 EPS [50] | 0,038 | 10-200 | 76,41 (ved 100 mm) | Må kapslast inn med 30 mm mineralull på toppen grunna brannfare. |
| Sundolitt S80 [49] | 0,038 | | 394,20 | Må kapslast inn med 30 mm mineralull på toppen grunna brannfare. |
| Sundolitt mineralull [49] | | 30 | 50,52 | Brukast til takisolasjon på toppen og i randsona til parapet og rundt alle gjennomføringar for brannsikring av EPS-isolasjon. |
| Jackon Super EPS 80 [47] | 0,031 | 10-200 | 89 (ved 100 mm) | Må kapslast inn med 30 mm mineralull på toppen grunna brannfare. |
| PIR | | | | |
| Kingspan TR26FM [44] | 0.022 | 30-150 | | Brannfare må vurderast. |
| Kingspan TR26FM [44] | 0.022 | 80 | 180 | Etterisolering til U-verdi 0,10 er ikkje anbefalt av leverandør. Brannfare må vurderast. |
| Kingspan TR26FM [44] | 0.022 | | 320 | Etterisolering i samsvar med TEK 17. Brannfare må vurderast. |
| Kingspan TR26FM [44] | 0.022 | 220 | 400 | Isolering til U-verdi 0,10 og er tynnare enn dagens isolasjon. Brannfare må vurderast. |
| Mineralull | | | | |
| Rockwool Hardrock Energy Systemtak [57] | 0,036 | 360 180 Stålundarlag Energy (80+2x50) 180 Hardrock Energy | 1055,55 | Isolering til U-verdi 0,10 W/m ² K |
| Rockwool Hardrock Energy [57] | 0,036 | 100 | 366,44 | Etterisolering til U-verdi 0,10 W/m ² K |

Prisar er synt i vedlegg 10.4.

I utgangspunktet er det sett på forskjellige produsentar som leverer takisolasjon med hovudfokus på god isolasjonsevne. Som ein ser av tabell 3.4 varierer lambdaverdien for dei ulike produkta frå 0,022 til 0,038 W/mK. For å snevre inn til nokre få produkt er det teke omsyn til dei ulike produkta sine branneegenskapar. Brannbestandige produkt fører til monaleg redusert monterings tid då ein unngår eit ekstra topplag med ikkje-brennbar isolasjon.

Døme

Det er gjort utrekningar på fire ulike dømer for takisolering. Alle løysingar gjev ein ny U-verdi på 0,10 W/m²K og gjev årleg energisparing på 5500 kWh/år [Vedlegg 10.8]. I døma er det valt to ulike produkt. Ei mineralull-løysing frå Rockwool utvikla for kompakte tak og ein PIR-isolasjon med låg varmekonduktivitet.

Døme 1 viser etterisolering av taket med Rockwool HardRock Energy 100 mm og membranfolie til tekking, dette er ei løysing som nesten er lik den Førde kommune har valt. Forskjellen er folien samt at det i dømet er lagt inn riving av eksisterande takbelegg.

Døme 2 viser etterisolering med PIR isolasjon, Kingspan TR26FM 80 mm. Grunna låg varmeleiingsevne oppnår ein U-verdi 0,10 W/m²K med berre 80 mm platetjukne. I dette dømet er det tenkt 2-lag asfalttekking [Vedlegg 10.8]. Til samanlikning med døme 1 og Førde kommune sitt anbod, vil dette gje ei betre haldbarheit.

Vidare ser ein på løysingar der all isolasjon med takbelegg vert bytta ut. Dette er den tryggaste måten å fornye taket på. Ein kan då avdekke skjulte skader i eksisterande dampspærre og isolasjonslag [Vedlegg 10.8].

I døme 3 er det valt ny takisolasjon med Kingspan TR26FM med 220 mm og asfalttekking. Denne type isolering har mindre tjukne enn eksisterande og oppnår med dette kravet til U-verdi. Dette gjer at ein ikkje treng å endre på parapet og innfesting av takbelegget i denne. Dermed vert utsjånaden uendra. Under isolasjonen er det tenkt å legge ny dampspærre på den eksisterande.

I døme 4 er det brukt Rockwool HardRock Energy Systemtak for å sjå om mineralull kan kompensere lågare isolasjonsevne med lågare kostnader. Systemtaket består av 180 mm stålunderlag (trykkfast steinull) som er samansett av 3 lag med ulik tjukne. Som topplag er det HardRock Energy med 180 mm tjukne. Heile taket vert 360 mm tjukt som tilsvara tjukne ved etterisolering av eksisterande isolasjon (250 mm) med 100 mm. Her er også tenkt 2-lag asfalttekking.

Utrekna pris og noverdi for døma ser ein i tabell 3.5. Detaljert utrekning av pris finn ein i vedlegg 10.8. Til grunn for noverdiutrekningane har ein antatt levetid på 20 år for etterisolering og 40 år for utskifting av eksisterande tak [18].

Tabell 3.5: Kostnadar av takisolering. Alle priser er utan meirverdiavgift og frakt.

| Tiltak | Pris [kr] eks. mva | Ny U-verdi [W/m ² K] | Energisparing [kr/år] | Noverdi [kr] |
|--|--------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|
| 1 - Topplag med Rockwool HardRock Energy 100 mm | 757 600 | 0,10 | 4500 | -687 700 |
| 2 - Topplag med Kingspan TR26FM 80 mm | 666 200 | 0,10 | 4500 | -596 300 |
| 3 - Kingspan TR26FM 220 mm | 1 133 200 | 0,10 | 4500 | -1 055 100 |
| 4 - Rockwool HardRock Energy Systemtak 360 mm | 1 774 700 | 0,10 | 4500 | -1 696 600 |

Som ein ser av tabell 3.5 er ingen av tiltaka lønnsame, dette er grunna den låge årlege energisparinga ein får. U-verdien i taket på 0,16 W/m²K er i utgangspunktet ein ganske låg verdi. Å redusere denne til 0,10 W/m²K gjev ei årleg sparing på 5500 kWh som tilsvara 4700 kr, med energikostnad 0,85 kr/kWh [Vedlegg 10.8].

Drøfting

Dei to tiltaka som inneberer etterisolering har ein betydeleg mindre kostnad enn dei som inneberer full utskifting. Av etterisoleringstiltaka har isolering med PIR den beste tekniske løysinga, då denne ikkje har kapillær sugsevne. Utfordringa med denne isolasjonen er at ein må legge branndekning på tak-soner over 400 m² [58]. Ved isolering av taket på Førdehuset må ein derfor dele inn i fleire soner. Branneigenskapane til materiala i taket må vurderast mot krav til brannklasse som gjeld for Førdehuset. Her må det undersøkast om ein må kapsle inn isolasjonen med 30 mm ikkje-brennbar mineralull nokre stadar.

Den beste byggtekniske løysinga er å skifte ut heile det kompakte taket. Ved utskifting får ein moglegheit til å legge ny dampspærre og tette konstruksjonen mot luftlekkasjar. Dette vil føre til at ein kan kontrollere utføringa og fuktsikre konstruksjonen på ein trygg måte. Ny isolasjon vil også garantere at isolasjonsevna er lik i heile taket og taktjukna vil vere mindre enn ved etterisolering av eksisterande dersom ein brukar PIR-isolasjon. Ein får også moglegheit til å kontrollere tilstanden til Q-dekket.

Førde kommune si løysing med vakuumtak har ein estimert kostnad på 392 850 kr for svømmehallen, altså ein del rimelegare enn dei andre løysingane som er gjennomgått. Denne løysinga er ikkje den beste med omsyn på det arkitektoniske uttrykket til Førdehuset. På bilete nedanfor kan ein sjå asfalttakbelegget og parapet teke frå austsida av svømmehallen.



Figur 3.13: Bilete av austsida på taket på svømmehallen. Fotograf: Karl Ullrich.

Dersom ein etterisolerer og monterer vakuumtak vil ein heve taknivået med 100 mm samt få synlege vakuum ventilar. Som ein ser av bilete ovanfor kan ikkje parapetet skjule påføringa og takventilane utan at denne hevast. Kor synleg dette vil vere frå bakkenivå er usikkert, men det kan endre det visuelle uttrykket til taket.

Byggteknisk kan dette også vere ei dårleg løysing. Vakuumtak vil skape eit undertrykk i konstruksjonen som kan forsterke fuktvandring, som nemnt tidlegare i kapittelet. Dette vil vere ekstra kritisk i svømmehallen som har eit høgt fuktinnhald og er meir utsett for fuktvandring grunna vassdamptrykk. Tettleiken til Q-dekket er ikkje undersøkt og taket bør undersøkast for fukt før ein gjere tiltak med etterisolering.

Ein kan sjå at det byggteknisk er fornuftig å velje ein PIR-isolasjon. Desse har god isolasjonsevne med forholdsvis låg tjukne og trekk ikkje til seg fukt. Døme 2 og 3 er då gode løysingar og ein må vurdere nærare om ein har behov for etterisolering eller total utskifting. Dersom ein er på utkikk etter lønnsame tiltak, kan ein ikkje tilrå nokre av dei utrekna døma.

3.3.4 Isolering av teglsteinsveggar

Svømmehallen har to teglsteinveggar som er retta mot aust og vest. Dette er halvsteinsveggar med 100 mm isolasjon og lufting sannsynlegvis 100 mm i veggene mot aust og 40 mm mot vest. Det er antekt at isolasjonen er ei pappbelagt isolasjonsmatte med $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$. U-verdiar i dei eksisterande veggane er utrekna til 0,35 og 0,36 $\text{W/m}^2\text{K}$ [Vedlegg 10.3]. I slike veggane er det viktig at den indre vangen er lufttett, slik at ein ikkje får luftlekkasje og auka energitap [6]. Ein tett vange vil også hindre at fuktig, varm inneluft går utover i konstruksjonen og kondenserar. Det er også viktig at isolasjonen ligg godt mot indre vange, slik at ein ikkje får kald uteluft bak isolasjonen [6]. På biletet nedanfor kan ein sjå austveggen til svømmehallen som ligg ved hovudinngangen til Førdehuset.



Figur 3.14 Bilete av teglvegg sett frå aust. Fotograf: Viggo Leikanger.

Dersom ein skal skifte ut isolasjonsplatene i veggane må ein rive den ytre vangen [34, p. 6], som ikkje er berande, og sette inn nye isolasjonsplater med betre eigenskapar. Dette er omfattande arbeid, men kan mogleg forsvarast sidan både teglsteinen og fugene berer preg av slitasje og elde. Ved riving og oppbygging kan ein skjule utanpåliggende leidningar som gjev eit uryddig intrykk.

Ein kan også etterisolere skalmurveggar med å bruke blåseisolasjon. Dette gjere ein ved å lage nokre hol slik at ein kan blåse inn isolasjon i den eksisterande luftespalten. Det er fleire ulike materiale ein kan bruke som blåseisolasjon; mineralull, perlite og EPS-kuler. Det er rekna to dømer med isolasjon, desse er berre rekna for teglveggen mot aust, då ein antek at det kjem ny svømmehall i vest.

Det første dømet er utskifting av eksisterande isolasjon. Her er det tenkt å skifte ut til 200 mm mineralull, ytre vange vert då flytta 20 – 30 mm lenger ut. Dette fordi ein må ha 15 – 25 mm luftspalte for å hindre kapillær kontakt [59, p. 2]. Ein kan også, når ein har tilgang til indre vange påføre eit damptettande sjikt av klorkautsjuk for å redusere dampgjennomgang [59, p. 2]. Klorkautsjuk er ein smøremembran som kan påførast utsida indre vange for å unngå dampgjennomgang [60].

I det andre dømet er det tenkt etterisolering med blåseisolasjon. Dette er ein rask metode for å få inn isolasjon utan at ein treng å gjere store inngrep i konstruksjonen. Ved denne metoden får ein likevel ikkje kontrollert eksisterande tilstand tilstrekkeleg. I tillegg vil ein tette luftsjiktet mellom isolasjonen og den ytre vangen. Dette sjiktet sørgjer for at det ikkje oppstår fukt- eller roteskader i konstruksjonen.

Det er utført ei berekning av dampgjennomgangen for å sjå korleis fukta endrar seg samt kvar det er fare for mugg og kondens i teglveggen om ein etterisolerer med blåseisolasjon. Innetemperaturen er i utrekninga sett til 20 °C, dette gjev minst gunstig situasjon for dampgjennomgang. Ein har rekna gjennomgang i eksisterande teglvegg og i teglvegg der luftspalten er erstatta med isolasjon, utrekningar ligg som vedlegg 10.9. I eksisterande vegg får ein RF=98,9 % i overgangen mellom luftspalte og ytre vange. Ved RF over 80 % er det fare for sopp og muggdanning i veggen som omtala i kapittel 3.2.7. Sidan ein har lufting vil materiala kunne tørke opp og faren er redusert.

Ved utrekning av dampgjennomgang etter isolering får ein RF på innsida av yttervengen til 101 %, altså vil det dannast kondens. Med dette vil det vere fare for at teglveggen fryser når det er kaldt og at fukta i veggen vil kunne skade både tegl og isolasjon. Det vil derfor ikkje vere anbefalt å fylle heile veggen med isolasjon.

Tabell 3.6: Pris, U-verdi, energisparing og noverdi for to tiltak i teglsteinsvegg.

| Tiltak | Pris [kr] eks. mva | Ny U-verdi [W/m ² K] | Energisparing [kr/år] | Netto noverdi [kr] |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 - Utskifting av isolasjon | 410 900 | 0,162 | 30 800 | 118 500 |
| 2 - Innblåsing | 381 900 | 0,185 | - | - |

For utskifting av isolasjon er ny U-verdi funnen i Byggforsk detaljblad [61], for innblåsing er verdien utrekna slik som det går fram av vedlegg 10.3, her er det anteke ein lambda-verdi = 0,04 W/mK. Energisparing og noverdi før døme 1 kan ein sjå av vedlegg 10.9.

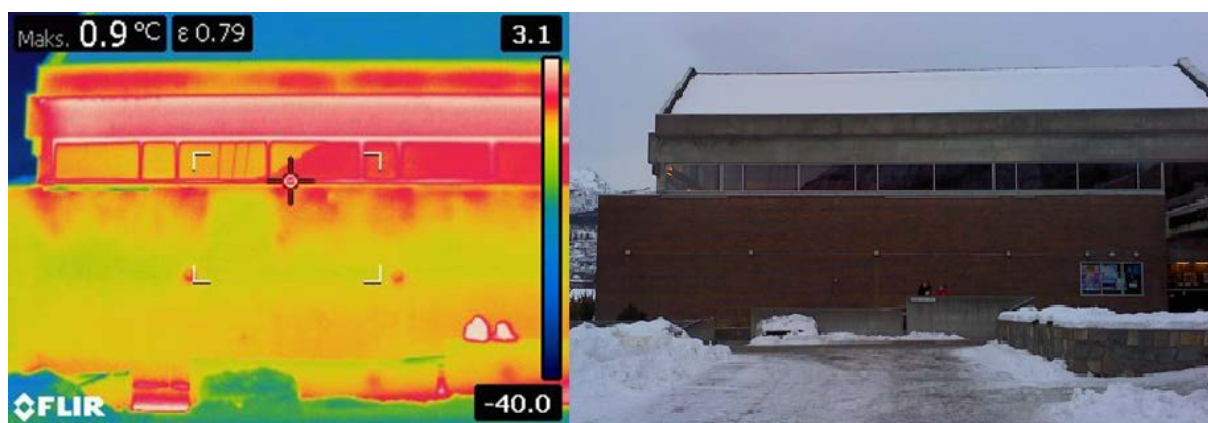
For utrekning av energisparing og noverdi i døme 1 er det lagt til grunn reduksjon i lekkasjetal frå 5,0 – 3,5 1/h og levetid 40 år [18]. For døme 2 er det ikkje rekna ut energisparing då ein ikkje kan anbefale å utføre dette tiltaket. Til grunn for reduksjon i lekkasjetal er det antekt at ein vil kunne tette ved bruk av klorkautsjuk samt betre tetting i overgangar i konstruksjonen. Ved høg presisjon på utføring kan dette vere oppnåeleg.

Drøfting

Som ein kan sjå av tabell 3.6 er det er liten skilnad i pris på dei to tiltaka. Sidan ein oppnår ein mykje betre U-verdi og ei byggteknisk betre løysing vil utskifting av isolasjonen i veggene vere eit godt tiltak. Ved fullstendig utskifting får ein høve til å kontrollere konstruksjonen, tette for dampgjennomgang og isolere ekstra ved kritiske punkt, slik som ved vindaugssmyget.

Ved utskifting av isolasjonen må ein flytte veggene to centimeter ut, dette er eit inngrep som vi vurderer til ikkje å ha stor betydning for arkitekturen. Ein vil også få ei endring i utsjånaden på teglsteinen då denne vil vere ny. Det er ikkje andre teglsteinsdetaljar i nærleiken av austveggen som vil bryte med nyare teglstein. Ein vil få skilnad i utsjånad på aust- og vestveggen, dette vil jamne seg ut over tid. Påbygget i frå 1996 med idrettshall har teglsteinsveggar, ein kan i liten grad i dag, sjå at desse veggane er nyare enn dei i svømmehallen.

Bileta nedanfor syner at utmuringa i vindaugssmyget har høg temperatur utvendig, som følgje av stort varmetap. Dette kan ein redusere dersom ein fornyar både veggene og byte vindaugene.



Figur 3.15: Bilete teke av aust-fasaden til Fjørdehuset syner kvar ein har størst varmetap. Fotograf: Joakim Kvammen.

Dersom ein vel å byte denne teglsteinsfasaden, er det då viktig at intensjonen med uforandra fasadeutsjånad vert fylgt opp i både prosjekterings- og byggefase. Endringar undervegs i desse fasane kan gjere prosjektet sårbart, og ein risikerer at det endelege resultatet ikkje vert slik som det var tenkt i utgangspunktet. Eit døme på dette er utskiftinga av tunhellene framfor Førdehuset i samband med bygging av fjernvarmenettet. Desse hellene vart fornya med ein annan fargekontrast enn dei opphavelge hellene, som vist på bilete nedanfor. Meiningane er delte om kor godt sluttresultatet vart.



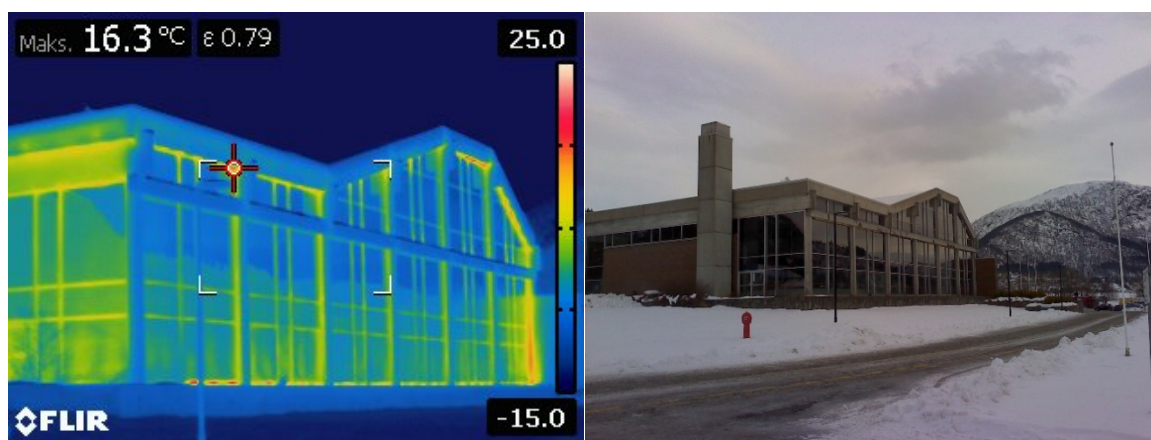
Figur 3.16: Parti av plassen utanfor hovudinngangen på Førdehuset. Dei nye tunhellene vart i ein annan fargekontrast enn det opphavelge.

3.3.5 Bytte av vindaug

Svømmehallen har ei stor vindaugsfasade i sør. Denne har stor betydning for det arkitektoniske uttrykket til hallen, saman med betongdetaljane i denne. Sørfasaden utgjere mykje av det totale varmetapstalet til hallen med stort areal og høg U-verdi. U-verdien er berekna til $1,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ [Vedlegg 10.3]. Glasrutene vart utskifta i 2001, men aluminiumsprofila er originale frå 1976. Profila har relativt dårlege isolasjonsegenskapar og er anteke å ha ein U-verdi på $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ [Vedlegg 10.3].

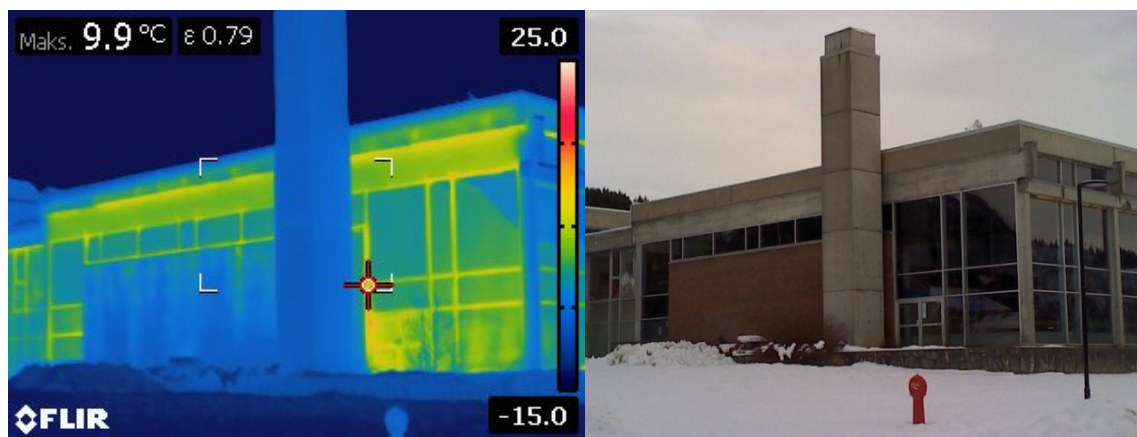
Termografering

Nedanfor ser ein bilete av fasaden til Førdehuset, ein ser tydeleg på bileta at varmetapet er større ut gjennom aluminiumsrammene enn ut sjølv glasruta. Teglsteinsveggen og gesimsen har og lite varmetap i forhold til vindaug, rammer og betongbjelken.



Figur 3.17: Syner at aluminiumsrammene er ein bygningsdel der det ikkje finst kuldebrubrytar. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes.

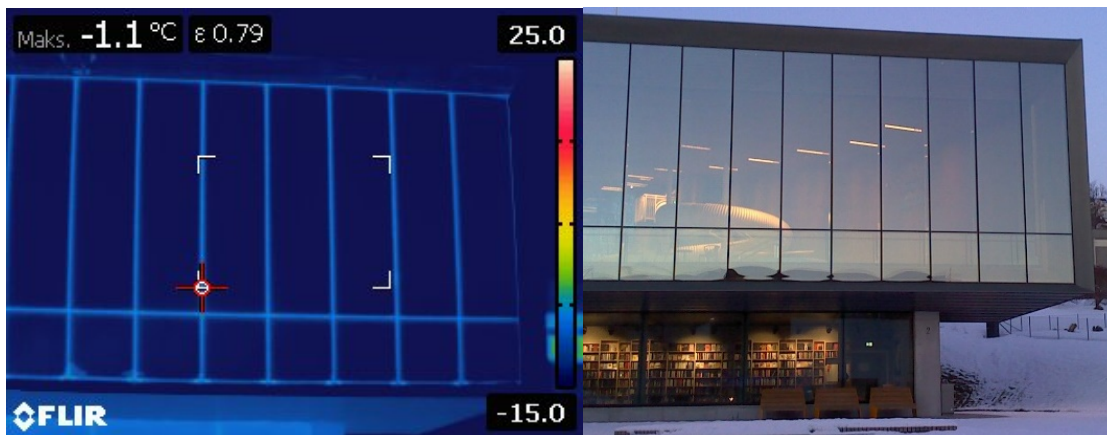
Ein kan sjå av figuren ovanfor at ein har stort varmetap i overgangen mellom vindaug og grunnmur samt overgang til gesims dette skuldast truleg luftlekkasjar. Dersom ein tettar desse vil ein kunne redusere luftlekkasjetalet, dette vil ha stor innverknad på det totale varmetapet.



Figur 3.18: Fasade av svømmehall mot vest. Fotograf: Marta Hugøy Sandnes.

Av figur 3.18 kan ein sjå at vindaugget tilsynelatande har ein like låg temperatur som ramma, ein kan også skimte konturane av eit tre i glaset. Dette er grunna at ein fangar opp refleksjonar i vindaugsflata. Dette er ei av feilkjeldene ein kan få ved bruk av termografi.

Nedanfor ser ein termografi av Ulsteinbadet, ein svømmehall som stod ferdig i 2017. På bileta av Førdehuset og Ulsteinbadet kan ein sjå at ein har brukt same «temperaturred» mellom -15 °C og 25 °C , dette for å betre illustrere skilnadane visuelt. Ein ser tydeleg at ein ved nyare glasfasade får svært ulike verdiar. Medan ein på Førdehuset har ein maks temperatur utvendig på $9,9\text{ °C}$ er den $-1,1\text{ °C}$ i Ulsteinbadet. Bileta var tekne på dagar der forholda i Ulsteinvik og Førde var relativt like [Vedlegg 10.2].



Figur 3.19: Parti av glasfasade på Ulsteinbadet. Foto: Karl Ullrich.

Her er det anteke at ein ved utskifting av fasade og vindauge får ein betydeleg reduksjon i luftlekkasjetalet. Dette grunna at ein kan tette rundt overgangar mot gesims og grunnmur.

Døme

Ein får i dag glasfasade med monaleg betre varmetapseigenskapar. Det er rekna ut tre ulike dømer med ny glasfasade. Ein har sett på 3-lags glas med U-verdi $0,6\text{ W/m}^2\text{K}$ og $0,7\text{ W/m}^2\text{K}$ samt 2-lags glas med U-verdi $1,0\text{ W/m}^2\text{K}$. U-verdien til profila er sett til $0,78\text{ W/m}^2\text{K}$ og det lineære tilleggsvarmetap grunna kantforsegling av ruta er sett til $0,05\text{ W/mK}$. Alle utrekningar er lagt ved i vedlegg 10.3. Ein har også rekna med at ein vil ha solskjerming og sjølvreins på vindauga, noko som gjev ein tilleggskostnad på 600 kr/m^2 [Vedlegg 10.10].

Tabell 3.6: Tiltak utskifting av vindaug. Tabellen syner pris, U-verdiar, energisparing og netto noverdi.

| Tiltak | Pris [kr] eks. mva | Ny U-verdi sør [W/m ² K] | Ny U-verdi aust [W/m ² K] | Energisparing [kr/år] | Netto noverdi [kr] |
|------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 3-lag U_{0,6} | 1 136 000 | 0,73 | 0,80 | 130 700 | 873 900 |
| 3-lag U_{0,7} | 1 136 000 | 0,64 | 0,71 | 127 100 | 817 900 |
| 2-lag U_{1,0} | 1 038 700 | 1,01 | 1,06 | 114 700 | 724 900 |

Ein har for utrekning av energisparing lagt til grunn ei levetid på 30 år [18] og at lekkasjetalet vert redusert til 2,0 l/h.

Drøfting

Som ein ser av tabellen ovanfor vil ein spare mykje energi ved utskifting av vindauga. Ein har god fortjeneste ved begge alternativa, men best ved å velje 3-lags glas. 2-lags glas er om lag kroner 100 000 billigare enn 3-lags, men dette kompenserer ikkje for det ein kan tene på å velje 3-lag.

Om ein samanlikna dei to ulike 3-lags glasa ser ein at det ikkje utgjere stort om ein vel den lågaste verdien. Ein har i utrekninga lagt til grunn same prisen for dei to 3-lags glasa, men den vil i røynda vere dyrare med lågare U-verdi.

Det er også rekna på U-verdi for vindaug der ein har brukt profil med U-verdi 0,90 W/m²K [Vedlegg 10.10]. Ein ser at det ikkje gjev store utslag for heilskapen å ha ein litt dårlegare verdi på profila. Å velje ein dårlegare profil kan vere eit like godt energiøkonomisk tiltak som å velje det beste.

Utskifting av vindauga vil ha lite å seie for det arkitektoniske uttrykket til svømmehallen. Det vil med utskifting kunne verte små endringar i storleik på aluminiumsprofila, men dette er ikkje eit inngrep som vil verke inn på heilheita til bygget.

Å redusere vindaugsarealet i svømmehallen kunne gjeve ein stor energisparingsgevinst. Dette grunna at ein ikkje klarar å oppnå like god U-verdi for vindaug som for ein vegg. Ei god løysing på svømmehall med lite vindaugsareal kan ein sjå i Holmen svømmehall i Asker. Der er det ei vindaugsrekke heilt nede ved bakkenivå, slik at ein har ei siktelinje mot havet når ein ligg i vatnet. Så låge vindaug slepper inn mykje dagslys på same tid som ein unngår varmetilskot frå sola og refleksjonar i vassflata. Med refleksjonar i vassflata kan ein risikere at ein ikkje kan sjå botnen av bassenget og dette kan utgjere ein risiko med tanke på tryggleiken til brukarane [62]. Eit slikt tiltak er ikkje vurdert i oppgåva grunna arkitektoniske omsyn.

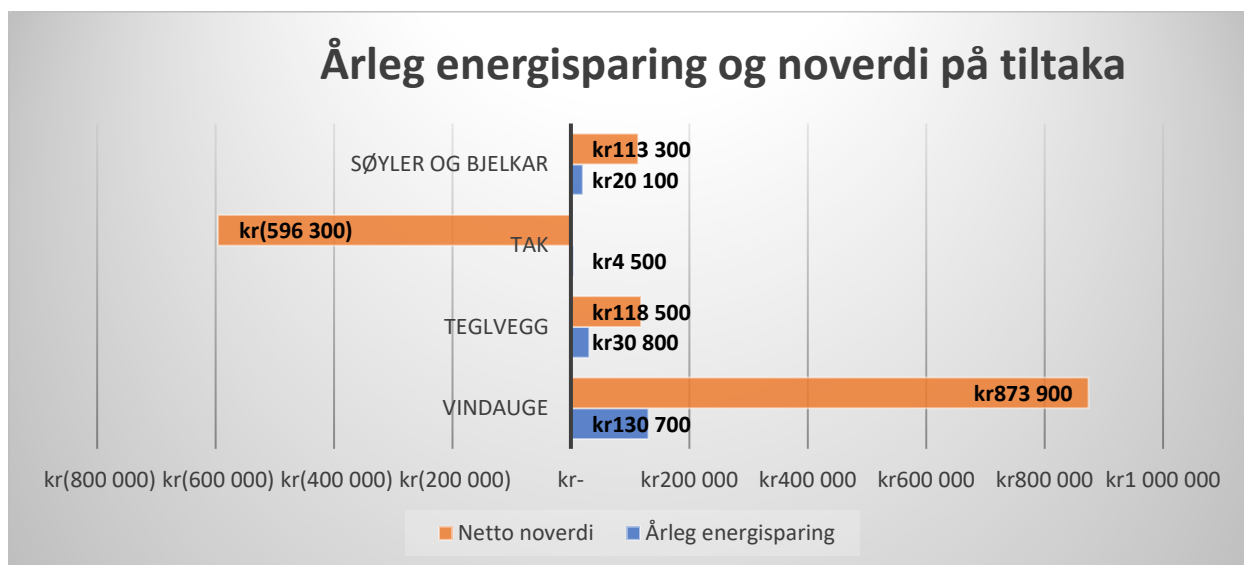
3.4 Drøfting – tiltak

Den største energigevinsten som er å hente på svømmehallen er å redusere lekkasjetalet. Dette er eit tiltak som er vanskeleg å gjennomføre isolert sett. Det er enklare å tenkje at redusert lekkasjetal vil komme som fylgje av dei andre tiltaka ein vil tilrå.

Når ein vurderer dei ulike tiltaka ein komen fram til følgjande:

- ❖ Utvendig isolering av søyler og bjelkar: Energimessig positivt men ikkje tilrådd grunna endring i arkitektur.
- ❖ Etterisolering av tak: Energigevinst er negativ i forhold til investeringa. Tilrådd å vente til fornying av taktetting må gjennomførast.
- ❖ Total fornying av teglsteinfasade i aust med betre isolasjon: Positivt for både energisparing og arkitekturen.
- ❖ Total utskifting av glasfasade i sørvegg: Positivt for energisparinga og påverkar ikkje arkitekturen.

Figuren nedanfor viser årleg energisparing og noverdi på tiltaka når ein har simulert kvart av tiltaka i Simien åleine. Ein ser at det einaste tiltaket som ikkje er lønnsamt er isolering av tak, dei resterande er lønnsame.



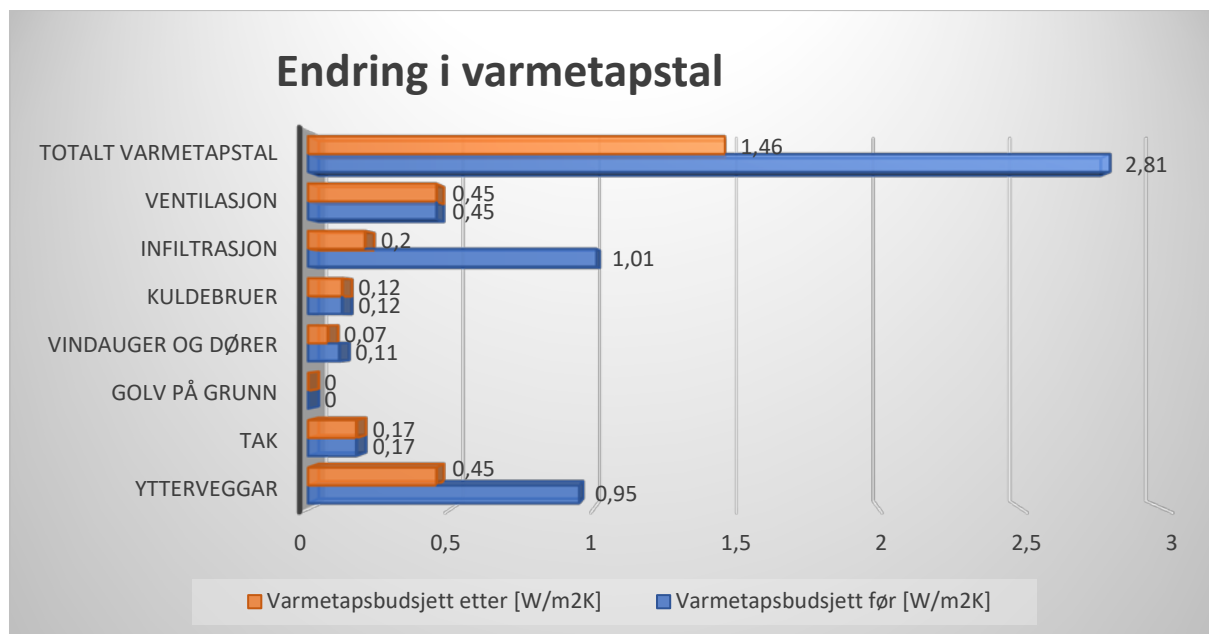
Figur 3.20: Diagram med samla oversikt over økonomisk sparing i dei ulike tiltaka.

Sidan tiltaka har innverknad på kvarandre er nye vindauge og teglvegg lagt inn saman i ei lønnsemdutrekning, ein får då at ein kan spare 177 200 kWh, 150 700 kroner og 41 800 kg CO₂ årleg. Etter 30 år har ein noverdi på 796 100 kroner [Vedlegg 10.11]. Teglveggane har ei levetid på 40 år, så innteningspotensialet er endå større enn dette.

Ein har anteke ein reduksjon i lekkasjetalet i frå 5,0 til 1,0 l/h som følgje av samla tilrådde tiltak. Ein har plotta inn tilrådde tiltak i Simien og får då ut ein samla energigevinst. Verdier og simuleringar for eksisterande svømmehall og med tiltak ligg vedlagt i 10.5 og 10.6.

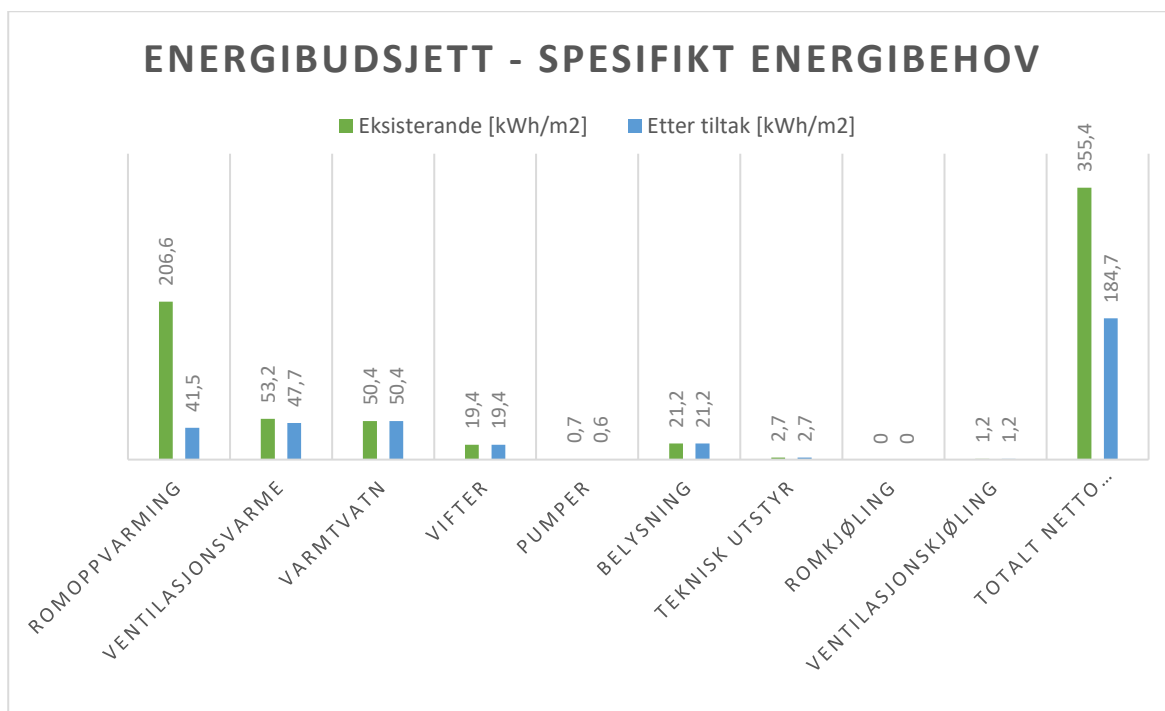
Det totale varmetapstalet er redusert frå 2,81 til 1,46 W/m²K. Det tidlegare store varmetapet gjennom infiltrasjon er redusert frå 1,01 W/m²K til 0,20 W/m²K. Vindauge og dører har endra seg frå 0,11 W/m²K til 0,07 W/m²K. Varmetap gjennom ytterveggar, som inkluderer både sørfasade og teglveggen er redusert frå 0,95 W/m²K til 0,45 W/m²K. Den største endringa ser ein i infiltrasjonsvarmetapet, dette grunna reduksjon i luftlekkasjetal.

Diagrammet nedanfor syner endringar i varmetapstalet.



Figur 3.21: Diagram som syner endring i varmetapstal.

Nedanfor kan ein sjå det spesifikke energibehovet til svømmehallen før og etter tiltak. Dei store endringane ser ein av energibehovet til romoppvarming, sidan det er dette ein har fokusert på å redusere. Ein ser at ein har nær halvert energibehovet.



Figur 3.22: Diagram som syner energibudsjett før og etter tiltak.

Dei to tiltaka ein kan tilrå både med omsyn til lønnsemd, arkitektur og bygningsfysikk gjer at kommunen kan tene nærare 800 000 kroner dei neste 30 åra. Dette er positivt både for kommunen sin økonomi og miljøet. Dette vil bidra til kommunen sine energi- og klimamål.

4 Gjenvinning av energi

Å ta vare på den energien som allereie er brukt i bygget og å gjenvinne denne, er kanskje det beste energiøkonomiske tiltaket ein kan gjere i samband med ein svømmehall. Dette kapittelet omhandlar dei vanlegaste metodane som er brukt i slike bygg.

Metodekapittelet omtalar kva ressursar som er brukt for å finne svar på den delen av problemstillinga som omhandlar energibruken i svømmehallen. Neste del omhandlar teorien knytt til energi og energibruk i svømmehall. Her tek ein føre seg dei vanlegaste tiltaka for energi og klimakontroll i svømmehallar. I resultatkapittelet er det kartlagt kva ein har funne knytt til svømmehallen i Førdehuset om desse tema. Ein tek også føre seg kva ein kan spare ved å investere i energigjenvinningsanlegg for gråvatn avhengig av vassforbruket.

I drøftingskapittelet er det gjort ei vurdering av tilstanden og storleiken på luftbehandlingsanlegget til svømmehallen. Ein drøftar også lønnsmda og om det er mogeleg å installere gjenvinningsanlegg i eksisterande areal og tilkopling til eksisterande røyranlegg.

4.1 Metode – gjenvinning

Kunnskapen om emna av luftbehandlingsanlegg for svømmehallar og energigjenvinningsaggregat for gråvatn, er basert på intervju med Thomas Hjertenes, ingeniør hjå Menerga; produsent og leverandør av slikt utstyr. Det er også gjennomført studietur med synfaring på Holmen svømmehall i Asker. Dette er eit badeanlegg av svært høg standard både i energieffektiv bygningskropp samt høg standard på teknisk utstyr for badeanlegget. Dette er eit referanseprosjekt ein vart tilrådd av Enova å besøke. Synfaringa på Holmen gav god oversikt over kva omfang eit komplett bassengteknisk anlegg også krev av areal. For å knyte tileigna kunnskap om desse emna til svømmehallen i Førdehuset, har det vore gjennomført fleire synfaringar og mange samtalar og intervju med teknisk personale knytt til Førdehuset, både noverande og tidlegare tilsette har vore til hjelp.

For å finne vassforbruk og energibruk har ein nytta opplysningar om årleg forbruk på Førdehuset. Det har også vore målt vassforbruket ei vilkårleg veke i løpet av våren 2019. Førde kommune har opplyst om historisk vassforbruk og energiprisar. Kulturleiar Johan Bengtsson har funne besøkstal for idrettsanlegget og svømmehallen for å kunne analysere vassforbruk per badande. Ein har fått hjelp av Bjørn Aas hjå NTNU for å analysere dei tala ein har funne. Tomas Hjertenes i Menerga har rettleia i prisestimat på investeringskostnader for energigjenvinningsaggregat for gråvatn.

Det må påpeikast at leverandøren Menerga er einerådande på marknaden for aggregat for energigjenvinning av gråvatn. Grunnen til dette er at dei lenge har hatt patent på dette utstyret. Der finst andre leverandørar som leverer utstyr for industrielle prosessar men desse ligg i temperaturar frå 100 °C og oppover. Dermed vert desse leverandørane uinteressante for temperaturområde for varmt forbruksvatn. Kunnskapen som er tileigna vert dermed direkte knytt til Menerga sine tekniske løysingar. Ideelt sett skulle ein ha sett på ulike leverandørar av slikt utstyr. I fagområdet for energigjenvinning for gråvatn har dette vist seg å vere vanskeleg.

4.1.1 Energiberekingar

Ein har ikkje fokusert på energimålingar i luftbehandling eller elektrisk energi i samband med svømmehallen. Det eksisterer ikkje spesifikk nok måling på Førdehuset i dag til å kunne gjere meir nøyaktige energimålingar, anna enn det ein har berekna og simulert ved hjelp av Simien. Ein har oversikt over mengd energi henta frå fjernvarmenettet men ein klarar ikkje med dette å skilje ut kor mykje som går til bassengteknisk- og dusjvatn kontra vatn til oppvarming elles på Førdehuset.

Den enklaste måten å finne energimengd knytt til svømmehallen er å sjå på ferskvassforbruket. For å rekne på energibruk knytt til vassforbruk har ein brukt enkel termodynamisk formel for å finne energimengda ein kan spare ved å installere gjenvinningsanlegg for gråvatn. For å snevre inn berekingane ytterlegare har ein konsentrert seg om det temperaturområdet aggregatet arbeider i; altså frå kaldt nettvatn og så høgt som aggregatet klarer å løfte dette.

4.1.2 Lønnsemd

For å finne ut kor lønnsamt det er å investere i eit anlegg er det brukt netto noverdi [63, p. 367].

$$\text{Netto noverdi} = \sum_{t=1}^N \frac{\text{Årleg sparing}}{(1 + \text{kalkulasjonsrente})^t} - I$$

Formel 4.1: Utrekning av noverdi.

Netto noverdi er summen ein sit igjen med etter N tal år, eller N år før tiltaket er lønnsamt. I er investeringskostnaden og kalkulasjonsrenta set ein til den renta ein ynskjer å oppnå. Ein tek då omsyn til at investeringa skal ha ei viss innsparing og at ein har avkastning på dette.

4.2 Teori – gjenvinning

Dette kapitlet tek føre seg teorien bak varmelæra ein har nytta seg av i prosjektet. Ein tek føre seg dei viktigaste omgrepa som er relevant i denne samanhengen. Ein går også innom funksjon og verkemåte til det tekniske utstyret som er vanlegast brukt i svømmehallar med tanke på inneklimakontroll og energigjenvinning.

4.2.1 Kalorimetri

I gassar, væsker og faste stoff er den indre kinetiske energien proporsjonal med temperaturen til stoffet [64, p. 185]. Når ein tilfører varme eller arbeid til stoffet vil temperaturen auke proporsjonalt med tilført eller frigjeve energi. Kor mykje energi ein må tilføre for å auke temperaturen avheng av stoff og kva fase stoffet er i og mengda ein skal varme opp [64, p. 187]. Likninga nedanfor syner varmen Q som må tilførast for at temperaturen skal endre seg.

$$Q = cm\Delta t \text{ (J)}$$

Formel 4.2: Tilført varme til eit stoff.

Der m er massen av stoffet i kg, Δt er temperaturendring i K og c er den spesifikke varmekapasiteten til stoffet (J/(kgK)). Den spesifikke varmekapasiteten til stoffet er ein materialkonstant som avhenger av stoffet og fasen. Den spesifikke varmekapasiteten til is er 2,1 kJ/(kgK), vatn har 4,2 kJ/(kgK) og vassdamp har 2,0 kJ/(kgK). Ein treng altså dobbelt så mykje energi for å varme opp vatn enn det ein treng for å varme opp is med same temperaturauke. I ein svømmehall treng ein mykje energi for å varme opp dei store mengdene vatn ein treng både til dusjar og basseng. For å finne ut kor mykje energi ein treng for å varme opp vatn kan ein bruke likninga nedanfor.

$$E = c \cdot \Delta t \text{ (J/kg} \approx \frac{1}{3600} \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}\text{)}$$

Formel 4.3: Energi for å varme opp vatn.

Der E er energien ein treng for å varme opp ein kubikkmeter (tilnærma eitt tonn) vatn. For å gjere dette om frå J/kg til kWh/m³ dividerer ein på 3600.

Når eit stoff skiftar fase mellom fast, flytande og gassform må det tilførast store mengder energi utan at temperaturen vert endra. For at til dømes vatn skal fordampe må ein tilføre 2 259 kJ/kg utan at det hender ei temperaturendring [64, p. 190]. Dersom dampen vert kjølt ned, vert lik mengde varme frigjeve. Nedanfor kan ein sjå likninga for varmemengd, der l er den spesifikke fasevarmen og m er massen til stoffet.

$$Q = lm$$

Formel 4.4: Varmemengd ved faseovergang.

I eit basseng med temperatur på 28 °C vil det med dagdrift fordampe om lag 0,25 kg vatn per kvadratmeter vassflate i timen [5, p. 183]. Til dømes eit basseng med 450 m² vassflate har ein då 112,5 kg avdamping i timen. Dette vil då tilsvara ein varme på $Q = 254\,000 \text{ kJ/h} = 70 \text{ kW}$. Dette er energi som går frå vatnet i bassenget og over i lufta.

Avdamping i frå bassengvatnet er eit stort energisluk i ein svømmehall, for å avgrense denne er det viktig at det er høgre temperatur i lufta enn i vatnet [13]. Det er anbefalt at lufttemperaturen ligg to grader over vasstemperaturen [13]. Dette er likevel vanskeleg å få til dersom ein har basseng med høg vassstemperatur, då det vil vere ubehageleg å vere i svømmehallen med høg lufttemperatur. Ei anna utfordring i ein svømmehall er at dei som brukar bassenget har lite klede og er våte på huda, medan tilskodarar gjerne har meir klede og vil føle at det er veldig varmt og tungt inneklime. Dersom ein har for låg luftfukt i rommet, vil ein våt badekropp få stor avdamping og det vil opplevast kaldt på huda sidan denne avdampingsprosessen vil «stele» varmeenergi frå huda [5, p. 183].

For å hindre denne avdampinga må ein ha høgre temperatur i romlufta enn i bassenget. Lufta som ligg rett over vassflata i bassenget er metta av vassdamp. Denne lufta har nærast tilsvarande temperatur som bassengvatnet. Sidan varm luft er lettare enn kald luft vil den varme lufta sirkulere over den kalde lufta og dermed vil ikkje den to grader kaldare, metta lufta verte utbytta. Dersom romlufta hadde hatt ein lågare temperatur enn bassengvatnet ville denne kalde og tørre lufta ha fortrent overflatelufta og det hadde vorte mykje meir avdamping frå bassenget [5, p. 182].

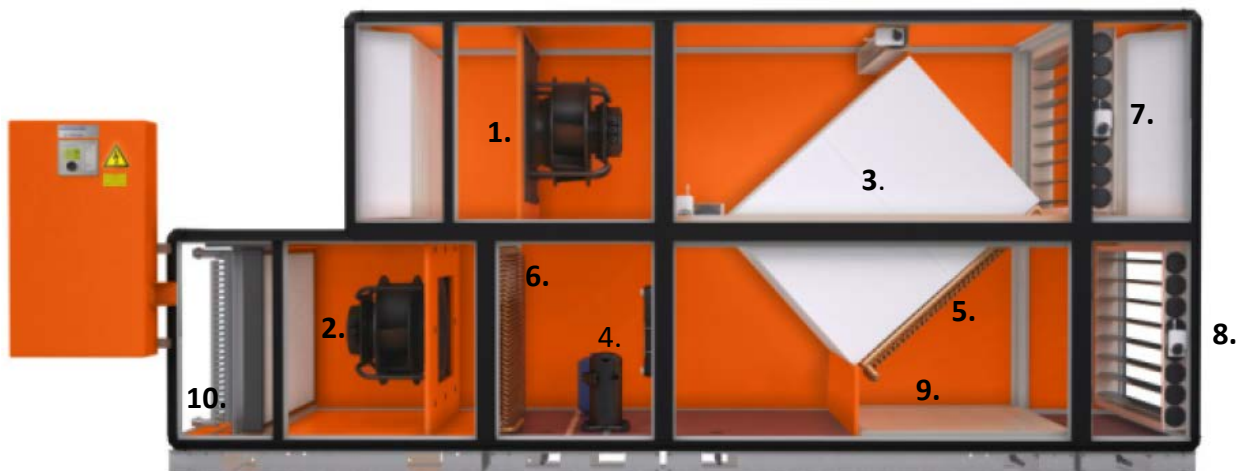
4.2.2 Avfukting i svømmehall

I eit bustadhus har ein mellom 20 og 40 % RF om vinteren, men det kan verte så lågt som 15-20 % i kalde og tørre periodar [4, p. 146]. I ein svømmehall er det ynskjeleg å ha ein jamn relativ fukt mellom 50 – 55 % om vinteren, medan ein kan akseptere RF opp til 65 % om sommaren [4, p. 145]. Årsaka til dette er at RF ute også er høgre om sommaren. Høg fukt gjev gode vekstforhold for muggsopp, husstøvmidd og andre mikroorganismar [37]. I ein svømmehall brukar ein avfuktingsventilasjon for å redusere risikoen for at det skal oppstå fuktskadar. Det er også viktig at ventilasjonen held luftforureiningane på eit tilfredsstillande nivå for brukarane. Avdamping av klor frå bassenget kan gje stikkande lukt og irritasjon i auger og slimhinner [5, p. 184]. Nyttar ein undertrykksventilasjon i svømmehallen unngår ein å presse den fuktige lufta utover i konstruksjonen og hindrar til dels fuktvandring innanfrå og ut. Damptrykket i hallen vil likevel trykke mot dampsperra då damptrykket er uavhengig av lufttrykket. Fuktvandringa (diffusjonen) vert dermed ikkje heilt borte sjølv med undertrykksventilasjon [5, p. 71]. Med undertrykk vil det ved eit utett bygg sive kald luft inn, noko som fører til større oppvarmingsbehov.

Avfukting i samband med luftbehandlinga er ein god måte å kontrollere inneklimate i ein svømmehall. Ein brukar avfukting av fleire grunnar: For å redusere faren for kondens i bygningskroppen på utsette stader, for å gjenvinne varmeenergien i vassdampen i lufta og for å kunne regulere fuktnivået innanfor det som vert opplevd som komfortabelt av brukarane. Dette kjem i tillegg til den primære funksjonen til eit luftbehandlingsanlegg; å skifte ut romlufta i svømmehallen.

Eit avfuktaraggregat er i utgangspunktet eit ventilasjonsaggregat med eit varmpumpebasert varmegjenvinningsystem. Figuren nedanfor viser prinsippskisse av Menerga sitt avfuktaraggregat med dei ulike delane [Vedlegg 10.12]:

1. Avtrekksvifte
2. Tilluftsvifte
3. Platevarmevekslar (denne er i plast, då aluminium vil korrodere)
4. Kompressor
5. Fordampar
6. Kondensator
7. Inntaks-spjeld
8. Avkast-spjeld
9. Drypp-panne
10. Ekstra varmebatteri

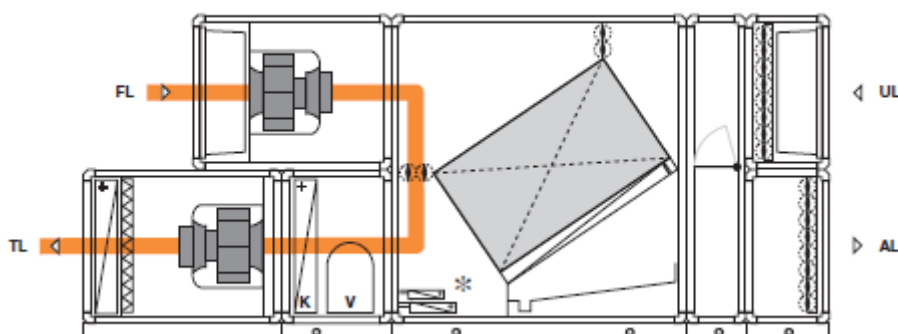


Figur 4.1: Bilete av avfuktaraggregat i frå Menerga [65].

Aggregatet er eit moderne aggregat med energieffektive halvaksial-vifter, nødvendige spjeld og platevarmevekslar. Varmevekslaren er produsert i plast for å kunne tole betre klorhaldig luft som det er mykje av i ein svømmehall. Det som skil denne typen aggregat i frå konvensjonelle ventilasjonsaggregat, er den kuldetekniske delen; i hovudsak del 4, 5 og 6. Kompressoren (4) skapar ein kjøleprosess og dermed ei kald sone i fordamparen (5) og deretter flyttar varmeenergien derifrå og over til kondensatoren (6). Prosessen kjøler dermed ned avtrekkslufta og varmar opp tillufta med den energien som elles ville gått i avkastlufta.

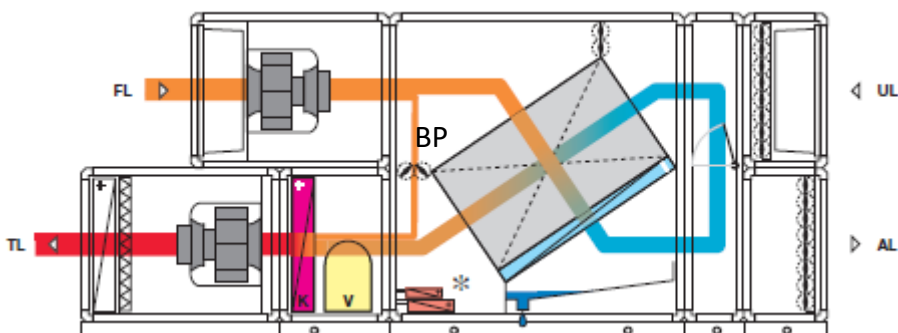
Den komponenten i avtrekkslufta som inneheld mest energi er vassdampen. På same måten som det trengs mykje energi for å få vatn til å gå over i damp-fase, vil vassdamp gje i frå seg tilsvarende energimengde når den kondenserer på fordampar-radiatoren (5) si overflate. Denne energien vert leda vidare til kuldemediet inne i fordamparen (5) som overfører denne vidare til kondensatoren på tillufts-sida.

Figurane nedanfor viser dei viktigaste driftsfasane til aggregatet. Figur 4.2 viser aggregatet i omlufts-fase. Dette er mest brukt i nattdrift med redusert hastigheit på viftene og i situasjon der ein ikkje har behov for romoppvarming.



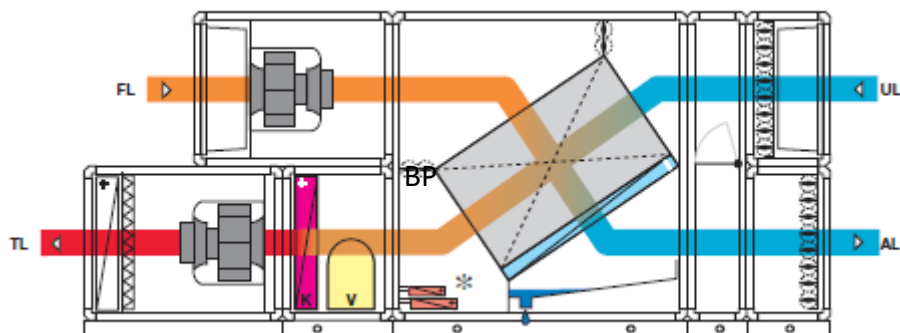
Figur 4.2: Avfuktaraggregat i driftsfasen omluft [65].

Figur 4.3 viser fase omluft med varmegjenvinning og avfukting. Her er både platevarmevekslar og avfukting i funksjon. Dette drifts-stillet brukar ein ved behov for romoppvarming men lite behov for luftbyte i svømmehallen. Her kan ein sjå funksjonen til drypppanna som samlar opp og leder vekk kondensvatn under fordamparen.



Figur 4.3: Avfuktaraggregat i driftsfasen omluft med gjenvinning og avfukting [65].

Figur 4.4 viser driftsfasen maksimal utluft/avkast luft. Her har ein maksimal luftutskifting og ei regulert avfukking ut i frå optimale vilkår. I røynda er optimal drift ofte ein mellomting av desse to sistnemnde fasane der bypass-spjeldet (BP) regulerer blandingsforholdet mellom omluft og friskluft.



Figur 4.4: Avfuktaraggregat i driftsfase med inntak av friskluft [65].

Aggregatet sin overkapasitet og bassengvarming

Vilkåra for temperatur og relativ fukt i svømmehallar set avgrensingar for mykje energi ein kan hente ut av eit avfuktaraggregat. Om kompressoren hadde gått for fullt, kunne ein henta enorme mengder varmeenergi dersom ein kunne nytta den alternativt. Det er krav til ei viss fuktmengde i tillufta og ein må avgrense avfuktingsprosessen ut i frå dette. I deler av driftstida klarer ein å hente meir energi ut av avtrekkslufta enn ein treng å tilføre, aggregatet vil då ha ein overkapasitet med varmeoverskot. Denne varmen kan ein overføre til bassengvatnet som ein ekstra «energibonus». Bassengvarminga vil likevel avgrense seg grunna temperaturvilkåra mellom vasstemperatur og romtemperatur. Sidan lufta må vere varmare enn vatnet klarer ein ikkje nytte all tilgjengeleg energi som aggregatet handterer.

4.2.3 Energigjenvinning av gråvatn

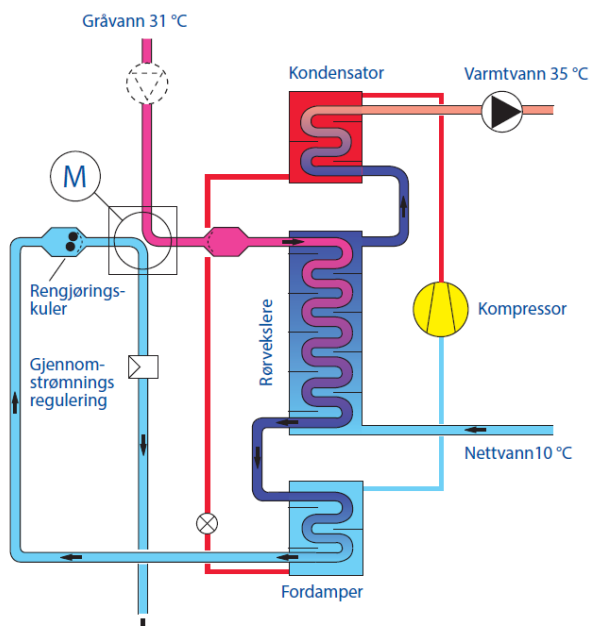
Å gjenvinne energien i frå varmt avlaupsvatn, også kalla gråvatn, kan vere eit godt energitiltak. Då investeringskostnadane for slike anlegg er relativt høge vil det krevjast eit visst volum i vassforbruk for å oppnå lønnsemd i ei slik investering. Dei siste åra har det blitt vanlegare å installere slike anlegg i samband med badeanlegg, sjukehus, vaskeri og andre industrielle prosessar [66].



Figur 4.5 Varmegjenvinningsaggregat for gråvatn [66].

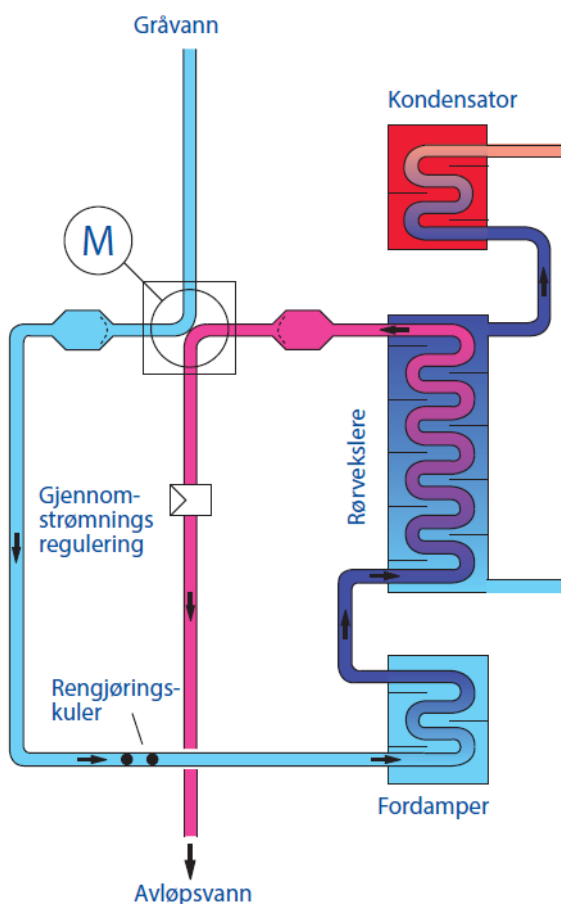
Aggregatet til Menerga er ein relativt kompakt modul som i seg sjølv tek liten plass. Tilstøytande deler og utstyr som røyr, ventilar og ekspansjonsbasseng skapar likevel eit visst teknisk arealbehov. Menerga leverer 5 ulike aggregat i områda 0,8-5,4 m³/h vassmengd.

Prinsipielt er aggregatet bygt opp av ein røyrvarmevekslar og ei vatn-vatn varmpumpe. I tillegg er her eit filter og rensesystem som hindrar at røyra gror att på gråvassida. Figuren ved sidan av viser innhaldet i eit Menerga AquaCond 44. Dei neste figurane viser prinsipiell oppbygning og verkemåte.



Figur 4.6 Prinsippskisse for aggregat i driftsfase [66].

Figur 4.6 viser aggregatet i vanleg driftsfase. Varmt gråvatn kjem inn i den passive rørvekslaren og møter kaldt nettvatn. Der blir gråvatnet nedkjølt og nettvatnet tilsvarande oppvarma. Gråvatnet går vidare ned til varmepumpa sin fordampar og blir ytterlegare nedkjølt. Kompressoren transporterer denne varmeenergien opp til varmepumpa sin kondensator og overfører varmen til nettvatnet. Nettvatnet er dermed forvarma til om lag 35 °C før dette går til varmtvasstank.



Figur 4.7 Prinsippskisse for aggregat i rensefase [66].

Med jamne mellomrom er det behov for å skure innsida av vassrøyra i systemet. Desse tettar seg med såpe, feitt og anna som ikkje stoppar i forfilteret. Den motoriserte 4-vegsventilen (M) snur vasstraumen og tek med seg reingjeringskulene gjennom systemet, som synt på figur 4.7. Desse kulene stoggar i eit kammer etter rørvekslaren medan lausrive materiale vert spyla vidare til avlaupet. Etter ei tid vender ventilen tilbake i startposisjon og kulene gjer ein ny reingjeringsrunde i røyra og tek med seg meir materiale tilbake til startkammeret der kulene stoggar og slammet går i avlaupet.

4.3 Resultat – gjenvinning

I dette underkapittelet tek ein føre seg kva ein har funne om luftbehandlinga og vassforbruket knytt til svømmehallen i Førdehuset. Ein har også rekna på kva ein kan spare på å investere i energigjenvinning for gråvatn, samanlikna med energiforbruket ein brukar på varmt vatn i dag.

4.3.1 Luftbehandling

Svømmehallen er i dag forsynt med eit aggregat som leverer om lag 19000 m³/h [14]. Med eit romvolum på rundt 7500 m³ gjev dette ei utskiftingstal på 2,5. Dagens krav til svømmehall krev ei utskiftingstakt mellom 8 og 10 gongar i timen [13]. Dette kravet gjeld særskilt for hallar med store glasflater. Dette betyr at eksisterande anlegg i utgangspunktet ikkje stettar dagens krav. Ved ei oppgradering av eksisterande hall må ein, ut i frå regelverket, rekne med å setje inn aggregat med tre til fire gongar kapasiteten av eksisterande. I tillegg kjem ventilasjonsbehovet til ein ny svømmehall på toppen av dette igjen. Etter intervju med Bjørn Aas ved Senter for idrettsanlegg og teknologi, NTNU, er trenden dei siste åra at ein har byrja å fire på desse krava. Dersom ein klarar å ha kontroll på dei klorhaldige ureiningane i lufta, treng ein ikkje så høgt luftskifte som krava stiller. Dette er avhengig av hygiene hjå dei badande og god vassteknisk/kjemisk kontroll på vatnet. Ein ser derfor ikkje at det er naudsynt å gjera noko med dette anlegget slik hallen er i dag.

4.3.2 Varmegjenvinning av gråvatn

For å kunne estimere energiforbruket og sparepotensialet ved energigjenvinning av gråvatn, treng ein oversikt over vassforbruket knytt til svømmehallen. Det er valt å nytte ulike metodar for deretter å samanlikne desse for å kunne vurdere korrekt forbruk av varmt vatn.

Det første som er naturleg å sjå på er årsforbruket til heile Førdehuset sin vassmålar:



Figur 4.8: Syner historisk vassforbruk henta i frå Servicetorget i Førde Kommune [67].

Som ein ser har vassforbruket variert noko dei siste åra. Etter ein del undersøkingar har ein funne nokre forklaringar på denne variasjonen. Den store reduksjonen frå 2011 til 2014 har i følgje driftspersonalet, ein samanheng med reparering av lekkasjar, overgang til dusjar med trykknapp i idrettsgarderobane samt fornying av pissoar med stort vassforbruk [14]. I 2016 var der ein brann i garderobeanlegget som gjorde at bassenget var stengt nokre månader. Der kan ein sjå at forbruket er noko lågare. Den store auken i forbruket i 2018 skuldast mest truleg nye reinhaldsrutiner i svømmehallen. Denne endringa gjer at det går mykje bassengvatn i avlaupet [14]. Ein kan kanskje, ut i frå desse tala, estimere kor stor del av vassforbruket som då går til basseng og dusjar.

Det er henta inn tal på kor mange besøkande svømmehallen har årleg. Dette for å finne forbruk per badande i svømmehallen. Dette kan fortelje noko om tilstanden til det bassengtekniske vassanlegget [41]. Høgt vassforbruk kan vere symptom på ineffektiv vassbehandling og lekkasjar. Eit vanleg forbruk i ein svømmehall per badande er 50 l til dusjvatn og 50 l til utskifting av bassengvatn [41]. Vassforbruket til dusjar kan ein rekne som likt i alle badeanlegg men bassengteknisk forbruk kan variere mykje. I følgje Bjørn Aas kan vassforbruket per person variere i frå 80-200 l i frå ulike basseng. Ein kan dermed ved hjelp av vassforbruket finne ut litt om tilstanden til badeanlegget [41].

Det er henta inn data frå kulturavdelinga i kommunen som har oversikt over tal besøkande på Førdehuset, både dei som trenar i svømmehallen og elles i bygget. Om ein brukar generelle nøkkeltal på forbruk per person i svømmehall, får ein følgjande resultat for bruk av Førdehuset i 2018 [Vedlegg 10.13].

| | |
|------------------|-----------------|
| Selde billetter | 18.819 |
| Trening Førde IL | 12.000 |
| Skuleelevar | 28.500 |
| Til saman | 59.319 personar |

Idrettshallen er litt vanskelegare å stipulere då ikkje alle dusjar. Det er stipulert om lag 160.000 treningsøker årleg og anteke at halvparten av desse brukar dusjane etterpå [Vedlegg 10.13]. Om ein reknar om lag 25 l/dusjande vil dette utgjere 2000 m³.

Om ein reknar 150 l vatn per person vil dette gje eit vassforbruk på 8925 m³. Saman med idrettshallen vil desse to gje eit samla vassforbruk på 10.925 m³, som då er litt under totalforbruket på 11.426 m³. Dette er noko over normalen på 100 l [41], men ikkje overraskande då badeanlegget er 40 år gammalt.

Etter å ha prøvd ulike metodar for å finne reelt vassforbruk, ser ein at her er ei uvisse knytt til dei ulike kjeldene. Det er vanskeleg å fastslå kor mykje som går til dusjar og bassengvatn ut i frå dei data ein har tilgang på. Det enklaste er kanskje å sjå på reelt forbruk over fleire år og velje tre ulike vassmengder ut i frå dette. Då kan ein rekne kostnader ved ulikt forbruk. Ein vel å setje verdiane som «lågt», «middels» og «høgt forbruk». «Høgt forbruk» kan tenkjast inn i eit framtidig forbruk grunna vekst i auka bruk, som følgje av kommunesamanslåinga samt utviding av badeanlegget. Kvalifiserte anslag for lågt, middels og høgt vassforbruk vert då 7000, 11 000 og 20 000 m³/år.

For å kunne rekne ut kva ein kan spare med eit energigjenvinningsaggregat for gråvatn, brukar ein spesifikk varmekapasitet til vatn som utgangspunkt. Då kan ein finne ut kor mange joule som trengs til å løfte 8 °C nettvatn til 35 °C varmtvatn (ein ΔT på 27 K). Dette er det temperaturspranget ein kan rekne med at Menerga-aggregatet klarar å løfte nettvatnet. Ein får då ei energimengd:

$$E = \frac{4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 27 \text{ K}}{3600} = 31,4 \text{ kWh}/\text{m}^3$$

Om ein multipliserer denne energien saman med dei ulike vassforbruka og likeins legg inn ein pris per kWh, tilsvarande energiprisen kommunen må betale til Førdefjorden energi, får ein følgjande resultat:

Tabell 4.1: Viser sparepotensiale ved tre ulike vassforbruk samt netto noverdi over tid.

| Vassmengd [m ³] | Eksisterande årleg energibehov [kWh] | Kostnad ved dagens energipris 0,82 [kr/kWh] | Årleg sparepotensiale ved installert gråvassgjenvinning med dagens energipris [kr] | Netto noverdi med 15 års økonomisk levetid med energipris 1,00 [kr] | Tilbakebetalingstid [år] |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|--------------------------|
| 7 000 | 219 800 | 180 236 | 162 212 | 1 053 000 | 5,06 |
| 11 000 (dagens forbruk) | 345 400 | 283 228 | 254 905 | 2 227 000 | 3,22 |
| 20 000 (med utvida anlegg) | 628 000 | 514 960 | 463 464 | 4 867 000 | 1,77 |

Energiprisen som er brukt her er rekna ut i frå mars månads forbruk [14] der faste kostnader er summert med energileddet og deretter dividert på tal kWh Førdehuset har brukt av fjernvarmenettet. Ein får då at energikostnaden er 0,82 kr/kWh. Den fjerde kolonnen viser det ein potensielt kan spare med eit gjenvinningsaggregat med eit energital på 10. Ein vil kunne klare å varme opp same mengde vatn ved å nytte berre 10 % av dagens energiforbruk [62]. Femte kolonnen viser netto noverdi ved investeringa. Det er her teke høgde for 2 % årleg auke i energiprisen og kalkulasjonsrente på 5 %. Berekningane for netto noverdi er vist i vedlegg 10.14.

4.4 Drøfting – gjenvinning

Om ein ser på investeringskostnaden til eit slikt gjenvinningsaggregat for gråvatn så vil dette ligge på om lag 400 000 kr [62]. I tillegg vil eksterne komponentar som røyranlegg, ventilar og utjamningsbasseng komme på om lag den same summen. Legg ein til ein uvissefaktor vil ein truleg komme opp under 1 000 000 kr for totalkostnaden for eit slikt anlegg [62]. Med dagens vassforbruk kan ein sjå av tabell 4.1 at med middels forbruk er investeringa nedbetalt etter omlag tre år.

I tabell 4.1 er det lagt til grunn ei levetid på 15 år på aggregatet. Erfaringar frå leverandør viser at slike anlegg kan verke fint i 20 år [62]. Ein vel likevel å rekne noko konservativt for ikkje å ende opp med for optimistiske resultat. Ein har også rekna med ei forsiktig auke i energiprisen.

Ut i frå sparepotensialet vist i tabellen over er det openbart at ei slik investering vil svare seg. Ved bygging av ny svømmehall vil det vere sjølvstekt å planlegge med eit slikt aggregat. Dersom ein tenkjer investering i eksisterande badeanlegg må ein gjere nokre vidare vurderingar.

4.4.1 Arealbehov

Det er to utfordringar ein vil møte om ein skal ettermontere eit aggregat for energigjenvinning av gråvatn. Det første er arealbehovet til eit slikt aggregat og tilhøyrande utstyr som gråvasstank, filterutstyr og anna. Eksisterande teknisk rom har avgrensa plass til meir utstyr. Om ein vel å omdisponere lagerplass i austenden av bassengkjellaren, kan det vere mogeleg å få plass til slikt utstyr. Etter grundigare synfaring saman med teknisk personell på Førdehuset er konklusjonen at det er ikkje umogeleg å installere eit slikt aggregat i dette området og kople det saman med eksisterande anlegg. Ein viss fare ved innbygging i eksisterande bassengteknisk anlegg er at ein ikkje veit omfanget og behovet for inngrep i eksisterande røyrsystem. Då ein del av utstyret er så gammalt at det ikkje toler demontering må ein pårekna at mykje røyurutstyr må bytast samtidig. Dersom ein kan planlegge utskifting av eksisterande bassengteknisk utstyr med tanke på at dette skal brukast også i samband med den nye svømmehallen, kan dette vere ei mogeleg løysing.

4.4.2 Andre tekniske utfordringar

Den andre utfordringa ein kan møte er å skilje mellom svartvatn og gråvatn på eksisterande samlestokkar frå toalett og dusjar. Ein har ikkje kartlagt dette grundig i prosjektet. Samlestokkane til avløpsrøyr er lokalisert, men ein veit ikkje kva røyr som kjem frå toalett og kva som kjem frå dusj. Førebels konklusjon her, er at desse røyra er tilgjengelege og går nok an å bygge om. Det vil krevje noko meir undersøkingar om kor omfattande dette vil verte. I tillegg vil gråvatnet frå dusjar i kjellaren måtte pumpast i retning gjenvinningsaggregatet grunna høgdeforskjell. Sett i lys av ei komande utviding med ny svømmehall er det uansett behov for å fornye nedstøypte avlaupsrøyr til dusjar. I samband med ein slik jobb vil ein kunne sikre seg at svartvatn frå toalett kan leggest utanom gråvassrøra frå dusjane.

Bassengvatnet som i dag går til sluk er lettare å lede til eit aggregat for gjenvinning. Desse røra er relativt enkle å lede innom aggregatet slik dei går i dag. Ein har vurdert risikoen for energitap i gråvassrøyra på transportvegen fram til aggregatet. I følgje Thomas Hjertenes hjå Menerga er varmetap i røyr ikkje eit problem i eit kjellarlokale som held så høg temperatur i frå før, grunna varmen frå bassengkaret [62]. Ein siste faktor ein må ta høgde for er tilgangen på elektrisk kraft. Dei mellomstore aggregatmodellane ligg frå 9,6 til 13,0 kW tilført effektbehov. Ein må ta høgde for at eksisterande tavle for el-forsyning har kapasitet til dette.

5 Samla drøfting

For redusering av varmetap i klimaskalet til svømmehallen har ein måtte ta omsyn til den tidstypiske arkitekturen til Førdehuset samt dei bygningsfysiske aspekta ved isolering. For energigjenvinning frå gråvatn har arealbehov og moglegheit for filtrering av svart vatn vore avgjerande for om installering er mogeleg. I begge tiltaksområda er lønnsemd teke omsyn til. Tabellen nedanfor syner resultatet at dei tilrådde tiltaka. Dei årlege sparingane av energi og kostnadar er summert.

Tabell 5.1: Utrekning av lønnsemd for dei tilrådde tiltaka.

| Utrekning av lønnsemd for tilrådde tiltak | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| Tiltak | Spart energi [kWh/år] | Spart kostnad [kr/år] | Investeringskostnad [kr] | Levetid [år] | Noverdi [kr] |
| Redusere varmetap | 177 200 | 150 700 | 1 546 900 | 30 | 796 100 |
| Gjenvinning av energi frå gråvatn | 345 400 | 254 900 | 1 000 000 | 15 | 2 227 000 |
| Sum | 522 600 | 405 600 | 2 546 900 | | |

Ein har vurdert fire ulike tiltak for å redusere varmetap i klimaskalet. Ein har funne at ein kan tilrå to av desse tiltaka, dette er fornuftig både av økonomiske, arkitektoniske og bygningsfysiske omsyn. Dei tilrådde tiltaka vil i liten grad påverke arkitekturen og dei vil gje stor innsparing energimessig.

For gjenvinning av energi kan ein oppsummert sei at det er teknisk mogeleg å montere varmegjenvinningsaggregat for gråvatn saman med eksisterande anlegg dersom:

- ❖ Det er fysisk plass til aggregat og gråvasstank
- ❖ Det er råd å skilje gråvatn og svartvatn frå garderobar og dusj
- ❖ Elektrisk tavle har kapasitet til utviding

Ut i frå det som er undersøkt til no, er desse vilkåra oppfylt. Ein må pårekna noko ekstra utbyting av gammalt rørsystem og utstyr. Det er uansett på tide å byte dette ut etter 40 års drift.

Når det gjeld luftbehandlingsanlegget har ein ikkje konkludert med at dette bør gjerast noko med. Så lenge ein ikkje har kondensutfordringar i svømmehallen eller for høg konsentrasjon av klor i lufta så kan dette anlegget driftast uendra. Ein har då ikkje vurdert tilstanden til luftkanalnettet og luftfordelinga i hallen knytt til dette.

5.1 Støtte til energieffektiviserande tiltak

For å få gjennomført energieffektiviserande tiltak, er det fleire ulike støtteordningar ein kan bruke. Enova er eit statleg føretak som eigast av Klima- og miljødepartementet og kan gje slik støtte. Føretaket vart oppretta i 2001 for å bidra til omlegging av energibruk og energiproduksjon [68]. Tidlegare gav Enova støtte per kvadratmeter forbetra bygningsdelar, for eksempel per kvadratmeter utskifta glasfasade [7]. Denne støtta var meint som tilskot slik at det skulle verte lønnsamt å utføre energibetrande tiltak. No gjev Enova støtte dersom ein vel dei beste produkta som er på marknaden, slik bidreg dei til å få vekk dei dårlegare produkta. Informasjon om støtteordningane kan ein finne på Enova si nettside [68].

Ei anna løysing for å gjennomføre energieffektiviserande prosjekt er å inngå ei EPC-kontrakt. Dette går ut på at ein leverandør utfører energitiltak i eit bygg utan at kommunen betalar for investeringa. Kommunen fortsett å betale same energiutgiftene som før, til leverandøren har betalt ned investeringskostnaden [7].

Ein har ikkje teke stilling til finansieringsstrategien i dei tilrådde tiltaka. Ein har likevel valt å ta med desse opplysningane då dette kan vere relevant for kommunen sitt vidare arbeid.

6 Konklusjon

Ut i frå resultat og diskusjon i kapittel 3 og 4 samt dei arkitektoniske omsyna ein må ta i følge kapittel 2, har vi konkludert med følgjande:

- ❖ Ein har funne det tilrådeleg å byte ut vindauge og isolasjon i teglvegg til svømmehallen i Førdehuset. Dette er gode tiltak i ei heilskapsvurdering av energiøkonomisering, arkitektur og bygningsfysikk. Ved utføring av desse to tiltaka kan ein nær halvere energibehovet til hallen.
- ❖ Vi har innsett at det varmetapet ein har via uisolerte og synlege betongsøyler og bjelkar i fasaden, er med å bevare desse bygningsdelane og heile bygget for framtida. I denne oppgåva har dei arkitektoniske omsyna hatt større vekt enn det energiøkonomiske.
- ❖ Det er tilrådeleg å investere i energigjenvinning for gråvatn. Ein har funne at eit slikt anlegg også er teknisk mogleg å installere. Dette er mest lønnsame tiltaket og det er derfor liten grunn til å utsetje denne investeringa med tanke på planer om ny svømmehall.

7 Vidare arbeid

Svømmehallen i Førdehuset har fleire utfordringar ein kan undersøke nærare. Når det gjeld energisparing kan ein undersøke kva ein kan spare på å isolere bassenget mot teknisk rom og garderobar. Gangen mellom garderobar og svømmehallen er ikkje teken med i denne oppgåva, målingar syner at denne var mykje kaldare enn svømmehallen og opplevast som ubehageleg å gå gjennom for brukarar. For å redusere avdamping frå bassenget kan ein sjå på moglegheit for å installere bassengtrekk som kan leggast over bassenget når det ikkje er i bruk. Delar av konstruksjonen i svømmehallen er nedsliten. Det føreligg ei tilstandsanalyse utført av Sweco i 2017. Denne syner at det må gjerast omfattande vedlikehald både i konstruksjon og på det bassengtekniske. Kan gjerast ei grundigare analyse med forslag til utbetringar.

Andre delar av Førdehuset, spesielt kontordelen i 2. etasje, har også eit stort varmetap. Undersøkingar på kva tiltak ein kan gjere her kan utførast. Ein kan sjå på fleire omfordelingstiltak for å kompensere for varmetap i bygningskroppen, slik som solfangaranlegg og solcellepanel på taket av Førdehuset. Solfangarsløyfer i asfalten på parkeringsplassen kan også vere eit slikt tiltak.

Ei nyttig oppgåve kan vere å skaffe betre oversikt over forbruk av både vatn og straum. Med fleire målarar kan ein nytte energioppfølgingssystemet på ein betre måte samt finne straumsluk.

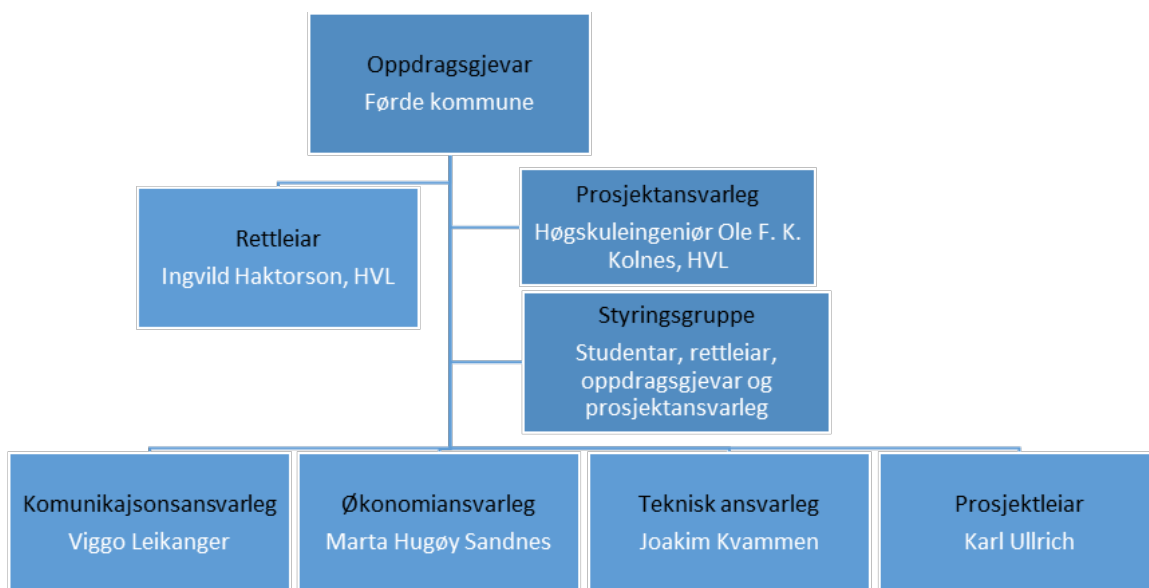
8 Prosjektadministrasjon

8.1 Prosjektorganisering

I gjennomføringa av prosjektet har stort sett gruppa arbeidd saman på skulen. Ein har fordelt ulike oppgåver slik at ein har hatt kvar sitt ansvarsområde, men ein har likevel kunne diskutert problemstillingar og utfordringar saman. Til deling av dokument har vi nytta skylagringstenesta til Microsoft, OneDrive. Alle dokument knytt til prosjektet ligg tilgjengeleg for alle på gruppa, slik at ein til ei kvar tid har oversikt. Til tekstbehandling er det nytta Word online, slik kan ein redigere dokumentet parallelt og i sanntid. Det er også brukt Excel, Publisher og PowerPoint frå Microsoft.

8.1.1 Organisasjonsplan

På figuren nedanfor kan ein sjå kva roller dei ulike aktørane som er involvert i prosjektet har i organisasjonen. Alle dei involverte har vore ein del av styringsgruppa. Denne består av Førde kommune, som er oppdragsgjevar, intern rettleiar frå høgskulen: Ingvild Haktorson, høgskuleingeniør: Ole F. K. Kolnes samt alle studentane i prosjektet.



Figur 8.1: Organisasjonskart som syner korleis prosjektet er organisert.

8.1.2 Prosjektleiing

For å administrere dette prosjektet best mogleg, valde vi ein prosjektleiar som var ansvarleg for framdrifta i prosjektet og det administrative. For å ha kontroll på framdrifta laga vi ein framdriftsplan med ulike milepålar. Dette var utgangspunktet for arbeidet og vart justert etter kvart i prosjektet. Vi hadde også eit system for timeføring i Excel, for å ha oversikt over timebruken.

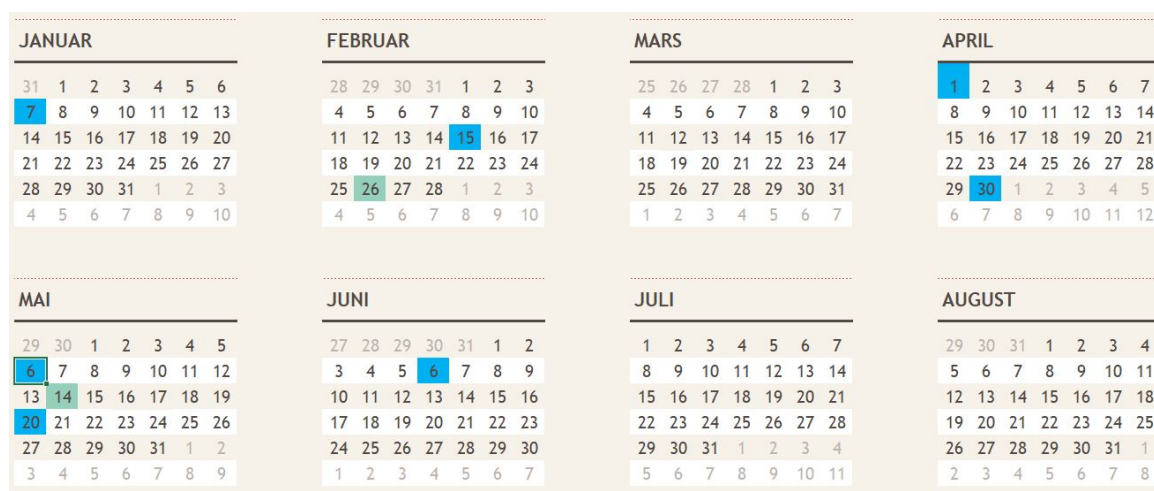
8.1.3 Prosjektperiode

I tabell 8.1 nedanfor er det synt milepålar som var planlagt i starten av prosjektet og justering av desse grunna endringar og tilpassingar.

Tabell 8.1: Oversikt over milepålar.

| Milepålar | Dato opphavelg | Dato utført |
|--------------------------------|----------------|-------------|
| Innlevering forprosjektrapport | 15.02.2019 | 15.02.2019 |
| Avslutting av forarbeid | 24.03.2019 | 01.04.2019 |
| Sluttrapport klar til kontroll | 28.04.2019 | 06.05.2019 |
| Midtvegspresentasjon | 30.04.2019 | 30.04.2019 |
| Innlevering sluttrapport | 20.05.2019 | 20.05.2019 |
| Sluttpresentasjon | 24.05.2019 | 06.06.2019 |

Kalenderen nedanfor viser gjennomførte møter i styringsgruppa, som er markert med grøn og milepålane i prosjektet er markert med blå. Det var i utgangspunktet sett opp møter ein gong i månaden, men dette såg ein at det ikkje var behov for. Det er gjennomført to styringsmøter. Grunna at oppdragsgjevar ikkje hadde sterke føringar for oppgåva var ikkje det behov for så tett oppfølging frå kommunen. Fleire av styringsmøta er erstatta av rettleingstimar.

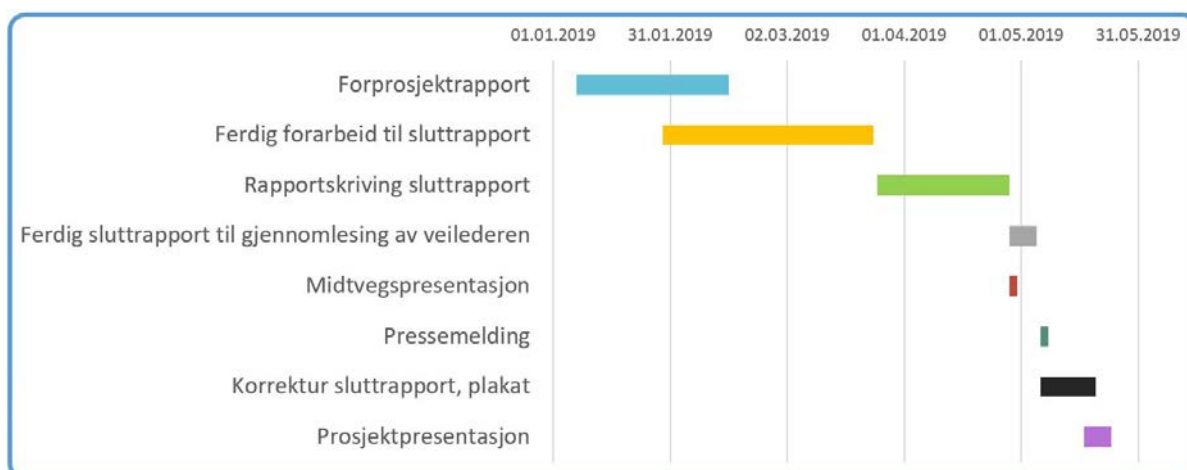


Figur 8.2: Kalender med milepålar og møtedatoar.

8.2 Gjennomføring i forhold til plan

For å lage framdriftsplanen er det brukt Gantt-skjema i Excel [69]. Fristar for kvar enkelt arbeidsprosess er justert undervegs ved behov. På figuren nedanfor har vi synt framdriftsplan med varighet på dei ulike aktivitetane.

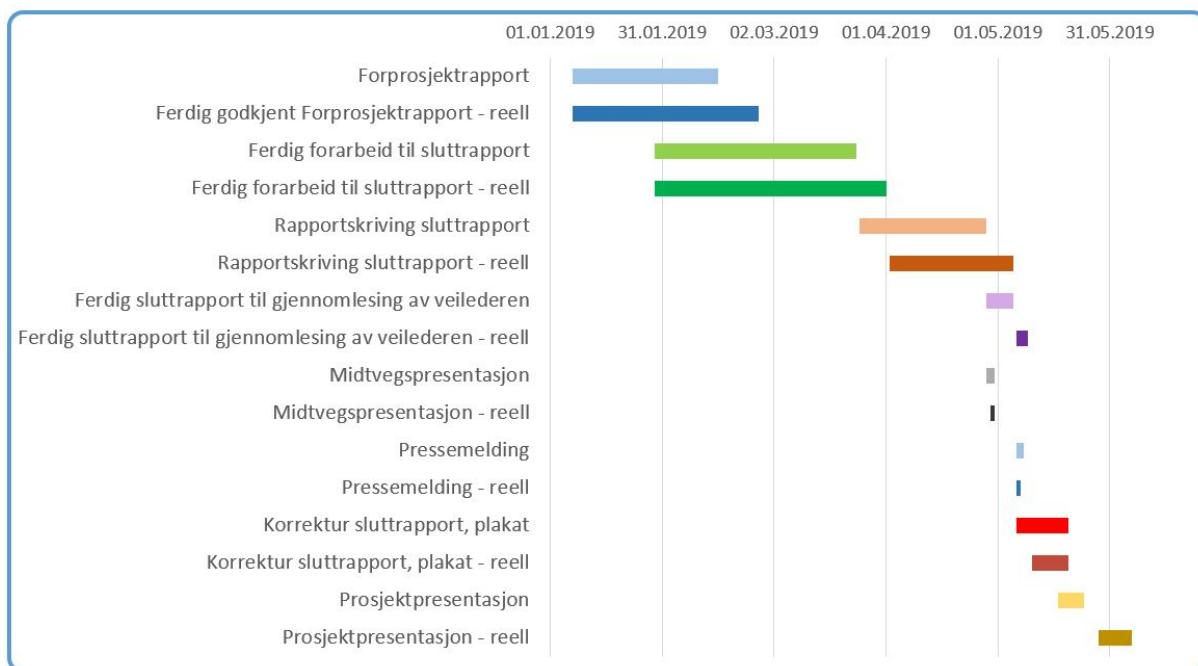
| Oppgaver | Startdato | Sluttdato | Varighet |
|---|------------|------------|----------|
| Forprosjektrapport | 07.01.2019 | 15.02.2019 | 39 |
| Ferdig forarbeid til sluttrapport | 29.01.2019 | 24.03.2019 | 54 |
| Rapportskriving sluttrapport | 25.03.2019 | 28.04.2019 | 34 |
| Ferdig sluttrapport til gjennomlesing av veilederen | 28.04.2019 | 05.05.2019 | 7 |
| Midtvegspresentasjon | 28.04.2019 | 30.04.2019 | 2 |
| Pressemelding | 06.05.2019 | 08.05.2019 | 2 |
| Korrektur sluttrapport, plakat | 06.05.2019 | 20.05.2019 | 14 |
| Prosjektpresentasjon | 17.05.2019 | 24.05.2019 | 7 |



Figur 8.3: Opphavleg framdriftsplan.

Opphavelig framdriftsplan viser at vi har delt inn prosjektet i 8 ulike arbeidsfasar. Desse datoane markera milepelar i prosjektet. Datoane er sett etter ei vurdering av kor mykje tid kvar enkelt prosess krev, for å få til eit godt resultat og sikre god og jamn framdrift gjennom prosjektet. Av figur 8.4 kan ein sjå framdriftsplanen slik den er gjennomført.

| Oppgave | Startdato | Sluttdato | Varighet |
|--|-------------------|-------------------|-----------|
| Forprosjektrapport | 07.01.2019 | 15.02.2019 | 39 |
| Ferdig godkjent Forprosjektrapport - reell | 07.01.2019 | 26.02.2019 | 50 |
| Ferdig forarbeid til sluttrapport | 29.01.2019 | 24.03.2019 | 54 |
| Ferdig forarbeid til sluttrapport - reell | 29.01.2019 | 01.04.2019 | 62 |
| Rapportskriving sluttrapport | 25.03.2019 | 28.04.2019 | 34 |
| Rapportskriving sluttrapport - reell | 02.04.2019 | 05.05.2019 | 33 |
| Ferdig sluttrapport til gjennomlesing av veilederen | 28.04.2019 | 05.05.2019 | 7 |
| Ferdig sluttrapport til gjennomlesing av veilederen - reell | 06.05.2019 | 09.05.2019 | 3 |
| Midtvegspresentasjon | 28.04.2019 | 30.04.2019 | 2 |
| Midtvegspresentasjon - reell | 29.04.2019 | 30.04.2019 | 1 |
| Pressemelding | 06.05.2019 | 08.05.2019 | 2 |
| Pressemelding - reell | 06.05.2019 | 07.05.2019 | 1 |
| Korrektur sluttrapport, plakat | 06.05.2019 | 20.05.2019 | 14 |
| Korrektur sluttrapport, plakat - reell | 10.05.2019 | 20.05.2019 | 10 |
| Prosjektpresentasjon | 17.05.2019 | 24.05.2019 | 7 |
| Prosjektpresentasjon - reell | 28.05.2019 | 06.06.2019 | 9 |



Figur 8.4 Samanlikning av den planlagde framdriftsplanen mot gjennomført framdrift.

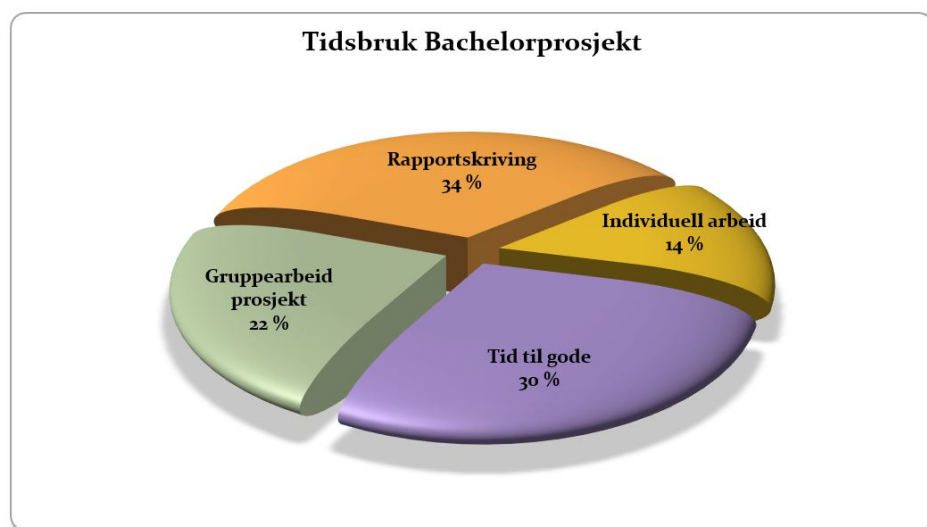
I den nye framdriftsplanen er opphavelig og reelle tidsrammer slått saman. Dette illustrerer avvik mellom planlagt og utførte tidsrammer. Det er avvik i alle arbeidsprosessar, dette grunna endringar av fristar eller justering av tidsbehov.

8.3 Ressursar

8.3.1 Tidsbruk

Timane i prosjektet er ført i Excel. Det er ført timar på gruppearbeid og for kvart enkelt gruppemedlem når ein har arbeidt individuelt. Timelista vi brukte gjennom prosjektet var ein mal ifrå Excel. Det same gjeld kakediagrammet. Alle malane er tilpassa vårt behov.

| Oppgåve | Tidsbruk |
|-----------------------|----------|
| Gruppearbeid prosjekt | 442,60 |
| Rapportskriving | 676,52 |
| Individuell arbeid | 290,00 |
| Tid til gode | 590,88 |



Figur 8.5 Tidsbruk i bachelorprosjekt.

Diagrammet ovanfor syner tidsbruken til prosjektet. Det er lagt til grunn 2000 timar til saman på alle fire gruppemedlemmane. Diagrammet er delt inn i fire ulike delar som syner timebruken. Ein kan sjå at det er brukt 70 % av den estimerte tida.

8.3.2 Budsjett

Etter samtale med Seniorrådgjevar i Enova, vart vi tipsa om Holmen svømmehall i Asker som vert rekna som ein referanse svømmehall for nybygg i dag. Vi fann ut at ventilasjonsleverandøren Menerga ligg i same område som svømmehallen, så ein tur til Asker kunne kombinere eit besøk hos begge. Etter å ha tatt dette ønske opp med styringsgruppa i kommunen, fekk vi midlar til å reise til Asker. Som ein ser av tabellen under hadde vi ei utgift på 10 379 kr på denne turen. Førde kommune dekkja 8000 kr av dette.

Tabell 8.2: Tabellen syner utgifter i forbindelse med studietur til Asker.

| Studietur til Asker | | |
|---------------------|---------------|--|
| Post | Kostnad / kr | Merknad |
| Køyring | 6285 | Statens satsar for køyregodtgjersle for 894 km |
| Ferje | 244 | Satsar frå Fjord1 |
| Bompengar | 250 | |
| Hotell | 3600 | Hotell Bondeheimen Oslo, 20-22 mars |
| Totalt | 10 379 | |

8.4 Prosjektevaluering

Arbeidet med oppgåva blei utført med ein kombinasjon av gruppearbeid og individuelt arbeid. Dette har fungert bra. Vi har gjennom prosjektet hatt mykje kontakt med næringslivet. Alle vi har vore i kontakt med har vore veldig hjelpsame med prosjektet og vi har hatt stort læringsutbytte av dette.

Organisering med prosjektdagbok og arbeidsfordeling fungerte bra og det å samle all data i ei felles OneDrive mappe synt seg å vere ei god løysing.

Prosjektdagboka var nyttig i første del av prosjektet. Då handla det meste om innsamling av informasjon, møter og anna planlegging. Dagboka var eit godt verktøy til å halde kvarandre informert om kva arbeid som vart gjort individuelt. Då vi kom over i skrivefasen i siste halvdel av prosjektet, vart bruken av prosjektdagboka mindre. Vi var då komme der at informasjonen som var samla i dagboka, var komme på sin plass i oppgåva og den endelege redigeringa fant stad der.

Vårt mål i oppgåva var å syne moglegheitene og potensialet ein har for å redusere energibehovet til svømmehallen i Førdehuset. Vi ønskte og finne eit resultat som Førde kommune som oppdragsgivar kan nytte vidare i ein fornyingsprosess. Vi har gjennom oppgåva kome fram til mange interessante løysingar, som Førde Kommune kan nytte som eit slutningsgrunnlag og vidare planlegging. Vi er godt nøgd med resultatet og kunnskapen vi har tileigna oss om reduksjon av energibehov, bygningsfysikk og energigjenvinning. Prosjektet er også gjennomført til rett tid. Budsjettet måtte justerast litt etter endring i planar og dette vart då noko større.

9 Referanser

- [1] M. H. S. K. U. o. V. L. Joakim Kvammen, «Jakta på bacheloroppgåve,» Upublisert, Førde, 2018.
- [2] A. Larsen og S. Bjørberg, «Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger, innføring og prinsipper,» Multiconsult, 2007.
- [3] Førde Kommune, «Kommunedelplan energi, miljø og klima 2010-2015,» 2010.
- [4] J. V. Thue, Bygningsfysikk grunnlag, Bergen: Vigmostad & Bjørke AS, 2016.
- [5] P. Blom, Håndbok 52 Bade- og svømmeanlegg, Byggforsk, 2004.
- [6] S. Geving og J. V. Thue, Håndbok 50 - Fukt i bygninger, Oslo: Norges byggforskningsinstitutt, 2002.
- [7] T. Brekke, «E-post frå Seniorrådgjevar i Enova,» 2019.
- [8] Førde kommune, «Kulturminneplan for Førde kommune 2018-2030,» Førde kommune, Førde, 2018.
- [9] SINTEF Byggforsk, «612.011 Stilarter i arkitekturen etter 1945,» SINTEF Byggforsk, Trondheim, 1995.
- [10] O. Starheim, «Allkunne levande leksikon - Førdehuset,» 2014. [Internett]. Available: <https://www.allkunne.no/framside/fylkesleksikon-sogn-og-fjordane/artiklar-sortert-pa-kommune/forde/fordehuset/1899/75913/>. [Funnet 08 02 2019].
- [11] F. N. A. Førde IL, «Konsept Førde Arena,» 04, 12, 2018.
- [12] Norges Svømmeforbund, «Spesifikasjon for svømmeanlegg,» Norges Svømmeforbund, Oslo, 2018.
- [13] SINTEF Byggforsk, «552.315 Ventilasjon og avfukting i svømmehaller og rom med svømmebasseng,» 2003.
- [14] S. Haugen, Å. O. Johan og K. Åsnes, Interviewees, *Tidlegare og noverande driftspersonell ved Førdehuset*. [Intervju]. 04 2019.
- [15] SINTEF Byggforsk, «573.334 Varmeisolasjonsmaterialer Typer og egenskaper,» Sintef, 2004.

- [16] Holte AS, «holte.no,» [Internett]. Available: <https://holte.no/no/programvare/kalkulasjon/>. [Funnet 01 05 2019].
- [17] J. Lundekvam, Interviewee, *Proffseljar*. [Intervju]. 16 04 2019.
- [18] SINTEF Byggforsk, «700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler,» 2017.
- [19] SINTEF Byggforsk, «474.642 Termografering av bygninger,» 2014.
- [20] Programbyggerne, «programbyggerne.no,» 2019. [Internett]. Available: <http://www.programbyggerne.no/>. [Funnet april 2019].
- [21] SINTEF Byggforsk, «471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946,» 2018.
- [22] SINTEF Byggforsk, 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk, 2008.
- [23] SINTEF Byggforsk, «Kuldebroer - Beregning, kuldebroverdier og innvirking på energibruk,» 2008.
- [24] S. Grynning, R. Baetens, B. P. Jelle, A. Gustavsen, S. Uvsløkk og V. Meløysund, «Vakuumisolasjonspaneler for bruk i bygninger - Egenskaper, krav og muligheter,» SINTEF Byggforsk, 2009.
- [25] SINTEF Byggforsk, «573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper,» 1985.
- [26] CBI Danmark, «IsoPearl,» [Internett]. Available: <http://www.cbidanmark.dk/oevrige-produkter/isopearl>. [Funnet 12 04 2019].
- [27] I. L. A. Delphin, «aerogel,» 13 04 2015. [Internett]. Available: <https://snl.no/aerogel>. [Funnet 11 04 2019].
- [28] P. Nordic, «Varmeisolasjonsmaterialer av stivt polyuretanskum (PUR/PIR)».
- [29] Brannmannen, «Plastisolasjon i større og større grad,» 2017.
- [30] Glava, «Glava mineralull tak,» [Internett]. Available: <https://www.glava.no/kompakte-tak/losninger/oppbygging-og-u-verdier-av-tak/steinull/mineralull-tak/>. [Funnet 16 04 2019].
- [31] Store norske leksikon, «Fenoler,» [Internett]. Available: <https://snl.no/fenoler>. [Funnet 30 04 2019].

- [32] Kingspan Insulation Norge, «Kooltherm K5 Fasadeisolasjon,» [Internett]. Available: <https://www.kingspan.com/no/nb-no/produkter/isolasjon/kooltherm/kooltherm-k5-fasadeisolasjon>. [Funnet 30 04 2019].
- [33] Nordisk perlite, «Hjem,» [Internett]. Available: <http://www.perlite.dk/dansk/dansk.htm>. [Funnet 03 05 2019].
- [34] SINTEF Byggforsk, «723.314 Etterisolering av murvegger,» 2014.
- [35] SINTEF Byggforsk, «520.401 Lufttetting av bygninger. Framgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall,» 2013.
- [36] SINTEF Byggforsk, «421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag,» 2018.
- [37] SINTEF Byggforsk, «527.245 Rom med høy fuktbelastning,» 1992.
- [38] Direktoratet for byggkvalitet, «dibk.no,» 2016. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>. [Funnet 28 oktober 2018].
- [39] Lovdata, «Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven),» 14 06 1985. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>. [Funnet 03 05 2019].
- [40] Enova, «Enovas byggstatistikk 2017,» 2017.
- [41] B. Aas, Interviewee, *Overingeniør ved Senter for idrettsanlegg og teknologi, NTNU*. [Intervju]. 03 2019.
- [42] NVE, «Praktisk veileder for energimerking,» 2013.
- [43] Vacunor AS, «Forside,» [Internett]. Available: <http://www.vacunor.no/>. [Funnet 22 02 2019].
- [44] Kingspan Insulation Norge, «Isolasjon,» [Internett]. Available: <https://www.kingspan.com/no/nb-no/produkter/isolasjon>. [Funnet 28 02 2019].
- [45] Glava Isolasjon, «SPACELOFT 10 GRÅ,» [Internett]. Available: <https://www.glava.no/bygg/produkter/aerogel/spaceloft-10-graa/spaceloft-10-graa/>. [Funnet 28 02 2019].
- [46] Sto Norge AS, «StoTherm Resol,» [Internett]. Available: <http://www.sto.no/no/produkter-og-systemer/fasade/om-v-re-fasadesystemer/stotherm-resol.html>. [Funnet 12 04 2019].

- [47] Jackon isolasjon, «Jackon Super EPS,» [Internett]. Available: <https://www.jackon.no/bygg/jackon-eps/jackon-super-eps/>. [Funnet 22 02 2019].
- [48] Vartdal Plast, «Neopor EPS,» [Internett]. Available: <https://vartdalplast.no/no/bygg/produkter/neopor>. [Funnet 28 02 2019].
- [49] Brødr. Sunde AS, «Sundolitt,» [Internett]. Available: <http://www.sundolitt.no/sundolitt>. [Funnet 28 02 2019].
- [50] Glava Isolasjon, «SKUMPLASTISOLASJON - GLAVA EPS,» [Internett]. Available: <https://www.glava.no/bygg/produkter/skumplastisolasjon/glava-eps/>. [Funnet 28 02 2019].
- [51] Rockwool AS, «Hardrock Fasadeplate,» [Internett]. Available: <https://www.rockwool.no/produkter/fasadeisolasjon/hardrock-fasadeplate/>. [Funnet 22 02 2019].
- [52] Isokalk AS, «Hjem,» [Internett]. Available: <https://www.isokalk.no/>. [Funnet 10 03 2019].
- [53] K. Glava, Interviewee, *Byggteknisk avdeling*. [Intervju]. 28 02 2019.
- [54] SINTEF Byggforsk, «525.207 Kompakte tak,» Sintef, 2018.
- [55] Førde Kommune, «Kravspesifikasjon og prisskjema,» 2018.
- [56] Protan, «Protan vakuumtak,» [Internett]. Available: <https://www.protan.no/tak-og-membraner/losninger/protan-vakuum-tak/>. [Funnet 26 04 2019].
- [57] Rockwool AS, «HARDROCK Energy Systemtak,» [Internett]. Available: https://www.rockwool.no/konstruksjoner/tak/flate-tak/hardrock-energy-systemtak/?selectedCat_5f376309-9df0-45b8-b534-6f92d39ec060=brosjyrer. [Funnet 12 04 2019].
- [58] SINTEF Teknisk godkjenning, «Kingspan Therma isolasjonsplater av PIR for kompakte tak - Nr. 20556,» SINTEF Certification, 2017.
- [59] SINTEF Byggforsk, «523.231 Skallmurvegg med vanger av murstein og murblokker,» Sintef, 1996.
- [60] Store norske leksikon, «Klorkautsjuk,» [Internett]. Available: <https://snl.no/klorkautsjuk>. [Funnet 07 05 2019].

- [61] SINTEF Byggforsk, «471.481 U-verdier. Vegger over terreng - skallmur med vanger av tegl,» 2014.
- [62] T. Hjertenes, Interviewee, *Avdelingsleiar service, Menerga*. [Intervju]. 21 03 2019.
- [63] K. G. Hoff og M. Helbæk, *Bedriftens økonomi*, Oslo: Universitetsforlaget AS, 2016.
- [64] A. A. Grimenes, P. Jerstad og B. Sletbak, *Rom stoff tid*, Oslo: Cappelen Damm AS, 2016.
- [65] Menerga, «Svømmehallklimatisering ThermoCond 39; Technischer katalog 01/2013,» 2013.
- [66] Menerga, «Varmegjenvinning fra gråvann, utklipp frå Technischer katalog 01/2013,» 2013.
- [67] L. Haugsbø, Interviewee, *konsulent personal og serviceavdelinga*. [Intervju]. 04 2919.
- [68] Enova, «[enova.no](https://www.enova.no/),» [Internett]. Available: <https://www.enova.no/>. [Funnet 02 05 2019].
- [69] Teamgantt, «The Best Free Gantt Chart Excel Template,» [Internett]. Available: <https://www.teamgantt.com/free-gantt-chart-excel-template>. [Funnet 30 August 2018].

10 Vedlegg

10.1 Samtykkeskjema

Samtykkeerklæring

Viser til tidlegare kontakt der vi har fått informasjon om emnet vi skriv bacheloroppgåve om. Vi lurar i den forbindelse om vi kan nytte deg og ditt namn som referanse for informasjonen du har komme med.

Her er det limt inn sitat frå teksten som er godkjent av kvar enkelt person og totalt er det 7 personar/verksemder som har signert.

Eg har lese og forstått informasjonen over og gir mitt samtykke om at de kan nytte dette i bacheloroppgåva.

Stad og dato

Signatur

10.2 Temperatur- og fuktforhold ved termografering

| Stad | Temperatur inne [°C] | Temperatur ute [°C] | RF inne [%] | RF ute [%] |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|
| Førde | 30 | 0 | 51,2 | 47 |
| Ulsteinvik | 30 | -6,9 | 55 | 92 |

10.3 U-verdi berekningar

Varmekonduktivitet for material

| Material | λ -verdi [W/mK] | Kjelde |
|-----------------------|-------------------------|--|
| Betong | 2,4 | 471.008 Beregning av U-verdi etter NS-EN ISO 6946 |
| Teglstein | 0,62 | 472.051 Kuldebroverdier fir tilslutning mellom bygningsdeler. Grunnlag for beregning |
| Mineralull (antaking) | 0,045 | 471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer |

U-verdiar for bygningsdelar

| Bygningsdel | U-verdi [W/m ² K] | Kjelde |
|------------------|------------------------------|--------------|
| Glas | 1,4 | Nordan.no |
| Tilleggsvarmetap | 0,11 | Thue, s. 238 |
| Karm vindauge | 3,5 | Holvik AS |

Varmemotstand for material

| Material | Varmemotstand [m ² K/W] | Kjelde |
|-----------------|------------------------------------|---|
| R _{si} | 0,13 | 471.008 Beregning av U-verdi etter NS-EN ISO 6946 |
| R _{se} | 0,04 | 471.008 Beregning av U-verdi etter NS-EN ISO 6946 |
| Luftspalte | 0,18 | Thue, Jan Vincent 2016, s. 212. |

| Konstruksjonsdel | U-verdi [W/m ² K] |
|---|------------------------------|
| Teglvegg, vestfasade | 0,35 |
| Teglvegg, austfasade | 0,36 |
| Betongsøyler | 2,97 |
| Sørfasade og bjelke aust – eksisterande | 1,82 |

| | |
|-------------------------------|------|
| Sørfasade og bjelke aust – ny | 0,93 |
|-------------------------------|------|

| U-verdi fasade utan betong | | | | U-verdi fasade syd med 0,6 | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|-----------|----------------------------|---------|--------|----------|
| Material | U-verdi / ov | Areal /lengd | U*A / L*Y | Material | U-verdi | Areal | |
| Glas | 1,4 | 274,62 | 384,468 | Betong | 2,97 | 17,55 | 52,1235 |
| Betong | | | | Betongbjelke | 2,97 | 25 | 74,25 |
| Karm | 3,5 | 20,33 | 71,155 | Vindu | 0,64 | 293,88 | 188,0832 |
| Overgang | 0,11 | 745,3 | 81,983 | | | | |
| | $\Sigma A=$ | 294,95 | | | | | |
| U-verdi fasade | 1,82 | W/m2K | | U-verdi fasade | 0,93 | W/m2K | |

Utrekna U-verdiar

U-verdiar for betongdetaljar

| | | Betongsøyler syd | | | Etterisolering av betongsøyler | | |
|-----------------|----------------|------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------|------------------|
| Sjikt | d [m] | λ-verdi [W/m R [m2K/W] | Ny R [m2K/W | Ny U [W/m2K] | Tiltak | Ny R [m2K/W | Ny U [W/m2K] |
| Rsi | | 0,13 | | 0,57 | | | |
| Betong | 0,4 | 2,4 | 1,7652381 | 0,77 | Murpuss | 1,3044086 | |
| Rse | | 0,04 | | | EPS | | |
| | | Rtot= | 0,33666667 | | | | |
| | | U = | 2,97 [W/m2K] | | | | |
| | | | | | | | |
| | | U-verdi fasade syd | | | | | |
| | | | U-verdi fasade syd med EPS | | | | |
| | | | U-verdi fasade syd med murpuss | | | | |
| Material | U-verdi | Areal | U*A / L*Y | U*A / L*Y | Material | U-verdi | U*A / L*Y |
| Glas | 1,4 | 274,62 | 384,468 | 384,468 | Glas | 1,4 | 274,62 |
| Betong | 2,97 | 17,55 | 52,1235 | 13,4543731 | Betong | 0,57 | 17,55 |
| Betongbjelke | 2,97 | 25 | 74,25 | 74,25 | Betongbjelke | 2,97 | 25 |
| Karm | 3,5 | 20,33 | 71,155 | 71,155 | Karm | 3,5 | 20,33 |
| Overgang | 0,11 | 745,3 | 81,983 | 81,983 | Overgang | 0,11 | 745,3 |
| ΣA= | | 337,5 | | | | | |
| U-verdi fasad | 2,12 | W/m2K | | | U-verdi fasad | 1,84 | W/m2K |

U-verdiar for teglveggar - eksisterande

| Homogene sjikt, likt for begge veggar | | U-verdi for eksisterande veggar | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------|------------------|----------------------------|
| Sjikt | λ -verdi [W/mK] | d [m] | R= d/ λ | λ -verdi [W/mK] | d [m] | R [m ² K/W] |
| Ute | | | 0,04 | | | |
| Tegl | 0,62 | 0,09 | | Vegg vest | Material Tegl | Felt a 0,37096774 |
| Luft | | 0,04 | 0,18 | | Fuge | Felt b 0,095833333 |
| Isolasjon | 0,045 | 0,1 | 2,222222222 | Vegg aust | Tegl | |
| Tegl | 0,62 | 0,09 | | | Fuge | |
| Inne | | | 0,13 | Homogen | | |
| | | $\Sigma R =$ | 2,572222222 | Sum: | | 2,572 2,572 |
| | | | | | | 3,23329032 2,742833333 |
| | | | | | | |
| | | | | Yttervegg vest | | |
| | | | | Ua | Ub | U |
| | | | | U-verdimetode: | 0,339767399 | 0,37483601 |
| | | | | λ -verdi | | 0,34853455 |
| | | | | λ -verdi metoden | 1,065 | U 0,3586563 |
| | | | | Middelverdi | U = | 0,354 [W/m ² K] |
| | | | | | | |
| | | | | Yttervegg aust | | |
| | | | | Ua | Ub | U |
| | | | | U-verdimetode: | 0,339767399 | 0,37480479 |
| | | | | λ -verdi | | 0,34852675 |
| | | | | λ -verdi metoden | 1,065 | U 0,3647989 |
| | | | | Middelverdi | U = | 0,357 [W/m ² K] |

U-verdiar for teglvegg – blåseisolasjon

| Homogene sjikt | | Austvegg med blåseisolasjon | | | Material | λ -verdi [W/mK] | d [m] | Felt a | Felt b | R [m ² K/W] |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------|---|-------------------------|------------|------------|------------|------------------------|
| Sjikt | λ -verdi [W/mK] | d [m] | R= d/ λ | Vegg aust | Tegl | | | 0,18 | 0,29032258 | |
| Ute | | | | | Fuge | 0,62 | 2,4 | 0,18 | | 0,075 |
| Tegl | 0,62 | 0,09 | 0,14516129 | | | | | | 2,572 | 2,572 |
| Blåseisolasjor | 0,04 | 0,1 | 2,22222222 | Homogen | | | | | 2,86232258 | 2,647 |
| Isolasjon | 0,045 | 0,1 | 2,22222222 | Sum: | | | | | | |
| Tegl | 0,62 | 0,09 | 0,14516129 | | | | | | | |
| Inne | | | | | | | | | | |
| | | $\Sigma R=$ | 5,182544803 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | Yttervegg aust | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | Ua | Ub | U | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | U-verdimetode: | 0,180066218 | 0,18945213 | 0,1824127 | | |
| | | | | | | λ -verdi | U | | | |
| | | | | | λ-verdi metoden | 1,065 | | 0,18686144 | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | Middelverdi | | U= | | 0,185 | [W/m ² K] |

U-verdiar for vindauge

| | | |
|---|---|------|
| Formel for utrekninga av U-verdi til glasfasade: | | |
| $U_{cw} = (A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g) / (A_g + A_f)$ | | |
| Tegnforklaring: | | |
| U _{cw} = U-verdi for hele glasfasade | | |
| A _g = Areal glas | | |
| A _f = Areal profil | | |
| U _g = U-verdi glas | | |
| U _f = U-verdi profil | | |
| l _g = omkretsen av glaselement | | |
| ψ _g = kuldebroverdi mellom glas og profil | | |
| U-verdier glas: | | |
| 18.05.2019 | https://norgesvinduet.no/uploads/Products/product_25/Energispareglass.pdf | |
| U-verdi glas 2-lag: | | |
| 1,00 | | |
| U-verdi glas 3-lag: | | |
| 0,70 | 0,60 | 0,50 |
| Informasjon hentet fra nett til U-verdi berekning: | | |
| 18.05.2019 | http://glassportal.no/wp-content/uploads/2017/10/2017.10.31-Kuldebroer_versjon_3.pdf | |
| 18.05.2019 | http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2016/08_Bygningsfysikkdagen_v4_Axel_Bjornulf.pdf | |
| Sapa 4150PH | | |
| 18.05.2019 | https://www.sapabuildingsystem.com/no/no/bygg/Produkter/fasadepartier/4150ph-passivhus/#tab-34438 | |
| U _{cw} = 0,66 W/m ² K | | |
| WICTEC 50HI | | |
| 18.05.2019 | https://www.wicona.com/no/no/Produkter/Fasader/Stick-construction/High-preformance-thermal-insulation/ | |
| U _f = 0,74 W/m ² K | | |
| U _{cw} = 0,70 W/m ² K | | |

Schüco post-losholt-fasade FW 50+.SI

18.05.2019

https://www.schueco.com/web2/no/arkitekter/produkter/fasader/post-losholt-fasader/schueco_fw_50_plus_si

U-verdi glas 0,60 - 3-lags

$U_f = 0,78 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Velger $U_g = 0,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Velger $\psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$

Sørfasade:

| | | | | |
|-----------|--------|--|-----------|--------------------------------------|
| $A_g:$ | 272,66 | | | |
| $A_f:$ | 21,22 | | $U_{cw}:$ | 0,64 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $I_g:$ | 147,46 | | | |
| $U_f:$ | 0,78 | | | |
| $U_g:$ | 0,60 | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | |

Austfasade:

| | | | | |
|-----------|-------|--|-----------|--------------------------------------|
| $A_g:$ | 27,48 | | | |
| $A_f:$ | 3,23 | | $U_{cw}:$ | 0,71 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $I_g:$ | 53,53 | | | |
| $U_f:$ | 0,78 | | | |
| $U_g:$ | 0,60 | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | |

U-verdi glas 0,70 - 3-lags

$U_f = 0,78 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Velger $U_g = 0,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Velger $\psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$

Sørfasade:

| | | | | |
|-----------|--------|--|-----------|--------------------------------------|
| $A_g:$ | 272,66 | | | |
| $A_f:$ | 21,22 | | $U_{cw}:$ | 0,73 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $I_g:$ | 147,46 | | | |
| $U_f:$ | 0,78 | | | |
| $U_g:$ | 0,70 | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | |

Austfasade:

| | | | | |
|-----------|-------|--|-----------|--------------------------------------|
| $A_g:$ | 27,48 | | | |
| $A_f:$ | 3,23 | | $U_{cw}:$ | 0,80 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $I_g:$ | 53,53 | | | |
| $U_f:$ | 0,78 | | | |
| $U_g:$ | 0,70 | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | |

| U-verdi glas 1,00 - 2-lags | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---|--|-------------------------------------|---|
| $U_f = 0,78 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ | | Velger $U_g = 1,00 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ | | Velger $\psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$ | |
| Sørfasade: | | | | | |
| $A_g:$ | 272,66 | | | $U_{cw}:$ | 1,01 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $A_f:$ | 21,22 | | | | |
| $I_g:$ | 147,46 | | | | |
| $U_f:$ | 0,78 | | | | |
| $U_g:$ | 1,00 | | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | | |
| Austfasade: | | | | | |
| $A_g:$ | 27,48 | | | $U_{cw}:$ | 1,06 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $A_f:$ | 3,23 | | | | |
| $I_g:$ | 53,53 | | | | |
| $U_f:$ | 0,78 | | | | |
| $U_g:$ | 1,00 | | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | | |

| Schüco post-losholt-fasade FWS 50 | | | | | |
|--|--------|---|--|-------------------------------------|---|
| 18.05.2019 | | https://www.schueco.com/web2/no/arkitekter/produkter/fasader/post-losholt-fasader/schueco_fws_50 | | | |
| U-verdi glas 0,60 - 3-lags | | | | | |
| $U_f = 0,90 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ | | Velger $U_g = 0,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ | | Velger $\psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$ | |
| Sørfasade: | | | | | |
| $A_g:$ | 272,66 | | | $U_{cw}:$ | 0,65 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $A_f:$ | 21,22 | | | | |
| $I_g:$ | 147,46 | | | | |
| $U_f:$ | 0,90 | | | | |
| $U_g:$ | 0,60 | | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | | |
| Austfasade: | | | | | |
| $A_g:$ | 27,48 | | | $U_{cw}:$ | 0,72 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ |
| $A_f:$ | 3,23 | | | | |
| $I_g:$ | 53,53 | | | | |
| $U_f:$ | 0,90 | | | | |
| $U_g:$ | 0,60 | | | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | | | |

| U-verdi glas 0,70 - 3-lags | | | |
|--------------------------------------|--------|---|--|
| $U_f = 0,90 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ | | $\text{Velger } U_g = 0,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ | |
| | | $\text{Velger } \psi_g = 0,05 \text{ W/mK}$ | |
| Sørfasade: | | | |
| $A_g:$ | 272,66 | | |
| $A_f:$ | 21,22 | | $U_{cw}: 0,74 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |
| $I_g:$ | 147,46 | | |
| $U_f:$ | 0,90 | | |
| $U_g:$ | 0,70 | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | |
| Austfasade: | | | |
| $A_g:$ | 27,48 | | |
| $A_f:$ | 3,23 | | $U_{cw}: 0,81 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |
| $I_g:$ | 53,53 | | |
| $U_f:$ | 0,90 | | |
| $U_g:$ | 0,70 | | |
| $\psi_g:$ | 0,05 | | |

10.4 Prisar og anbefalte tiltak for å redusere varmetap

karlullrich@gmx.net

Fra: KIL - FI INFO NORWAY <info@kingspaninsulation.no>
Sendt: fredag 5. april 2019 08.42
Til: Karl Ullrich
Kopi: viggo.leikanger@outlook.com; marta.sandnes@gmail.com;
joakimkvammen@hotmail.com
Emne: SV: Forespørsel informasjon om fasadeisolasjon iht. bacheloroppgave

Hei,

Det å bruke vakuumisolasjon i vegg er utfordrende.

Man kan alltid tilpasse med Optim R-Fix både rundt vinduer etc og lage striper for innfesting av fasade plater. Optim R festes til betongen med PU lim tilsvarende Tec7 (1 kontinuerlig stripe nær kanten slik at det ikke kan komme inn luft bak)

Det må i tillegg legges en vindsperre slik at det ikke kan komme vann inn bak isolasjon.

Alternativt er å bruke K5.

Dette produktet selges via Sto Norge og systemet heter Sto Therm Resol og er et helt vanlig puss system. Info kan dere få fra Bjørn Øien i Sto Norge

Generelt til utvendig etterisolering plugges isolasjonen til betongen.

Man kan enten ha luftet fasade eller pusset.

K15C til luftet og K5 til puss

Prismessig ligger K15C 50mm på ca 160,-/m² K5 selges kun som system så her må dere ta kontakt med Sto

Til taket er produktet Therma TR26FM og det trengs 80mm for å gå fra 0,16 til 0,1.

Dog burde det helt sikkert vært byttet dampsperre på taket. Gammel isolasjon og dampsperre bør fjernes og det bør således legges protekking som dampsperre og 220mm TR26FM med 2-lags tekking over.

TR26FM er ikke dyrere enn om det legges en mineralullsløsning.

Håper dette var til hjelp

Med vennlig hilsen/Best regards

Torstein Svennevig

Country Manager - Norway

Mobil: [+47 94 81 00 33](tel:+4794810033)

| Priskalkulasjon etterisolering betongelementer med StoTherm Resol | | | | | |
|--|--|---------------|------------------------|-----------|----------------------|
| Estimert betongareal: 164 m ² | | | | | |
| Arbeid og etterisolering med StoTherm Resol: | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Betongareal | 164,00 | | | |
| | Sto Byggklister 6kg/m ² | | 72,72 | | 11 926,08 |
| | Kingspan K5 Fasadeisolasjon 30 mm | | 176,72 | | 28 982,08 |
| | StoLevell Novo 10kg/m ² | | 92,80 | | 15 219,20 |
| | Sto Armeringsnett M | | 30,70 | | 5 034,80 |
| | Hjørnevinkel 475m | | 5833,00 | | 5 833,00 |
| | Stolit slutt puss K1,5 2kg/m ² | | 102,16 | | 16 754,24 |
| | Stolit modeleringspuss MP 1,5kg/m ² | | 76,62 | | 12 565,68 |
| | Arbeidskostnader | | 800,00 | | 131 200,00 |
| | Etterisolering med StoTherm Resol | | | | 227 515,08 |
| | Pris per m² uten arbeid | | | | <u>587,29</u> |

Prisar er listeprisar frå Sto og er oppgitt via telefonsamtale 06.05.2019.

TILBUD

Kunde: 303735
TILBUDSKUNDE



Foretaksregisteret
Org.nr.: NO 947516078 MVA
Bankgiro: 37052645000

Farsund Bygg AS

Postboks 111

6801 Førde

Tlf.: 57 72 18 00
Epost: post@farsundbygg.no

Leveringsadresse:

HVL FØRDE
V/KARL ULLRIK
6800
FØRDE

Leveringsdato:
01.01.01

Leveringsmåte:
Hentes

Vår ref:
Jarle Lundekvam
Kundens ref:
KARL ULLRIK
Mob: 91616274

Bet. betingelser:
15 dgr nto
Dato: 16.04.19
Kl.: 08:40:43
Gyldig til: 16.05.19

Tilbud: 900787/00

Side 1 av 1

| Varenr. | Varetekst | Antall | Enhet | LT | Mva % | Pris | Netto sum |
|-----------------------|---|----------|-------|----|-------|---------|--------------|
| 48042237 | ISOLASJONSMATTE SPACELOFT10 GRÅ 10X1420X4500MM AEROGEL | 1,00 | PAK | | 25,00 | 88 951, | 88 951,86 |
| 48042218 | ISOLASJONSMATTE SPACELOFT 10 GRÅ 10X1420X3500MM AEROGEL | 8,00 | PAK | | 25,00 | 7 491,6 | 59 933,16 |
| 00000515 | FRAKT INN TIL LAGER ***** STIPULERT FRAKTKOSTNAD ***** | 1,00 | STK | | 25,00 | 3 000,0 | 3 000,00 |
| 43708363 | ISOLASJON EPS 100MM S80 1200X2400MM STYROPOR S80 100X1200X2400MM | 873,00 | M2 | | 25,00 | 76,41 | 66 713,79 |
| 43708503 | ISOLASJON EPS S150 30X1200X2400MM STYROPOR S150 30X1200X2400MM | 100,00 | M2 | | 25,00 | 37,38 | 3 738,60 |
| 43708575 | ISOLASJON EPS S150 40X1200X2400MM STYROPOR S150 40X1200X2400MM | 100,00 | M2 | | 25,00 | 49,84 | 4 984,20 |
| 00000515 | FRAKT INN TIL LAGER ***** STIPULERT FRAKTKOSTNAD ***** | 1,00 | STK | | 25,00 | 10 000, | 10 000,00 |
| 29320074 | HARDROCK FASADEPLATE 50X600X1200 ROCKWOOL - 2,88 M2/PAKKE | 100,00 | M2 | | 25,00 | 116,17 | 11 617,20 |
| 00000515 | FRAKT INN TIL LAGER ***** STIPULERT FRAKTKOSTNAD ***** | 1,00 | STK | | 25,00 | 2 000,0 | 2 000,00 |
| 48726803 | STÅLUNDERLAG ENERGY 50X600X2000 ROCKWOOL - 58,2 M2 PR PALL | 1 746,00 | M2 | | 25,00 | 146,88 | 256 452,48 |
| 48726792 | STÅLUNDERLAG ENERGY 80X600X2000 ROCKWOOL - 36,6 M2 PR PALL | 873,00 | M2 | | 25,00 | 237,31 | 207 173,38 |
| 48726735 | HARDROCK ENERGY PLATE 100X600X2000 ROCKWOOL - 29,1 M2 PR PALL | 873,00 | M2 | | 25,00 | 366,44 | 319 905,61 |
| 51052286 | HARDROCK ENERGY PLATE 180X600X2000 ROCKWOOL - 16,8 M2 PR PALL | 873,00 | M2 | | 25,00 | 524,48 | 457 874,53 |
| 00000515 | FRAKT INN TIL VÅRT LAGER ***** STIPULERT KOSTNAD ***** | 1,00 | STK | | 25,00 | 10 000, | 10 000,00 |
| Netto sum eks. mva. | | | | | | | 1 502 344,81 |
| + mva. | | | | | | | 375 586,20 |
| Brutto sum inkl. mva. | | | | | | | 1 877 931,01 |

Tilbudet gjelder kun varer beskrevet i tilbudet. Det tas forbehold om prisstigning fra produsent/leverandør. Tilbudet er basert på levering i hele lass. Det er ingen retur på bestillingsvarer med mindre dette er avtalt og skriftlig godkjent på forhånd. Kunden står selv ansvarlig for masseberegning og varevalg. Fraktkostninger og betalingsbetingelser i hennhold til avtale. Retur av lagervarer må avtales på forhånd og skriftlig godkjennes av saksbehandler før tilbakesending. Mengde kan bli justert ihht. hele plater/pakker ved levering. Varer selges ihht. Farsund Bygg ASs til enhver tid gjeldende salg og leveringsbetingelser som er tilgjengelig på www.xl-bygg.no

10.5 Dagens energibruk og varmetapstal

Eksisterande

| Bygningsdel | Verdi |
|---------------------------|--------------------------|
| Lekkasjetal | 5,0 1/h |
| Normalisert kuldebroverdi | 0,120 W/m ² K |
| Fasade sør, U-verdi | 2,12 W/m ² K |
| Fasade aust, U-verdi | 0,36 W/m ² K |
| Fasade vest, U-verdi | 0,35 W/m ² K |
| Tak, U-verdi | 0,16 W/m ² K |
| Vindauge, U-verdi | 1,89 W/m ² K |

Det er antekt at fjernvarmen dekker 100 % av romoppvarminga, medan dei andre postane er dekkja av elektrisitet.

Dei resterande verdiane er føreslått verdiar frå Simien.



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Energipost | Energibudsjett | Energibehov | Spesifikt energibehov |
|--|----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1a Romoppvarming | | 178381 kWh | 206,6 kWh/m ² |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | | 45940 kWh | 53,2 kWh/m ² |
| 2 Varmtvann (tappevann) | | 43510 kWh | 50,4 kWh/m ² |
| 3a Vifter | | 16778 kWh | 19,4 kWh/m ² |
| 3b Pumper | | 612 kWh | 0,7 kWh/m ² |
| 4 Belysning | | 18321 kWh | 21,2 kWh/m ² |
| 5 Teknisk utstyr | | 2290 kWh | 2,7 kWh/m ² |
| 6a Romkjøling | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | | 1062 kWh | 1,2 kWh/m ² |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | | 306894 kWh | 355,4 kWh/m² |

| Energivare | Levert energi til bygningen (beregnet) | Levert energi | Spesifikk levert energi |
|--------------------------------------|--|-------------------|--------------------------------|
| 1a Direkte el. | | 134140 kWh | 155,3 kWh/m ² |
| 1b El. til varmepumpesystem | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 1c El. til solfangersystem | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 2 Olje | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 3 Gass | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 4 Fjernvarme | | 214917 kWh | 248,9 kWh/m ² |
| 5 Biobrensel | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6. Annen energikilde | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 7. Solstrøm til egenbruk | | -0 kWh | -0,0 kWh/m ² |
| Totalt levert energi, sum 1-7 | | 349057 kWh | 404,2 kWh/m² |
| Solstrøm til eksport | | -0 kWh | -0,0 kWh/m ² |
| Netto levert energi | | 349057 kWh | 404,2 kWh/m² |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder | | | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Energikilder | Romoppv. | Varmebatterier | Varmtvann | Kjølebatterier | Romkjøling | El. spesifikt |
| El. | 0,0 kWh/m ² | 53,2 kWh/m ² | 50,4 kWh/m ² | 1,2 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 44,0 kWh/m ² |
| Olje | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Gass | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Fjernvarme | 206,6 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Biobrensel | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Varmepumpe | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Sol | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Annen | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Sum | 206,6 kWh/m ² | 53,2 kWh/m ² | 50,4 kWh/m ² | 1,2 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 44,0 kWh/m ² |

| Årlige utslipp av CO2 | | |
|-----------------------------|-----------|-------------------------|
| Energivare | Utslipp | Spesifikt utslipp |
| 1a Direkte el. | 52985 kg | 61,4 kg/m ² |
| 1b El. til varmepumpesystem | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 1c El. til solfangersystem | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 2 Olje | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 3 Gass | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 4 Fjernvarme | 49646 kg | 57,5 kg/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 6. Annen energikilde | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 7. Solstrøm til egenbruk | -0 kg | -0,0 kg/m ² |
| Totalt utslipp, sum 1-7 | 102631 kg | 118,9 kg/m ² |
| Solstrøm til eksport | -0 kg | -0,0 kg/m ² |
| Netto CO2-utslipp | 102631 kg | 118,9 kg/m ² |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

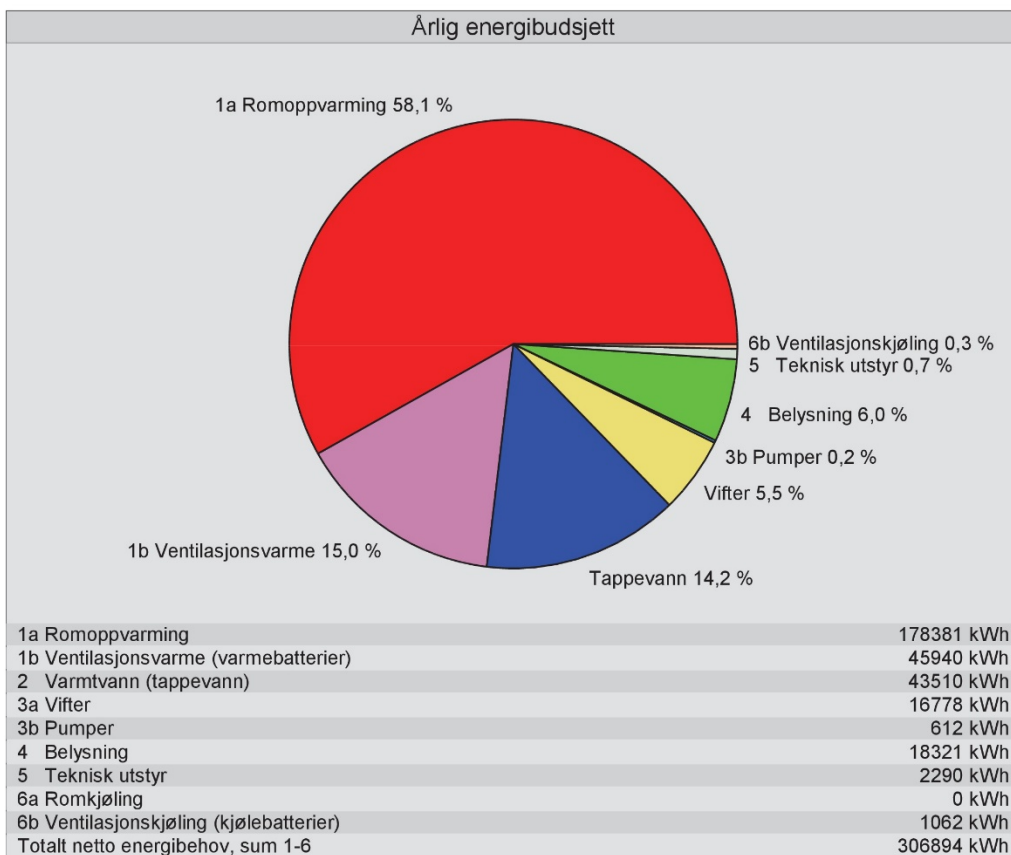
| Energivare | Kostnad kjøpt energi | |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Energikostnad | Spesifikk energikostnad |
| 1a Direkte el. | 114019 kr | 132,0 kr/m ² |
| 1b El. til varmepumpesystem | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 1c El. til solfangersystem | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 2 Olje | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 3 Gass | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 4 Fjernvarme | 182679 kr | 211,6 kr/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 6. Annen energikilde | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 7. Solstrøm til egenbruk | -0 kr | -0,0 kr/m ² |
| Årlige energikostnader, sum 1-7 | 296699 kr | 343,6 kr/m ² |
| Solstrøm til eksport | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| Netto energikostnad | 296699 kr | 343,6 kr/m ² |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

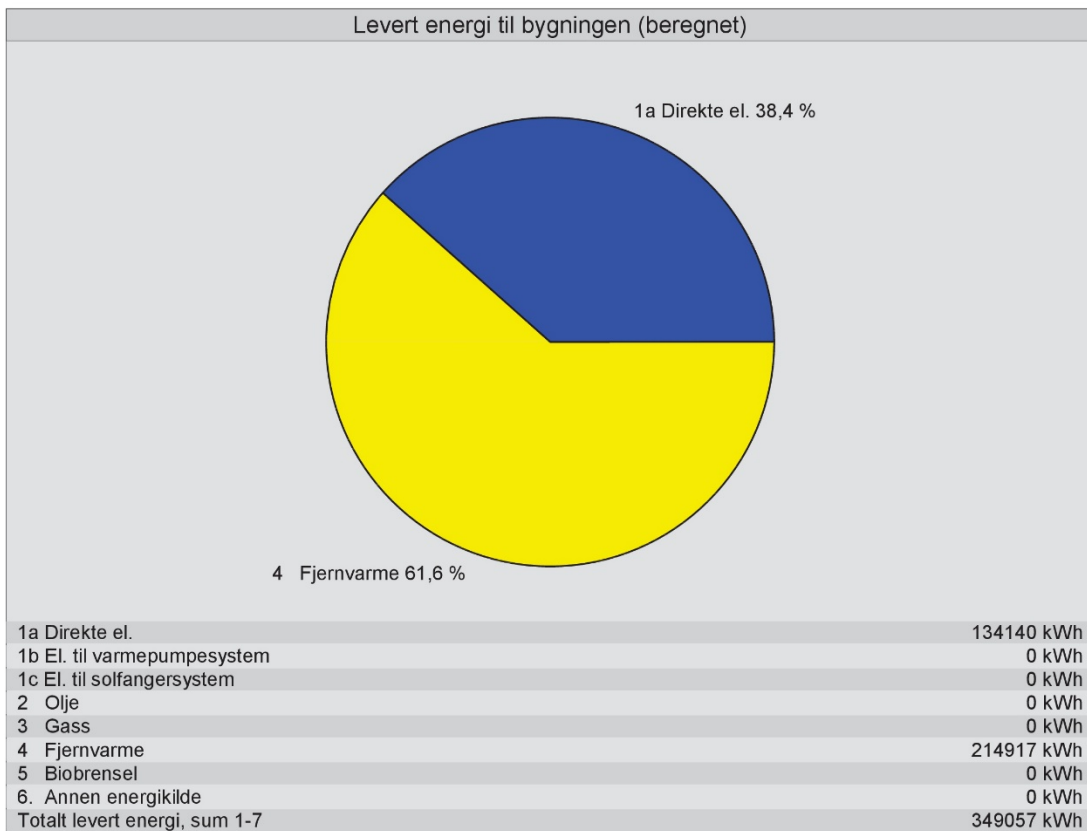




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

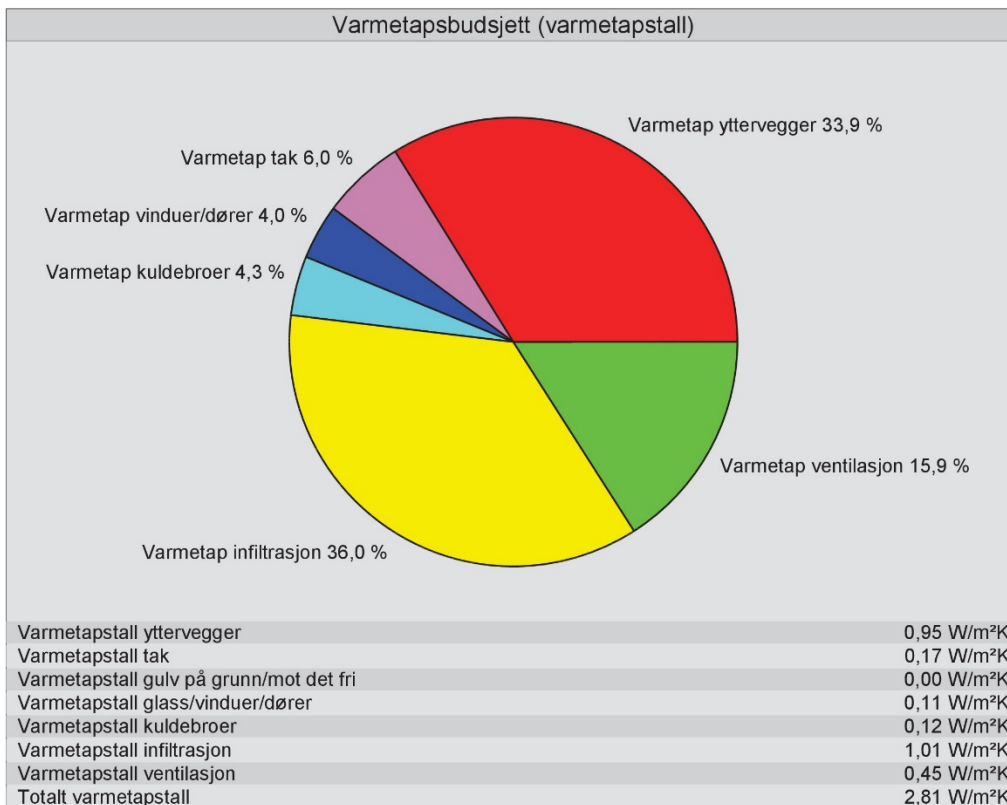




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

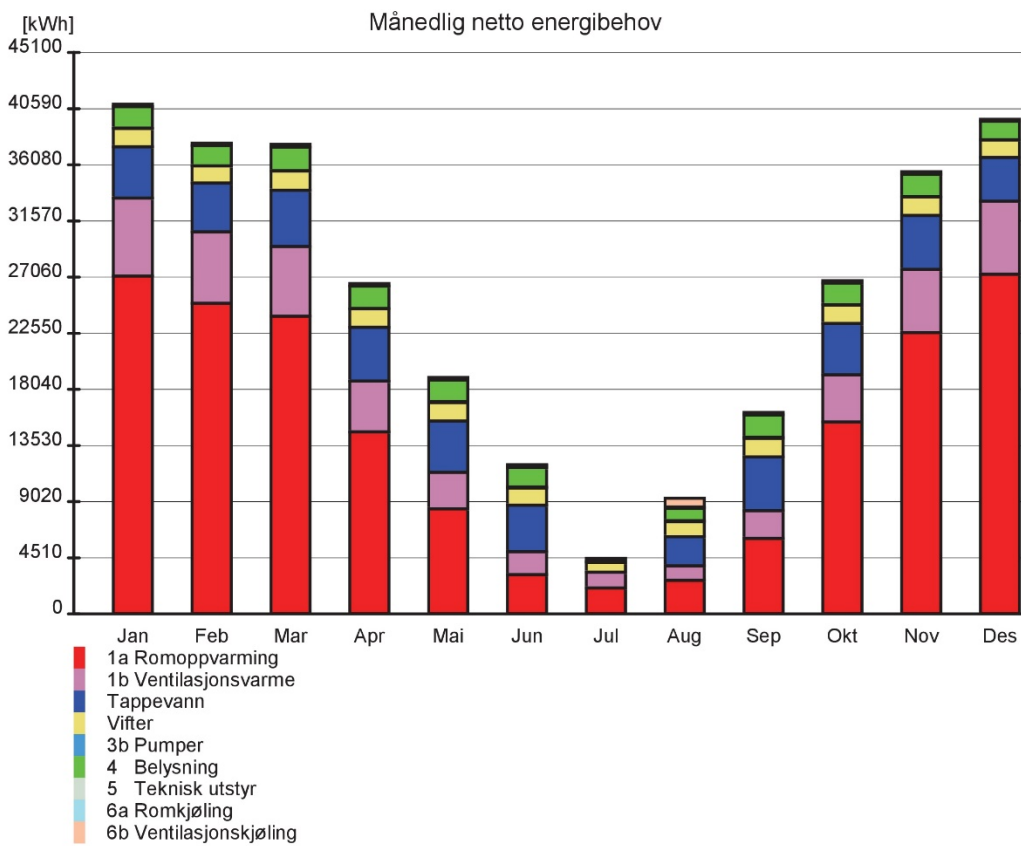




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

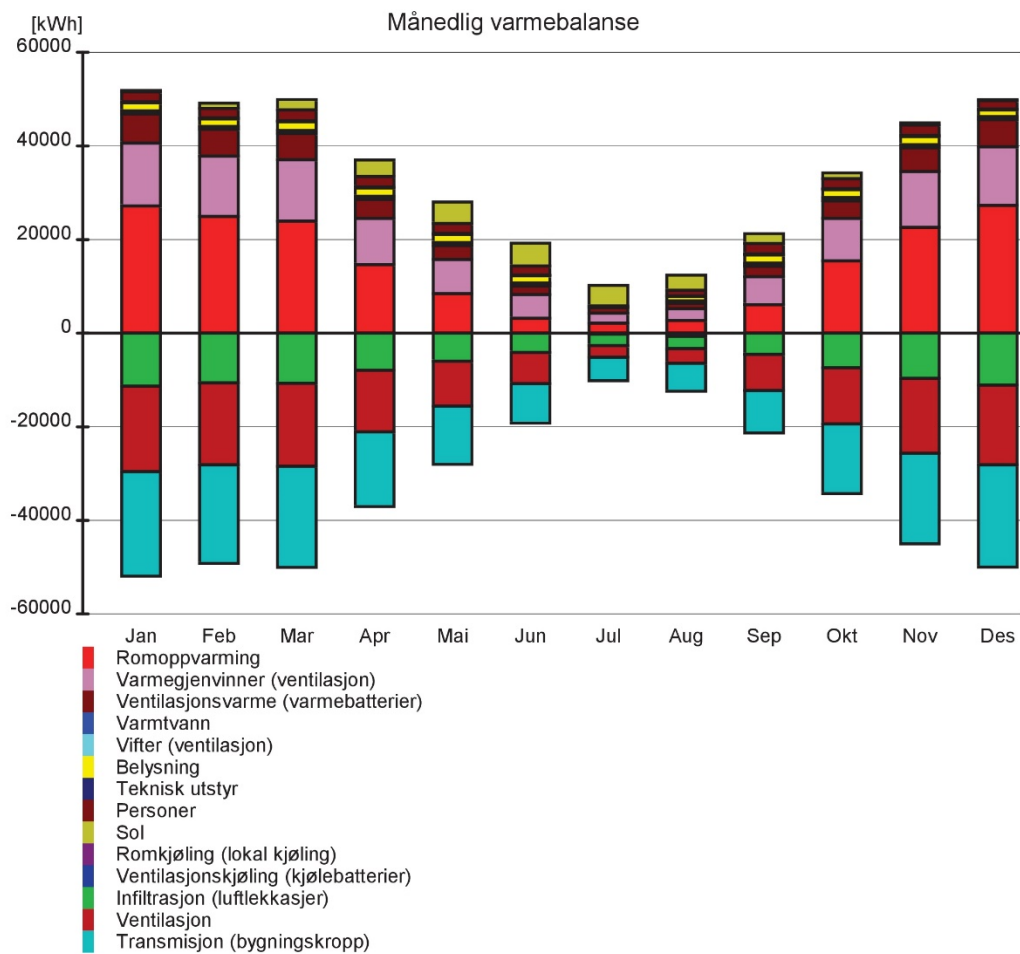




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Måned | Månedlige temperaturdata (lufttemperatur) | | | | | |
|-----------|---|-----------|----------|--------------|------------|-----------|
| | Midlere ute | Maks. ute | Min. ute | Midlere sone | Maks. sone | Min. sone |
| Januar | -0,4 °C | 7,4 °C | -11,5 °C | 17,2 °C | 19,0 °C | 14,6 °C |
| Februar | -0,8 °C | 6,5 °C | -10,6 °C | 17,4 °C | 19,0 °C | 14,3 °C |
| Mars | 1,0 °C | 9,2 °C | -6,4 °C | 17,6 °C | 19,0 °C | 15,9 °C |
| April | 5,0 °C | 14,5 °C | -2,6 °C | 17,7 °C | 19,6 °C | 17,0 °C |
| Mai | 8,5 °C | 19,6 °C | 0,1 °C | 17,9 °C | 20,7 °C | 17,0 °C |
| Juni | 11,8 °C | 22,1 °C | 3,6 °C | 18,4 °C | 22,0 °C | 17,0 °C |
| Juli | 14,1 °C | 24,4 °C | 6,4 °C | 17,9 °C | 21,3 °C | 17,0 °C |
| August | 14,4 °C | 23,7 °C | 5,6 °C | 18,5 °C | 23,0 °C | 17,0 °C |
| September | 10,7 °C | 19,6 °C | 3,7 °C | 18,0 °C | 20,6 °C | 17,0 °C |
| Oktober | 6,1 °C | 14,8 °C | -1,1 °C | 17,7 °C | 20,0 °C | 17,0 °C |
| November | 2,2 °C | 10,4 °C | -6,4 °C | 17,6 °C | 19,0 °C | 16,2 °C |
| Desember | -0,2 °C | 8,0 °C | -8,5 °C | 17,0 °C | 19,0 °C | 14,0 °C |

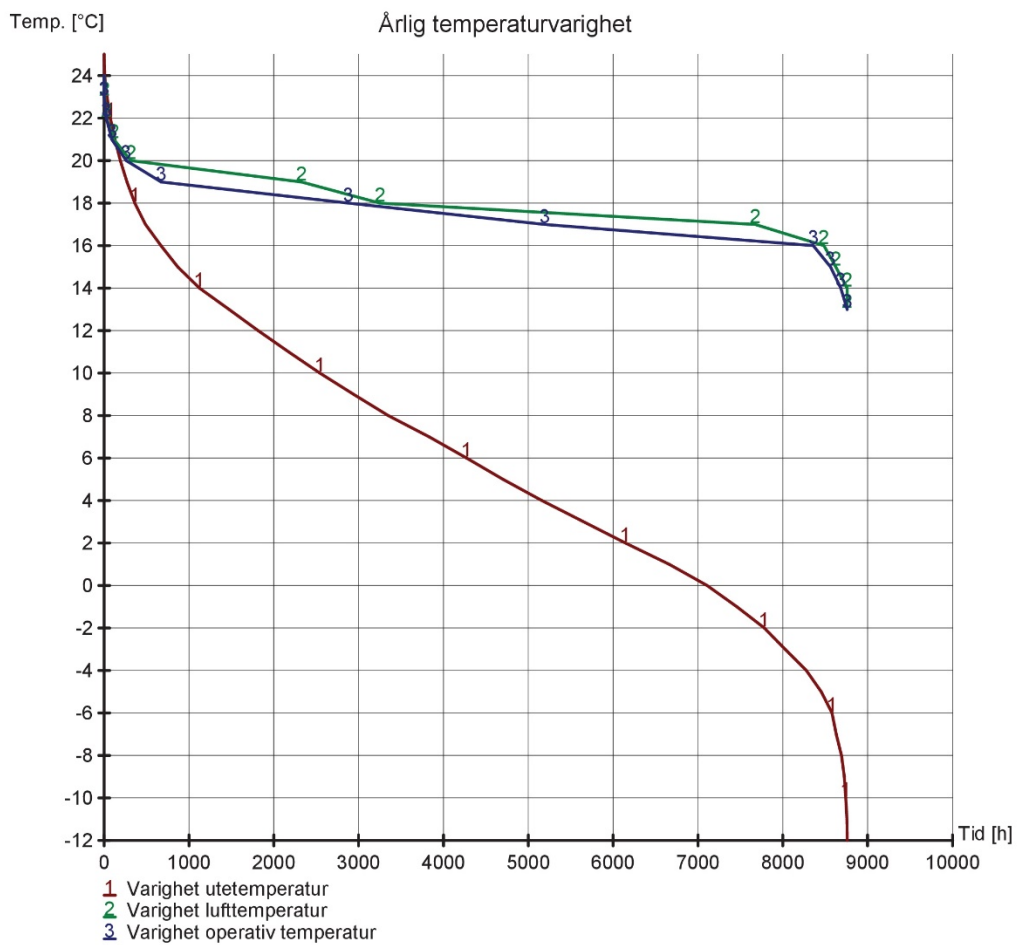
| Måned | Månedlige temperaturdata (operativ temperatur) | | | | | |
|-----------|--|-----------|----------|--------------|------------|-----------|
| | Midlere ute | Maks. ute | Min. ute | Midlere sone | Maks. sone | Min. sone |
| Januar | -0,4 °C | 7,4 °C | -11,5 °C | 16,7 °C | 19,0 °C | 14,6 °C |
| Februar | -0,8 °C | 6,5 °C | -10,6 °C | 17,0 °C | 18,4 °C | 14,3 °C |
| Mars | 1,0 °C | 9,2 °C | -6,4 °C | 17,2 °C | 18,5 °C | 15,8 °C |
| April | 5,0 °C | 14,5 °C | -2,6 °C | 17,5 °C | 18,9 °C | 17,0 °C |
| Mai | 8,5 °C | 19,6 °C | 0,1 °C | 17,7 °C | 20,1 °C | 17,0 °C |
| Juni | 11,8 °C | 22,1 °C | 3,6 °C | 18,3 °C | 21,4 °C | 17,0 °C |
| Juli | 14,1 °C | 24,4 °C | 6,4 °C | 17,8 °C | 20,7 °C | 16,9 °C |
| August | 14,4 °C | 23,7 °C | 5,6 °C | 18,4 °C | 23,0 °C | 17,0 °C |
| September | 10,7 °C | 19,6 °C | 3,7 °C | 17,9 °C | 20,4 °C | 17,0 °C |
| Oktober | 6,1 °C | 14,8 °C | -1,1 °C | 17,4 °C | 19,2 °C | 17,0 °C |
| November | 2,2 °C | 10,4 °C | -6,4 °C | 17,3 °C | 18,6 °C | 16,2 °C |
| Desember | -0,2 °C | 8,0 °C | -8,5 °C | 16,6 °C | 18,5 °C | 14,0 °C |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

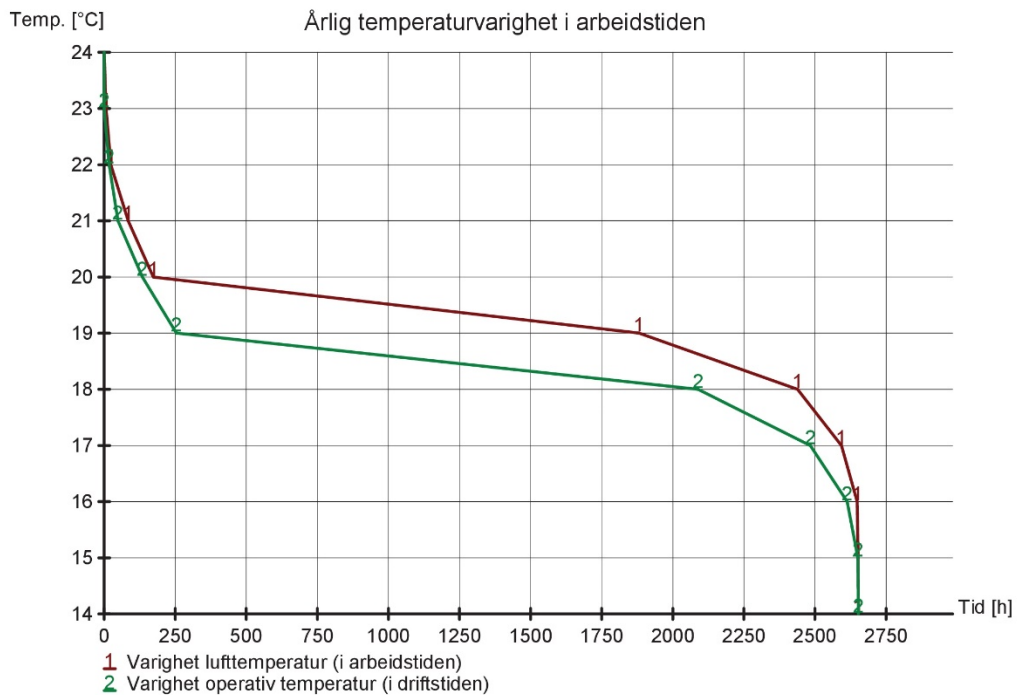




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall



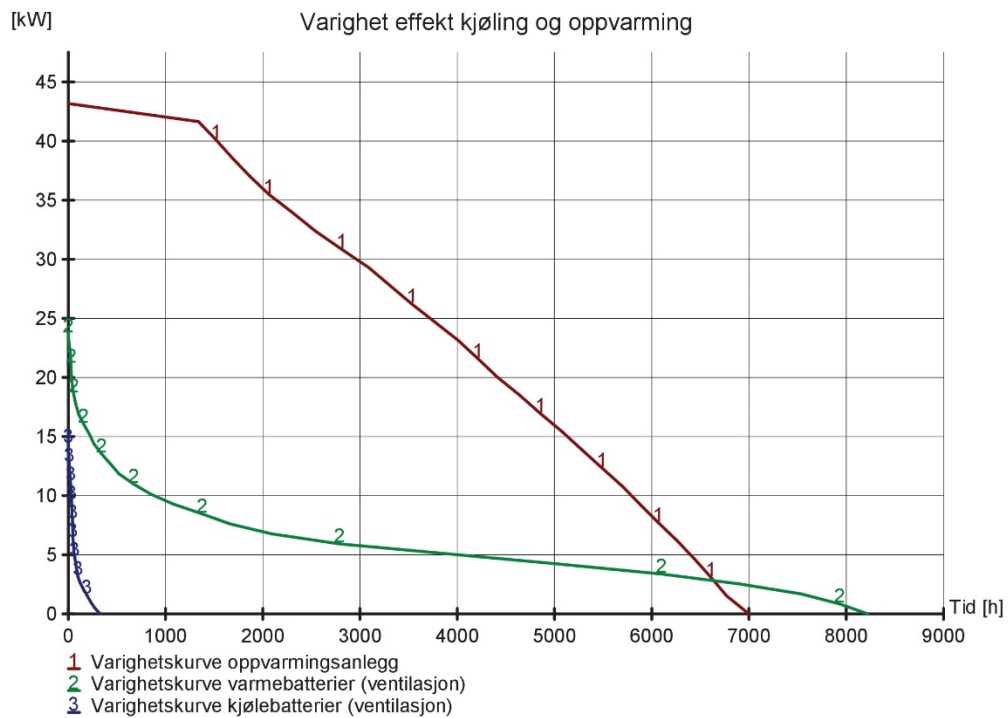
| Årlig varighet operativ temperatur i arbeidstiden | |
|---|---------------------|
| Beskrivelse | Operativ temperatur |
| Antall timer over 26°C | 0 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

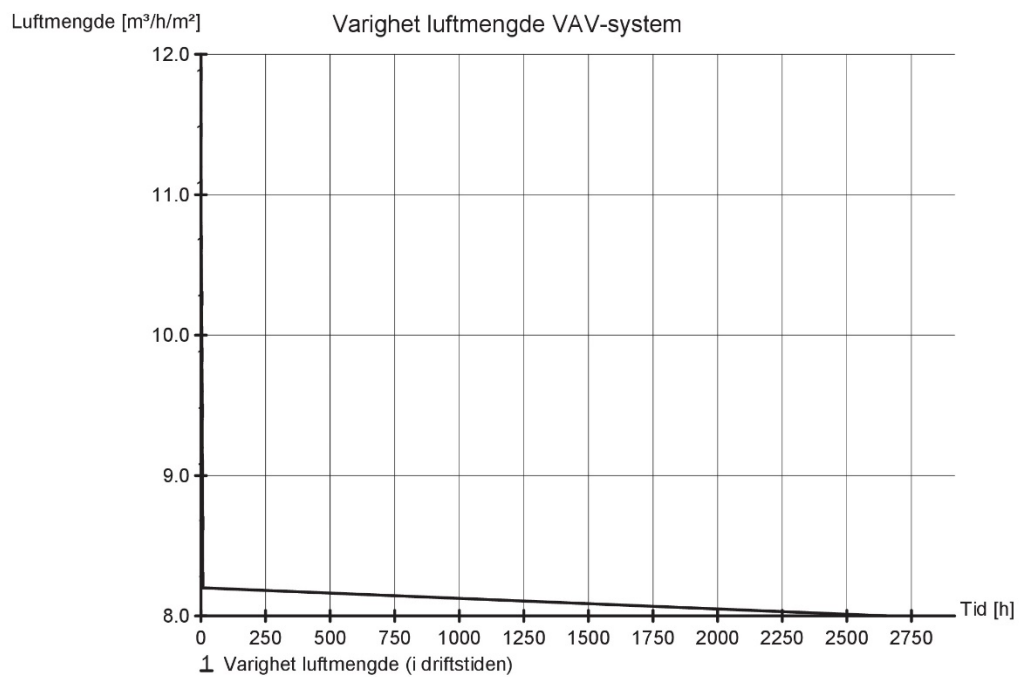
| Effekt (dekning) | Dekningsgrad effekt/energi oppvarming | Dekningsgrad energibruk |
|--|---------------------------------------|-------------------------|
| 60 kW (90 %) | | 100 % |
| 53 kW (80 %) | | 99 % |
| 47 kW (70 %) | | 95 % |
| 40 kW (60 %) | | 90 % |
| 33 kW (50 %) | | 81 % |
| 27 kW (40 %) | | 70 % |
| 20 kW (30 %) | | 56 % |
| 13 kW (20 %) | | 40 % |
| 7 kW (10 %) | | 21 % |
| Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert | | - |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Dokumentasjon av sentrale inndata (1) | | |
|--|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Areal yttervegger [m ²]: | 632 | |
| Areal tak [m ²]: | 909 | |
| Areal gulv [m ²]: | 0 | |
| Areal vinduer og ytterdører [m ²]: | 51 | |
| Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]: | 864 | |
| Oppvarmet luftvolum [m ³]: | 7544 | |
| U-verdi yttervegger [W/m ² K] | 1,30 | |
| U-verdi tak [W/m ² K] | 0,16 | |
| U-verdi gulv [W/m ² K] | 0,00 | |
| U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K] | 1,89 | |
| Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%] | 5,9 | |
| Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]: | 0,12 | |
| Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K] | 204 | |
| Lekkasjetall (n50) [1/h]: | 5,00 | |
| Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]: | 70 | |

| Dokumentasjon av sentrale inndata (2) | | |
|---|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]: | 70,0 | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]: | 2,00 | |
| Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²] | 8,01 | |
| Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²] | 3,00 | |
| Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg: | 0,86 | |
| Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]: | 80 | |
| Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C] | 18,0 | |
| Systemeffektfaktor kjøling: | 2,50 | |
| Settpunkttemperatur for romkjøling [°C] | 0,0 | |
| Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]: | 30 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]: | 0,00 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]: | 0,00 | |
| Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]: | 0,50 | |
| Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]: | 0,60 | |
| Driftstid oppvarming (timer) | 12,0 | |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Dokumentasjon av sentrale inndata (3) | | |
|--|---------------------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Driftstid kjøling (timer) | 0,0 | |
| Driftstid ventilasjon (timer) | 12,0 | |
| Driftstid belysning (timer) | 12,0 | |
| Driftstid utstyr (timer) | 12,0 | |
| Oppholdstid personer (timer) | 12,0 | |
| Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²] | 8,00 | |
| Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²] | 8,00 | |
| Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²] | 1,00 | |
| Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²] | 1,00 | |
| Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²] | 9,50 | |
| Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²] | 0,00 | |
| Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²] | 10,00 | |
| Total solfaktor for vindu og solskjerming: | 0,75 | |
| Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer: | 0,20 | |
| Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V): | 1,00/1,00/1,00/1,00 | |

| Inndata bygning | |
|----------------------|---------------------|
| Beskrivelse | Verdi |
| Bygningskategori | Idrettsbygg |
| Simuleringsansvarlig | Marta Hugøy Sandnes |
| Kommentar | |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata klima | Verdi |
|--------------------------------------|---------------|---------------------|
| Klimasted | | Førde |
| Breddegrad | | 61° 27' |
| Lengdegrad | | 5° 52' |
| Tidssone | | GMT + 1 |
| Årsmiddeltemperatur | | 6,1 °C |
| Midlere solstråling horisontal flate | | 85 W/m ² |
| Midlere vindhastighet | | 2,8 m/s |

| Beskrivelse | Inndata energiforsyning | Verdi |
|----------------|-------------------------|---|
| 1a Direkte el. | | Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 % |
| 4 Fjernvarme | | Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,83 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,90 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utslipp: 231 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 % |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata ekspertverdier | Verdi |
|--|------------------------|-------|
| Konvektiv andel varmetilskudd belysning | | 0,30 |
| Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr | | 0,50 |
| Konvektiv andel varmetilskudd personer | | 0,50 |
| Konvektiv andel varmetilskudd sol | | 0,50 |
| Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger | | 2,50 |
| Konvektiv varmoverføringskoeff. himling | | 2,00 |
| Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv | | 3,00 |
| Bypassfaktor kjølebatteri | | 0,25 |
| Innv. varmemotstand på vinduruter | | 0,13 |
| Midlere lufthastighet romluft | | 0,15 |
| Turbulensintensitet romluft | | 25,00 |
| Avstand fra vindu | | 0,60 |
| Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]: | | 20,00 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata rom/soner | Verdi |
|-----------------------------------|-------------------|---|
| Oppvarmet gulvareal | | 863,5 m ² |
| Oppvarmet luftvolum | | 7544,1 m ³ |
| Normalisert kuldebroverdi | | 0,12 W/(m ² K) |
| Varmekapasitet møbler/interiør | | 6,0 Wh/m ² (Tungt møblert rom) |
| Lekkasjetall (luftskifte v. 50pa) | | 5,00 ach |
| Skjerming i terrenget | | Moderat skjerming |
| Fasadesituasjon | | Flere eksponerte fasader |
| Driftsdager i Januar | | 21 |
| Driftsdager i Februar | | 20 |
| Driftsdager i Mars | | 23 |
| Driftsdager i April | | 22 |
| Driftsdager i Mai | | 21 |
| Driftsdager i Juni | | 19 |
| Driftsdager i Juli | | 0 |
| Driftsdager i August | | 12 |
| Driftsdager i September | | 22 |
| Driftsdager i Oktober | | 21 |
| Driftsdager i November | | 22 |
| Driftsdager i Desember | | 18 |

| Beskrivelse | Inndata fasade/yttervegg | Verdi |
|---------------------------------|--------------------------|--|
| Navn: | | Fasade sør (fasade) |
| Totalt areal | | 337,5 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | | 180° |
| Innv. akkumulerende sjikt | | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | | Egendefinert Uverdi: 2,12 W/m ² K |
| Utvendig absorptionskoeffisient | | 0,80 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata fasade/yttervegg | |
|---------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Fasade aust (fasade) |
| Totalt areal | 172,8 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 90° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,36 W/m ² K |

| Inndata vinduselement | |
|--|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Vindaugsband a (Vindu(er) på Fasade aust) |
| Antall vinduer | 1 |
| Høyde vindu(er) | 1,10 m |
| Bredde vindu(er) | 24,10 m |
| Karm-/ramme faktor | 0,20 |
| Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.) | 1,89 W/m ² K |
| Konstant (fast) solskjerming | Standard konstant solskjerming Total solfaktor: 0,75 |

| Inndata fasade/yttervegg | |
|---------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Fasade vest (fasade) |
| Totalt areal | 172,8 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 270° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,35 W/m ² K |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata vinduselement | |
|--|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Glas med dør (Vindu(er) på Fasade vest) |
| Antall vinduer | 1 |
| Høyde vindu(er) | 1,10 m |
| Bredde vindu(er) | 6,20 m |
| Karm-/ramme faktor | 0,20 |
| Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.) | 1,89 W/m ² K |
| Konstant (fast) solskjerming | Standard konstant solskjerming Total solfaktor: 0,75 |

| Inndata vinduselement | |
|--|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Vindaugsband (Vindu(er) på Fasade vest) |
| Antall vinduer | 1 |
| Høyde vindu(er) | 1,10 m |
| Bredde vindu(er) | 15,82 m |
| Karm-/ramme faktor | 0,20 |
| Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.) | 1,89 W/m ² K |
| Konstant (fast) solskjerming | Standard konstant solskjerming Total solfaktor: 0,75 |

| Inndata skillekonstruksjon | |
|----------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Vegg mot resten av bygget (skillekonstruksjon) |
| Totalt areal | 312,5 m ² |
| Konstruksjonstype | Vegg |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Vendt mot annen sone | Sone med lik temperatur |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata yttertak | |
|---------------------------|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Flatt tak (yttertak) |
| Totalt areal | 434,5 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 180° |
| Takvinkel | 0,0° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |

| Inndata yttertak | |
|---------------------------|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Tak mot aust (yttertak) |
| Totalt areal | 170,9 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 90° |
| Takvinkel | 32,1° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |

| Inndata yttertak | |
|---------------------------|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Tak mot vest (yttertak) |
| Totalt areal | 303,4 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 270° |
| Takvinkel | 17,4° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata skillekonstruksjon | Verdi |
|---------------------------|----------------------------|---|
| Navn: | | Golv (skillekonstruksjon) |
| Totalt areal | | 863,5 m ² |
| Konstruksjonstype | | Gulv |
| Innv. akkumulerende sjikt | | Tungt gulv Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Vendt mot annen sone | | Sone med lik temperatur |

| Beskrivelse | Inndata VAV-Ventilasjon | Verdi |
|---|-------------------------|--|
| Navn: | | Ventilasjon (VAV) |
| Systemtype | | Prøver å holde romtemperaturen under 23.0 °C |
| Luftmengde | | Maks.: 12.0 m ³ /h/m ² ; Min.: 8.0 m ³ /h/m ² ; Utenfor: 3.0 m ³ /h/m ² ; Helg: 3.0 m ³ /h/m ² |
| Tilluftstemperatur | | 19.0 °C |
| Annen tilluftstemperatur sommer | | Nei |
| Driftstid | | Timer med drift: 12:00 |
| Varmebatteri | | Ja Maks. kapasitet: 30 W/m ² |
| Vannbåren distribusjon til varmebatteri | | Delta-T: 30.0 °C SPP: 0.5 kW/(l/s) |
| Kjølebatteri | | Maks. kapasitet: 30 W/m ² |
| Vannbåren distribusjon til kjølebatteri | | Delta-T: 6.0 °C SPP: 0.6 kW/(l/s) |
| Varmegjenvinner | | Ja, temperaturvirkningsgrad: 0.70 |
| Vifter | | Plassering tilluftsvifte: Etter gjenvinner Plassering avtrekksvifte: Etter gjenvinner |
| SFP-faktor vifter | | 2.00 kW/m ³ /s |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata oppvarming | |
|---|---------------------------|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Oppvarming (oppvarming) |
| Settpunkttemperatur i driftstid | 19,0 °C |
| Settpunkttemperatur utenfor driftstiden | 17,0 °C |
| Maks. kapasitet | 50 W/m ² |
| Konvektiv andel oppvarming | 0,50 |
| Driftstid | 12:00 timer drift pr døgn |
| Vannbårent oppvarmingsanlegg | Nei |

| Inndata belysning | |
|--------------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, belysning) |
| Effekt/Varmetilskudd belysning | I driftstiden; Effekt: 8,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Antall timer drift pr døgn: 12:00 |

| Inndata teknisk utstyr (internlast) | |
|-------------------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, teknisk utstyr) |
| Effekt/Varmetilskudd teknisk utstyr | I driftstiden; Effekt: 1,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Antall timer drift pr døgn: 12:00 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 10:47 12/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Tiltak søyler og bjelkar.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata oppvarming av tappevann | |
|---------------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, tappevann) |
| Tappevann | Driftsdag; Midlere effekt: 9,5 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; Vanndamp: 0,0 g/m ² Helg/feriedag: Midlere effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; ; Vanndamp: 0,0 g/m ² |

| Inndata varmetilskudd personer (internlast) | |
|---|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, varmetilskudd personer) |
| Varmetilskudd personer | I arbeidstiden: 10,0 W/m ² Utenfor arbeidstiden: 0,0 W/m ² Ferie/helgedager: 0,0 W/m ² Antall arbeidstimer: 12:00 |

10.6 Energibruk etter utført tiltak

Input-verdiar i Simien med tiltak på sør og austfasade

| Bygningsdel | Verdi |
|---------------------------|--------------------------|
| Lekkasjetal | 1,0 1/h |
| Normalisert kuldebruverdi | 0,120 W/m ² K |
| Fasade sør, U-verdi | 0,93 W/m ² K |
| Fasade aust, U-verdi | 0,16 W/m ² K |
| Fasade vest, U-verdi | 0,35 W/m ² K |
| Tak, U-verdi | 0,16 W/m ² K |
| Vindauge aust, U-verdi | 0,71 W/m ² K |

Det er antekt at fjernvarmen dekker 100 % av romoppvarminga, medan dei andre postane er dekkja av elektrisitet.

Dei resterande verdiane er føreslått verdiar frå Simien.



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Energipost | Energibudsjett | Energibehov | Spesifikt energibehov |
|--|----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1a Romoppvarming | | 35810 kWh | 41,5 kWh/m ² |
| 1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier) | | 41181 kWh | 47,7 kWh/m ² |
| 2 Varmtvann (tappevann) | | 43510 kWh | 50,4 kWh/m ² |
| 3a Vifter | | 16774 kWh | 19,4 kWh/m ² |
| 3b Pumper | | 550 kWh | 0,6 kWh/m ² |
| 4 Belysning | | 18321 kWh | 21,2 kWh/m ² |
| 5 Teknisk utstyr | | 2290 kWh | 2,7 kWh/m ² |
| 6a Romkjøling | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier) | | 1049 kWh | 1,2 kWh/m ² |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | | 159484 kWh | 184,7 kWh/m² |

| Energivare | Levert energi til bygningen (beregnet) | Levert energi | Spesifikk levert energi |
|--------------------------------------|--|-------------------|--------------------------------|
| 1a Direkte el. | | 128661 kWh | 149,0 kWh/m ² |
| 1b El. til varmepumpesystem | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 1c El. til solfangersystem | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 2 Olje | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 3 Gass | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 4 Fjernvarme | | 43144 kWh | 50,0 kWh/m ² |
| 5 Biobrensel | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 6. Annen energikilde | | 0 kWh | 0,0 kWh/m ² |
| 7. Solstrøm til egenbruk | | -0 kWh | -0,0 kWh/m ² |
| Totalt levert energi, sum 1-7 | | 171805 kWh | 199,0 kWh/m² |
| Solstrøm til eksport | | -0 kWh | -0,0 kWh/m ² |
| Netto levert energi | | 171805 kWh | 199,0 kWh/m² |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder | | | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Energikilder | Romoppv. | Varmebatterier | Varmtvann | Kjølebatterier | Romkjøling | El. spesifikt |
| El. | 0,0 kWh/m ² | 47,7 kWh/m ² | 50,4 kWh/m ² | 1,2 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 43,9 kWh/m ² |
| Olje | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Gass | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Fjernvarme | 41,5 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Biobrensel | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Varmepumpe | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Sol | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Annen | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² |
| Sum | 41,5 kWh/m ² | 47,7 kWh/m ² | 50,4 kWh/m ² | 1,2 kWh/m ² | 0,0 kWh/m ² | 43,9 kWh/m ² |

| Årlige utslipp av CO ₂ | | |
|-----------------------------------|----------|------------------------|
| Energivare | Utslipp | Spesifikt utslipp |
| 1a Direkte el. | 50821 kg | 58,9 kg/m ² |
| 1b El. til varmepumpesystem | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 1c El. til solfangersystem | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 2 Olje | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 3 Gass | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 4 Fjernvarme | 9966 kg | 11,5 kg/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 6. Annen energikilde | 0 kg | 0,0 kg/m ² |
| 7. Solstrøm til egenbruk | -0 kg | -0,0 kg/m ² |
| Totalt utslipp, sum 1-7 | 60787 kg | 70,4 kg/m ² |
| Solstrøm til eksport | -0 kg | -0,0 kg/m ² |
| Netto CO ₂ -utslipp | 60787 kg | 70,4 kg/m ² |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

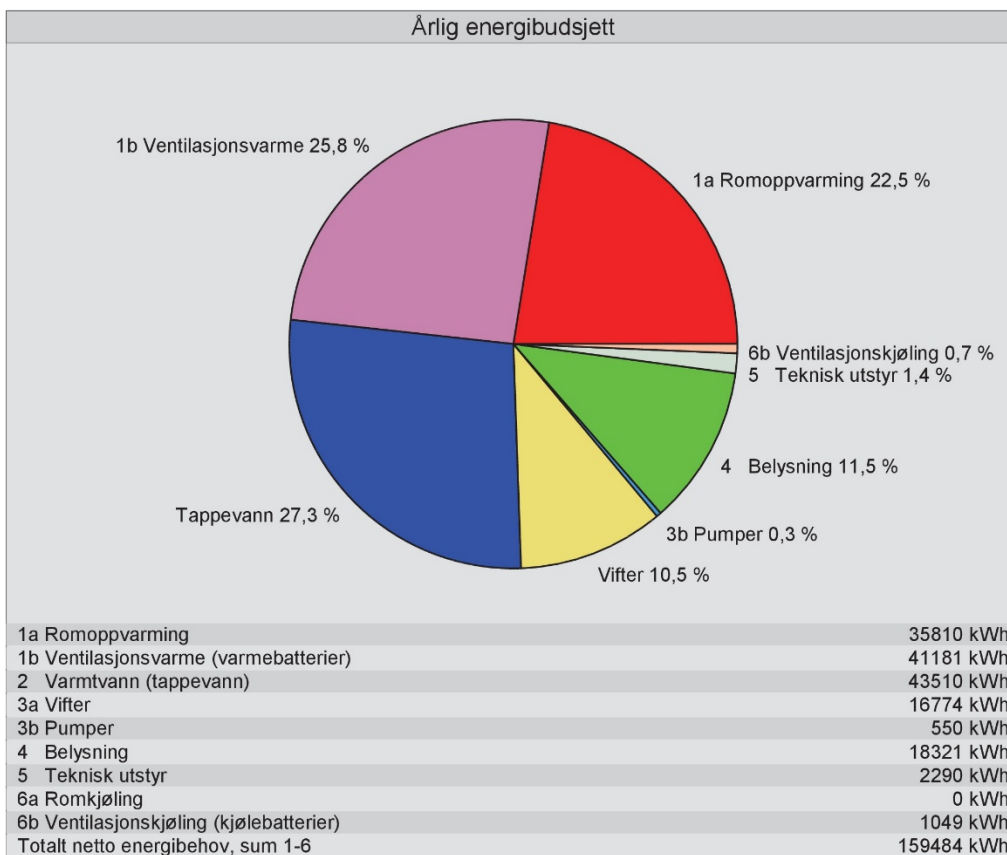
| Energivare | Kostnad kjøpt energi | |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Energikostnad | Spesifikk energikostnad |
| 1a Direkte el. | 109362 kr | 126,6 kr/m ² |
| 1b El. til varmepumpesystem | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 1c El. til solfangersystem | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 2 Olje | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 3 Gass | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 4 Fjernvarme | 36673 kr | 42,5 kr/m ² |
| 5 Biobrensel | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 6. Annen energikilde | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| 7. Solstrøm til egenbruk | -0 kr | -0,0 kr/m ² |
| Årlige energikostnader, sum 1-7 | 146034 kr | 169,1 kr/m ² |
| Solstrøm til eksport | 0 kr | 0,0 kr/m ² |
| Netto energikostnad | 146034 kr | 169,1 kr/m ² |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

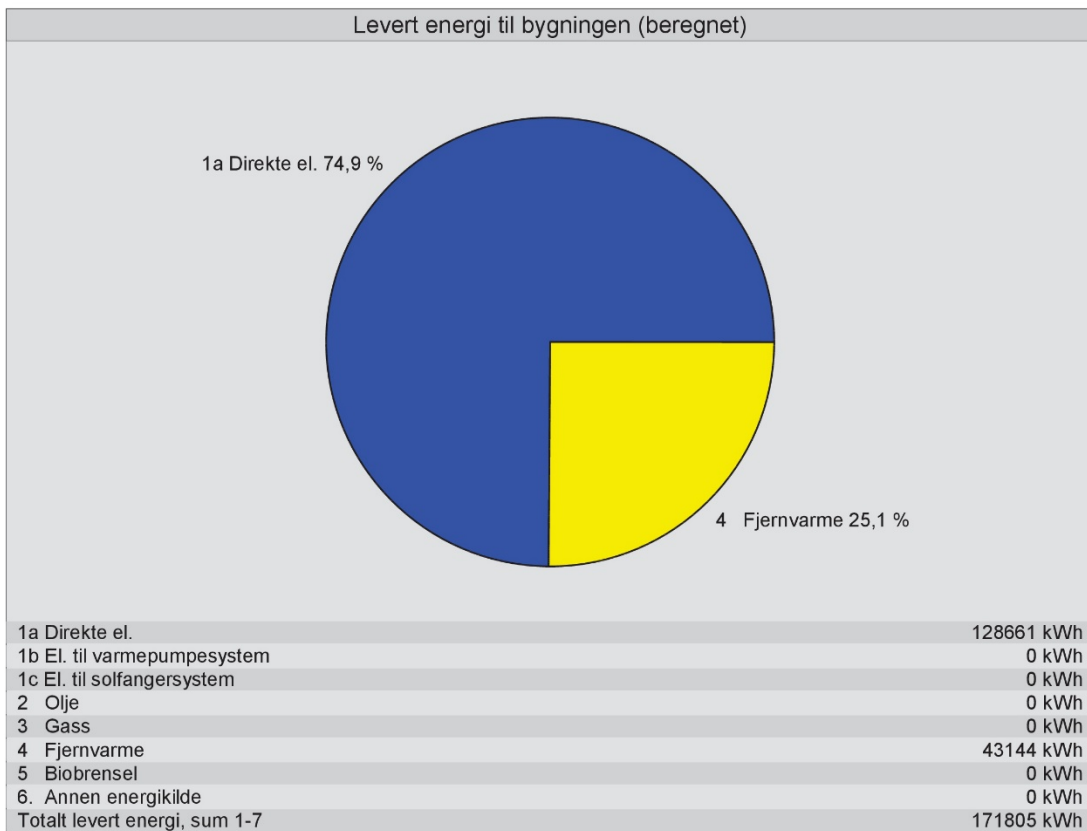




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

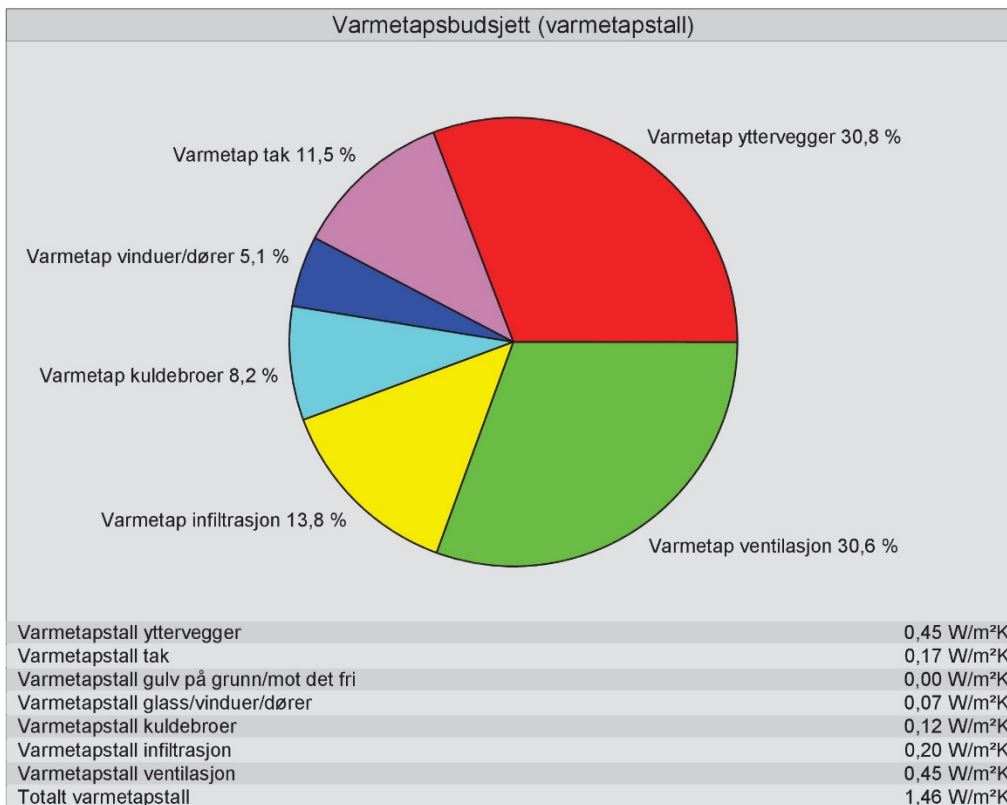




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

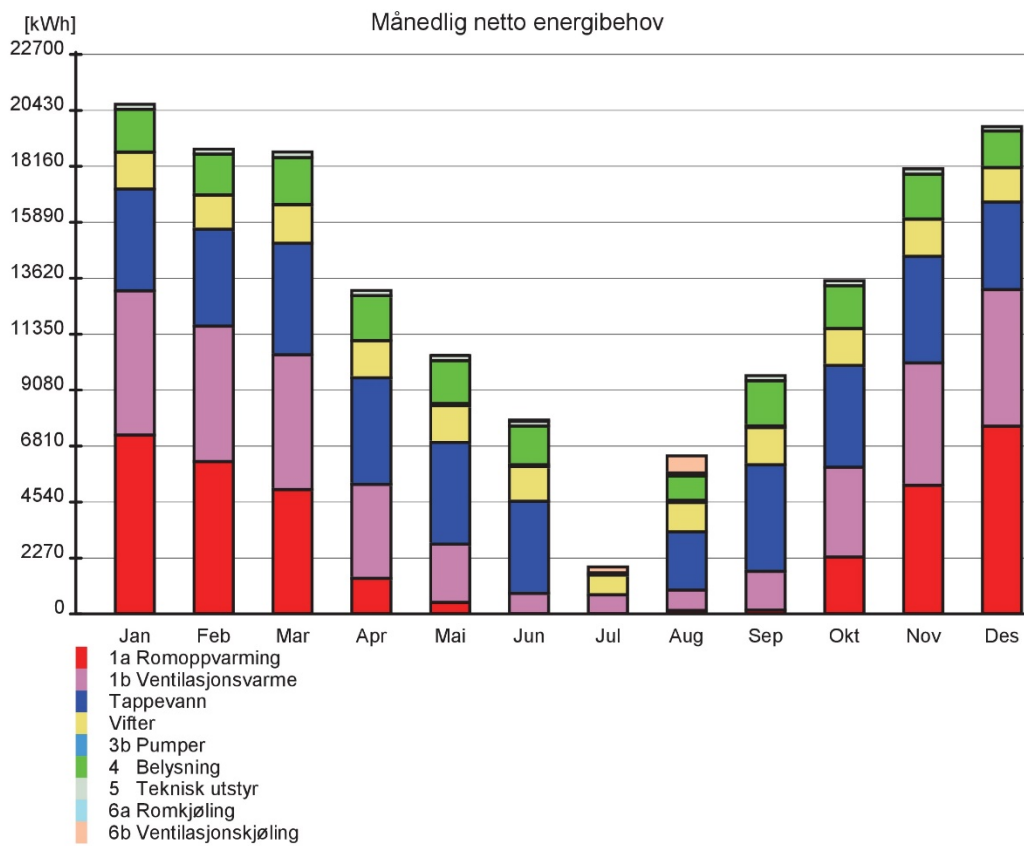




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

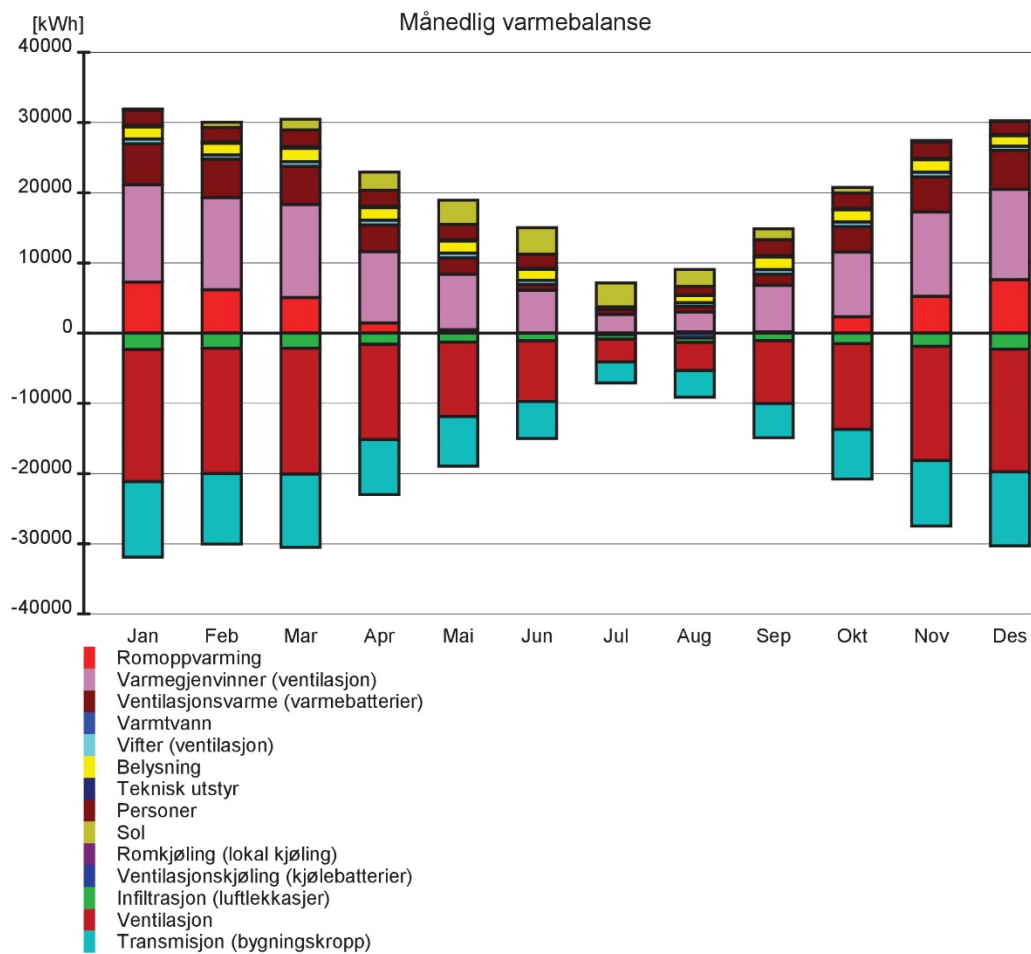




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Måned | Månedlige temperaturdata (lufttemperatur) | | | | | |
|-----------|---|-----------|----------|--------------|------------|-----------|
| | Midlere ute | Maks. ute | Min. ute | Midlere sone | Maks. sone | Min. sone |
| Januar | -0,4 °C | 7,4 °C | -11,5 °C | 17,7 °C | 19,1 °C | 17,0 °C |
| Februar | -0,8 °C | 6,5 °C | -10,6 °C | 17,7 °C | 19,2 °C | 17,0 °C |
| Mars | 1,0 °C | 9,2 °C | -6,4 °C | 17,8 °C | 19,8 °C | 17,0 °C |
| April | 5,0 °C | 14,5 °C | -2,6 °C | 18,2 °C | 20,5 °C | 17,0 °C |
| Mai | 8,5 °C | 19,6 °C | 0,1 °C | 18,9 °C | 21,9 °C | 17,0 °C |
| Juni | 11,8 °C | 22,1 °C | 3,6 °C | 20,5 °C | 23,0 °C | 18,1 °C |
| Juli | 14,1 °C | 24,4 °C | 6,4 °C | 19,1 °C | 21,1 °C | 17,3 °C |
| August | 14,4 °C | 23,7 °C | 5,6 °C | 19,5 °C | 23,0 °C | 17,0 °C |
| September | 10,7 °C | 19,6 °C | 3,7 °C | 19,4 °C | 22,3 °C | 17,0 °C |
| Oktober | 6,1 °C | 14,8 °C | -1,1 °C | 18,0 °C | 20,6 °C | 17,0 °C |
| November | 2,2 °C | 10,4 °C | -6,4 °C | 17,8 °C | 19,1 °C | 17,0 °C |
| Desember | -0,2 °C | 8,0 °C | -8,5 °C | 17,6 °C | 19,0 °C | 17,0 °C |

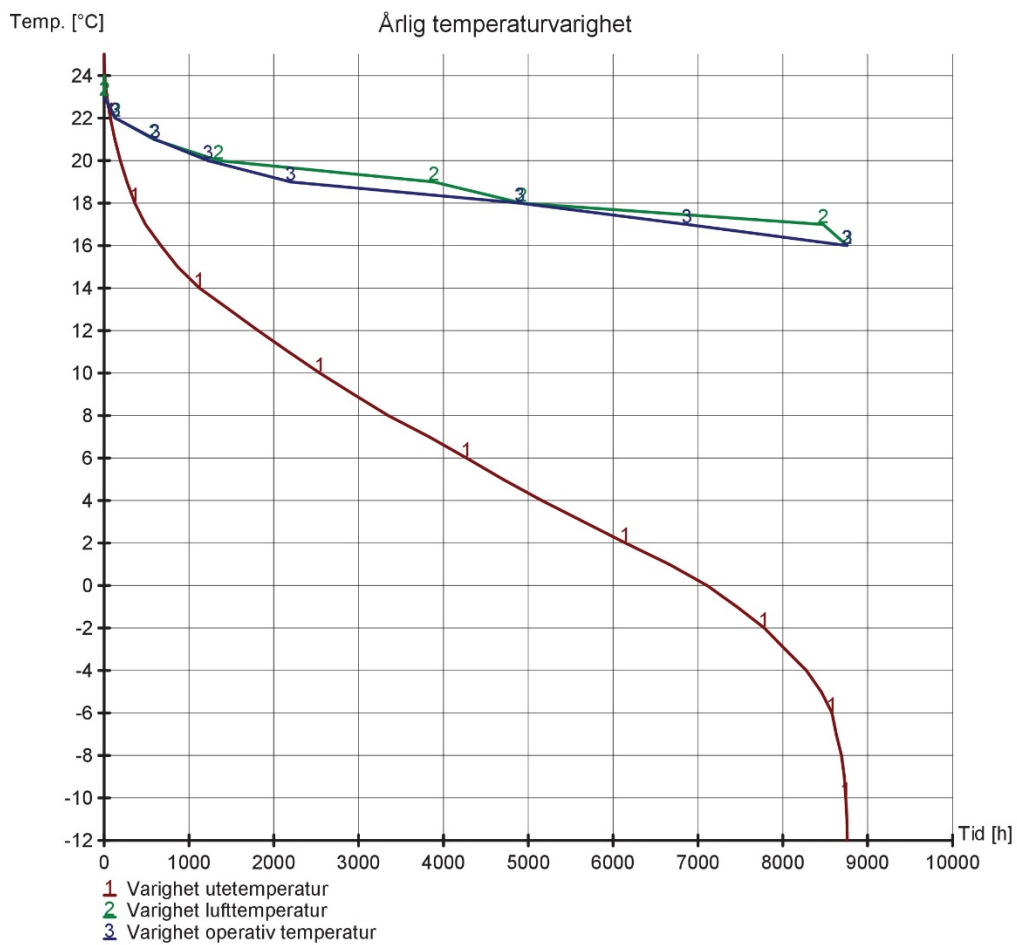
| Måned | Månedlige temperaturdata (operativ temperatur) | | | | | |
|-----------|--|-----------|----------|--------------|------------|-----------|
| | Midlere ute | Maks. ute | Min. ute | Midlere sone | Maks. sone | Min. sone |
| Januar | -0,4 °C | 7,4 °C | -11,5 °C | 17,4 °C | 19,0 °C | 17,0 °C |
| Februar | -0,8 °C | 6,5 °C | -10,6 °C | 17,4 °C | 18,6 °C | 16,7 °C |
| Mars | 1,0 °C | 9,2 °C | -6,4 °C | 17,5 °C | 19,1 °C | 16,7 °C |
| April | 5,0 °C | 14,5 °C | -2,6 °C | 18,0 °C | 19,9 °C | 16,9 °C |
| Mai | 8,5 °C | 19,6 °C | 0,1 °C | 18,8 °C | 21,6 °C | 17,0 °C |
| Juni | 11,8 °C | 22,1 °C | 3,6 °C | 20,5 °C | 22,9 °C | 18,8 °C |
| Juli | 14,1 °C | 24,4 °C | 6,4 °C | 19,0 °C | 20,7 °C | 17,4 °C |
| August | 14,4 °C | 23,7 °C | 5,6 °C | 19,4 °C | 23,0 °C | 17,0 °C |
| September | 10,7 °C | 19,6 °C | 3,7 °C | 19,4 °C | 22,2 °C | 17,0 °C |
| Oktober | 6,1 °C | 14,8 °C | -1,1 °C | 17,8 °C | 20,0 °C | 17,0 °C |
| November | 2,2 °C | 10,4 °C | -6,4 °C | 17,5 °C | 18,7 °C | 16,7 °C |
| Desember | -0,2 °C | 8,0 °C | -8,5 °C | 17,3 °C | 18,6 °C | 17,0 °C |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

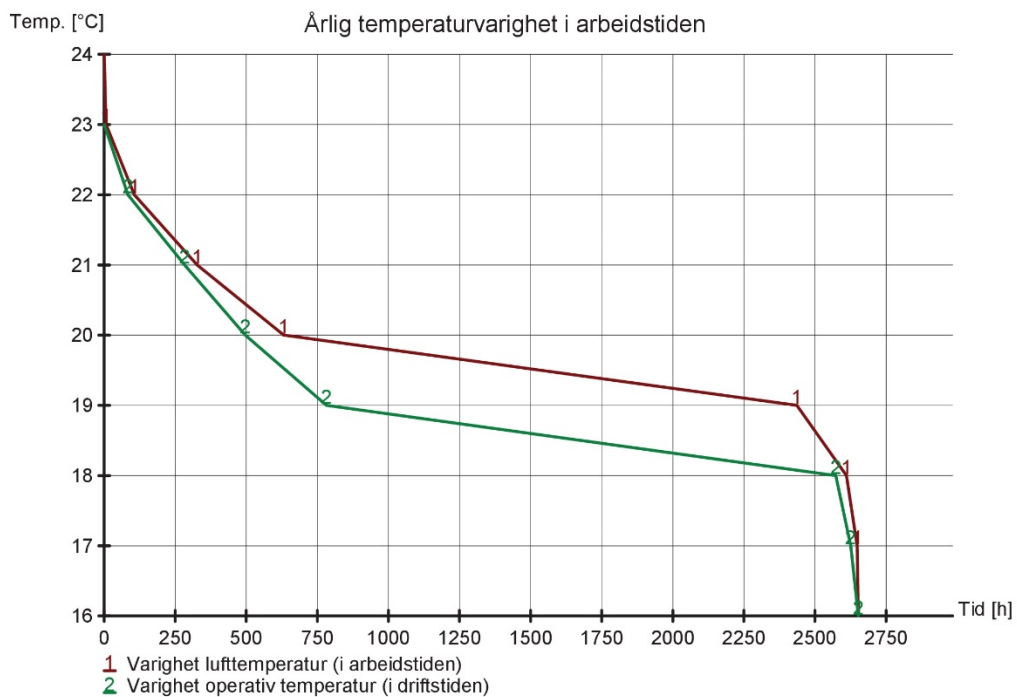




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall



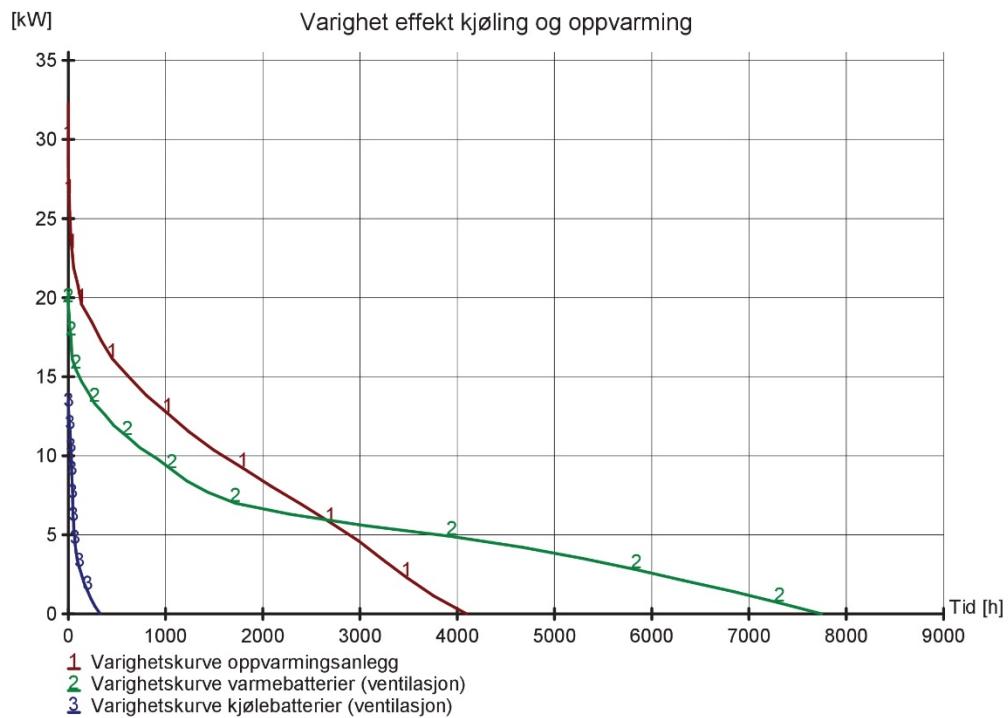
| Årlig varighet operativ temperatur i arbeidstiden | |
|---|---------------------|
| Beskrivelse | Operativ temperatur |
| Antall timer over 26°C | 0 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

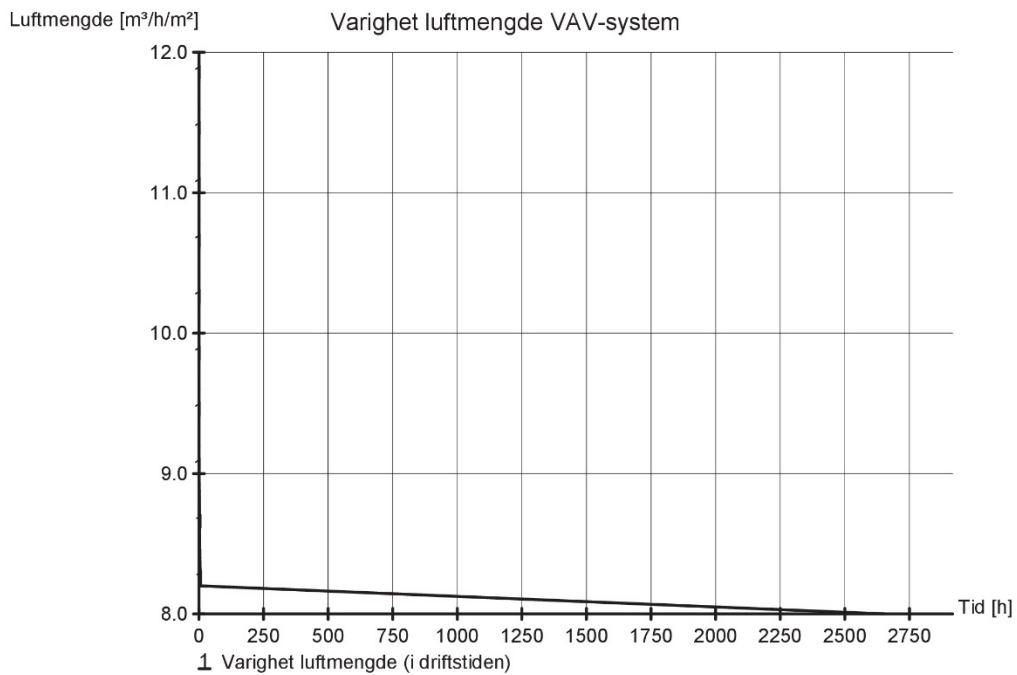
| Effekt (dekning) | Dekningsgrad effekt/energi oppvarming | Dekningsgrad energibruk |
|--|---------------------------------------|-------------------------|
| 46 kW (90 %) | | 100 % |
| 41 kW (80 %) | | 100 % |
| 36 kW (70 %) | | 100 % |
| 31 kW (60 %) | | 99 % |
| 26 kW (50 %) | | 96 % |
| 20 kW (40 %) | | 91 % |
| 15 kW (30 %) | | 81 % |
| 10 kW (20 %) | | 64 % |
| 5 kW (10 %) | | 40 % |
| Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert | | - |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Dokumentasjon av sentrale inndata (1) | | |
|--|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Areal yttervegger [m ²]: | 632 | |
| Areal tak [m ²]: | 909 | |
| Areal gulv [m ²]: | 0 | |
| Areal vinduer og ytterdører [m ²]: | 51 | |
| Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]: | 864 | |
| Oppvarmet luftvolum [m ³]: | 7544 | |
| U-verdi yttervegger [W/m ² K] | 0,62 | |
| U-verdi tak [W/m ² K] | 0,16 | |
| U-verdi gulv [W/m ² K] | 0,00 | |
| U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K] | 1,27 | |
| Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%] | 5,9 | |
| Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]: | 0,12 | |
| Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K] | 204 | |
| Lekkasjetall (n50) [1/h]: | 1,00 | |
| Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]: | 70 | |

| Dokumentasjon av sentrale inndata (2) | | |
|---|-------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]: | 70,0 | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]: | 2,00 | |
| Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²] | 8,00 | |
| Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²] | 3,00 | |
| Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg: | 0,90 | |
| Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]: | 80 | |
| Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C] | 18,0 | |
| Systemeffektfaktor kjøling: | 2,50 | |
| Settpunkttemperatur for romkjøling [°C] | 0,0 | |
| Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]: | 30 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]: | 0,00 | |
| Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]: | 0,00 | |
| Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]: | 0,50 | |
| Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]: | 0,60 | |
| Driftstid oppvarming (timer) | 12,0 | |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Dokumentasjon av sentrale inndata (3) | | |
|--|---------------------|---------------|
| Beskrivelse | Verdi | Dokumentasjon |
| Driftstid kjøling (timer) | 0,0 | |
| Driftstid ventilasjon (timer) | 12,0 | |
| Driftstid belysning (timer) | 12,0 | |
| Driftstid utstyr (timer) | 12,0 | |
| Oppholdstid personer (timer) | 12,0 | |
| Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²] | 8,00 | |
| Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²] | 8,00 | |
| Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²] | 1,00 | |
| Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²] | 1,00 | |
| Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²] | 9,50 | |
| Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²] | 0,00 | |
| Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²] | 10,00 | |
| Total solfaktor for vindu og solskjerming: | 0,75 | |
| Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer: | 0,20 | |
| Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V): | 1,00/1,00/1,00/1,00 | |

| Inndata bygning | |
|----------------------|---------------------|
| Beskrivelse | Verdi |
| Bygningskategori | Idrettsbygg |
| Simuleringsansvarlig | Marta Hugøy Sandnes |
| Kommentar | |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata klima | Verdi |
|--------------------------------------|---------------|---------------------|
| Klimasted | | Førde |
| Breddegrad | | 61° 27' |
| Lengdegrad | | 5° 52' |
| Tidssone | | GMT + 1 |
| Årsmiddeltemperatur | | 6,1 °C |
| Midlere solstråling horisontal flate | | 85 W/m ² |
| Midlere vindhastighet | | 2,8 m/s |

| Beskrivelse | Inndata energiforsyning | Verdi |
|----------------|-------------------------|--|
| 1a Direkte el. | | Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO ₂ -utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 % |
| 4 Fjernvarme | | Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,83 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,90 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO ₂ -utslipp: 231 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 % |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata ekspertverdier | Verdi |
|--|------------------------|-------|
| Konvektiv andel varmetilskudd belysning | | 0,30 |
| Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr | | 0,50 |
| Konvektiv andel varmetilskudd personer | | 0,50 |
| Konvektiv andel varmetilskudd sol | | 0,50 |
| Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger | | 2,50 |
| Konvektiv varmoverføringskoeff. himling | | 2,00 |
| Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv | | 3,00 |
| Bypassfaktor kjølebatteri | | 0,25 |
| Innv. varmemotstand på vinduruter | | 0,13 |
| Midlere lufthastighet romluft | | 0,15 |
| Turbulensintensitet romluft | | 25,00 |
| Avstand fra vindu | | 0,60 |
| Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]: | | 20,00 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata rom/sone | Verdi |
|----------------------------------|------------------|---|
| Oppvarmet gulvareal | | 863,5 m ² |
| Oppvarmet luftvolum | | 7544,1 m ³ |
| Normalisert kuldebroverdi | | 0,12 W/(m ² K) |
| Varmekapasitet møbler/interiør | | 6,0 Wh/m ² (Tungt møblert rom) |
| Lekkasjetall (luftsifte v. 50pa) | | 1,00 ach |
| Skjerming i terrenget | | Moderat skjerming |
| Fasadesituasjon | | Flere eksponerte fasader |
| Driftsdager i Januar | | 21 |
| Driftsdager i Februar | | 20 |
| Driftsdager i Mars | | 23 |
| Driftsdager i April | | 22 |
| Driftsdager i Mai | | 21 |
| Driftsdager i Juni | | 19 |
| Driftsdager i Juli | | 0 |
| Driftsdager i August | | 12 |
| Driftsdager i September | | 22 |
| Driftsdager i Oktober | | 21 |
| Driftsdager i November | | 22 |
| Driftsdager i Desember | | 18 |

| Beskrivelse | Inndata fasade/yttervegg | Verdi |
|---------------------------------|--------------------------|--|
| Navn: | | Fasade sør (Svømmehall) (fasade) |
| Totalt areal | | 337,5 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | | 180° |
| Innv. akkumulerende sjikt | | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | | Egendefinert Uverdi: 0,93 W/m ² K |
| Utvendig absorpsjonskoeffisient | | 0,80 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata fasade/yttervegg | |
|---------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Fasade aust (Svømmehall) (fasade) |
| Totalt areal | 172,8 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 90° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |

| Inndata vinduselement | |
|--|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Vindaugsband a (Svømmehall, Fasade aust) (Vindu(er) på Fasade aust (Svømmehall)) |
| Antall vinduer | 1 |
| Høyde vindu(er) | 1,10 m |
| Bredde vindu(er) | 24,10 m |
| Karm-/ramme faktor | 0,20 |
| Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.) | 0,71 W/m ² K |
| Konstant (fast) solskjerming | Standard konstant solskjerming Total solfaktor: 0,75 |

| Inndata fasade/yttervegg | |
|---------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Fasade vest (fasade) |
| Totalt areal | 172,8 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 270° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,35 W/m ² K |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata vinduselement | |
|--|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Glas med dør (Vindu(er) på Fasade vest) |
| Antall vinduer | 1 |
| Høyde vindu(er) | 1,10 m |
| Bredde vindu(er) | 6,20 m |
| Karm-/ramme faktor | 0,20 |
| Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.) | 1,89 W/m ² K |
| Konstant (fast) solskjerming | Standard konstant solskjerming Total solfaktor: 0,75 |

| Inndata vinduselement | |
|--|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Vindaugsband (Vindu(er) på Fasade vest) |
| Antall vinduer | 1 |
| Høyde vindu(er) | 1,10 m |
| Bredde vindu(er) | 15,82 m |
| Karm-/ramme faktor | 0,20 |
| Total U-verdi (rute+karm/rammekonstr.) | 1,89 W/m ² K |
| Konstant (fast) solskjerming | Standard konstant solskjerming Total solfaktor: 0,75 |

| Inndata skillekonstruksjon | |
|----------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Vegg mot resten av bygget (skillekonstruksjon) |
| Totalt areal | 312,5 m ² |
| Konstruksjonstype | Vegg |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Vendt mot annen sone | Sone med lik temperatur |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata yttertak | |
|---------------------------|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Flatt tak (yttertak) |
| Totalt areal | 434,5 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 180° |
| Takvinkel | 0,0° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |

| Inndata yttertak | |
|---------------------------|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Tak mot aust (yttertak) |
| Totalt areal | 170,9 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 90° |
| Takvinkel | 32,1° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |

| Inndata yttertak | |
|---------------------------|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Tak mot vest (yttertak) |
| Totalt areal | 303,4 m ² |
| Retning (0=Nord, 180=Sør) | 270° |
| Takvinkel | 17,4° |
| Innv. akkumulerende sjikt | Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Konstruksjon | Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Beskrivelse | Inndata skillekonstruksjon | Verdi |
|---------------------------|----------------------------|---|
| Navn: | | Golv (skillekonstruksjon) |
| Totalt areal | | 863,5 m ² |
| Konstruksjonstype | | Gulv |
| Innv. akkumulerende sjikt | | Tungt gulv Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K |
| Vendt mot annen sone | | Sone med lik temperatur |

| Beskrivelse | Inndata VAV-Ventilasjon | Verdi |
|---|-------------------------|--|
| Navn: | | Ventilasjon (VAV) |
| Systemtype | | Prøver å holde romtemperaturen under 23.0 °C |
| Luftmengde | | Maks.: 12.0 m ³ /h/m ² ; Min.: 8.0 m ³ /h/m ² ; Utenfor: 3.0 m ³ /h/m ² ; Helg: 3.0 m ³ /h/m ² |
| Tilluftstemperatur | | 19.0 °C |
| Annen tilluftstemperatur sommer | | Nei |
| Driftstid | | Timer med drift: 12:00 |
| Varmebatteri | | Ja Maks. kapasitet: 30 W/m ² |
| Vannbåren distribusjon til varmebatteri | | Delta-T: 30.0 °C SPP: 0.5 kW/(l/s) |
| Kjølebatteri | | Maks. kapasitet: 30 W/m ² |
| Vannbåren distribusjon til kjølebatteri | | Delta-T: 6.0 °C SPP: 0.6 kW/(l/s) |
| Varmegjenvinner | | Ja, temperaturvirkningsgrad: 0.70 |
| Vifter | | Plassering tilluftsvifte: Etter gjenvinner Plassering avtrekksvifte: Etter gjenvinner |
| SFP-faktor vifter | | 2.00 kW/m ³ /s |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata oppvarming | |
|---|---------------------------|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Oppvarming (oppvarming) |
| Settpunkttemperatur i driftstid | 19,0 °C |
| Settpunkttemperatur utenfor driftstiden | 17,0 °C |
| Maks. kapasitet | 50 W/m ² |
| Konvektiv andel oppvarming | 0,50 |
| Driftstid | 12:00 timer drift pr døgn |
| Vannbårent oppvarmingsanlegg | Nei |

| Inndata belysning | |
|--------------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, belysning) |
| Effekt/Varmetilskudd belysning | I driftstiden; Effekt: 8,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Antall timer drift pr døgn: 12:00 |

| Inndata teknisk utstyr (internlast) | |
|-------------------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, teknisk utstyr) |
| Effekt/Varmetilskudd teknisk utstyr | I driftstiden; Effekt: 1,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Antall timer drift pr døgn: 12:00 |



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 12:46 18/5-2019
Programversjon: 6.009
Simuleringsansvarlig: Marta Hugøy Sandnes
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\Ny fil med tiltak.smi
Prosjekt: Svømmehall Førdehuset
Sone: Svømmehall

| Inndata oppvarming av tappevann | |
|---------------------------------|--|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, tappevann) |
| Tappevann | Driftsdag; Midlere effekt: 9,5 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; Vanndamp: 0,0 g/m ² Helg/feriedag: Midlere effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; ; Vanndamp: 0,0 g/m ² |

| Inndata varmetilskudd personer (internlast) | |
|---|---|
| Beskrivelse | Verdi |
| Navn: | Internlaster (internlaster, varmetilskudd personer) |
| Varmetilskudd personer | I arbeidstiden: 10,0 W/m ² Utenfor arbeidstiden: 0,0 W/m ² Ferie/helgedager: 0,0 W/m ² Antall arbeidstimer: 12:00 |

10.7 Utvendig isolasjon av søyler og bjelkar

| <u>Øverslag areal betong</u> | | |
|--|-------|---------------------------------|
| <u>Fasade mot aust</u> | | |
| lengde | høyde | areal m ² |
| 25,10 | 2,00 | 50,20 |
| 3,36 | 4,30 | 14,45 |
| | sum: | 64,65 |
| <u>Fasade mot sør</u> | | |
| lengde | høyde | areal m ² |
| 36,30 | 1,40 | 50,82 |
| 0,45 | 7,20 | 3,24 |
| 0,60 | 7,20 | 4,32 |
| 0,60 | 7,20 | 4,32 |
| 0,60 | 9,05 | 5,43 |
| 0,60 | 10,95 | 6,57 |
| 0,60 | 10,95 | 6,57 |
| 0,45 | 7,20 | 3,24 |
| | sum: | 84,51 |
| <u>Fasade mot vest ble ikkje isolert</u> | | |
| Totalareal: | | 149,16 |
| 10% påslag for kanter | | 14,92 |
| <u>Antatt avrundet areal:</u> | | <u>164 m²</u> |

| <u>Overslag kanter betong</u> | | |
|--|--------|------------------------|
| <u>Fasade mot aust</u> | | |
| lengde | antall | sum [m] |
| 1,12 | 2 | 2,24 |
| 6,12 | 2 | 12,24 |
| 25,95 | 2 | 51,90 |
| 25,05 | 2 | 50,10 |
| 1,20 | 5 | 6,00 |
| 0,22 | 2 | 0,44 |
| sum: | | <u>122,92 m</u> |
| <u>Fasade mot sør</u> | | |
| lengde | antall | sum [m] |
| 7,32 | 7 | 51,24 |
| 9,17 | 2 | 18,34 |
| 11,05 | 4 | 44,20 |
| 0,30 | 42 | 12,60 |
| 36,70 | 4 | 146,80 |
| 12,32 | 2 | 24,64 |
| 12,40 | 2 | 24,80 |
| 6,66 | 1 | 6,66 |
| 5,70 | 1 | 5,70 |
| 6,90 | 2 | 13,80 |
| 1,20 | 2 | 2,40 |
| sum: | | <u>351,18 m</u> |
| <u>Fasade mot vest ble ikkje isolert</u> | | |
| Totallengde kanter: | | <u>474,10 m</u> |
| avrundet: | | <u>475,00 m</u> |

Anslått kostnadar etterisolering betongelementer med nøkkeltall frå Holte

Døme 1 etterisolering betongelementer med EPS

Estimert betongareal: 164 m²

Vasking fasade før etterisolering:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|---------|------------------------------------|---------------|------------------------|-----------|----------|
| | Betongareal | 164,00 | | | |
| CD5.1 | Sotgrad 3, vask av gulv, vegg, tak | | 20,47 | 88,56 | 3 357,08 |
| | Arbeid total i timer | | | 88,56 | |

Arbeid og etterisolering med EPS:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|------------|---|---------------|------------------------|-----------|-------------------|
| | Betongareal | 164,00 | | | |
| SB1.221023 | Polystyren, EPS, 150 kPa 30 mm | | 82,08 | 11,48 | 13 461,12 |
| NV3.111211 | 3-sjikt puss + armering, 25 % | | 630,44 | 213,20 | 103 392,16 |
| | Arbeid total i timer | | | 224,68 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 18 031,55 |
| | Etterisolering med EPS | | | | 138 241,91 |



Kvadratmeter fasade

164

Etter fradrag dører og vindusåpninger

1. KJØP AV VARER

| TYPE | SJIKT CM | HJØRNER LØPEMETER | PRIS / M2 | UFORBINDTLIGE BUDSJETTPRISER | |
|--|----------|----------------------|---------------------|------------------------------|----------------|
| | | | | U MVA | M MVA |
| GRUNNINGSMØRTEL | | | 23 | 3 715 | 4 644 |
| SUPERISOLERENDE KALKMØRTEL MED AEROGEL | 4,0 | | 947 | 155 253 | 194 067 |
| OVERFLATESTABILISATOR | | | 18 | 2 996 | 3 745 |
| FORSTERKNINGSMØRTEL | | | 73 | 11 955 | 14 944 |
| FORSTERKNINGSNETTING | | | 33 | 5 393 | 6 741 |
| EDELPUSS EKSTRA HVIT 2,0 KORNER | | | 15 | 3 506 | 4 382 |
| PUSS- OG MØRTELEMULSJON | | | 5 | 1 169 | 1 461 |
| | | | PRIS / LØPEM | - | |
| Rustfrie hjørnevinkler | | 41 | 50 | 599 | 749 |
| Pallkost | | | | 98 | 123 |
| SUM | | | | 184 685 | 230 856 |

2. KOSTNADER FRAKT *Overslag for kunde over kostnader, til Oslo.*

| | | | |
|---|---|--------------|---------------|
| Antall paller | 8 | | |
| | | U MVA | INKL MVA |
| | | 16804 | 21 005 |
| Tillegg for Seca, Miljøavg, Dieseltillegg | | 1230 | 1 538 |
| Kontantgebyr | | 680 | 850 |
| Fortollingsomkostninger | | 171 | 214 |
| Sum | | 18885 | 23 606 |

Lønnsemd: Etterisolering med EPS, utklipp frå Simien

| Økonomiske verdier | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------|----------------|-------------|
| Tiltak | Nåverdi | Nåverdikvote | Inntjeningstid | Internrente |
| Etterisolering betong | 113313 kr | 1.82 | 8.6 år | 13.4 % |

| Årlige besparelser | | | |
|-----------------------|-----------|----------|-------------|
| Tiltak | Energi | Beløp | CO2-utslipp |
| Etterisolering betong | 23744 kWh | 20182 kr | 5639 kg |

| Sammendrag inndata tiltak | | | |
|---|-------------|---------|-------------|
| Tiltak | Investering | Levetid | Vedlikehold |
| Etterisolering betong (under vurdering) | 138200 kr | 20 år | 0 kr/år |

Lønnsemd: Isolerande murpuss, utklipp frå Simien

| Økonomiske verdier | | | | |
|-----------------------|----------|--------------|----------------|-------------|
| Tiltak | Nåverdi | Nåverdikvote | Inntjeningstid | Internrente |
| Etterisolering betong | 75641 kr | 1.41 | 12.0 år | 9.4 % |

| Årlige besparelser | | | |
|-----------------------|-----------|----------|-------------|
| Tiltak | Energi | Beløp | CO2-utslipp |
| Etterisolering betong | 24577 kWh | 20890 kr | 5835 kg |

| Sammendrag inndata tiltak | | | |
|---|-------------|---------|-------------|
| Tiltak | Investering | Levetid | Vedlikehold |
| Etterisolering betong (under vurdering) | 184700 kr | 20 år | 0 kr/år |

10.8 Etterisolering av tak

| <u>Anslått kostnadar takisolering med nøkkeltall frå Holte</u> | | | | | |
|---|---|---------------|------------------------|-----------|---------------------|
| Rivingsarbeid for etterisolering med topplag: | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Takareal | 873,00 | | | |
| CD4.12262 | Riving papp, taktekking | | 44,00 | 87,30 | 38 412,00 |
| | Arbeid total i timer | | | 87,30 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og fortjeneste | | | | 5 761,80 |
| | Riving total | | | | 44 173,80 |
| Rivingsarbeid for fjerning av eksisterande isolasjon: | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Takareal | 873,00 | | | |
| CD4.12262 | Riving papp, taktekking | | 44,00 | 87,30 | 38 412,00 |
| CD4.12999 | Riving isolasjon i himling | 100 mm | 35,20 | 69,84 | 30 729,60 |
| | Arbeid total i timer | | | 157,14 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 10 371,24 |
| | Riving total | | | | 79 512,84 |
| Tekkingsarbeid for kun topplag med ny mineralull isolasjon + 1 lag asfaltbelegg: | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.335 | Taktekking Icopal Overlag mono PC F | | 285,50 | 174,60 | 249 241,50 |
| SB1.11141 | Mineralull A-plate | 100 mm | 106,00 | 69,84 | 92 538,00 |
| | Arbeid total i timer | | | 244,44 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 51 266,93 |
| | Tekking Mineralull | | | | 393 046,43 |
| Tekkingsarbeid for kun topplag med ny mineralull isolasjon + 2 lag asfaltbelegg: | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.5233 | Taktekking papp Base + Top 2 lag | | 356,40 | 122,22 | 311 137,20 |
| SB1.11141 | Mineralull A-plate | 100 mm | 106,00 | 69,84 | 92 538,00 |
| | Arbeid total i timer | | | 192,06 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 60 551,28 |
| | Tekking Mineralull | | | | 464 226,48 |
| Tekkingsarbeid og ny isolasjon EPS: (ikkje tatt med vidare pga. pris) | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.5232 | Taktekking, Ettlag, Elastofol 1 lag | | 244,08 | 87,30 | 213 081,84 |
| SB1.31223 | Mineralull Brannplate | 30 mm | 302,8 | 78,57 | 264 344,40 |
| LM1.1912 | Polystyren | 300 mm | 1 239,12 | 314,28 | 1 081 751,76 |
| SF1.5232 | Undertaksbelegg Diffusjonstett D-super | | 143,42 | 78,57 | 125 205,66 |
| | Arbeid total i timer | | | 558,72 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 252 657,55 |
| | Tekking EPS total | | | | 1 937 041,21 |

Anslått kostnadar takisolering med nøkkeltall frå Holte og isolasjonsprisar

Døme 1 takisolering topplag med Rockwool HardRock Energy 100 mm

Opgitt takareal fra Førde kommune: 873 m²

Rivingsarbeid for etterisolering med topplag:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|-----------|--------------------------|---------------|------------------------|-----------|-----------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| CD4.12262 | Riving papp, taktekkning | | 44,00 | 87,30 | 38 412,00 |
| | Arbeid total i timer | | | 87,30 | |

Tekkingsarbeid og isolering kun topplag med Rockwool HardRock Energy 100 mm:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|---------|---|---------------|------------------------|-----------|-------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.332 | Taktekk. helsveiset membranfolie 1 lag | | 310,88 | 305,55 | 271 398,24 |
| | HardRock Energy | 100 mm | 366,44 | | 319 902,12 |
| | Arbeid legging av mineralull | | 416,00 | 69,84 | 29 053,44 |
| | Arbeid total i timer | | | 375,39 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 98 814,87 |
| | Tekking og etterisolering Mineralull | | | | 757 580,67 |

Døme 2 takisolering topplag med Kingspan TR26FM 80 mm

Opgitt takareal fra Førde kommune: 873 m²

Rivingsarbeid for etterisolering med topplag:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|-----------|--------------------------|---------------|------------------------|-----------|------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| CD4.12262 | Riving papp, taktekkning | | 44,00 | 87,30 | 38 412,00 |
| | Arbeid total i timer | | | 87,30 | |
| | Riving total | | | | 38 412,00 |

Tekkingsarbeid og isolering kun topplag med Kingspan TR26FM 80 mm:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|----------|---|---------------|------------------------|-----------|-------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.5233 | Taktekking papp Base + Top 2 lag | | 356,40 | 122,22 | 311 137,20 |
| | PIR Kingspan TR26FM | 80 mm | 180,00 | | 157 140,00 |
| | Arbeid legging av Kingspan | | 416,00 | 174,60 | 72 633,60 |
| | Arbeid total i timer | | | 296,82 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 86 898,42 |
| | Tekking og etterisolering Kingspan | | | | 666 221,22 |

Døme 3 takisolering med Kingspan TR26FM 220 mm

Oppgitt takareal fra Førde kommune: 873 m²

Rivingsarbeid for fjerning av eksisterende isolasjon:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|-----------|----------------------------|---------------|------------------------|-----------|------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| CD4.12262 | Riving papp, takteking | | 44,00 | 87,30 | 38 412,00 |
| CD4.12999 | Riving isolasjon i himling | 100 mm | 35,20 | 69,84 | 30 729,60 |
| | Arbeid total i timer | | | 157,14 | |
| | Riving total | | | | 69 141,60 |

Tekkingsarbeid og ny isolasjon Kingspan TR26FM 220 mm:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|----------|---|---------------|------------------------|-----------|---------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.5233 | Takteking papp Base + Top 2 lag | | 356,40 | 122,22 | 311 137,20 |
| | PIR Kingspan TR26FM | 220 mm | 400,00 | | 349 200,00 |
| | Arbeid legging av Kingspan | | 416,00 | 314,28 | 130 740,48 |
| SF1.5232 | Undertaksbelegg Diffusjonstett D-super | | 143,42 | 78,57 | 125 205,66 |
| | Arbeid total i timer | | | 515,07 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 147 813,74 |
| | Tekking og isolering Kingspan | | | | 1 133 238,68 |

Døme 4 takisolering med Rockwool HardRock Energy Systemtak 360 mm

Oppgitt takareal fra Førde kommune: 873 m²

Rivingsarbeid for fjerning av eksisterende isolasjon:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|-----------|----------------------------|---------------|------------------------|-----------|------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| CD4.12262 | Riving papp, takteking | | 44,00 | 87,30 | 38 412,00 |
| CD4.12999 | Riving isolasjon i himling | 100 mm | 35,20 | 69,84 | 30 729,60 |
| | Arbeid total i timer | | | 157,14 | |
| | Riving total | | | | 69 141,60 |

Tekkingsarbeid og ny isolasjon Rockwool HardRock Energy Systemtak:

| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
|----------|---|---------------|------------------------|-----------|---------------------|
| | Takareal | 873,00 | | | |
| SF1.5233 | Takteking papp Base + Top 2 lag | | 356,40 | 122,22 | 311 137,20 |
| | Stålunderlag Energy | 80 mm | 237,31 | | 207 173,38 |
| | Stålunderlag Energy 2x50 | 100 mm | 293,76 | | 256 452,48 |
| | HardRock Energy | 180 mm | 524,48 | | 457 874,53 |
| | Arbeid legging av Rockwool | | 416,00 | 279,36 | 116 213,76 |
| SF1.5232 | Undertaksbelegg Diffusjonstett D-super | | 143,42 | 78,57 | 125 205,66 |
| | Arbeid total i timer | | | 480,15 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 231 479,79 |
| | Tekking og isolering Rockwool | | | | 1 774 678,40 |

| Anslått kostnadar takisolering fra Førde kommune med vakuumtak | | | | | |
|--|------------------------|---------------|------------------------|-----------|-------------------|
| Oppgitt takareal fra Førde kommune: 873 m ² | | | | | |
| Tiltak fra Førde kommune etterisolering med topplag: | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Takareal | 873,00 | | | |
| | Mineralull + vakuumtak | 100 mm | 450,00 | | 392 850,00 |
| Etterisolering total | | | | | 392 850,00 |

U-verdier for takkonstruksjon. Hentet fra "Kravspesifikasjon og prisskjema" fra Førde Kommune

| Dagens situasjon | | | | Tiltak |
|------------------|-------------------------|---|---------------------------------|--|
| Tak-sone | Areal [m ²] | Antatt isolasjons- tykkelse [m] ($\lambda=0,038$) | U-verdi [W/m ² K] | Anbefalt tillegg for $U<0,10$ [m] ($\lambda=0,036$) |
| Svømmehall | 873 | 0,25 | 0,16 | 0,10 |
| Hall 1 | 1349 | 0,20 | 0,19 | 0,15 |
| Hall 2 | 1127 | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| Hall 3 | 1319 | 0,25 | 0,15 | 0,10 |
| Amfi og kino | 765 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |
| Teatersal | 232 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |
| Teaterverksteder | 414 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |
| Kontor | 240 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |
| Kinosal | 587 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |
| Kulturfløy | 2027 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |
| Konsertsal | 389 | 0,10 | 0,40 | 0,25 |

Opplyste mengder i tabellen er anslag, tilbyder står selv ansvarlig for å verifisere disse.

Lønnsemd tak, utklipp frå Simien

| Tiltak | Økonomiske verdier | | | |
|--------|--------------------|--------------|----------------|------------|
| | Nåverdi | Nåverdikvote | Inntjeningstid | Interrente |
| Tak 2 | -596267 kr | 0.10 | 1000.0 år | -8.2 % |
| Tak 1 | -687667 kr | 0.09 | 1000.0 år | -8.8 % |
| Tak 3 | -1055140 kr | 0.07 | 1000.0 år | -7.1 % |
| Tak 4 | -1696640 kr | 0.04 | 1000.0 år | -8.4 % |

| Tiltak | Årlige besparelser | | |
|--------|--------------------|---------|-------------|
| | Energi | Beløp | CO2-utslipp |
| Tak 2 | 5352 kWh | 4549 kr | 1264 kg |
| Tak 1 | 5352 kWh | 4549 kr | 1264 kg |
| Tak 3 | 5352 kWh | 4549 kr | 1264 kg |
| Tak 4 | 5352 kWh | 4549 kr | 1264 kg |

| Tiltak | Sammendrag inndata tiltak | | |
|-------------------------|---------------------------|---------|-------------|
| | Investering | Levetid | Vedlikehold |
| Tak 2 (under vurdering) | 666200 kr | 30 år | 0 kr/år |
| Tak 1 (under vurdering) | 757600 kr | 30 år | 0 kr/år |
| Tak 3 (under vurdering) | 1133200 kr | 40 år | 0 kr/år |
| Tak 4 (under vurdering) | 1774700 kr | 40 år | 0 kr/år |

10.9 Utskifting av isolasjon i teglsteinveggar

| <u>Areal teglsteinmur</u> | | | | |
|---|-------|----------------------|-------|-----------------------------|
| <u>Fasade mot aust</u> | | | | |
| lengde | høyde | areal m ² | | |
| 24,28 | 4,80 | 116,52 | | |
| <u>Fasade mot vest</u> | | | | |
| lengde | høyde | areal m ² | | |
| 15,18 | 5,00 | 75,88 | | |
| Beregning andel teglstein og fuger for 1 m ² : | | | | |
| 13 horisontale lag med teglstein og fuger og 4,25 stein og 4 vertikal fuger | | | | |
| Steinareal: | | | | |
| 0,23 | 0,06 | 4,25 | 13,00 | 0,75 m² |
| Fugeareal: | | | | |
| 0,02 | 1,00 | | 13,00 | 0,22 |
| 0,01 | 0,06 | 3,00 | 13,00 | 0,02 |
| | | | | ~ 0,25 m² |

Tabellen viser dampgjennomgangen i eksisterande vegg

| Sjikt | Rsjikt | ΔT | T | V-sat | Z-sjikt | ΔV | V | RF (%) |
|--------------|--------|------------|------|-------|---------|------------|-----|--------|
| | | | 20 | 17,29 | | | 8 | 46,3 |
| Rsi | 0,13 | 0,817 | | | - | - | | |
| | | | 19,2 | 16,52 | | | 8 | 48,4 |
| Tegl innside | 0,15 | 0,913 | | | 4,3 | 1,776 | | |
| | | | 18,3 | 15,68 | | | 6,2 | 39,7 |
| Isolasjon | 2,22 | 13,968 | | | 0,6 | 0,248 | | |
| | | | 4,3 | 6,5 | | | 6,0 | 91,9 |
| Luft | 0,18 | 1,132 | | | - | 0 | | |
| | | | 3,2 | 6,04 | | | 6,0 | 98,9 |
| Tegl utside | 0,23 | 1,419 | | | 4,3 | 1,776 | | |
| | | | 1,8 | 5,5 | | | 4,2 | 76,4 |
| Rse | 0,04 | 0,251 | | | - | - | | |
| | | | 1,5 | 5,5 | | | 4,2 | 76,4 |

Tabellen viser dampgjennomgangen etter at luftspalten er fylt med isolasjon

| Sjikt | Rsjikt | ΔT | T | V-sat | Z-sjikt | ΔV | V | RF (%) |
|-------------------------|--------|------------|------|-------|---------|------------|-----|--------|
| | | | 20 | 17,29 | | | 8 | 46,3 |
| Rsi | 0,13 | 0,483 | | | - | | | |
| | | | 19,5 | 16,81 | | | 8 | 47,6 |
| Tegl innside | 0,15 | 0,539 | | | 4,3 | 1,667 | | |
| | | | 19,0 | 16,33 | | | 6,3 | 38,8 |
| Isolasjon | 2,22 | 8,250 | | | 0,6 | 0,233 | | |
| | | | 10,7 | 9,84 | | | 6,1 | 62,0 |
| Isolasjon i luftspalten | 2,22 | 8,242 | | | 0,6 | 0,233 | | |
| | | | 2,5 | 5,77 | | | 5,9 | 101,8 |
| Tegl utside | 0,23 | 0,838 | | | 4,3 | 1,667 | | |
| | | | 1,6 | 5,42 | | | 4,2 | 77,5 |
| Rse | 0,04 | 0,149 | | | - | | | |
| | | | 1,5 | 5,50 | | | 4,2 | 76,4 |

Til å gjere denne dampberekninga er det henta informasjon frå byggforsk sine datablad.

R-verdien er funnen under utrekninga av U-verdiane.

Z-verdiane er utrekna ved å dele breidda på sjiktet på vandamppermeabiliteten til materialet.

Verdiane for vandamppermeabilitet er funne i byggforsk detaljblad 573.430.

For å finne den kaldaste gjennomsnittlege utetemperaturen og vanddampmengde ved metning, V-sat har ein nytta byggforsk detaljblad 471.111.

| <u>Døme 1 etterisolering teglsteinveggen med mineralull</u> | | | | | |
|---|---|---------------|------------------------|-----------|-------------------|
| Estimert teglsteinareal: 117 m ² | | | | | |
| <u>Riving ytre vange fasade:</u> | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Teglsteinareal | 117,00 | | | |
| CD4.12999 | Riving mineralull plater, yttervegg | | 17,60 | 4,68 | 2 059,20 |
| CD4.12242 | Riving teglvegg 1 steins | | 734,80 | 195,39 | 85 971,60 |
| | Arbeid total i timer | | | 200,07 | |
| | Riving total | | | | 88 030,80 |
| <u>Arbeid og etterisolering med mineralull:</u> | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Teglsteinareal | 117,00 | | | |
| NB2.4201422 | Smøremembran yttervegg | | 278,32 | 46,80 | 32 563,44 |
| SB1.11161 | Mineralull A-plate - vegg 200 mm | | 180,40 | 10,53 | 21 106,80 |
| NB2.2182152 | Teglstein glatt | | 1 842,93 | 217,62 | 215 622,81 |
| | Arbeid total i timer | | | 274,95 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 53 598,58 |
| | Etterisolering med mineralull og ny ytre vange | | | | 410 922,43 |
| <u>Døme 2 etterisolering teglsteinveggen med blåseisolasjon</u> | | | | | |
| Estimert teglsteinareal: 117 m ² | | | | | |
| <u>Sanering fasade aust ytre vange:</u> | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Teglsteinareal | 117,00 | | | |
| CD4.14740 | Riving, demontering, hulltaking, sanering | | 10 226,36 | | 299 121,03 |
| <u>Arbeid og etterisolering med blåseisolasjon:</u> | | | | | |
| NS-Kode | | Areal/tjuknad | Kostnad/m ² | Enhetstid | Sum |
| | Teglsteinareal | 117,00 | | | |
| SB1.243241 | Innblåst lettklinker i bjelkelag 100 mm | | 162,82 | 5,85 | 19 049,94 |
| NB2.2182152 | Rehabtegl på fasade 6 m ² | | 1 231,73 | 6,00 | 7 390,38 |
| | Arbeid total i timer | | | 11,85 | |
| | 15 % tillegg for tilpasninger og ekstraarbeid | | | | 48 834,20 |
| | Etterisolering med blåseisolasjon | | | | 374 395,55 |

Lønnsendutrekning for austvegg, utklipp frå Simien

| Økonomiske verdier | | | | |
|-------------------------|-----------|--------------|----------------|------------|
| Tiltak | Nåverdi | Nåverdikvote | Inntjeningstid | Interrente |
| Etterisolering austvegg | 118554 kr | 1.29 | 22.5 år | 7.0 % |

| Årlige besparelser | | | |
|-------------------------|-----------|----------|-------------|
| Tiltak | Energi | Beløp | CO2-utslipp |
| Etterisolering austvegg | 36301 kWh | 30856 kr | 8513 kg |

| Sammendrag inndata tiltak | | | |
|---|-------------|---------|-------------|
| Tiltak | Investering | Levetid | Vedlikehold |
| Etterisolering austvegg (under vurdering) | 410900 kr | 40 år | 0 kr/år |

10.10 Bytte av vindauge

karlullrich@gmx.net

Fra: viggo leikanger <viggo.leikanger@outlook.com>
Sendt: fredag 10. mai 2019 10.31
Til: Karl Ullrich
Emne: Fwd: Skriftleg stadfesting av U-verdi

Videresendt melding:

Fra: Bjørn Holvik <bjorn@holvik.as>
Emne: **SV: Skriftleg stadfesting av U-verdi**
Dato: 10. mai 2019 kl. 10.29.48 CEST
Til: viggo leikanger <viggo.leikanger@outlook.com>

Vi kan bekrefte at dette som er oppgitt på U-Verdi er so korrekt som vi kan finne ut utifrå gammel kunnskap.

Mvh

Bjørn Holvik
Dagleg leiar
John Holvik as
E-post: bjorn@holvik.as
Mob. 90 92 55 76
Web: www.holvikglas.no
Følg oss på Facebook

Se forbrukerinformasjon her.

-----Opprinnelig melding-----

Fra: viggo leikanger <viggo.leikanger@outlook.com>
Sendt: fredag 10. mai 2019 08.59
Til: Bjørn Holvik <bjorn@holvik.as>
Emne: Re: Skriftleg stadfesting av U-verdi

Hei, minner om denne. Håpar på kjapt svar.

Viggo Leikanger

26. apr. 2019 kl. 09.49 skrev Viggo Leikanger <viggo.leikanger@outlook.com>:

Hei, viser til hyggeleg telefonsamtale i går.

Formalia i samband med arbeid med Bacheloroppgåva krev dokumentasjon av

referansar og innhenting av opplysningar. Det kan verke noko byråkratisk men slik er det visst.

Det vil vere nok om du svarar bekreftande på denne eposten der du stadfestar følgjande oppsummering:

"For eldre glasprofilar er det ofte vanskeleg å finne god dokumentasjon på U-verdi og anna. Ut i frå faglege drøftingar hjå Glasmestar Holvik og deiras erfaringar på dette området, vil dei anslå at profilen i glasfasaden i svømmehallen har ein U-verdi på omlag 3,5. «

Med helsing

Viggo Leikanger
mob 48004804

| Øverslag areal glasfasade | | |
|----------------------------------|-------------|-------------------------|
| Sørfasade: | | |
| Areal [m ²] | Antall | Total [m ²] |
| 40,47 | 2,00 | 80,94 |
| 45,40 | 1,00 | 45,40 |
| 55,78 | 1,00 | 55,78 |
| 60,99 | 1,00 | 60,99 |
| 50,77 | 1,00 | 50,77 |
| | sum: | 293,88 |
| Austfasade: | | |
| Areal [m ²] | Antall | Total [m ²] |
| 30,71 | 1,00 | 30,71 |
| | sum: | 30,71 |
| Totalareal: | | 324,59 |

| Øverslag areal fasadeprofil og glas | | | |
|--|-----------------------|---------------|------------------------------|
| Sørfasade: | | | |
| Totalareal: | 293,88 m ² | | |
| Lengde [m] | Bredde [m] | Antall | Areal [m²] |
| 25,60 | 0,05 | 2,00 | 2,56 |
| 7,00 | 0,05 | 4,00 | 1,40 |
| 5,60 | 0,05 | 6,00 | 1,68 |
| 27,58 | 0,05 | 1,00 | 1,38 |
| 5,60 | 0,05 | 4,00 | 1,12 |
| 7,71 | 0,05 | 1,00 | 0,39 |
| 8,02 | 0,05 | 1,00 | 0,40 |
| 31,23 | 0,05 | 1,00 | 1,56 |
| 5,60 | 0,05 | 4,00 | 1,12 |
| 4,60 | 0,05 | 4,00 | 0,92 |
| 9,53 | 0,05 | 1,00 | 0,48 |
| 9,84 | 0,05 | 1,00 | 0,49 |
| 32,80 | 0,05 | 1,00 | 1,64 |
| 10,60 | 0,05 | 2,00 | 1,06 |
| 5,60 | 0,05 | 5,00 | 1,40 |
| 30,25 | 0,05 | 1,00 | 1,51 |
| 5,60 | 0,05 | 4,00 | 1,12 |
| 2,25 | 0,05 | 1,00 | 0,11 |
| 9,12 | 0,05 | 1,00 | 0,46 |
| 8,49 | 0,05 | 1,00 | 0,42 |
| | | sum: | 21,22 |
| Profilandel i sørfasade: | | | 7 % |
| Glasareal: | | | 272,66 m² |
| Omkrets glaselement: | | | 147,46 m |
| Austfasade: | | | |
| Totalareal: | 30,71 m ² | | |
| Lengde [m] | Bredde [m] | Antall | Areal [m²] |
| 53,53 | 0,05 | 1,00 | 2,68 |
| 1,02 | 0,05 | 11,00 | 0,56 |
| | | sum: | 3,23 |
| Profilandel i austfasade: | | | 11 % |
| Glasareal: | | | 27,48 m² |
| Omkrets glaselement: | | | 53,53 m |

| Anslått kostnader glasfasade: | | |
|---|------------------------|------------------------|
| Prisar oppgitt frå Glassmester Grov: | | |
| 2900,-/ m2 3-lag | | |
| 2600,-/ m2 2-lag | | |
| 600,- / m2 for soldemping og sjølvreins | | |
| Sørfasade uten soldemping og 3-lag glas: | | |
| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
| 293,88 | 2 900,00 | 852 252,00 |
| | Sum: | kr 852 252,00 |
| Sørfasade med soldemping og 3-lag glas: | | |
| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
| 293,88 | 2 900,00 | 852 252,00 |
| 293,88 | 600,00 | 176 328,00 |
| | Sum: | kr 1 028 580,00 |
| Sørfasade uten soldemping og 2-lag glas: | | |
| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
| 293,88 | 2 600,00 | 764 088,00 |
| | Sum: | kr 764 088,00 |
| Sørfasade med soldemping og 2-lag glas: | | |
| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
| 293,88 | 2 600,00 | 764 088,00 |
| 293,88 | 600,00 | 176 328,00 |
| | Sum: | kr 940 416,00 |

Austfasade uten soldemping og 3-lag glas:

| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 30,71 | 2 900,00 | 89 059,00 |
| Sum: | | kr 89 059,00 |

Austfasade med soldemping og 3-lag glas:

| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
|-------------------------|------------------------|----------------------|
| 30,71 | 2 900,00 | 89 059,00 |
| 30,71 | 600,00 | 18 426,00 |
| Sum: | | kr 107 485,00 |

Austfasade uten soldemping og 2-lag glas:

| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 30,71 | 2 600,00 | 79 846,00 |
| Sum: | | kr 79 846,00 |

Austfasade med soldemping og 2-lag glas:

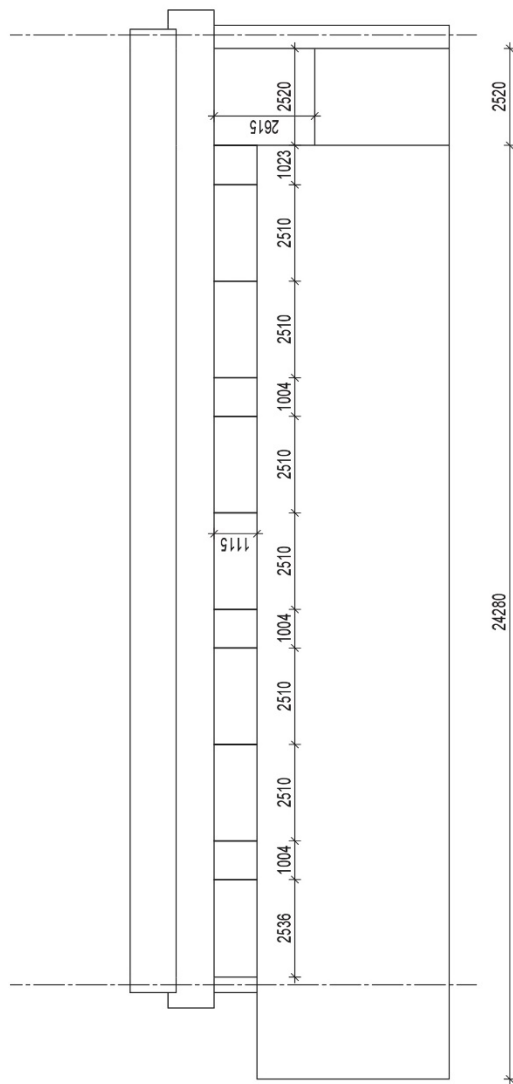
| Areal [m ²] | Kostnad/m ² | Sum |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 30,71 | 2 600,00 | 79 846,00 |
| 30,71 | 600,00 | 18 426,00 |
| Sum: | | kr 98 272,00 |

Totalkostnader vindauge:

Sør og aust
3-lag med soldemping kr 1 136 065,00

Sør og aust
2-lag med soldemping kr 1 038 688,00

Bacheloroppgave svømmehall i Førdehuset



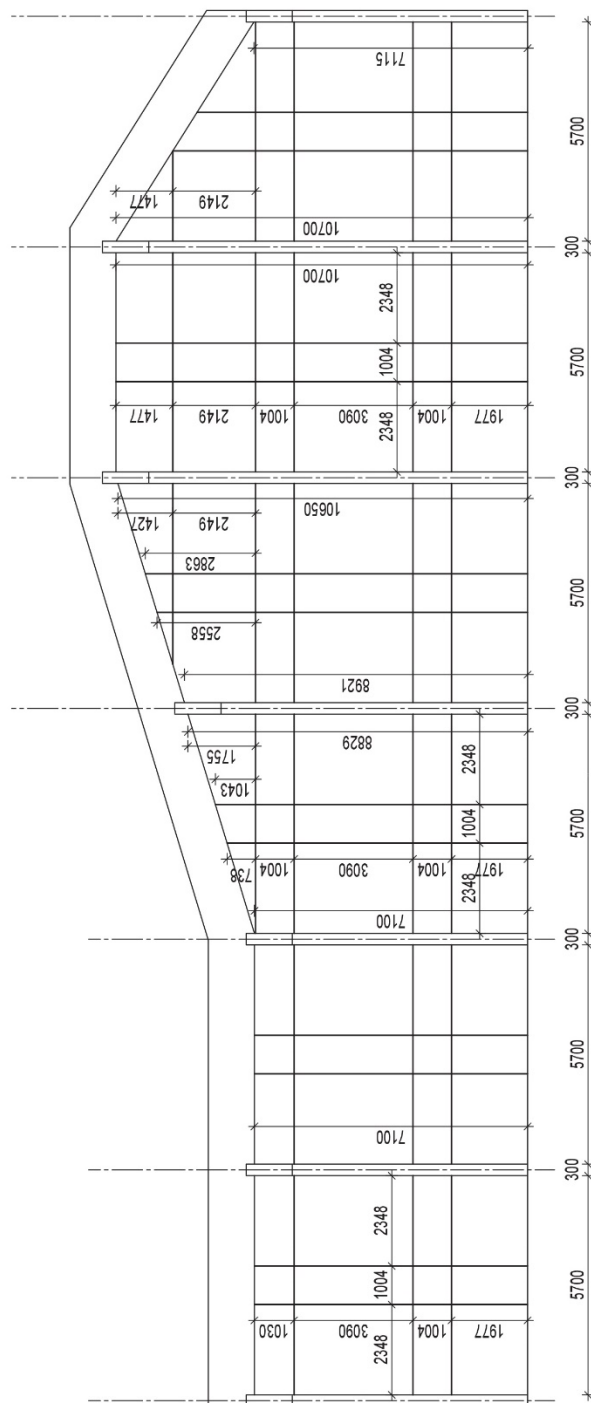
Måletting aksial på vindusprofiler
Horizontal profil i dag: 51 mm bredde
Vertikal profil i dag: 64 mm bredde
Profil rundt vinduslekt: 51 mm bredde

Fasade mot aust

Fasade mot aust Målestokk: 1 : 150

03.05.2019

Bacheloroppgave svømmehall i Førdehuset



Fasade mot sør

Måling aksial på vindusprofiler
 Horizontal profil i dag: 51 mm bredde
 Vertikal profil i dag: 64 mm bredde
 Profil rundt vindusfelt: 51 mm bredde

Fasade mot sør Målestokk: 1 : 150 03.05.2019

Lønnsemd vindauge

| Tiltak | Økonomiske verdier | | | |
|----------------------------|--------------------|--------------|----------------|-------------|
| | Nåverdi | Nåverdikvote | Inntjeningstid | Internrente |
| Utskifting av vindauge 0,7 | 817861 kr | 1.72 | 12.1 år | 10.6 % |
| Utskifting av vindauge 1,0 | 724906 kr | 1.70 | 12.4 år | 10.5 % |
| Utskifting av vindauge 0,6 | 873872 kr | 1.77 | 11.7 år | 10.9 % |

| Tiltak | Årlige besparelser | | |
|----------------------------|--------------------|-----------|-------------|
| | Energi | Beløp | CO2-utslipp |
| Utskifting av vindauge 0,7 | 149536 kWh | 127106 kr | 35163 kg |
| Utskifting av vindauge 1,0 | 134971 kWh | 114725 kr | 31723 kg |
| Utskifting av vindauge 0,6 | 153823 kWh | 130749 kr | 36179 kg |

| Tiltak | Sammendrag inndata tiltak | | |
|--|---------------------------|---------|-------------|
| | Investering | Levetid | Vedlikehold |
| Utskifting av vindauge 0,7 (under vurdering) | 1136065 kr | 30 år | 0 kr/år |
| Utskifting av vindauge 1,0 (under vurdering) | 1038700 kr | 30 år | 0 kr/år |
| Utskifting av vindauge 0,6 (under vurdering) | 1136065 kr | 30 år | 0 kr/år |

10.11 Samla drøfting av tiltak

Lønnsnemd etter 30 år

| Tiltak | Økonomiske verdier | | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------|----------------|-------------|
| | Nåverdi | Nåverdikvote | Inntjeningstid | Internrente |
| Tiltak vindauge og teglvegg | 769117 kr | 1.50 | 14.8 år | 9.0 % |

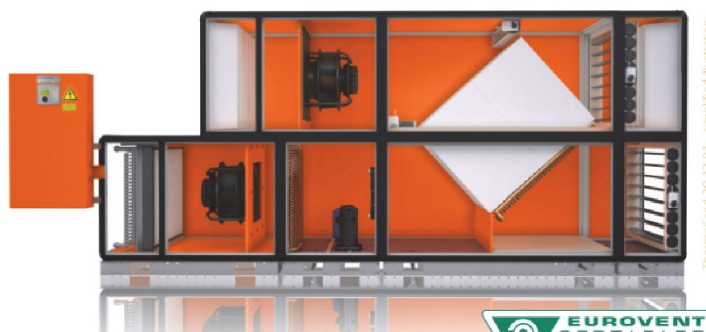
| Tiltak | Årlige besparelser | | |
|-----------------------------|--------------------|-----------|-------------|
| | Energi | Beløp | CO2-utslipp |
| Tiltak vindauge og teglvegg | 177252 kWh | 150665 kr | 41844 kg |

| Tiltak | Sammendrag inndata tiltak | | |
|---|---------------------------|---------|-------------|
| | Investering | Levetid | Vedlikehold |
| Tiltak vindauge og teglvegg (under vurdering) | 1546965 kr | 30 år | 0 kr/år |

Klimaaggregat med asymmetrisk høyeffektiv varmeveksler, integrert effektregulerbar varmepumpe og energisparende luftmengderegulering for middels og store offentlige svømmehaller



Velger automatisk den mest økonomiske driftsmodus!!



ThermoCond 39 13 01 - simplified illustration

ThermoCond 39

LUFTMENGDE: 3.300 – 33.500 m³/h



Eurovent seal refers to range Menerga Air, more information on page 6. Check ongoing validity of certificate: www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

Kort om:

- ▶ Avfukter, ventilerer og varmer opp
- ▶ Korrosjonsfri varmeveksler i Polypropylen
- ▶ Integrert effektregulerbar varmepumpe
- ▶ Gjennomsnitt effektfaktor COP 7,95
- ▶ Energisparende EC-vifter/EffiVent
- ▶ Behovsregulert tilluft og fraluftmengde
- ▶ Integrert Kjølemiddeletterkjøler.
- ▶ To-trinns tilluftfiltrering
- ▶ Nøyaktig måling og regulering av inblandet uteluftmengde
- ▶ Modul basert konstruksjon

ThermoCond 39 er multifunksjonelle systemer for luftbehandling av offentlige svømmehaller. Alle systemene er i design og funksjonalitet perfekt tilpasset dine behov. Den integrerte effektregulerbare varmepumpen høyner aggregatets totalvirkningsgrad. Kombinasjonen av høykvalitetskomponenter med presis styring og regulering garanterer alltid en optimal drift og et behagelig innneklima.

ThermoCond aggregatet avfukter, varmer og ventilerer svømmehallen og skaper samtidig et godt innneklima og ideell beskyttelse for bygningskonstruksjonen. Ytterligere fasiliteter som radiatorer eller varmeovner er generelt ikke nødvendig.

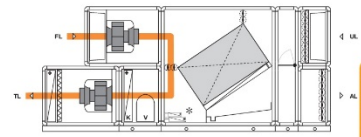
Andre måleparametre og opsjoner:

- Filterer luften i alle driftsmodus, med filter i FL, UL og TL.
 - Varmtvannsbatteri
 - Individuelle regulerbare effektparametre
 - Komplettaggregat – inneholder automatikk og alle komponenter for å varme, avfukte og ventilere svømmehallen.
 - Kvalitetskontroll med fullskala testkjøring på fabrikk
- Opsjoner**
- Bassengvannkondensator
 - Veksler bypass.
 - Avfukting av uteluft med ytterligere avkastluft og uteluft spjeld
 - Forsterket varmepumpe
 - Utendørsversjon
 - Kuldebroklasse TB 1
 - Fjerntilkobling
 - og mye mer

Funksjons- beskrivelse

Nattdrift

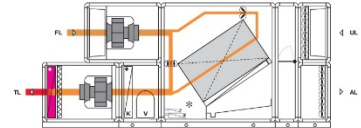
I nattdrift hvis det ikke er behov for avfukting eller temperaturregulering, går aggregatet i omluft med redusert luft. Luftsirkulasjonen i svømmehallen opprettholdes, og viftene går med redusert hastighet. Ved et varmebehov vil tilluften varmes opp over VVB.



Omluftdrift oppvarming

Gjennom VVB blir svømmehallen oppvarmet etter behov. For å redusere det interne trykktapet vil bypass-spjeldet over veksleren åpnes.

Uteluft- og avkastluft spjeldene forblir stengt.

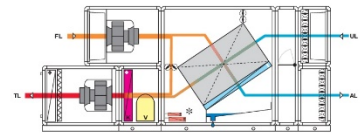
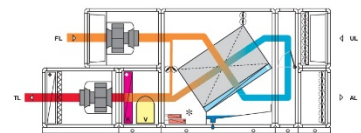


Badedrift og nattdrift med Avfuktingsbehov

I omluftdrift blir luften avfuktet over fordamperen. Avfuktingen forsterkes via forkjølingen over varmeveksleren. Den avkjølte og tørre luften forvarmes så igjennom veksleren før den blandes med den sirkulerende andel av omluft. Videre varmes luften opp over kondensatorbatteriet og føres som tilluft inn i hallen. Er ikke varmegjenvinning og varmepumpens effekt tilstrekkelig for å oppnå ønsket tilluftstemperatur vil VVB bidra til å heve temperaturen videre til ønsket temperatur er oppnådd.

Den trinnløst regulerbare varme-pumpen gjør det mulig og behovs-regulere luftmengden. Dermed er det mulig å opprettholde et riktig fuktighetsinnhold i svømmehallen med et garantert minimum av energiforbruk.

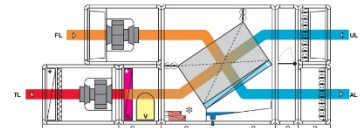
I badedrift blir den sirkulerende luften av hygieniske grunner blandet med en nødvendig minimum andel uteluft. Uteluftandelen er avhengig av den faktiske fordampning (og dermed antall badende i svømmebassenget).



Uteluft- Avkastluft drift

Med økende uteluftfuktighet og/eller omgivelsestemperatur stenger bypass spjeldet trinnløst etter behov. Ved høy utendørs luftfuktighet lukkes spjeldet helt og aggregatet opererer i ren uteluft fraluft drift over

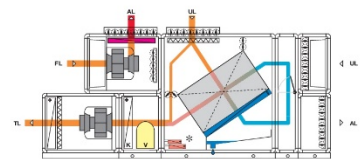
varmeveksleren. Gjennom den behovsstyrte luftmengdereguleringen holdes energiforbruket på et minimum.



Opsjon

I sommerdrift, med høy uteluftfuktighet kan det være nødvendig og mer gunstig å sette inn et ekstra spjeldsystem. Via en ekstra uteluftstuss blir en andel uteluft ført inn og forkjølt over veksleren før den kjøles ytterligere over fordamperen. Uteluften føres videre over varmeveksleren hvor den varmes opp for deretter å blandes med uteluft

før den tilføres hallen. Hvis det ikke er behov for kondenseringsvarme hverken til luft eller vann føres kondenseringsvarmen ut via avkastluften.

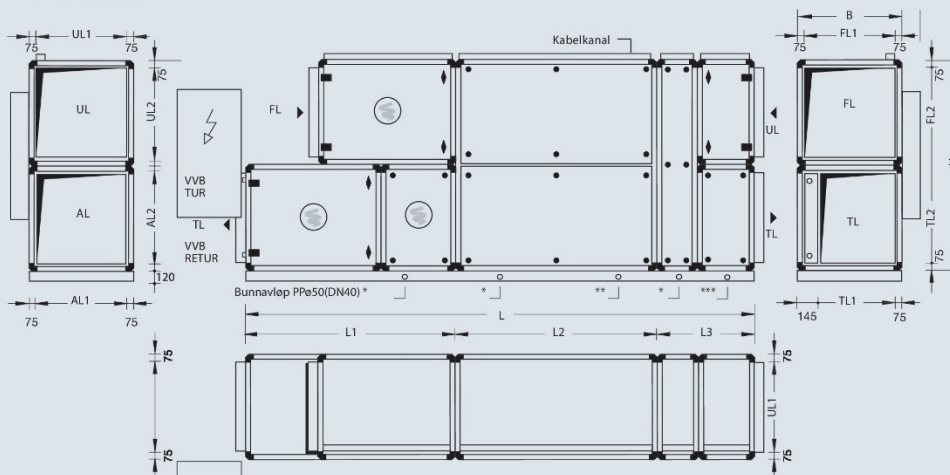


* BVK: kun ved agg. type 39 xx 11

ThermoCond Type 39

ThermoCond offentlig

Mål og vekt



NB!
Ved bruk av flere aggregater i samme hall må tilluft- og avtrekluftkanalene være felles.

Kan leveres som høyre eller venstre aggregat.

Hvert aggregat har separat el.skap.

* Bunnavløp PPø50(DN40)
** Kondensavløp PPø50(DN40)
*** Bunnavløp PPø25(DN20)

| Agg. Type | L | B | H ¹ | L1 | L2 | L3 | FL1 | FL2 | UL1 | UL2 | AL1 | AL2 | TL1 | TL2 | Vekt |
|-----------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 39 03 01 | 4.290 | 730 | 1.580 | 1.940 | 1.370 | 980 | 580 | 580 | 580 | 580 | 580 | 580 | 510 | 580 | 980 |
| 39 05 01 | 4.450 | 1.050 | 1.580 | 2.100 | 1.370 | 980 | 900 | 580 | 900 | 580 | 900 | 580 | 830 | 580 | 1.280 |
| 39 06 01 | 5.090 | 730 | 2.220 | 2.100 | 2.010 | 980 | 580 | 900 | 580 | 900 | 580 | 900 | 420 | 900 | 1.570 |
| 39 10 01 | 5.090 | 1.050 | 2.220 | 2.100 | 2.010 | 980 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 740 | 900 | 1.890 |
| 39 13 01 | 5.090 | 1.370 | 2.220 | 2.100 | 2.010 | 980 | 1.220 | 900 | 1.220 | 900 | 1.220 | 900 | 1.060 | 900 | 2.160 |
| 39 16 01 | 5.410 | 1.690 | 2.220 | 2.420 | 2.010 | 980 | 1.540 | 900 | 1.540 | 900 | 1.540 | 900 | 1.380 | 900 | 2.650 |
| 39 19 01 | 5.410 | 2.010 | 2.220 | 2.420 | 2.010 | 980 | 1.860 | 900 | 1.860 | 900 | 1.860 | 900 | 1.700 | 900 | 3.320 |
| 39 25 01 | 6.210 | 2.010 | 2.860 | 2.420 | 2.650 | 1.140 | 1.860 | 1.220 | 1.860 | 1.220 | 1.860 | 1.220 | 1.700 | 1.220 | 3.730 |
| 39 32 01 | 6.690 | 2.010 | 3.500 | 2.420 | 3.130 | 1.140 | 1.860 | 1.540 | 1.860 | 1.540 | 1.860 | 1.540 | 1.700 | 1.540 | 4.560 |
| 39 36 01 | 7.010 | 2.330 | 3.500 | 2.740 | 3.130 | 1.140 | 2.180 | 1.540 | 2.180 | 1.540 | 2.180 | 1.540 | 2.020 | 1.540 | 4.950 |

Største Transportenhet

| Agg. Type | L | B | H ¹ | Vekt |
|-----------|-------|-------|----------------|-------|
| 39 03 01 | 1.940 | 730 | 1.580 | 450 |
| 39 05 01 | 2.100 | 1.050 | 1.580 | 640 |
| 39 06 01 | 2.420 | 730 | 2.220 | 600 |
| 39 10 01 | 2.420 | 1.050 | 2.220 | 700 |
| 39 13 01 | 2.420 | 1.370 | 2.220 | 825 |
| 39 16 01 | 2.420 | 1.690 | 2.220 | 960 |
| 39 19 01 | 2.420 | 2.010 | 2.220 | 1.295 |
| 39 25 01 | 3.220 | 2.010 | 2.860 | 1.505 |
| 39 32 01 | 3.700 | 2.010 | 3.500 | 1.920 |
| 39 36 01 | 3.700 | 2.330 | 3.500 | 2.120 |

Som minste avstand foran betjeningsiden, er en avstand som tilsvarer mål B nødvendig, minimum 1m.

Vær oppmerksom på aggregatstørrelse, kanalanslutninger og el.skapet.

Alle lengdemål i mm, vekt i kg.
1 t.o.m 39 05 01: inkl. 120 mm aggregatben (justerbare t.o.m 130 mm), f.o.m 39 06 01: inkl. 120 mm sokkelramme, pluss 60 mm Kabelkanal

3 transportenheter leveres inkludert skap. Mulighet for ytterligere delinger for mindre byggelementer (Krever ekstra bestilling!).

NB!
Legg til 60 mm på bredde og høydemål grunnet endret luketykkelse

Tekniske spesifikasjoner

| Aggregattype | uten Bassengvannkondensator | | | | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| | 39 03 01 | 39 05 01 | 39 06 01 | 39 10 01 | 39 13 01 | 39 16 01 | |
| | med Bassengvannkondensator | | | | | | |
| | 39 03 11 | 39 05 11 | 39 06 11 | 39 10 11 | 39 13 11 | 39 16 11 | |
| Nominell luftmengde | m ³ /h | 3.300 | 4.600 | 4.800 | 7.200 | 9.500 | 11.800 |
| Maks luftmengde | m ³ /h | 3.500 | 5.300 | 6.300 | 9.500 | 12.300 | 15.800 |
| Avfuktingskapasitet iht. VDI 2089 | kg/h | 21,6 | 30,1 | 31,4 | 47,1 | 62,1 | 77,1 |
| Avfuktingskapasitet i omluftdrift | kg/h | 11,4 | 12,5 | 12,8 | 20,0 | 26,7 | 29,8 |
| Effektfaktor varepumpe ¹ | COP | 6,0 | 7,4 | 7,4 | 7,2 | 7,4 | 7,3 |
| Merkeeffekt ² | kW | 4,7 | 5,1 | 5,3 | 7,7 | 10,0 | 12,9 |
| Merkestrøm ² | A | 12,2 | 16,2 | 16,2 | 26,3 | 29,6 | 39,8 |
| Driftspenning | | 3 / N / PE 400 V 50 Hz | | | | | |
| Ekstern trykktap | | | | | | | |
| Tilluft- og fraluftkanal | Pa | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 400 |
| Fraluft- og avkastluftkanal | Pa | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 400 |
| Lydeffektnivå ³ | | | | | | | |
| Tilluftstuss | dB(A) | 78 | 79 | 78 | 70 | 75 | 81 |
| Fraluftstuss | dB(A) | 73 | 75 | 68 | 76 | 70 | 72 |
| Uteluftstuss | dB(A) | 74 | 74 | 74 | 73 | 70 | 83 |
| Avkastluftstuss | dB(A) | 72 | 73 | 67 | 74 | 67 | 69 |
| Lydtrykk i 1 m avstand fra aggregat ³ | dB(A) | 65 | 66 | 57 | 60 | 61 | 67 |
| Vifteenheter | | | | | | | |
| Tilluftmotor (100% 60% luftmengde) ⁴ | kW | 1,31 0,73 | 1,69 0,97 | 1,75 0,99 | 2,50 1,31 | 3,06 1,73 | 2x2,27 2x1,36 |
| Fraluftmotor (100% 60% luftmengde) ⁴ | kW | 0,95 0,53 | 1,28 0,73 | 1,40 0,73 | 1,78 0,84 | 2,20 1,04 | 3,31 1,56 |
| SFP-Kategori Tilluft Fraluft (60% luftmengde) | | 1 2 | 1 1 | 1 1 | 1 1 | 1 1 | 1 2 |
| Integrert varmpumpe | | | | | | | |
| Fyllmengde kjølemedie R407C (uten BVK med BVK) | kg | 4,5 5,0 | 4,5 5,5 | 4,0 7,0 | 6,0 14,0 | 12,0 18,0 | 12,0 27,0 |
| Kompressoreffekt omluftdrift ⁵ | kW | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 3,4 | 4,4 | 4,9 |
| Varmeeffekt varmpumpe i omluftdrift ⁵ | kW | 13,3 | 14,8 | 14,9 | 23,2 | 30,7 | 35,2 |
| Kompressoreffekt i UL-drift | kW | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 3,4 | 4,7 | 5,0 |
| Varmeeffekt varmpumpe i UL-drift | kW | 12,4 | 13,6 | 13,7 | 21,4 | 29,7 | 32,1 |
| Kjølemiddeletterkjøler ⁶ | | | | | | | |
| Varmeeffekt i UL-drift | kW | 2,1 | 1,9 | 1,9 | 3,0 | 3,9 | 4,2 |
| Vannmengde | m ³ /h | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,18 | 0,23 |
| VVB | | | | | | | |
| Varmeeffekt ⁷ | kW | 17,8 | 25,1 | 25,9 | 39,7 | 58,8 | 71,8 |
| Vannmengde og trykktap | | | | | | | |
| VVB ⁷ | m ³ /h kPa | 0,78 3,8 | 1,39 3,1 | 1,26 3,6 | 2,14 3,5 | 2,57 5,6 | 3,27 3,7 |
| Shuntventil ⁷ | m ³ /h kPa | 0,78 9,7 | 1,39 4,8 | 1,26 4,0 | 2,14 4,6 | 2,57 6,6 | 3,27 4,2 |
| Bassengvannkondensator ^{8,9} | | | | | | | |
| Varmeeffekt | kW | 12,6 | 14,1 | 14,1 | 21,9 | 28,8 | 32,8 |
| Temperaturheving bassengvann | K | 7,3 | 7,5 | 7,5 | 7,8 | 8,0 | 7,4 |
| Vannmengde bassengvann | m ³ /h | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 2,4 | 3,1 | 3,8 |
| Trykktap gjennom kondensatoren | kPa | 5,9 | 7,0 | 7,0 | 6,7 | 10,9 | 16,1 |
| Kompressoreffekt i omluftdrift ¹⁰ | kW | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 3,5 | 4,7 | 5,4 |
| Anslutninger | | | | | | | |
| VVB-Anslutning | DN | 32 | 32 | 32 | 32 | 40 | 40 |
| Shuntventil-Anslutning | DN | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 32 |
| Kjølemiddeletterkjøler-Anslutning | DN | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Kondensavløp | DN | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Bunnavløp | DN | 20 40 | 20 40 | 20 40 | 20 40 | 20 40 | 20 40 |
| BVK-Anslutning ⁹ | DN | 25 | 25 | 25 | 40 | 40 | 40 |

Alle oppgitte verdier er ved
Nominell luftmengde og fralufttilstand 30°C / 53,7 % r.F.,
Utelufttilstand 8°C / 85 % r.F., med mindre annet er oppgitt

1 inkl. varmeeffekt kjølemiddeletterkjøler i UL-drift
2 avhengig av aggregatkonfigurasjon og utsyr
3 ved 250 Hz middelfrekvens
4 ved middels tette filter
5 i omluftdrift avfukning uten BVK
6 vanntemperatur inn 10°C
7 i omluftdrift oppvarming; Tur = 70°C, TL = 50°C

8 varmeeffekt ved vanntemperatur 28°C
9 aggregat med bassengvannkondensator
10 i omluftdrift avfukning med BVK

Tekniske mål og data må bekreftes ved prosjektering og bestilling.

ThermoCond
offentlig

Tekniske spesifikasjoner

| Aggregattype | uten bassengvannkondensator | | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | med bassengvannkondensator | | | | |
| | | 39 19 01 | 39 25 01 | 39 32 01 | 39 36 01 |
| | | 39 19 11 | 39 25 11 | 39 32 11 | 39 36 11 |
| Nominell luftmengde | m ³ /h | 14.100 | 18.600 | 23.100 | 26.900 |
| Maks luftmengde | m ³ /h | 19.000 | 25.000 | 30.000 | 33.500 |
| Avfuktingskapasitet iht. VDI 2089 | kg/h | 92,2 | 121,6 | 151,0 | 175,9 |
| Avfuktingskapasitet i omluftdrift | kg/h | 41,4 | 50,5 | 57,2 | 79,5 |
| Effektfaktor varmepumpe ¹ | COP | 7,1 | 7,0 | 8,0 | 7,6 |
| Merkeeffekt ² | kW | 17,0 | 20,0 | 26,3 | 33,3 |
| Merkestrøm ² | A | 52,8 | 54,7 | 69,5 | 85,9 |
| Driftspenning | | 3 / N / PE 400 V 50 Hz | | | |
| Eksternt trykktap | | | | | |
| Tilluft- og uteluftkanal | Pa | 400 | 400 | 500 | 500 |
| Fraluft- og avkastluftkanal | Pa | 400 | 400 | 500 | 500 |
| Lydeffektnivå ³ | | | | | |
| Tilluftstuss | dB(A) | 73 | 82 | 77 | 85 |
| Fraluftstuss | dB(A) | 80 | 74 | 76 | 78 |
| Uteluftstuss | dB(A) | 76 | 77 | 79 | 84 |
| Avkastluftstuss | dB(A) | 73 | 75 | 73 | 75 |
| Lydtrykk i 1 m avstand fra aggregat ³ | dB(A) | 62 | 69 | 64 | 71 |
| Vifteenheter | | | | | |
| Tilluftmotor (100% 60% luftmengde) ⁴ | kW | 2x2,66 2x1,52 | 2x3,40 2x2,05 | 3x3,24 3x1,87 | 3x3,77 3x2,18 |
| Fraluftmotor (100% 60% luftmengde) ⁴ | kW | 2x2,30 2x1,19 | 2x2,87 2x1,57 | 2x4,01 2x2,18 | 3x3,29 3x1,79 |
| SFP-Kategori Tilluft Fraluft (60% luftmengde) | | 1 2 | 1 2 | 2 2 | 2 3 |
| Integrert varmepumpe | | | | | |
| Fyllmengde kjølemedie R407C (ute BVK/med BVK) | kg | 18,0 31,0 | 18,0 40,0 | 28,0 50,0 | 35,0 50,0 |
| Kompressoreffekt i omluftdrift ⁴ | kW | 6,9 | 7,5 | 8,6 | 11,7 |
| Varmeeffekt varmepumpe i omluftdrift ⁵ | kW | 47,0 | 54,6 | 63,5 | 84,6 |
| Kompressoreffekt i UL-drift | kW | 7,1 | 7,5 | 8,6 | 12,1 |
| Varmeeffekt varmepumpe i UL-drift | kW | 43,2 | 45,9 | 58,0 | 78,1 |
| Kjølemiddeletterkjøler | | | | | |
| Varmeeffekt UL-drift | kW | 6,1 | 6,7 | 10,4 | 13,9 |
| Vannmengde | m ³ /h | 0,29 | 0,33 | 0,37 | 0,51 |
| VVB | | | | | |
| Varmeeffekt ⁷ | kW | 90,2 | 111,9 | 140,9 | 174,6 |
| Vannmengde og trykktap | | | | | |
| VVB ⁷ | m ³ /h kPa | 3,94 5,9 | 5,62 3,2 | 7,25 3,8 | 7,64 3,5 |
| Shuntventil ⁷ | m ³ /h kPa | 3,94 6,1 | 5,62 5,1 | 7,25 8,4 | 7,64 3,6 |
| Bassengvannkondensator ^{8,9} | | | | | |
| Varmeeffekt | kW | 44,9 | 52,5 | 60,1 | 81,5 |
| Temperaturheving bassengvann | K | 8,0 | 8,2 | 8,3 | 8,2 |
| Vannmengde bassengvann | m ³ /h | 4,9 | 5,5 | 6,2 | 8,6 |
| Trykktap gjennom kondensatoren | kPa | 8,4 | 10,8 | 13,5 | 8,2 |
| Kompressoreffekt i omluftdrift ¹⁰ | kW | 6,7 | 7,6 | 8,8 | 11,5 |
| Anslutninger | | | | | |
| VVB-Anslutning | DN | 40 | 50 | 50 | 65 |
| Shuntventil-Anslutning | DN | 32 | 40 | 40 | 50 |
| Kjølemiddeletterkjøler-Anslutning | DN | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Kondensavløp | DN | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Bunnavløp | DN | 20 40 | 20 40 | 20 40 | 20 40 |
| BVK-Anslutning ⁹ | DN | 50 | 50 | 50 | 63 |

Alle oppgitte verdier er ved
Nominell luftmengde og fralufttilstand 30°C / 53,7 % r.F.,
Utelufttilstand 8°C / 85 % r.F., med mindre annet er oppgitt

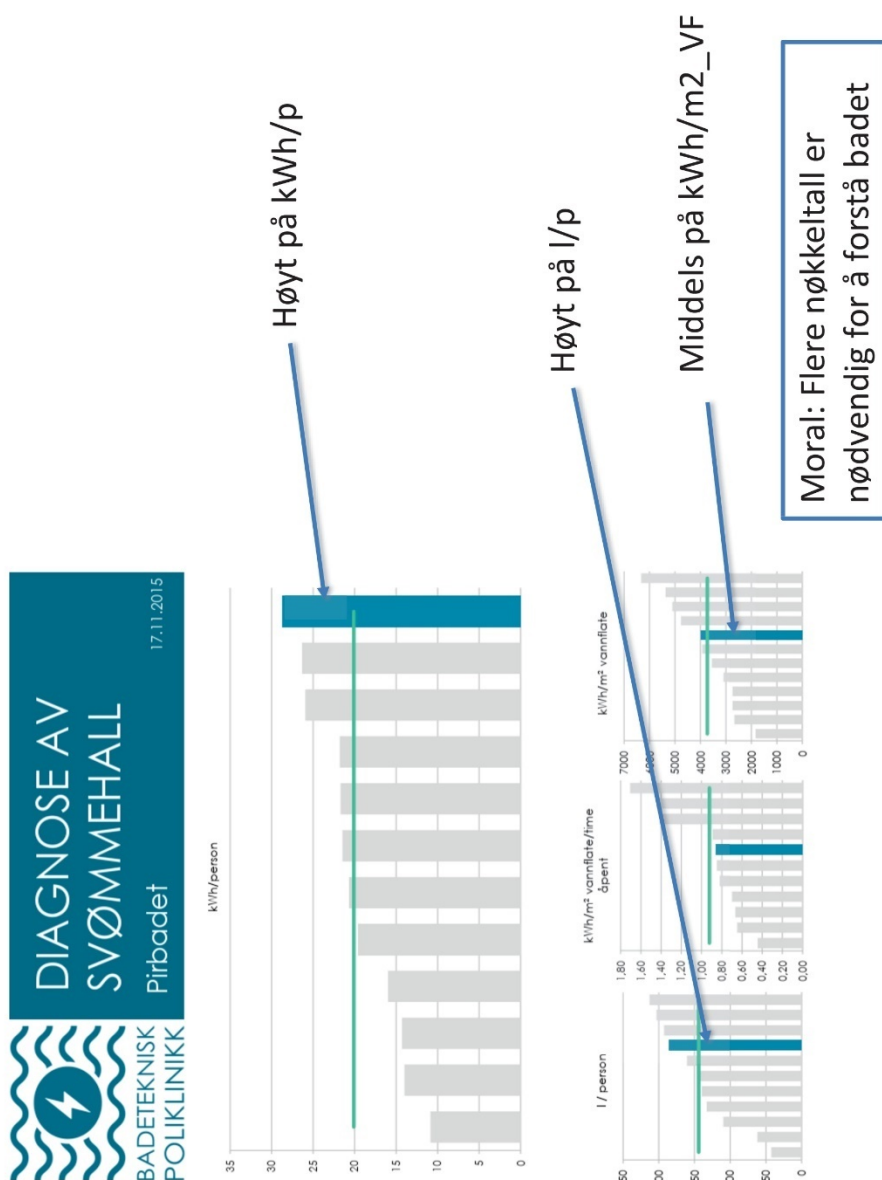
1 inkl. varmeeffekt kjølemiddeletterkjøler i UL-drift
2 avhengig av aggregatkonfigurasjon og utsyr
3 ved 250 Hz middelfrekvens
4 ved middels tette filter
5 i omluftdrift avfukting uten BVK
6 vanntemperatur inn 10°C
7 i omluftdrift oppvarming; Tur = 70°C, TL 50°C

8 varmeeffekt vedvanntemperatur 28°C
9 aggregat med bassengvannkondensator
10 i omluftdrift avfukting med BVK

Tekniske mål og data må bekreftes ved prosjektering og bestilling.

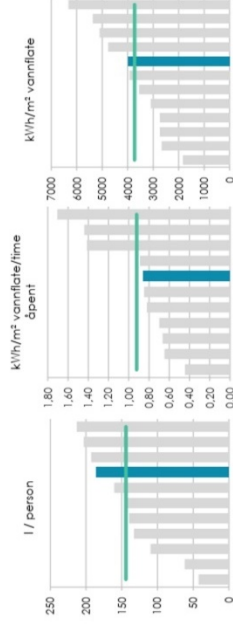
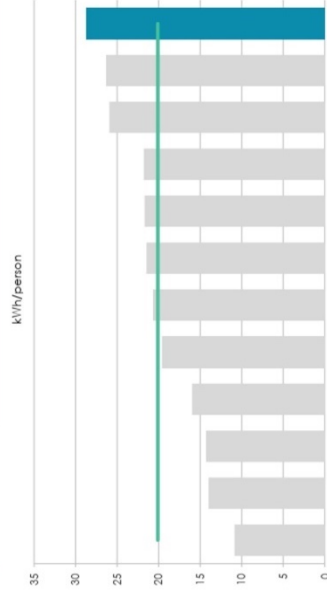
Vassforbruk per person i svømmehaller:

Utklipp av "Pirbadet – bakgrunn for tiltak Badelandene 2018-10-15" fra NTNU SIAT – Senter for idrettsanlegg og teknologi.



Analyse Pirbadet

- Sparepotensial
- Aktuelle tiltak
- Kapasitetsbehov
 - Avfukting
 - Ventilasjon
 - Vannbehandling
 - Konseptvalg
 - Ventilasjon
 - Gråvannsgjenvinner
 - Vannbehandling



10.13 Varmegjenvinning av gråvatn

Varmegjenvinning fra gråvann | AquaCond 44

Varmegjenvinning fra gråvann med motstrøms-koaksial-veksler



Velger automatisk den mest økonomiske driftsmodus!!

AquaCond 44

VANNMENGDE: 0,8 – 5,4 m³/h



AquaCond 44 08 21 - simplified illustration
Picture shows special equipment heat recovery bypass

Kort om:

- ▶ Varmegjenvinning fra rent eller forurenset spillvann for oppvarming av ferskvann. (Ikke kloakk)
- ▶ Reduserer oppvarmingsbehovet til ferskvann med opptil 90%
- ▶ Automatisk rengjøring av veksleren
- ▶ Gjennomstrømningsregulering
- ▶ Kan også benyttes som kjølegjenvinning system
- ▶ Integret automatikk kompatibel med alle vanlige SD systemer

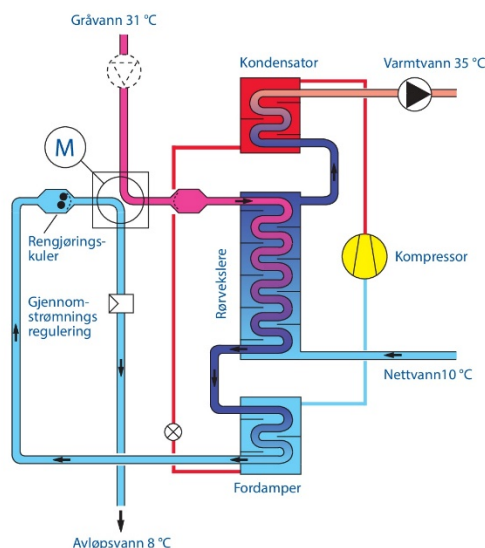
Altfor ofte blir varmt avløpsvann ført rett i sluk sammen med den utnyttet energi som her finnes. AquaCond 44 gjenvinner mesteparten av denne varmeenergien og overfører den til ferskvann. Ved å kombinere rørveksler og varmepumpe benyttes kun ca 10% av den energien som behøves, kontra det en konvensjonell oppvarming ville kreve. Den integrerte rengjøringen av varmeveksleren muliggjør bruken av aggregatet selv ved forurenset

avløpsvann. Gjenvinn verdifull energi hvor som helst hvor det er varmt avløpsvann og samtidig et oppvarmingsbehov av ferskvann. F.eks. i dusj områdene i svømmehaller, sykehus eller boligkomplekser, i syklerier og i mange industrielle prosesser.

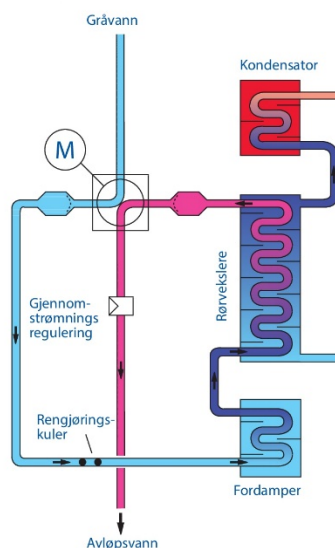
Andre måleparametere og opsjoner:

- Konstant rørdiameter i avløpskretsen for stabil gjennomstrømnings hastighet.
- Varmepumpe med fullhermetisk sugegasavkjølt kompressor, montert på vibrasjonsdempere
- Komplette aggregat inneholdende alle komponenter for varmegjenvinning av gråvann.
- Kvalitetskontroll med fullskala testkjøring på fabrikk
- Opsjon
- Kan leveres uten automatisk rengjøring av veksleren
- Grovfilter med kurvinnsats for filtrering av gråvann før gjenvinneren
- Kan leveres med sikkerhetsvekslere inneholdende et nitrogen sjikt mellom avløps- og friskvann for lekkasjeovervåking av vekslerne.
- Bypass funksjon av veksler m.m

Funksjons- beskrivelse



Rengjøringsdrift



AquaCond aggregatets formål er energieffektiv oppvarming av nett vann til temperert forbruksvann. Som varmekilde benyttes energien fra varmt avløpsvann. Varmen overføres gjennom kombinasjonen av en rekuperativ rørvarmeveksler og en varmepumpe.

Varmt avløpsvann strømmer i første trinn gjennom rørvarmeveksleren og deretter gjennom varmepumpens fordamper. I motsatt retning, og mekanisk adskilt strømmer den samme mengden av ferskvann først gjennom rørveksleren, deretter gjennom varmepumpens kondensator. En stor del av varmeenergien i avløpsvannet overføres til det kalde ferskvannet i rørveksleren. Denne prosessen finner sted i en effektiv motstrøms prosess og krever ingen forbruk av energi. I varmepumpens fordamper kjøles avløpsvannet ytterligere ned og energien overføres via varmepumpens

kondensator til det allerede forvarmede ferskvannet.

Med en optimal innregulering av de enkelte komponentene kan et effektivtall på 11 oppnås.

Konstante rørdiametere i avløpskretsen garanterer jevne høye hastigheter.

Dette reduserer avleiringer i rørvekslerne og dermed forringelse av varmevekslerens effektivitet. Til tross for jevn strøm, er det mulig at såperester, fett og andre stoffer allikevel fester seg til vekslerens overflater i avkjølingsfasen.

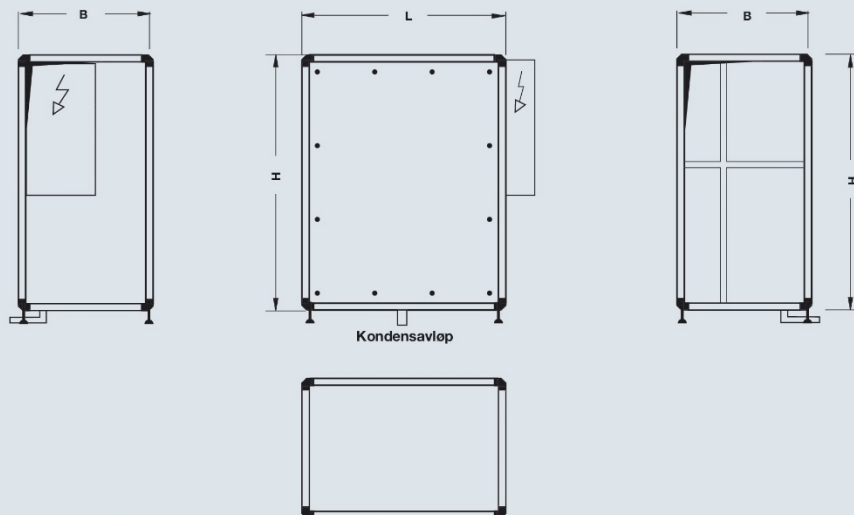
Ved organisk belastning av avløpsvannet kan det også føre til bakterievekst og slimdannelse på vekslerens overflate. For å hindre dette, vil den automatiske rengjøringsfunksjonen med jevne mellomrom føre de interne rengjøringskulene gjennom systemet. Rengjøringskulene løser slagstoffer fra rørene og hindrer filmdannelse på flatene.

Dette sikrer til enhver tid optimale forhold og høy virkningsgrad.

AquaCond

AquaCond Type 44

Mål og vekt



Justerbare aggregatben fra 100 til 130 mm

Største Transportenhet

| Agg.type | L | B | H 1 | Vekt |
|----------|-------|-----|-------|-------|
| 44 08 .1 | 1.050 | 730 | 1.370 | 430 |
| 44 12 .1 | 1.210 | 890 | 1.530 | 450 |
| 44 18 .1 | 1.370 | 890 | 1.690 | 650 |
| 44 24 .2 | 2.420 | 890 | 1.530 | 860 |
| 44 36 .2 | 2.740 | 890 | 1.690 | 1.260 |
| 44 54 .3 | 4.110 | 890 | 1.690 | 1.900 |

| Agg.type | L | B | H 1 | Vekt |
|----------|-------|-----|-------|------|
| 44 08 .1 | 1.050 | 730 | 1.370 | 430 |
| 44 12 .1 | 1.210 | 890 | 1.530 | 450 |
| 44 18 .1 | 1.370 | 890 | 1.690 | 650 |
| 44 24 .2 | 1.210 | 890 | 1.530 | 460 |
| 44 36 .2 | 1.370 | 890 | 1.690 | 660 |
| 44 54 .3 | 1.370 | 890 | 1.690 | 700 |

Vær oppmerksom på aggregatstørrelse og el.skapet.

Alle lengdemål i mm, vekt i kg.
1 pluss aggregatben

Alle rør skal være utstyrt med stengeventil før aggregatet

Tekniske spesifikasjoner

| Aggregattype | | 44 08 .1 | 44 12 .1 | 44 18 .1 | 44 24 .2 | 44 36 .2 | 44 54 .3 |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Maks vannmengde | m ³ /h | 0,8 | 1,2 | 1,8 | 2,4 | 3,6 | 5,4 |
| Varmeeffekt | kW | 25 | 37 | 52 | 74 | 104 | 156 |
| Kompressoreffekt | kW | 1,8 | 2,6 | 3,4 | 2 x 2,6 | 2 x 3,4 | 3 x 3,4 |
| Effektall ¹ | | 10,8 | 11,4 | 11,8 | 11,5 | 11,6 | 11,8 |
| Fyllmengde kjølemedie R407C | kg | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 8,0 | 10,0 | 15,0 |
| Merkeeffekt | kW | 4,0 | 6,4 | 9,6 | 13,0 | 20,0 | 29,0 |
| Driftspenning | | 3 / N / PE 400 V 50 Hz | | | | | |
| Løftehøyde Friskvannside | kPa | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Trykktap gråvannside | kPa | 80 | 90 | 90 | 95 | 95 | 98 |
| Anslutninger | | | | | | | |
| Gråvann | mm | 32 | 32 | 40 | 40 | 50 | 50 |
| Friskvann CU | mm | 22 | 22 | 28 | 28 | 35 | 35 |
| Friskvann PVC | mm | 32 | 32 | 32 | 40 | 50 | 50 |

Tekniske data referer til maks vannmengde og gråvannstemperatur på 31°C/friskvannstemperatur på 10°C

¹ effekt inkl. friskvannspumpe og ekstern gråvannspumpe

Tekniske mål og data må bekreftes ved prosjektering og bestilling

Materialkombinasjoner *

| Koder | Gråvann veksler | Gråvann rørside | Friskvann veksler | Friskvann rørside |
|--------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 44..0. | Cu | PVC | Cu | Cu |
| 44..1. | Cu | PVC | Cu-fortinnet | PVC |
| 44..2. | Cu-Ni-10Fe | PVC | Cu | Cu |
| 44..3. | Cu-Ni-10Fe | PVC | Cu-fortinnet | PVC |

* Cu-Ni-10Fe ved aggressivt gråvann (f.eks klorholdig bassengvann og prosessvann)
Cu-fortinnet ved friskvannsinstallasjon med forsinket stålrør

karlullrich@gmx.net

Fra: viggo leikanger <viggo.leikanger@outlook.com>
Sendt: onsdag 15. mai 2019 13.01
Til: Karl Ullrich
Emne: Fwd: Nøkkeltall på besøkande i svømmehallen Førdehuset

Videresendt melding:

Fra: Bengt Johan Bengtsson <Bengt.Johan.Bengtsson@forde.kommune.no>
Emne: SV: Nøkkeltall på besøkande i svømmehallen Førdehuset
Dato: 27. april 2019 kl. 09.43.18 CEST
Til: 'viggo leikanger' <viggo.leikanger@vatnelid.no>
Kopi: Inge Larsen <Inge.Larsen@forde.kommune.no>

Hei Viggo!

Her er besøket for symjehallen 2018:
- Symjehallen: 18.819 selde billetter, 12.000 FIL trening, 28.500 skuleelevar

For idrettshallen er det vanskelegare. Der må vi berekne.
Skulane er der på dagtid.
Idrettslaga på kveldstid.
Mange dusjar heime.
Brukarar av stadion bruker garderobeanlegget.
Eit forsøk på stipulering:
Skuleelevar: Besøk per år skuleelevar 80.000 og andre 80.000 per år
Bruk av dusj per år 40.000 og andre 40.000 per år

Med venleg helsing

Johan Bengtsson
Kulturleiar
Førde kommune
971 21 400

-----Opprinnelig melding-----

Fra: viggo leikanger [<mailto:viggo.leikanger@outlook.com>] På vegne av viggo leikanger
Sendt: tirsdag 23. april 2019 09.15
Til: Bengt Johan Bengtsson <Bengt.Johan.Bengtsson@forde.kommune.no>
Emne: Nøkkeltall på besøkande i svømmehallen Førdehuset

Hei Johan

Viser til telefonsamtale nettopp der vi snakke om tal besøkande i Førdehuset sin svømmehall.
Bacheloroppgåva vår går på kva byggteknisk tiltak som vil gje størst energispare-effekt. Noko av det vi jobbar med er vassforbruk og energisparing i samband med varmvassforbruk.

Vassforbruk frå Førdehuset i mars 2019:

Kunde: Førdehuset

| Kalkulert Upprioritert Kraft | Input - Energi målar Effekt topp (kW) | Forbruk (kWh) | Kraft | | Nettleige = Fastbeløp + Energi/kostnad | | Forbruks Avgift | TOTAL eks MVA | | | | |
|------------------------------|---|------------------|-------------------------|--------------------|---|--|-----------------|---------------|--------------------------|-------|--------------|---------------|
| | | | kraft pris (øre/kWh) | Sum kraft (NOK) | Fastbeløp Abonnert Effekt (NOK/År) pr mnd | Energi kostnad Energi kost (øre/kWh) Sum Energi kost (NOK) | | | Total Nettleige (NOK) | | | |
| 01.03-31.03.2019 | | 248 150 | 44,996 | kr 111 657,57 | kr 6 300,00 | kr 525,00 | 11,17 | kr 27 718,36 | kr 28 243,36 | 15,58 | kr 38 661,77 | kr 178 562,70 |

Kjøpling

| | Forbruk total (kWh) | Forbruk mnd. (kWh) | mar. 19 Fakturert beløp eks. mva |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Abonnert effekt, kW* år | 600 | | |
| Energi pris (fast), kr/kWh | 0,5 | 0 | 0 |
| Effektledd, kr/kW | 500 | | 25 000,00 |
| SUM fakturert | | | 25 000,00 |

Karl Ullrich

Fra: Thomas Hjertenes <thomas@menerga.no>
Sendt: torsdag 25. april 2019 14.56
Til: viggo leikanger
Kopi: marta.sandnes@gmail.com; joakimkvammen@hotmail.com; karlullrich@gmx.net
Emne: SV: Studietur til Holmen og kanskje et møte med Menerga samtidig?

Hei Viggo

Skal prøve å svare på spørsmålene dine, men som nevnt på tlf så har du kontaktinfo på Bjørn Aas som jobber på SIAT (Senter for idrettsanlegg og teknologi) ved NTNU.

Hjemmeside: <https://www.ntnu.no/siat>

Kontaktperson: Bjørn Aas

E-post: bjorn.aas@ntnu.no

Tlf: 97171814

Kor lenge har denne teknologien med energigjenvinning av gråvann eksistert? Når blei det vanlig å installere i offentlige anlegg?

Menerga har produsert dette aggregatet i sin nåværende form siden 1984. Men det første aggregatet menerga produserte for varmegjenvinning av gråvann var i 1982. Da ble det brukt plateveksler, sandfilter og kjemisk rensing av vannet. Dette gikk de vekk fra da de patenterte rensing av veksleren med nåværende løsning.

Vi installerte de første aggregatene i 1982. I Norge har det vært vanlig å bruke slike gråvannsgjennvinnere i litt større badeanlegg. Da det kreves et høyt vannforbruk for at det skal lønne seg (minste aggregat svelger unna 800 l/h). Det vil si at det ikke blir installert slike varmegjennvinnere i typiske skolebasseng, fordi vannforbruket er for lavt.

Dette med levetidskostnader til eit gråvannsanlegg. Kva er estimert levetid med normalt vedlikehold på eit slikt anlegg? Eg vil tippe 20-år om ein steller pent med det.

Normalt sett sier vi en levetid på 15-20 år. Vi byttet akkurat ut et fra 1984 nå i år, så de kan holde lenger også, men det kommer veldig an på hvordan de blir stelt med og ikke minst hvor de blir installert. (Mange svømmehalls kjellere har veldig fuktig og korrosiv luft som virker inn på alle tekniske installasjoner)

Kva er investeringskostnaden av eit slikt gråvannsanlegg? Aggregatet isolert sett kva kostar det?

tilleggsinstallasjonar vil jo komme i tillegg. For det anlegget vi skriv om vil det bli behov for eit utjevningsbasseng også.

Aggregatet koster for et 441221 som er den vanligste størrelsen for et 25m basseng med folkebad og skolesvømming koster ca 340 000,- (det mindre koster faktisk det samme) Det som er viktig er at det under bygging blir skilt mellom gråvann og svartvann. Gjøres dette under bygging antar jeg at installasjonskostnadene med tanker blir på ca samme sum som aggregatet. Dette gjelder ved nybygg. Hva man skal ha for å installere dette i et gammelt bygg hvor det ikke har vært lagt til rette for varmegjenvinning av gråvann er veldig usikkert, det kommer helt an på føringsveier for rør og el, samt mulighet for å inntransportere tanker og ikke minst muligheten for å dele gråvann og svartvann etc.

Kan vi egentlig kalle det for eit gråvannssaggregat? Alle skjønner kva det er snakk om men uttrykket er litt upresist... I teksten vår skriv vi «energigjennvinningsaggregat for gråvann» for å vere presis nok. Kva uttrykk brukar du?

Vi pleier å bruke varmegjennvinningsaggregat for gråvann, eller gråvannsgjenvinning, men da kan det misforstås med at man renser gråvannet og bruker på nytt.

Apropos utjevningsbasseng: Er det rett oppfatta av oss at ein kan køyre energilagring til dette, både frå gråvannssaggregatet og luftbehandlinga? Den sløyfa med nettvatn til underkjøling i kompressorlegget, kor gjekk den vidare? Til vvtank?

Utjevningsbasseng til svømmebassenget brukes ikke til energilagring, men til energitilførsel. Det betyr at den sløyfa med underkjølingsvann pleier å bli ført til utjevningsbassenget for etterfylling av det fordampede vannet. På nye aggregater er den tilpasset omtrent det samme som aggregatet avfukter og dermed får man forvarmet vann som

tilførsel for det fordampede vannet. På litt eldre aggregater så var mengden større enn den fordampede mengden og der kunne man få problemer med overfylling av utgivningstanken. Da må vi ha en flottørbryter som stopper denne underkjøleren ved høyt nivå i tanken. Så er det slik at der hvor man gjenvinner filterspylevannet gjennom gråvannsgjenvinneren pleier man å etterfylle alt det vannet som blir brukt til filterspyling fra aggregatet og akkumuleringstankene. Det er her viktig at man ser på muligheten for å kunne etterfylle kontinuerlig. Det betyr at man må passe på både vann balansen inn/ut og energibalansen. Spør for øvrig Bjørn Aas om han kan sende dere bildet han har av energibalansen (store og lille kretsløp i svømmehaller)

Når det gjeld instillingar til avfuktaraggregatet: Kva er dei vanlegaste innstillingane (setpunkt) for desse aggregata? Er det luftfuktighet RF i tilluft som blir premissgivande for innstilte tilluftsverdiar? Eller er det slik at ønska tilluft og ønska RF på ca 55% følger kvarandre?

Aggregatet måler avtrekk og tilluft. Det er avtrekks tilstanden er premissgivende for hva aggregatet skal gjøre. Avtrekksfuktighet/temp = Hallfuktighet/temperatur. Aggregatet ser da på hva slags tilstand man har i hallen og regulerer da behovet for avfuktning / kjøling/varming av tilluften. For å være reguleringsmessig litt mer presis så er aggregatet avtrekksregulert med kaskade regulering av tilluft. De vanligste innstillingene i svømmehallen er 2K over vanntemperatur, men aldri mer enn 31.5°C og egentlig et vanninnhold i lufta på 14,6g/kg = 55%RF ved 30°C i lufta. Veldig ofte bruker man 55% ved 30°C i lufta type 53% ved 31°C og 50% RF ved terapi basseng (34°C vann og 31,5°C luft

Arealkrav for slike aggregat i teknisk rom: Finst der ein minstestandard for arealbehov?

Det finnes ikke noe krav, men en anbefaling det kommer selvfølgelig veldig an på hvilken størrelse på aggregatet man skal ha. Men for å lette drift og gjøre det mulig å bytte deler uten alt for store kostnader anbefaler vi et areal på betjeningside like stor som aggregatets bredde og helst min 0,5 m fritt på baksiden. I tillegg må det være plass til kanaler på være kortsiden av aggregatet. Plassen her kommer også veldig an på hvordan kanalføringer er fra før og størrelse på kanaler og om man må krysse kanaler etc.

Nøkkeltall for svømmehallar. f.eks vannforbruk per besøkende badende. Eg har spurt Norsk Bassengteknisk forening men har ikkje fått noko respons frå dei endå. Eg finn ein del nøkkeltall hist og her men manglar ein skikkeleg kjelde. Når vi beregner et varmegjennvinningsaggregat for gråvann regner vi 50l pr badene i dusjvann så kommer evt blødevann fra rensenlegget. De har krav å bytte ut 30l pr badene ved normal temp. og 60l pr badene ved vanntemp over 34°C

Her vil jeg også anbefale deg å høre med Bjørn Aas da jeg vet at han sitter på mange eksakte tall fra ulike badeanlegg rundt om i Norge.

Med vennlig hilsen/ Mit freundlichen Grüßen

Thomas Hjertenes
Avdelingsleder
Service



Menerga AS
Nye Vakåsvei 20
NO - 1395 Hvalstad
Tel.: +47 67 57 39 89
GSM: +47 48 99 90 84
thomas@menerga.no
www.menerga.no



Tenk på miljøet før du skriver ut denne e-posten

Fra: viggo leikanger <viggo.leikanger@outlook.com>

Sendt: 23 April 2019 20:25

Til: Thomas Hjertenes <thomas@menerga.no>

10.14 Utrekninger for gjenvinning av gråvatn

| | | Netto noverdiuttrekning gjennvinning av energi frå gråvatn | | | | | |
|----------------------------------|--|--|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|
| | kr | 1,00 | | | | | |
| | Kalkulasjonsrent | 5 % | | | | | |
| | | | | | | | |
| Vassforbruk [m ³ /år] | Energi til oppvarming av vann [kWh/år] | Straumostnad [kr/år] | Årlig sparing | Investeringskostnad | Økonomisk levetid [år] | Noverdi [kr] | Tilbakebeta lingstid [år] |
| 7000 | 219800 | kr 219 800,00 | kr 197 820 | kr 1 000 000,00 | 15 | kr 1 053 303,95 | 5,06 |
| 11000 | 345400 | kr 345 400,00 | kr 310 860 | kr 1 000 000,00 | 15 | kr 2 226 620,50 | 3,22 |
| 20000 | 628000 | kr 628 000,00 | kr 565 200 | kr 1 000 000,00 | 15 | kr 4 866 582,72 | 1,77 |
| Besparing i år n | Lågt vassforbruk | Middels vassforbruk | Høgt vassforbruk | | | | |
| 0 | kr 197 820 | kr 310 860 | kr 565 200 | | | | |
| 1 | kr 197 820 | kr 296 057 | kr 538 286 | | | | |
| 2 | kr 179 429 | kr 281 959 | kr 512 653 | | | | |
| 3 | kr 170 884 | kr 268 533 | kr 488 241 | | | | |
| 4 | kr 162 747 | kr 255 745 | kr 464 991 | | | | |
| 5 | kr 154 997 | kr 243 567 | kr 442 849 | | | | |
| 6 | kr 147 616 | kr 231 969 | kr 421 761 | | | | |
| 7 | kr 140 587 | kr 220 922 | kr 401 677 | | | | |
| 8 | kr 133 892 | kr 210 402 | kr 382 550 | | | | |
| 9 | kr 127 517 | kr 200 383 | kr 364 333 | | | | |
| 10 | kr 121 444 | kr 190 841 | kr 346 984 | | | | |
| 11 | kr 115 661 | kr 181 753 | kr 330 461 | | | | |
| 12 | kr 110 154 | kr 173 098 | kr 314 725 | | | | |
| 13 | kr 104 908 | kr 164 856 | kr 299 738 | | | | |
| 14 | kr 99 913 | kr 157 005 | kr 285 464 | | | | |
| 15 | kr 95 155 | kr 149 529 | kr 271 871 | | | | |
| Noverdi= | kr 1 062 724 | kr 2 226 620 | kr 4 866 583 | | | | |