



|                                                                                                        |                             |   |                 |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---|-----------------|--|
| Oppgavens tittel:                                                                                      | Dato: 21.12.11              |   |                 |  |
| Betraktninger rundt svømmehallers energieffektivitet                                                   | Antall sider (inkl. bilag): |   |                 |  |
| Considerations on the energy efficiency in indoor swimming pools                                       | Masteroppgave               | X | Prosjektoppgave |  |
| Navn: Stud.techn. Hilde Drolsum Røkenes                                                                |                             |   |                 |  |
| Faglærer/veileder: Arvid Dalehaug                                                                      |                             |   |                 |  |
| Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Pål Kjetil Eian (Norconsult) og Bjørn Aas (NTNU SIAT) |                             |   |                 |  |

#### Ekstrakt:

Det er generelt et stort fokus på energibruk i norske bygninger. Svømmehaller har et betydelig høyere energibruk enn andre bygninger. Til tross for dette er det ikke egne krav til energibruk i svømmehaller i Byggteknisk forskrift. Det er derfor undersøkt om det bør være egne krav knyttet til energibruk i svømmehaller og hva de eventuelt bør omfatte. Undersøkelsen har blant annet bestått i energibrukssimulering av Ringeriksbadet og sammenligning av energi- og vannforbruk for Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet.

Svømmehaller skiller seg fra andre bygninger både med hensyn til temperatur og relativ fuktighet på inneluften. Vanlig romtemperatur i hallene er 30 °C med relativ fuktighet på 50-55 %. Dette gir store fuktbelastninger på bygningskroppen, og konstruksjonsprinsippene må være deretter. Fra basseng og våte overflater fordampes det vann, og prosessen krever energi som tas fra varmen i bassengvann og romluft. Denne fordampningsvarmen inneholder mye bundet energi og bør gjenvinnes i ventilasjonsaggregatet. Vannbehandlingen i et svømmeanlegg er omfattende og består av sirkulasjon av bassengvann med rensing, tilførsel av friskvann og vann til dusj og servanter. Totalt er det en stor mengde teknisk utstyr i en svømmehall som krever mye elektrisitet.

Sammenligninger av energibruk i Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet med middelveier for svømmehaller i Norge, som også inkluderer haller av eldre dato, viser at energiforbruket i de nye anleggene er omtrent like høyt som gjennomsnittet. Energibrukssimuleringen for Ringeriksbadet gjort i energiberegningsprogrammet Simien viser et høyere beregnet behov for levert energi, enn det virkelige behovet. Én av årsakene til dette er at beregningsprogrammet er lite egnet for simulering av komplekse bygninger. Utførte beregninger har vist at økt gjenvinning av fordampningsvarme og installasjon av gråvannsvarmegjenvinner er de mest energisparende tiltakene. Dette begrunnes blant annet med at gjenvinningsgraden av fordampningsvarme i utgangspunktet er lav på Ringeriksbadet. Lavere U-verdier bidrar også til reduksjon i energibruk. Ved innføring av samtlige av de tre tiltakene det er undersøkt for, vil energiforbruket i Ringeriksbadet kunne reduseres med 34 %, og dermed komme på nivå med danske svømmehaller. Det er ikke usannsynlig at andre anlegg også har store sparepotensialer. Energibrukssimuleringene indikerer at prosessene i svømmehallen og forbruket av varmtvann dominerer energiforbruket.

Basert på resultatene fra energiberegningene, er det ønskelig å innlemme varmegjenvinningskrav i Byggteknisk forskrift både i forhold til gråvann og fordampning. Krav om begrensninger på vannforbruk og økt energieffektivitet når det gjelder det tekniske utstyret kan også være aktuelt. Andre benevnninger enn per bruksareal bør vurderes ved en eventuell etablering av et energirammekrav for svømmehaller. Et rammekrav bør ikke gis før det benyttes andre energiberegningsprogrammer enn Simien for simuleringer av energibruk i svømmehaller.

#### Stikkord:

|                          |
|--------------------------|
| 1. Svømmehall            |
| 2. Energibruk            |
| 3. Byggteknisk forskrift |
| 4. Gjenvinning           |

(sign.)



## Forord

Denne rapporten er blitt til som avsluttende masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Jeg ønsker å takke veileder Arvid Dalehaug ved NTNU, veileder Pål Kjetil Eian i Norconsult og biveileder Bjørn Aas fra Senter for Idrettsanlegg og teknologi ved NTNU for gode innspill og veiledninger. I tillegg vil jeg takke Thor-Oskar Relander i Norconsult for gode råd. Andre viktige bidragsytere har vært Martin Risberg fra Menerga og Trond Øverli fra Ringeriksbadet. Jeg vil takke for god hjelp og imøtekommenhet fra Fred Solvik i Rambøll, Fritjof Salvesen i Asplan Viak, Dag Amundsen i EM Teknikk, Tor Helge Dokka i Programbyggerne, Gunnar Grini fra Statens Bygningstekniske Etat, Arild Gustavsen ved NTNU, Pål Stenbro fra Drammensbadet, Knut Bjerke fra Risenga bad og Lars Lunde i Asker Kommune. I tillegg fortjener Wolfgang Kampel, doktorgradsstipendiat ved NTNU, en stor takk for å la meg benytte upublisert data han har samlet.

Til slutt vil jeg rette en stor takk til meget gode kolleger i Norconsult for god støtte og hjelp med stort og smått.

Trondheim, 21.12.2011

---

Hilde Drolsum Røkenes



## Sammendrag

Det er generelt et stort fokus på energibruk i norske bygninger. Svømmehaller har et betydelig høyere energibruk enn andre bygninger. Til tross for dette er det ikke egne krav til energibruk i svømmehaller i Byggeteknisk forskrift. Det er derfor undersøkt om det bør være egne krav knyttet til energibruk i svømmehaller og hva de eventuelt bør omfatte. Undersøkelsen har blant annet bestått i energibrukssimulering av Ringeriksbadet og sammenligning av energi- og vannforbruk for Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet.

Svømmehaller skiller seg fra andre bygninger både med hensyn til temperatur og relativ fuktighet på inneluften. Vanlig romtemperatur i hallene er 30 °C med relativ fuktighet på 50-55 %. Dette gir store fuktbelastninger på bygningskroppen, og konstruksjonsprinsippene må være deretter. Fra basseng og våte overflater fordampes det vann, og prosessen krever energi som tas fra varmen i bassengvann og romluft. Denne fordampningsvarmen inneholder mye bundet energi og bør gjenvinnes i ventilasjonsaggregatet. Vannbehandlingen i et svømmeanlegg er omfattende og består av sirkulasjon av bassengvann med rensing, tilførsel av friskvann og vann til dusj og servanter. Totalt er det en stor mengde teknisk utstyr i en svømmehall som krever mye elektrisitet.

Sammenligninger av energibruk i Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet med middelerverdier for svømmehaller i Norge, som også inkluderer haller av eldre dato, viser at energiforbruket i de nye anleggene er omtrent like høyt som gjennomsnittet. Energibrukssimuleringen for Ringeriksbadet gjort i energiberegningsprogrammet Simien viser et høyere beregnet behov for levert energi, enn det virkelige behovet. Én av årsakene til dette er at beregningsprogrammet er lite egnet for simulering av komplekse bygninger. Utførte beregninger har vist at økt gjenvinning av fordampningsvarme og installasjon av gråvannsvarmegjenvinner er de mest energisparende tiltakene. Dette begrunnes blant annet med at gjenvinningsgraden av fordampningsvarme i utgangspunktet er lav på Ringeriksbadet. Lavere U-verdier bidrar også til reduksjon i energibruk. Ved innføring av samtlige av de tre tiltakene det er undersøkt for, vil energiforbruket i Ringeriksbadet kunne reduseres med 34 %, og dermed komme på nivå med danske svømmehaller. Det er ikke usannsynlig at andre anlegg også har store sparepotensialer. Energibrukssimuleringene indikerer at prosessene i svømmehallen og forbruket av varmtvann dominerer energiforbruket.

Basert på resultatene fra energiberegningene, er det ønskelig å innlemme varmegjenvinningskrav i Byggeteknisk forskrift både i forhold til gråvann og fordampning. Krav om begrensninger på vannforbruk og økt energieffektivitet når det gjelder det tekniske utstyret kan også være aktuelt. Andre benevninger enn per bruksareal bør vurderes ved en eventuell etablering av et energiramme krav for svømmehaller. Et rammekrav bør ikke gis før det benyttes andre energiberegningsprogrammer enn Simien for simuleringer av energibruk i svømmehaller.

## Abstract

In Norway there is an increasing focus on energy consumption in buildings. Indoor swimming pools consume a high amount of energy compared to other buildings. In spite of this, there are no special requirements in Norwegian building regulations concerning the energy use in indoor swimming pools. In this context, the need for energy restrictions related to indoor swimming pools is investigated. The studies have consisted of, among other things, energy use calculations in Ringeriksbadet and comparisons on energy and water consumption between Ringeriksbadet, Risenga bad and Drammensbadet.

Indoor swimming pools contrast other buildings in terms of both temperature and relative humidity of the indoor air. Normal indoor air temperature is 30 °C with relative humidity of 50-55 %. This results in high moisture loads on the building. Water evaporates from the pool and wet surfaces, and this process demands energy. The evaporation heat is taken from the warm pool water and indoor air, and should be recovered in the ventilation system. The water treatment in swimming pool facilities is extensive and consists of circulation of pool water including purification, heating and water supply to showers and sinks. All together indoor swimming pools consist of a large amount of technical equipment that consumes a lot of electricity.

Comparisons of energy consumption in Ringeriksbadet, Risenga bad and Drammensbadet with the consumption in other Norwegian indoor swimming pools have revealed no significant differences. The statistics include older buildings, as well. When performing energy simulation of Ringeriksbadet in the energy calculation program Simien, it is found a higher calculated energy need than what was reality. One explanation is the lack of suitability in the program for simulation of complex buildings. Calculations on different energy saving measures are done, and the most efficient parameters are higher recovery rate of evaporation heat and recovery of grey water heat. Lower U-values also contribute to lower energy consumption. Applying all three energy conservation measures reduce the consumption with 34 %, and are comparable to Danish indoor swimming pools. This indicates a great saving potential also for other indoor swimming pools. The energy simulations show that the processes and consumption of water are dominating in energy consumption.

Based on the results from the energy calculations it seems justified to include heat recovery demands in building regulations concerning grey water and evaporation. Other relevant demands could be limitations in water consumption and increased energy efficiency of the technical equipment. Other

units than the floor space should be considered if establishing demands on maximum energy consumption. This type of demand should, however, not be applied until other energy calculation programs than Simien is practice.

## Innhold

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning .....</b>                                        | <b>1</b>  |
| 1.1      | Historikk .....                                                | 1         |
| 1.2      | Motivasjon for oppgaven .....                                  | 2         |
| 1.3      | Formålet med rapporten .....                                   | 2         |
| 1.4      | Tidligere arbeider .....                                       | 3         |
| <b>2</b> | <b>Svømmehall som bygningstype .....</b>                       | <b>5</b>  |
| 2.1      | Høye luft- og vanntemperaturer .....                           | 5         |
| 2.2      | Kondensproblematikk .....                                      | 9         |
| 2.3      | Betydning av to- og trelags vindu .....                        | 12        |
| 2.4      | Fuktkonveksjon .....                                           | 16        |
| 2.5      | Trykkforhold .....                                             | 16        |
| 2.6      | Energiflyt i en svømmehall .....                               | 18        |
| 2.6.1    | Fordampning og fordampningsvarmetap .....                      | 19        |
| 2.6.2    | Luftbehandling .....                                           | 20        |
| 2.6.3    | Vannbehandling .....                                           | 24        |
| 2.6.4    | Tekniske installasjoner forøvrig .....                         | 29        |
| 2.6.5    | Energiflyt oppsummert .....                                    | 29        |
| 2.7      | Funksjonskrav og ytelseskrav .....                             | 31        |
| 2.7.1    | Funksjonskrav og ytelseskrav i Norge .....                     | 31        |
| 2.7.2    | Funksjonskrav i andre land .....                               | 33        |
| 2.7.3    | Energibruksstatistikk for svømmehaller .....                   | 35        |
| <b>3</b> | <b>Eksisterende svømmeanlegg .....</b>                         | <b>37</b> |
| 3.1      | Ringeriksbadet .....                                           | 37        |
| 3.1.1    | Energibrukshistorikk .....                                     | 38        |
| 3.1.2    | Bakgrunn for beregning av energibruk .....                     | 40        |
| 3.1.3    | Resultater av beregnet energibruk .....                        | 48        |
| 3.2      | Risenga bad .....                                              | 51        |
| 3.2.1    | Energibrukshistorikk .....                                     | 52        |
| 3.3      | Drammensbadet .....                                            | 53        |
| 3.3.1    | Energibrukshistorikk .....                                     | 54        |
| 3.4      | Sammenligning av energiforbruk .....                           | 56        |
| <b>4</b> | <b>Behov for særregler til energibruk i svømmehaller .....</b> | <b>61</b> |
| 4.1      | Ulike tiltak for reduksjon av energiforbruk .....              | 61        |
| 4.1.1    | Installasjon av gråvannsvarmegjenvinner .....                  | 61        |
| 4.1.2    | Reduksjon i U-verdier for konstruksjonsdelene .....            | 62        |

|          |                                                                     |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.3    | Økt gjenvinning av fordampningsvarme .....                          | 62        |
| 4.1.4    | Sammenligning av effekten på energiforbruket ved ulike tiltak ..... | 63        |
| 4.2      | Andre tiltak for reduksjon av energiforbruk i svømmehaller .....    | 69        |
| 4.3      | Vurdering av beregningsprogram for energibruk i svømmehaller.....   | 69        |
| 4.4      | Energikrav for svømmehaller i TEK .....                             | 71        |
| <b>5</b> | <b>Konklusjon.....</b>                                              | <b>73</b> |
| 5.1      | Videre arbeid.....                                                  | 74        |
| <b>6</b> | <b>Referanser.....</b>                                              | <b>75</b> |

**Bilag A**

**Bilag B**

**Bilag C**

**Bilag D**

**Oppgavetekst**

## 1 Innledning

Det er for tiden stor interesse for å redusere energiforbruket i bygninger i Norge. Nybygg konstrueres med stadig strengere krav til energieffektivitet, og det er en økende trend blant byggherrene å sette fokus på en god miljøprofil med for eksempel lavenergihus og passivhus. Det er utviklet egne standarder for dette slik som NS 3700 (Standard Norge, 2010). Svømmehaller har et energiforbruk langt høyere enn andre bygningskategorier (Enova, 2000-2011), og energiforbruket ser ut til å øke for nyere svømmehaller (Kampel, 2011a). Det er ikke egne krav til svømmehaller i Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift – TEK), dette til tross for de spesielle forholdene som foreligger med høye innetemperaturer og stort forbruk av varmtvann (Statens Bygningstekniske Etat, 2010).

### 1.1 Historikk

I Norge ble den første svømmehallen bygget i 1920 (Oslo Kommune, 2007), men det var først i 1960-årene utbyggingen satte fart. I årene mellom 1960 og 1990 ble det i snitt bygget 25 nye svømmeanlegg hvert år (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 9). De fleste bassengene ble bygget med tanke på svømmeopplæring, hvilket resulterte i mange basseng med 12,5 meters lengde. Etter hvert ble fokuset endret mot en større målgruppe, og det ble bygget basseng med 25 og 50 meters lengde blant annet til glede for svømmeidretten. Det måtte søkes om godkjenning fra daværende Statens ungdoms- og idrettskontor for å få støtte fra tippemidlene, og kravene kontoret stilte var sterkt influert av Norges Svømmeforbund. Dette resulterte i at bassengene ble rektangulære med bredder på 8,5 m, 10,5 m eller 12,5 m; lengder på 12,5 m, 16,67 m eller 25 m; minstedybde på 0,9 m og bassengtemperatur på 24 °C (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 9). Fra og med 1970-årene ble det vanlig med større innendørs badeanlegg som inkluderte blant annet: Varmtvannsbasseng, mindre basseng med ulike dybde, boblebad og vannsklie (Oslo Kommune, 2007). Dette gir anlegg som er tilrettelagt for langt flere brukergrupper, men belastningene på bygningskroppen blir helt andre enn for de tradisjonelle svømmehallene. På grunn av dette har svømmeanlegg måttet stenge lenge før planlagt levetid er omme. Svømmehaller er utfordrende å bygge, og da særlig moderne anlegg med høye bassengtemperaturer, attraksjoner som gir høy fordampning og kompliserte arkitektoniske utføringer med blant annet store vindusflater.

## 1.2 Motivasjon for oppgaven

Svømmehaller bygges stadig i Norge, og de moderne hallene bærer mer preg av å være et badeland med stor variasjon i type bassenger og aktiviteter enn rene svømmehaller. Dette fører til større vannflater, mer fordampning og høyere forbruk av varmt vann i tillegg til allerede høye innetemperaturer og fuktig luft. Energiforbruket er høyt, og det har ikke blitt lavere den siste tiden (Kampel, 2011a). Likevel finnes det ingen egne krav til svømmehaller i TEK i form av energitiltakskrav eller rammekrav (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Dette kan være for eksempel krav til varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi) for de ulike bygningsdelene eller en øvre grense på totalt energiforbruk per bruksareal per år. Det er heller ikke krav til gjenvinning av fordampningsvarmen eller de store mengdene varmt forbruksvann. Det har generelt sett vært fokusert mer på design av bygg og byggekostnader blant byggherrer enn kostnadene etter at bygget er tatt i bruk (Holte Byggsafe, 2008).

Det er vanlig med en lufttemperatur i svømmehaller på 30 °C (Bøhlerengen, et al., 2004). Med en årsmiddeltemperatur i Oslo på 6,3 °C (Programbyggerne, 2010), får man en midlere temperaturdifferanse på inne- og uteluften på 23,7 °C. Til sammenligning får man en midlere temperaturdifferanse på 14,7 °C for et vanlig bygg med innetemperatur på 21 °C. Hvis ytterveggen i svømmehallen skal oppnå samme varmegjennomgangsmotstand som ytterveggen i et vanlig bygg isolert i henhold til forskriftskrav med U-verdi på 0,18 W/(m<sup>2</sup>K) (Statens Bygningstekniske Etat, 2010), må svømmehallsveggen ha en U-verdi på 0,11 W/(m<sup>2</sup>K) på grunn av den store temperaturdifferansen. Hvis man derimot isolerer ytterveggen i svømmehallen i henhold til forskriftskravet på 0,18 W/(m<sup>2</sup>K), vil dette tilsvare en U-verdi på 0,29 W/(m<sup>2</sup>K) for ytterveggen på den vanlige bygningen. Dette er så vidt innenfor kravet til U-verdi på yttervegg i forskriften fra 1987 (Statens Bygningstekniske Etat, 1987). Tilsvarende undersøkelse for tak med U-verdi i henhold til forskriftskravet på 0,13 W/(m<sup>2</sup>K) (Statens Bygningstekniske Etat, 2010), viser at det tilsvarer en U-verdi på 0,21 W/(m<sup>2</sup>K). Denne U-verdien holder til forskriftene fra 1985 (Statens Bygningstekniske Etat, 1985). Dette indikerer at det kan være behov for særregler i forhold til energibruk i svømmehaller i TEK.

## 1.3 Formålet med rapporten

Formålet med rapporten er å underbygge et eventuelt behov for særregler knyttet til energiforbruk i svømmehaller i TEK, i tillegg til å komme med forslag om hva slike særregler skal omfatte. Spesielt skal det sees på om det bør være egne krav knyttet til teknisk utstyr og varmegjenvinningssystemer

som ikke er aktuelt i boliger og kontorbygg og derfor heller ikke omfattes av dagens byggtekniske forskrift. For å underbygge et slikt behov, tas det utgangspunkt i tre svømmehaller: Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet. For Ringeriksbadet utføres det energiforbrukssimulering, og denne brukes som referansecase for å se på ulike tiltak utover kravene i TEK.

## **1.4 Tidligere arbeider**

Det er skrevet noe litteratur om svømmehaller og energibruk tidligere. Emnet er behandlet i Byggforsks håndbok 52 "Bade- og svømmeanlegg" (2004). Oslo kommunes enhet for bygging av skole- og idrettsbygg, Undervisningsbygg, har utarbeidet en kravspesifikasjon for idretts- og svømmehaller hvor det er beskrevet en del tallfestede krav til bygningskroppen (2009). I tillegg er det de siste årene skrevet to masteroppgaver på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, som omhandler energieffektivitet i svømmehaller: Martin Nerhus Øen med "Svømmehaller og krav til energieffektivitet" (2010) og Marius Hansen med "Livssyklus kostnader for idrettsanlegg" (2011).



## 2 Svømmehall som bygningstype

Svømmehaller er en veldig spesiell bygningstype sammenlignet med de fleste andre bygg. Inneklimaet domineres av høy temperatur, store vannflater med høy fordampning, vesentlig forbruk av varmt vann og liten grad av endring av driftsforholdene over året sammenliknet med en idrettshall eller et kontorbygg. I tillegg kreves det en stor del teknisk utstyr for å sikre driften i en svømmehall.

Svømmehaller består av tørr og våt sone, der våt sone vanligvis defineres som svømmehallsrommet, dusjsonen og eventuelle områder der badende har tilgang fra svømmehallsrommet som badstue og lignende. Tørr sone er resterende områder og består vanligvis av garderober, personalrom, vestibyle og en eventuell kafé.

### 2.1 Høye luft- og vanntemperaturer

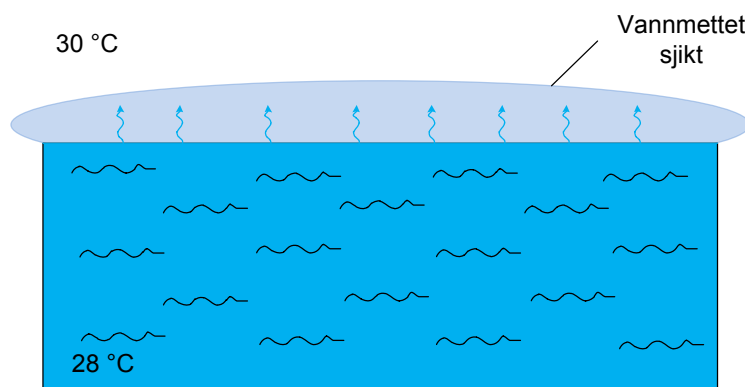
Det er ulike krav til vanntemperatur ettersom hva bassenget skal brukes til, og de varierer fra en minimumstemperatur for svømmebasseng på 26 °C til en øvre temperatur på 37 °C for små varmtvannsbassenger (Byggforsk, 2003). En oversikt er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Anbefalte vanntemperaturer fra Norges Svømmeforbund (Byggforsk, 2003).

| Bassengkategori                       | Vanntemperatur [°C] |
|---------------------------------------|---------------------|
| Opplæringsbasseng                     | 28-34               |
| Spesialbasseng til babysvømming       | 33                  |
| Svømmebasseng                         | 26-29               |
| Trenings- og konkurransebasseng       | 26-27               |
| Stupebasseng                          | 26-32               |
| Badelandsbasseng                      | 28-34               |
| Boblebad                              | 37-40               |
| Varmtvannsbasseng                     | 30-34               |
| Varmtvannsbasseng < 20 m <sup>2</sup> | 34-37               |
| Vannpolo                              | 24-26               |
| Synkronsvømming                       | 26-27               |

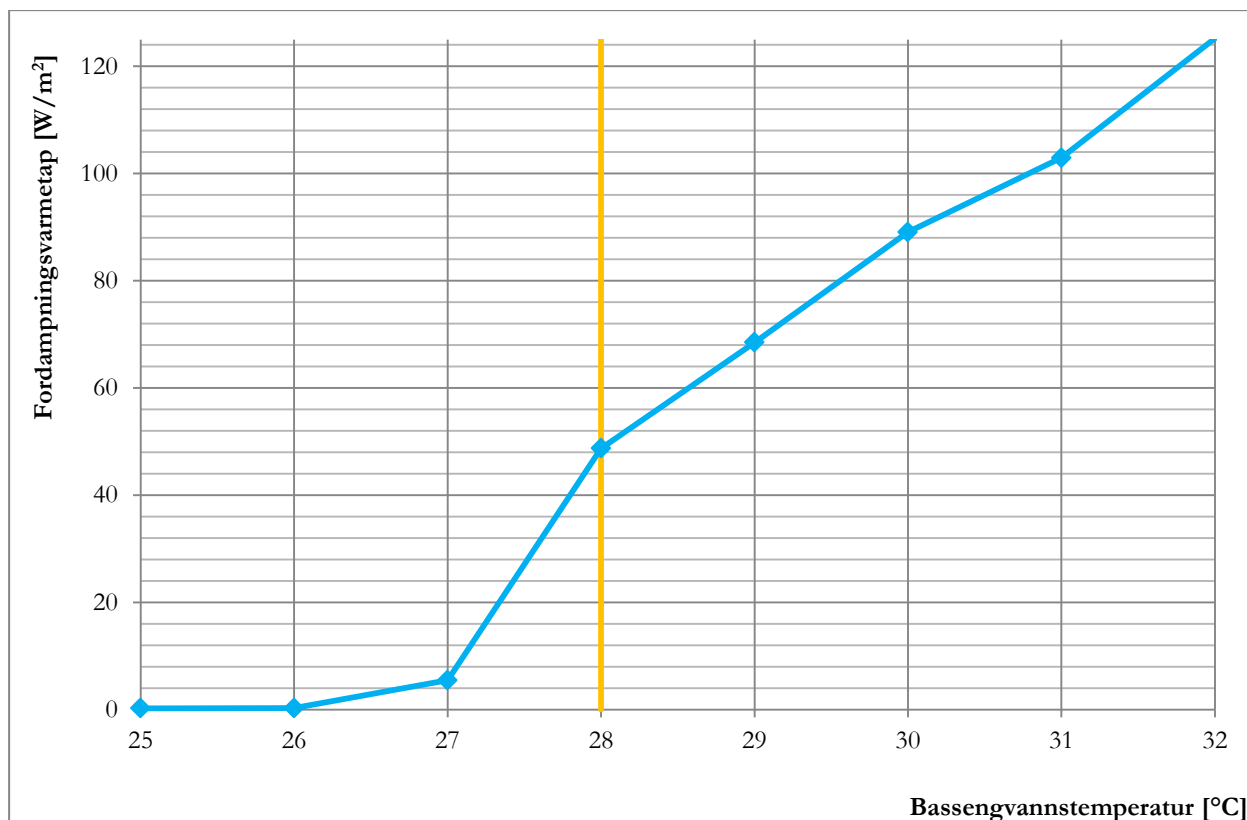
Idrettsbassengene har de laveste temperaturene med 26-29 °C, varmtvannsbasseng har temperatur opp mot 34 °C, mens boblebad eller små varmtvannskulper kan ha temperaturer så høye som 40 °C.

Lufttemperaturen i en svømmehall bør ligge 2 °C over vanntemperaturen (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 182). Bakgrunnen for dette er at tettheten til luft synker når den relative fuktigheten (RF) øker. Hvis luft- og vanntemperaturen er den samme, vil den vannmettede luften like over overflaten være lettere enn romluften. Dermed vil denne stige og ny luft vil bli vannmettet, og dette fører til økt fordampning. Denne prosessen aksentueres ved høyere bassengvannstemperaturer. Med en lufttemperatur på 2 °C over bassengvannstemperaturen blir det mettede sjiktet rett over vannoverflaten tyngre enn lufta over og blir liggende mest mulig i ro. Figur 1 viser en skisse av dette.



Figur 1. Skisse av fordampning fra basseng med vannmettet sjikt like over vannoverflaten.

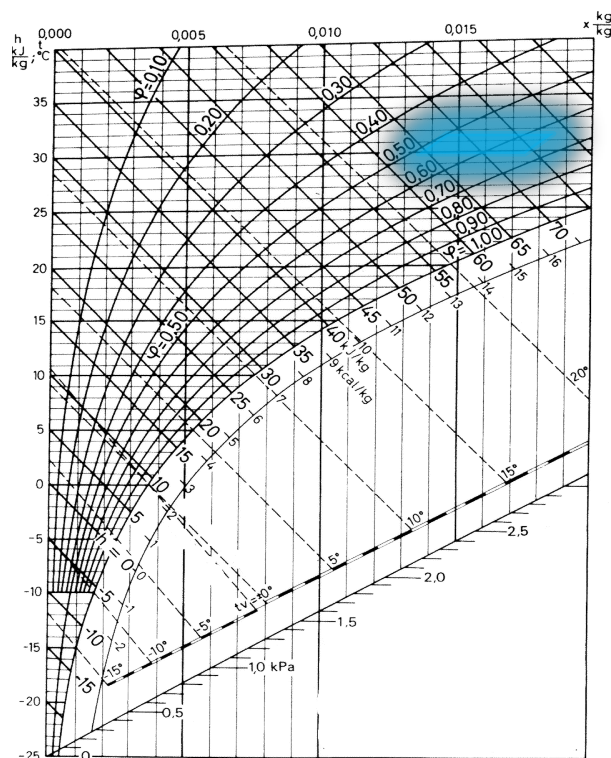
Brambley & Wells (1983) har gjort målinger av fordampningsvarmetapet ved konstant lufttemperatur og varierende bassengvannstemperatur, og Figur 2 viser resultatet av dette.



Figur 2. Fordampningsvarmetap per bassengareal som funksjon av bassengvannstemperatur. Lufttemperaturen er konstant lik 28 °C med RF = 60 % og bassengarealet er 238 m². Bassenget er ikke i bruk. Basert på Brambley & Wells (1983) og Øen (2010).

Diagrammet viser at ved vanntemperatur lik eller høyere enn romlufttemperaturen øker fordampningsvarmetapet kraftig. Ved en vanntemperatur 2 °C eller lavere enn lufttemperaturen er fordampningsvarmetapet nesten eliminert. Dette strider mot annen litteratur hvor det antas en fordampningsmengde også i basseng med temperatur 2 °C lavere enn lufttemperaturen utenfor bruk. Dette kan forklares med at fordampningen elimineres når bassengvannstemperaturen reduseres til metningstemperaturen til romluften (Brambley & Wells, 1983). Med 28 °C og RF = 60 %, slik det er her, er metningstemperaturen omtrent 20 °C. For vanntemperatur lik 26 °C stiger metningen raskt mot 100 %, og fordampningsvarmetapet reduseres dermed kraftig. Imidlertid er vann- og lufttemperaturene i moderne svømmehaller høyere enn det som er brukt i denne undersøkelsen. Med lufttemperatur på 30 °C og med RF = 50 % vil ikke grafen stupe like kraftig ved lavere bassengvannstemperaturer, og det vil foregå fordampning også ved bassengvannstemperatur på 28 °C. Diagrammet gir uansett et bilde på hvordan fordampningsvarmetapet fordeler seg, og det indikerer kraftig økt fordampningsvarmetap ved bassengvannstemperatur lik eller høyere enn lufttemperaturen og redusert varmetap med lavere vanntemperaturer.

En romluftstilstand med høy RF vil føre til mindre fordampning enn en romluftstilstand med lav RF. Dette begrunnes med at luften i større grad er mettet av luft og derfor vil ha lavere kapasitet til å ta opp fukt. For lav RF vil også føles ubehagelig for de badende på grunn av økt fordampning fra huden (Geving & Thue, 2002, s. 179). Derimot vil for høy RF føles ubehagelig å puste i, og det øker faren for korrosjon og skader på bygningsdeler (Geving & Thue, 2002, s. 179). Som et kompromiss anbefales det at RF holdes mellom 50-55 % i vinterhalvåret og omtrent 65 % i sommerhalvåret (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 183). I Figur 3 er komfortsonen i forhold til temperatur og RF for de badende skissert i et Mollierdiagram.



Figur 3. Mollierdiagram med inntegnet komfortsone for de badende i forhold til temperatur og RF. Mollierdiagrammet er hentet fra The Engineering Toolbox (2011).

I rom som personale eller andre ikke-badende personer skal oppholde seg mesteparten av tiden, vil det være ønskelig med lavere temperaturer. Undervisningsbygg har angitt krav til romtemperatur og RF i sin kravspesifikasjon for svømmehaller, og dette er gjengitt i Tabell 2.

Tabell 2. Krav til temperatur og RF (Undervisningsbygg, 2009)

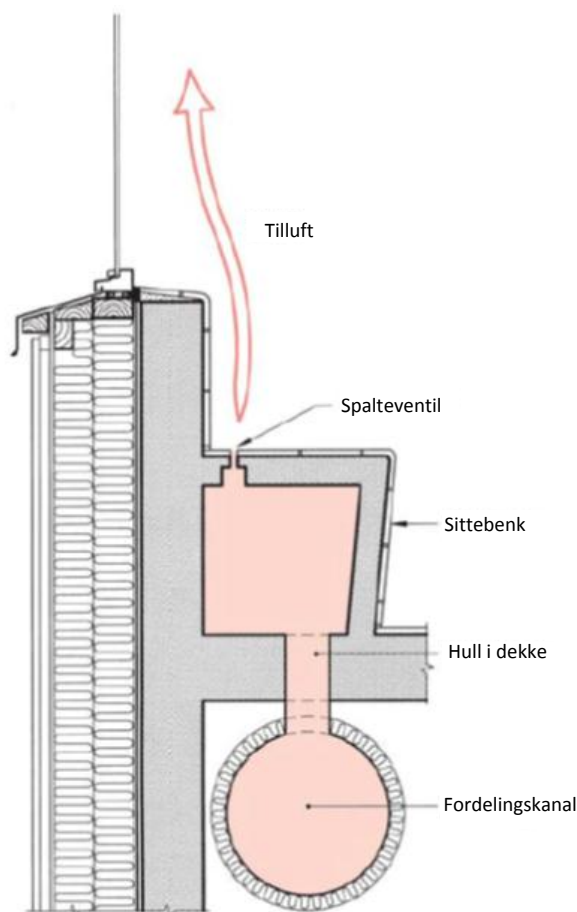
| Romtype                                       | Operativ temperatur |            |                |               |                | Relativ fuktighet |             |
|-----------------------------------------------|---------------------|------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|-------------|
|                                               | Sommer              |            | Vinter         |               |                | Min. [%RF]        | Maks. [%RF] |
|                                               | Min. [°C]           | Maks. [°C] | Natt min. [°C] | Dag min. [°C] | Dag maks. [°C] |                   |             |
| Svømmehallsrom med svømmebasseng              | 28                  | 32         | 28             | 28            | 32             | 45                | 55          |
| Svømmehallsrom med terapi- /opplæringsbasseng | 30                  | 34         | 30             | 30            | 34             | 45                | 55          |
| Dusjrom                                       | 24                  | 30         | 20             | 26            | 30             | -                 | -           |
| Vaktrom                                       | 24                  | 26         | 20             | 24            | 26             | -                 | -           |
| Garderober                                    | 22                  | 26         | 20             | 22            | 26             | -                 | -           |
| Vestibyle                                     | 21                  | 26         | 17             | 20            | 24             | -                 | -           |
| Personalrom                                   | 21                  | 26         | 17             | 20            | 24             | -                 | -           |

Den tørre sonen består her av vaktrom, garderober, vestibyle og personalrom. Temperaturen i disse rommene er relativt normale innnetemperaturer. Våt sone er svømmehallsrommene og dusjrom. Her er temperaturene en god del høyere. I tillegg er det satt krav til minimum og maksimum RF-verdi. Temperaturkravene til svømmehallsrom med terapi- eller opplæringsbasseng er høyere enn vanlig svømmehallsrom. Grunnen til dette er at vanntemperaturen i terapi- og opplæringsbasseng er høyere enn vanlige svømmebasseng, og det er dermed også nødvendig at lufttemperaturer er høyere. I svømmeanlegg med bassenger med høye temperaturer vil det være gunstig at disse er i eget avlukke med eget ventilasjonsaggregat. På den måten kan temperaturdifferansen på 2 °C opprettholdes og fordampningen begrenses. Til tross for dette, er ofte alle bassenger plassert i samme rom som dermed kan gjøre det vanskelig å holde lufttemperaturen 2 °C over bassengvannstemperaturen. Eventuelt kan det føre til svært høye romluftstemperaturer.

## 2.2 Kondensproblematikk

Bygningskroppen i et bade- og svømmeanlegg blir utsatt for permanent høy fuktbelastning fra innvendig side bestående av høyt fuktinnhold i innelufta i tillegg til direkte påkjent vann fra vannsøl ved bruk og drift samt vanntrykk fra bassengarealer og renner. Kondens vil oppstå på innvendige overflater der temperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen til romluften, det vil si den temperaturen lufta må avkjøles til før metning inntreffer. Vannmengden som felles ut vil tilsvare forskjellen mellom fuktinnholdet i innelufta og fuktinnholdet ved duggpunktet til overflatetemperaturer.

Kondensproblemene oppstår som oftest i forbindelse med innvendige hjørner, vinduer, ytterdører, søyler i fasadene og andre kuldebroer. En måte å forebygge dette på er å bstryke den innvendige overflaten med varm, tørr luft ved hjelp av tilluftsventiler i underkant av overflaten. Ventilene plasseres vanligvis under vinduene i hele bredden slik det er illustrert i Figur 4.

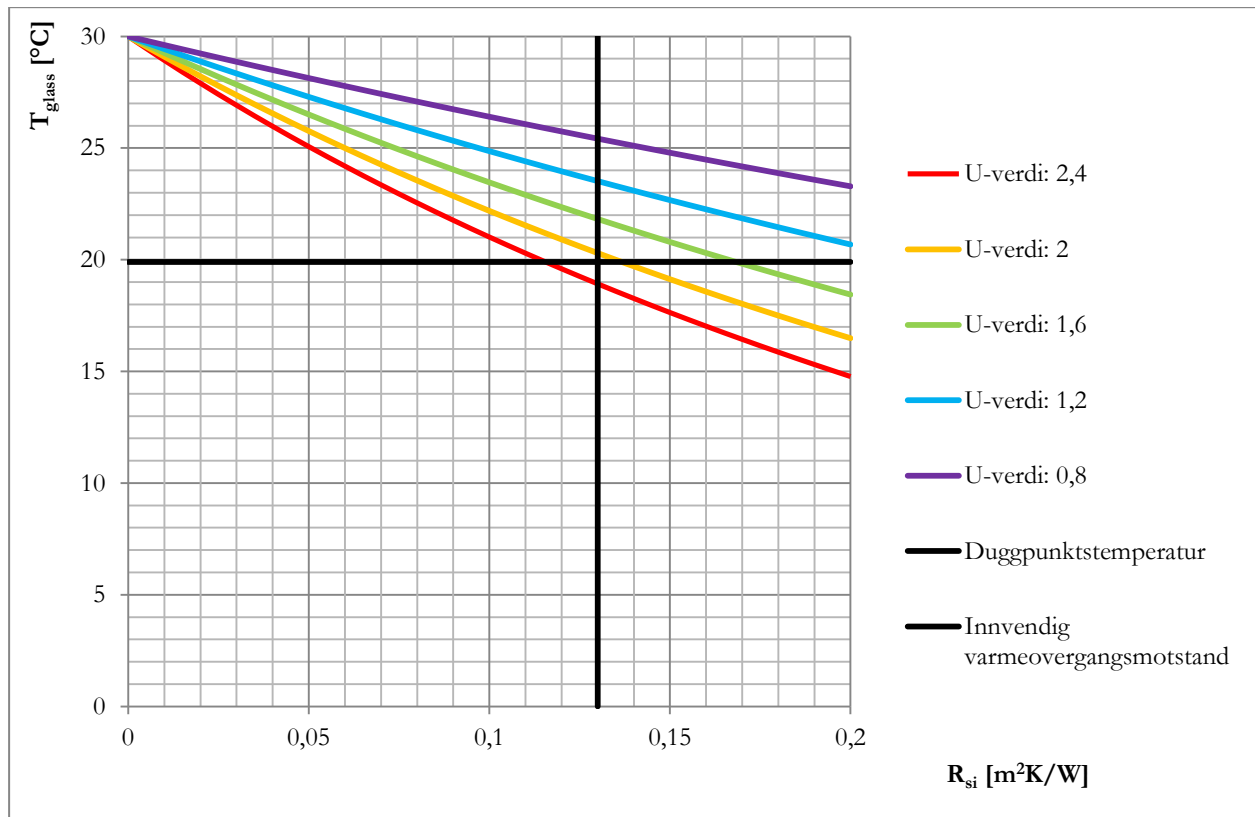


Figur 4. Bstrykning av innvendig vindusflate ved å tilføre ventilasjonsluften i sittebank under vindusfelt (Byggforsk, 2003)

For at dette skal fungere godt, bør ikke vinduene være høyere enn 3-4 m eller ha dype vindusposter som bøyer av strømmen (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 37). I praksis kan det imidlertid fungere med høyere vinduer (Eian, 2011). Ventilasjonsanlegget bør bidra til god omrøring i svømmehallsrommet, og dette er spesielt viktig med høye vindusflater.

Funksjonen til innblåsing i underkant av vinduet er å redusere den innvendige varmeovergangsmotstanden,  $R_{si}$ , i tillegg til å tørke opp eventuell kondens. For horisontale varmestømmer er  $R_{si}$  normalt  $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  (Edvardsen & Ramstad, 2007), og dette fører til et temperaturfall til den innvendige overflaten ved lavere ute- enn innetemperatur. Ved redusert  $R_{si}$  vil

temperaturfallet bli mindre og dermed kondensfaren lavere. Figur 5 viser den innvendige overflatetemperaturen på et vindu som funksjon av varierende  $R_{si}$  ved lav utetemperatur.



Figur 5. Temperatur på innvendig vindusoverflate som funksjon av varierende  $R_{si}$  ved utetemperatur lik  $-20\text{ °C}$  og innetemperatur lik  $30\text{ °C}$ .

Inneluft med temperatur  $30\text{ °C}$  og  $RF = 55\%$  gir en duggpunktstemperatur like under  $20\text{ °C}$ . Med andre ord må alle innvendige overflater ha en høyere temperatur enn  $20\text{ °C}$  for å unngå kondens. I Figur 5 er det vist at en U-verdi for vindu på  $1,6\text{ W}/(m^2K)$  normalt ikke gir kondens på overflaten ved utetemperatur lik  $-20\text{ °C}$ , mens en U-verdi på  $2,0\text{ W}/(m^2K)$  kan føre til kondensdannelse hvis  $R_{si}$  ikke er tilstrekkelig redusert ved hjelp av innblåsing av luft. Det vil likevel være gunstig med god U-verdi på vinduene i svømmehallsrommet da det kan være vanskelig å sikre sikker og jevn innblåsing over hele den innvendige overflaten. I tillegg kan det i enkelte tilfeller være praktisk umulig å tilføre ventilasjon i underkant av den innvendige overflaten. Det gjelder for eksempel ytterdør som fungerer som rømningsvei, og for slike tilfeller er det viktig med god U-verdi på konstruksjonsdelen. Figur 6 viser et eksempel på ujevn/mangelfull innblåsing og dårlig U-verdi på vindu for en mindre svømmehall konstruert tidlig på 1970-tallet.

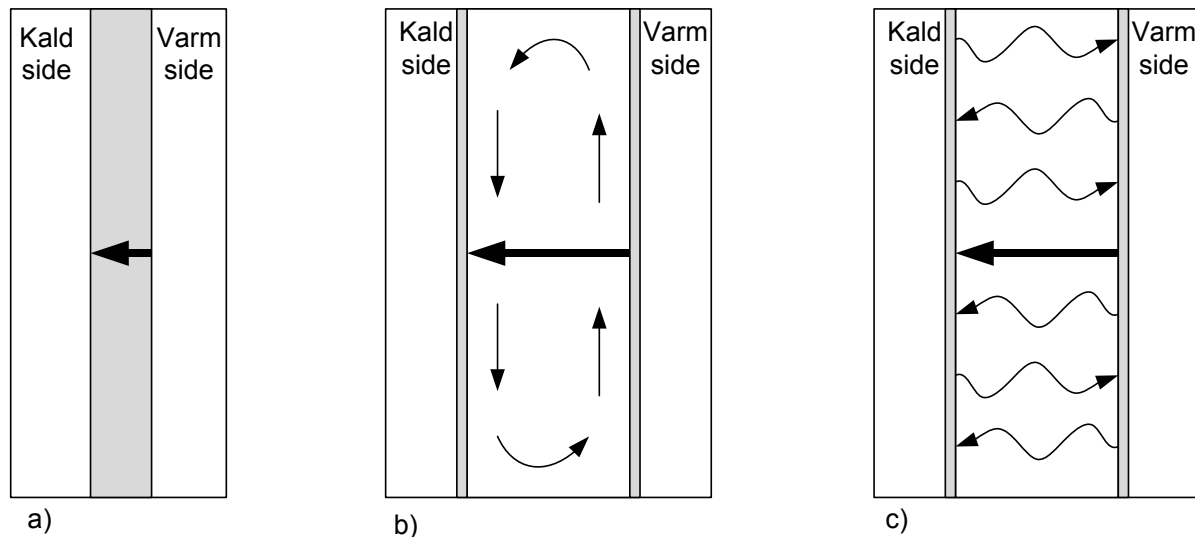


Figur 6. Kondens på innvendig vindusoverflate og karm grunnet dårlig U-verdi på konstruksjonsdelen og lav hastighet på innblåst luft. Foto: Hilde Drolsum Røkenes

I denne svømmehallen er avstanden mellom vindusflaten og luftspalten for stor. Hvis det er ønskelig med dype vindusposter, kan et alternativ være å sette et ekstra glass på innsiden av vindusposten. Det er da viktig at ikke luft kan komme inn i hulrommet mellom glassene for å unngå kondens på innsiden av det ytre glasset.

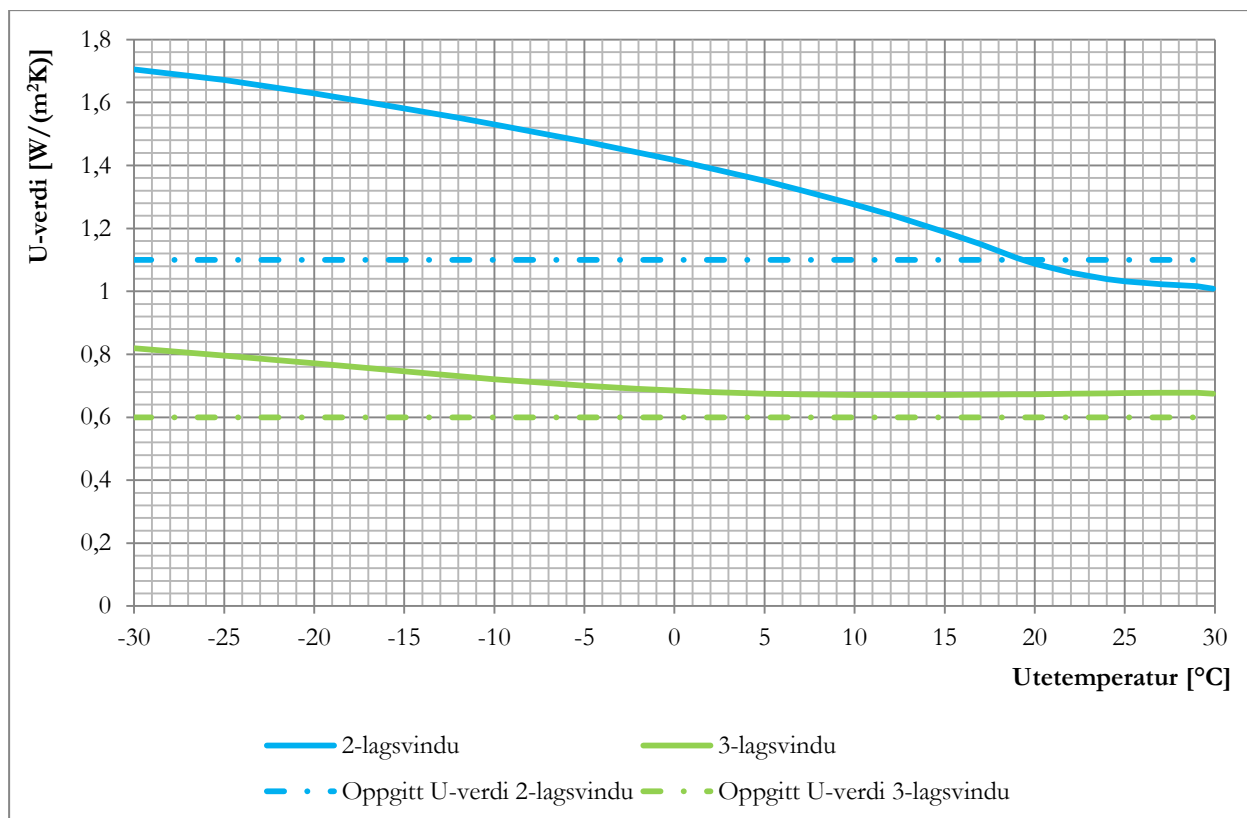
### 2.3 Betydning av to- og trelags vindu

Ved lave utetemperaturer økes tillufttemperaturen for å kompensere for økt varmetap gjennom konstruksjonen. Temperaturdifferansen mellom tilluft og uteluft vil da øke over vinduet. Varmetransport grunnet temperaturdifferanse gjennom en lukket, uventilert luftspalte foregår ved varmeledning, konveksjon og stråling slik det er skissert i Figur 7.



Figur 7. Skisse av a) varmeledning i materialskive, b) konveksjon i lukket, luftfylt spalte og c) stråling i luftspalte. Basert på (Novakovic, et al., 2007, s. 154-156)

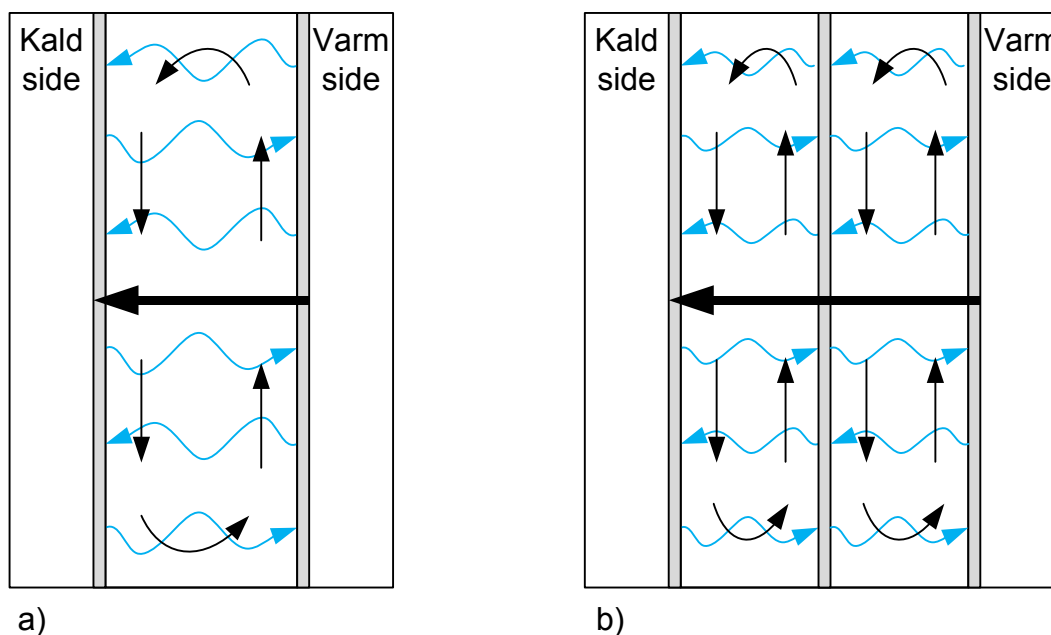
Varmeledning, som skissert i Figur 7a), oppstår ved at varme forplanter seg gjennom stoffet ved at molekylene beveger seg. Varmestrømmen er avhengig av tykkelsen på sjiktet, materialets varmekonduktivitet og overflatetemperaturene (Novakovic, et al., 2007, s. 154). Materialets varmekonduktivitet beskriver i hvilken grad materialet leder varme. For et vindu er varmeledningen i glasset mest relevant. Konveksjon i en lukket spalte er vist i Figur 7b), og skjer ved at gassen nær den varme overflaten blir varmet opp samtidig som gassen ved den kalde overflaten blir nedkjølt. Denne prosessen gjør at gassen sirkulerer i hulrommet og dermed bidrar til varmetransport fra varm til kald side. Effekten tiltar ved økt temperaturdifferanse. Konveksjonen avhenger av spaltebredde, konveksjonstallet for gassen i spalten og overflatetemperaturene (Novakovic, et al., 2007, s. 155). Beregning av varmetransport på grunn av konveksjon er noe komplisert da konveksjonstallet avhenger av spaltens orientering og dimensjoner, type gass og av temperaturforskjellen over spalten (Novakovic, et al., 2007, s. 155). Varmestråling, vist i Figur 7c), består i elektromagnetiske bølger, og bølgelengden blir kortere med økende temperatur på overflaten. Varmestrålingen bestemmes av overflatenes temperaturer og emissiviteter, men er uavhengig av avstand mellom flatene (Novakovic, et al., 2007, s. 156). Figur 8 viser en oversikt over hvordan U-verdien for et tolagsvindu og et trelagsvindu utvikler seg ved varierende utetemperatur.



Figur 8. U-verdi for 2- og 3-lagsvindu som funksjon av varierende utetemperatur sammen med oppgitt U-verdi for de to vinduene. Innnetemperatur er konstant lik 30 °C. Simuleringene er gjort ved hjelp av programmet Window 6 (Windows & daylighting, 2011). For 2-lagsvindu er det brukt, fra utside til innside: Optifloat Clear 6 mm, argonfylt spalt 20 mm og Optitherm SN 6 mm med lavemisjonsbelegg. For 3-lagsvindu er det brukt: Optifloat Clear 6 mm, argonfylt spalt 15 mm, Optitherm SN 4 mm med lavemisjonsbelegg, argonfylt spalt 15 mm og Optitherm SN 6 mm med lavemisjonsbelegg. Alle glassene er produsert av Pilkington (2011a).

For tolagsvinduet vist i diagrammet er det oppgitt U-verdi av produsent på  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Pilkington, 2011b). På grunn av den store temperaturdifferansen over vinduet er den reelle U-verdien langt over det, og for utetemperatur på  $-30 \text{ °C}$  er den helt oppe i  $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Den faktiske U-verdien stemmer overens med den oppgitte kun for utetemperaturen over omtrent  $19 \text{ °C}$ . For trelagsvinduet er det oppgitt U-verdi fra produsent på  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Pilkington, 2011b). Når dette vinduet er innsatt i en svømmehall, blir den reelle U-verdien faktisk aldri lik som oppgitt U-verdi. Den laveste verdien som nåes er  $0,67 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Diagrammet viser tydelig at stor temperaturdifferanse mellom inne- og utetemperaturen gir mye større effekt på U-verdien for tolagsvinduet enn for trelagsvinduet. For de kaldeste temperaturene er U-verdien for tolagsvinduet hele  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  høyere enn angitt. Temperaturdifferansen mellom de to glassene i et tolagsvindu er større enn temperaturdifferansen mellom to av glassene i et trelagsvindu. En skisse av varmestømningene gjennom tolags- og trelagsvindu er vist i Figur 9.



Figur 9. Skisse av varmestømninger gjennom a) tolagsvindu og b) trelagsvindu. Varmestråling mellom glassene er vist med blå piler, mens konveksjon er vist med svarte piler. Varmetransporten gjennom glassene skjer ved varmeledning.

Økt temperaturdifferanse mellom overflatene fører til økt konveksjonshastighet, i tillegg til økt varmeledning og stråling. Dette fører videre til økt varmetap gjennom vinduet. Ved bruk av trelagsvindu vil denne effekten bli begrenset. Dette begrunnes med at gassen som sirkulerer i hulrommet ikke stryker inntil både varm og kald overflate på grunn av det ekstra glasset midt i vinduet. Dette bør vektlegges ved valg av vinduer i svømmehallsrom da det er høyere innetemperatur og dermed høyere temperaturdifferanse over vinduet. U-verdikravet til vindu i TEK på  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Statens Bygningstekniske Etat, 2010), er fullt mulig å oppnå med tolagsvindu, og svømmehaller kan bli prosjektert med tolagsvinduer i henhold til kravene i TEK (Statens Bygningstekniske Etat, 2010)

Hvis svømmehallen er konstruert med vinduer eller glassarealer med svært gode U-verdier, kan det være en mulighet å holde tilluftstemperaturen under vinduene lik romtemperaturen i hallen og blåse inn varm luft et annet sted i rommet. Man kan ikke benytte seg av tradisjonelle oppvarmingsmetoder i svømmehaller. Varmekabler i gulv øker fordampningsoverflaten og dermed fordampningsvarmetapet som beskrevet i 2.6.1. Det aggressive miljøet til romluften i svømmehallsrommet gjør det vanskelig å benytte radiatorer. Ved å flytte oppvarmingskilden vekk fra vinduet, vil svært høy temperaturdifferanse over vinduet kunne unngås. Dette er imidlertid ikke vanlig å gjøre. På den annen side, hvis det antas gode U-verdier, vil transmisjonstapet ut av hallen

reduseres og nødvendig tilluftstemperatur vil kunne reduseres tilsvarende. Da vil også temperaturdifferansen bli lavere.

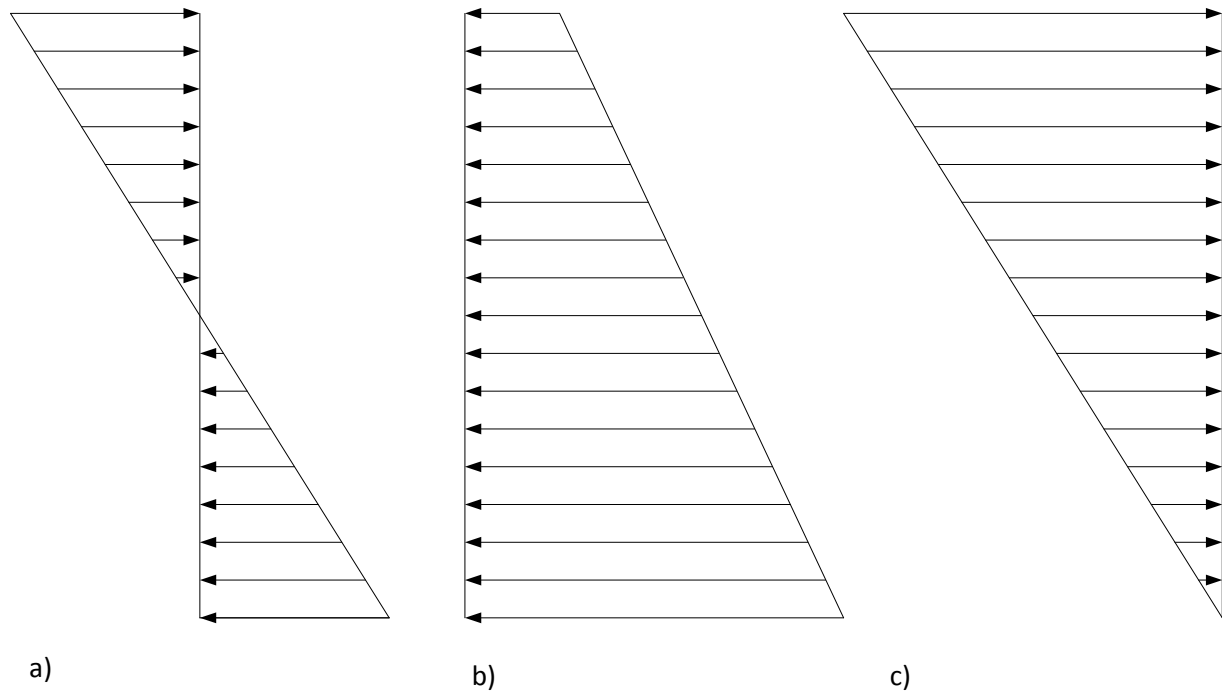
## 2.4 Fuktkonveksjon

Det største problemet skapt av fuktkonveksjon er råte inne i bygningsdelene. Fuktttransporten utover i bygningsdelene skjer enten ved hjelp av diffusjon eller konveksjon. Diffusjon består i vanndamp som beveger seg fra område med høyt til lavt vanndamptrykk. Konveksjon er gitt ved at fuktig luft vandrer fra et område med høyt til lavt lufttrykk. Normalt er det høyere lufttrykk innendørs enn utendørs. For å unngå fukttransport fra innsiden til utsiden, må det dannes et luft- og dampnett sjikt rundt svømmehallen. Dette gjøres ved å montere dampsperre på våt side og bruke et dampåpent lag på tørr side (Bøhlerengen, et al., 2004). Antall skjøter i dampsperresjiktet, utførelsen av disse og anslutningene mot andre bygningsmaterialer er avgjørende for tettheten. Lydabsorbenter, nedsenket himling eller lignende utgjør en betydelig varmeisolasjon. For å unngå kondens på grunn av temperaturfall på baksiden av disse, må de være ventilert på innsiden.

## 2.5 Trykkforhold

Siden den varme lufta innendørs er lettere enn den kalde lufta utendørs, dannes det naturlig et overtrykk i den øvre delen av bygningen og et undertrykk i den nedre delen på grunn av skorsteinseffekten. Den består i den termiske oppdriften når innetemperatur er høyere enn utetemperatur. Overtrykket i den øvre delen av bygningen er større om åpen innvendig høyde er stor. Dette overtrykket vil presse luft ut gjennom eventuelle utettheter og deretter kondensere i bygningsdelene etter hvert som temperaturen synker. Derfor er det ønskelig å redusere overtrykket. Dette kan gjøres ved at avtrekksmengden er omtrent 10 prosent større enn tilluftsmengden (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 38) eller ved et permanent undertrykk på minst 10-20 Pa (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 183, Undervisningsbygg, 2009). Skorsteinseffekten varierer med utetemperaturen og fører til at undertrykket enten må variere i takt med utetemperaturen eller konstant ligge på et høyt nivå for at undertrykket skal opprettholdes. Et stort undertrykk medfører større infiltrasjon og dermed større varmetap, i tillegg til at det for eksempel kan medføre problemer med å åpne dører. Undertrykket skal også opprettholdes i forhold til de andre, tørre rommene i svømmehallen, og dette innebærer at det ikke kan være store åpninger inn til svømmehallsrommet. Dørene, eller andre åpninger, bør konstrueres som sluser inn til svømmehallsrommet så ikke luft strømmer uhindret inn. Det er også viktig at det ikke er sprekker eller lignende rundt dører som kan medføre kontinuerlig

luftlekkasje. Figur 10 viser en skisse av trykkforhold med nøytralakse midt på vertikalprofilet, over taket og ved gulvnivå.



Figur 10. Skisse av a) trykkfordeling over en bygning med nøytralakse midt på vertikalprofilet, b) trykkfordeling med nøytralakse over taket og c) trykkfordeling med nøytralakse ved gulvnivå.

Plasseringen av nøytralaksen bestemmes av hvordan åpningene er fordelt. Figur 10a) viser trykkfordeling over vertikalprofilet ved balansert ventilasjon og ingen åpninger, eller jevnt fordelte åpninger, i klimaskallet. Det er undertrykk ved gulvnivå og overtrykk under taket. Figur 10b) viser ønsket trykkfordeling med undertrykk ved gulv og et lite undertrykk under taket. Figur 10c) viser trykkfordeling som resultat av åpning ved gulvnivå med overtrykk i hele rommet. Denne åpningen kan være for eksempel en dør eller en serveringsluke. Dette er en uønsket situasjon i svømmehallsrommet, og det er vanskelig å skape undertrykk i rommet selv med stor differanse i avtrekk- og tilluftsmengder i ventilasjonsanlegget. Trykkgradienten på grunn av termisk oppdrift er gitt ved (Novakovic, et al., 2007, s. 193):

$$\Delta P_T = \rho_0 \times \left( \frac{273}{T_e} - \frac{273}{T_i} \right) \times g \times h \quad (1)$$

der

$\rho_0$  luftas densitet ved 273 K (ca. 1,29 kg/m<sup>3</sup>)

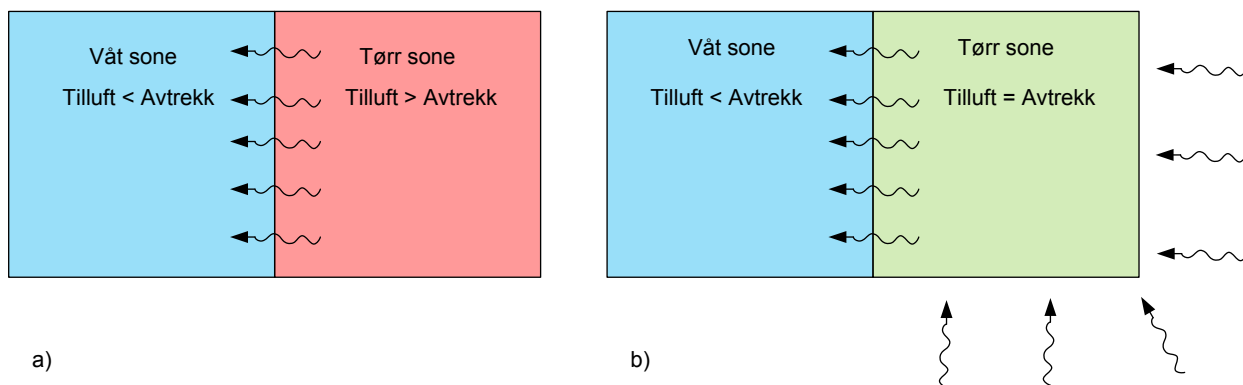
$T_i, T_e$  lufttemperatur inne og ute (K)

$g$  tyngdens akselerasjon (ca. 9,81 m/s<sup>2</sup>)

$h$  høyde over nøytralplanet (m)

Ved utetemperatur lik  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  og innvendig høyde lik 10 m vil trykkforskjellen mellom gulv og tak på grunn av termisk oppdrift med nøytralakse som skissert i Figur 10a) kunne være 11 Pa. Til sammenlikning vil en nøytralakse 1 m over gulvnivå en trykkgradient grunnet termisk oppdrift på 20 Pa under taket. Denne plasseringen av nøytralakse tilsvarer en situasjon med åpen dør inn i svømmehallsrommet. Innvendig overtrykk vil også kunne oppstå ved ugunstige klimaforhold eller funksjonssvikt i ventilasjonsanlegget, og det er derfor uansett viktig med lufttett klimaskall.

Hvis ventilasjonen er balansert i tørr sone, vil det ved etablering av undertrykk i svømmehallsrommet, sette hele bygningen i undertrykk. Dette medfører at uteluft trekkes inn i bygget gjennom åpninger. Denne luften er ikke innom luftbehandlingsanlegget og senker dermed romlufttemperaturen. Dette fører til et varmetap som må kompenseres for. Hvis det derimot tilføres mer luft i tørr sone enn det trekkes av og denne differansen tilsvarer undertrykket i våt sone, vil bygningen totalt sett være balansert. Luftstrømmen vil da gå fra tørr sone til våt sone, men infiltrasjonen av uteluft begrenses. Figur 11 viser en skisse av infiltrasjonsforholdene for tørr sone med større tilluftsmengder enn avtrekksmengder, og dermed blir bygningen totalt sett balansert. Videre vises en skisse for tørr sone balansert, og dermed blir bygningen totalt sett i undertrykk.



Figur 11. Skisse av infiltrasjonsforholdene i tørr sone. A) viser tørr sone med større tilluftsmengder enn avtrekksmengder og bygningen totalt sett balansert. B) viser balanserte luftmengder i tørr sone og bygningen totalt sett i undertrykk.

## 2.6 Energiflyt i en svømmehall

Energiflyten i en svømmehall fortøner seg annerledes enn i andre bygninger. Forskjellene utgjøres i hovedsak av de høye luft- og vanntemperaturene i svømmehallsrommet. De høye temperaturene medfører andre trykkforhold og større temperaturdifferanse mellom ute- og inneluften og dermed større problemer med kondens og fuktkonveksjon. Driften av svømmeanlegget fører til behov for

ekstra utstyr slik som for eksempel sirkulasjonspumper, vannrensesystem og spesielle ventilasjonsaggregat. Det er et stort energitap på grunn av fordampning, og temperatur og fuktighet i romluften må holdes tilnærmet konstant.

### 2.6.1 Fordampning og fordampningsvarmetap

Størrelsen på fordampningen er avhengig av type svømmeanlegg, vanninstallasjoner og aktiviteten til de badende. Fordampningen fra et basseng i bruk er mye høyere enn for et basseng som ikke er i bruk. Det er økt fordampning fra et grunt i forhold til et dypt basseng da det foregår mer plasking i et basseng med grunt vann. Den største fordampningen foregår imidlertid fra bølgebasseng, sklier og lignende installasjoner (Verein Deutscher Ingenieure, 2010). Dette begrunnes med større oppvirvling av vann som igjen fører til større kontaktflate mellom luft og vann. Fordampningsmengden kan blant annet bestemmes ut ifra erfaringstall gjengitt i Tabell 3, ved beregning i henhold til Ventøk (2008), eller ved hjelp av formler gitt i Verein Deutscher Ingenieure (2010).

Tabell 3. Erfaringstall for fordampning gitt per bassengareal (Böhlerengen, et al., 2004, s. 183)

| Bassengkategori    | Vanntemperatur [°C] | Fordampning [kg/(m <sup>2</sup> h)] |
|--------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Private bassenger  | 27-28               | Ca. 0,10                            |
| Hoteller           | 27                  | 0,18                                |
| Nattdrift          |                     | 0,10                                |
| Offentlige bad:    |                     |                                     |
| <i>Dagdrift</i>    | 28                  | 0,25                                |
| <i>Middeldrift</i> |                     | 0,20                                |
| <i>Nattdrift</i>   |                     | 0,10                                |
| Varmtvannsbasseng  | 32-36               | 0,35-0,50                           |
| Boblebad           | 36-38               | 0,9-1,0                             |
| Rutsjebane         | 31                  | 0,5 <sup>1</sup>                    |

<sup>1</sup> [kg/h] per løpemeter renne

Erfaringstall for fordampning varierer fra omtrent 0,10 kg/(m<sup>2</sup>h) for et basseng som ikke er i drift, til 1,0 kg/(m<sup>2</sup>h) for boblebad (Böhlerengen, et al., 2004, s. 183). Tallene vil også variere i forhold til romlufttemperaturen. For våte overflater er fordampningsmengden 0,04 kg/(m<sup>2</sup>h) for lav aktivitet og 0,1 kg/(m<sup>2</sup>h) for høy aktivitet (Ventøk, 2008, s. 5). Ved bruk av varmekabler i gulv bør fordampningsoverflaten tilsvare hele området med varmekabler, og dette er derfor lite heldig i svømmehaller.

Fordampningsmengden er avhengig av romlufttemperaturen, og fordampningen reduseres med romluftstemperatur 2 °C høyere enn bassengvannstemperaturen slik det er beskrevet i 2.1. Fordampningsprosessen krever store mengder energi, og det vil kunne være lønnsomt å heve romtemperaturen for å redusere fordampningsvarmetapet. Fordampningsvarmen trekkes fra bassengvannet og romluften og reduserer temperaturen på disse stedene. Det råder noe uenighet om hvor stor andel av varmetapet som blir tatt fra romluften og hvor stor andel som blir tatt fra bassengvannet. Tidligere energiberegninger har vist en mulig fordeling der 85 % av varmeenergien trekkes fra bassengvannet og 15 % fra romluften (Salvesen, 2011). Dette gjelder fordampning fra bassengoverflater og andre vannattraksjoner. For våte overflater trekkes all varmeenergien fra romluften, eventuelt fra overflaten. Det er vanlig med gjenvinning av denne fordampningsvarmen, og graden av gjenvinning avgjør derfor hvor stort energitapet blir. Fordampningsvarmetapet ved en gitt fordampningsmengde og vanntemperatur kan bestemmes ved hjelp av (Verein Deutscher Ingenieure, 2010, s. 27):

$$\Phi_{vd} \approx \dot{m}_w \times r \quad (2)$$

der

$\dot{m}_w$  mengde fordampet vann [kg/s]

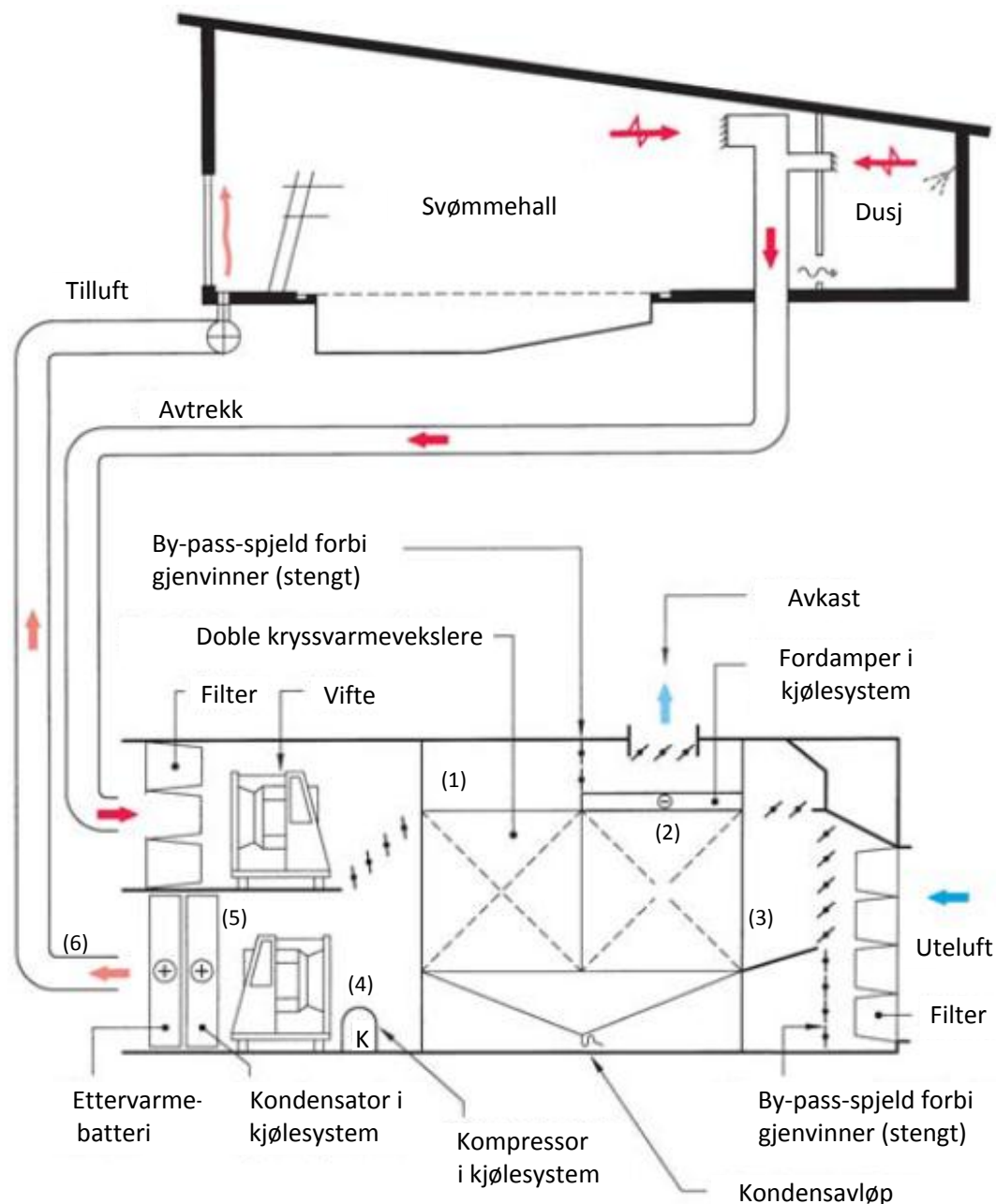
$r$  fordampningsvarmen ved bassengvannstemperatur [kJ/kg]

## 2.6.2 Luftbehandling

Svømmehallsluften blir kontinuerlig oppfuktet av bassengvannet, og den må derfor avfuktes for at RF skal holdes på et ønskelig nivå. Avfuktingen skjer i ventilasjonsaggregatet som dimensjoneres i forhold til forventet fordampningsmengde. Luftmengdene i ventilasjonsanlegget bør minst være 4-7 luftvekslinger per time eller minst 8-10 luftvekslinger per time om bassengene har høy vanntemperatur eller om det er store glassflater i hallen (Böhlerengen, et al., 2004, s. 183). Dette er sterkt avhengig av hvor god omrøring i rommet ventilasjonen skaper, og det er noe mangelfull kunnskap om nødvendig antall luftvekslinger (Aas, 2011). På grunn av at ventilasjonsbehovet er basert på relativ fuktighet i inneluften, er det utstrakt bruk av omluftskjøring i ventilasjonsanlegget, og utenfor åpningstid er det vanlig kun å bruke omluft. For svømmehaller kan det brukes behovsstyring av ventilasjonen ved hjelp av detektor for RF. Normalt kjøres imidlertid ventilasjonsanlegget med konstante luftmengder, men med variasjon i forholdet uteluft/omluft (Risberg, 2011c).

Det er behov for å ventilere med friskluft på grunn av personforurensning, forurensing fra bassengvann og emisjoner fra konstruksjonsmaterialene. Det finnes ikke regler for hvor stor mengde uteluft det skal ventileres med, men det er i praksis brukt det strengeste alternativet av: (1) 1,4 L/s per m<sup>2</sup> grunnflate (bassengflate + gulv) og (2) 2,8 L/s per bassengareal (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 184). Ventøk 3.1-1 (2008) anbefaler å ventilere svømmehallen med minimum 10 m<sup>3</sup>/h per bassengareal, tilsvarende omtrent 3,2 L/s per bassengareal, friskluft på grunn av forurensing fra bassengvann, og 16 L/s per person på grunn av forurensing fra de badende.

I tidligere svømmehaller ble romluften avfuktet ved at en mengde inneluft ble ført ut, mens tilsvarende mengde oppvarmet uteluft ble ført inn i hallen. Varmetapet på grunn av fordampning fra et offentlig basseng i drift som holder 28 °C kan være 169 W/m<sup>2</sup>, basert på Tabell 3 og formel 2. Uten gjenvinning av fordampningsvarmen går kontinuerlig 169 W/m<sup>2</sup> tapt. I tillegg må uteluft varmes opp fra opprinnelig temperatur til svømmehallstemperatur, og det er en svært energikrevende prosess. Nå for tiden er det vanlig med ventilasjonsaggregat som gjenvinner kondensvarmen fra inneluften, også kalt kjøleteknisk avfukting med varmegjenvinning. Figur 12 viser en prinsippskisse for oppbygningen av et integrert ventilasjonsanlegg for større svømmehaller.



Figur 12. Prinsippskisse for oppbygningen av et integrert ventilasjonsanlegg for større svømmehaller (Byggforsk, 2003)

Luftbehandlingen foregår som følger (Byggforsk, 2003, Bøhlerengen, et al., 2004, s. 187, Menerga, 2010b, Risberg 2011c):

- (1) Den varme, fuktige luften blir ført mot den kalde overflaten på varmeveksleren. Luften blir avkjølt og overfører varme til veksleren. Hvis den avkjølte luften har en temperatur lavere enn duggpunktstemperaturen, utfelles det kondens i varmeveksleren, men avfuktingsprosessen foregår vanligvis i varmepumpen.
- (2) Luften føres mot den kjølige overflaten i systemets fordamper, og varme fra luften overføres til et medium med egnet kokepunkt. Dette fordamper på grunn av varmetilskuddet. Mens

lufttemperaturen synker avgis overskuddsvann. Ved bruk av etterkjøler på kondensvannet oppnås ytterligere varmegjenvinning før det, normalt sett, går til avløp.

- (3) Den kalde lufta, eventuelt iblandet uteluft, føres tilbake over den nå oppvarmede, men tørre kryssvarmeveksleren, og temperaturen heves.
- (4) Mediet, som nå er i gassform, komprimeres til høyere trykk og temperatur i kompressoren.
- (5) Mediet kondenserer mens lufttemperaturen heves i kondensatoren. Mediet føres tilbake til fordamperen gjennom en trykkreguleringsventil og er klar for en ny runde.
- (6) Tørr, oppvarmet luft føres tilbake til svømmehallsrommet.

På denne måten kan det oppnås en høyere temperatur på tilluften enn avtrekksluften. Den gjenvunne varmen brukes først og fremst til oppvarming av tilført luft, alternativt til oppvarming av bassengvannet.

Det er to hovedtyper av varmegjenvinnere: Regenerativ og rekuperativ. Regenerative varmegjenvinnere overfører varme ved at varmeakkumulerende flater vekselvis blir ført i kontakt med avtrekks- og tilluft. De har høy virkningsgrad, men overfører også fuktighet noe som er ugunstig for svømmehaller. Rekuperative varmegjenvinnere overfører varme via en skillevegg eller ved hjelp av en væske. På denne måten overfører ikke denne typen varmegjenvinner fukt, men har også tradisjonelt lavere virkningsgrad enn regenerative varmegjenvinnere. Vanlig temperaturvirkningsgrad for rekuperativ varmegjenvinner er 50-60 % (Novakovic, et al., 2007, s. 277), men den kan nå opp i 90 % med motstrømsvarmegjenvinner (Byggforsk, 2002). Den asymmetriske varmeveksleren på avfuktingsaggregatet skissert i Figur 14 har en temperaturvirkningsgrad på 78 % (Risberg, 2011a). Temperaturvirkningsgraden er høyere for denne varmeveksleren grunnet varmegjenvinning over flere trinn og stor kontaktoverflate mellom avtrekks- og tilluftsside. Det er viktig at materialet i varmeveksleren tåler det aggressive miljøet i svømmehallsluften, og et eksempel på et slikt material er polypropylen (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 185). En avfukter med varmepumpe som også henter varme fra uteluften og varmer både luft og vann kan spare energi og kostnader (Sun, et al., 2011).

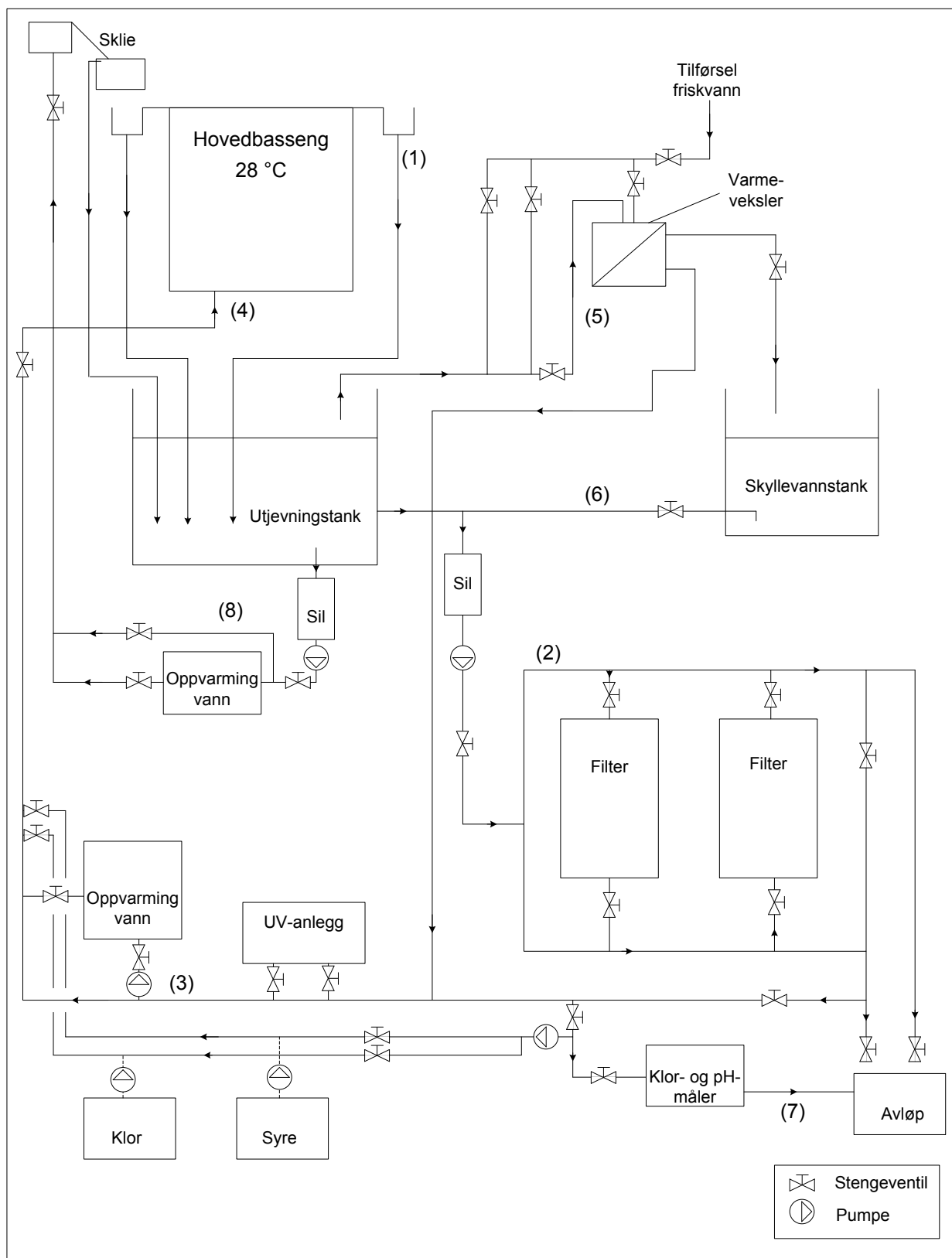
Oppvarming av romluften i svømmehallsrommet skjer ved hjelp av ventilasjonssystemet. Tilluften tilføres rommet med en overtemperatur når det er oppvarmingsbehov slik at ønskelig temperatur oppnås i svømmehallsrommet. Hvor høy temperatur som er nødvendig på tilluften varierer med årstiden og hvor gode bygningskomponentene er, men bør aldri overstige 53 °C (Risberg, 2011c).

Dette er blant annet begrunnet med brukersikkerhet i forbindelse med at luften blir tilført i sittebenker under vinduene.

### 2.6.3 Vannbehandling

I svømmeanlegg er det krav til rensing og sirkulasjon av bassengvannet for å opprettholde vannkvaliteten. Det er krav om kontinuerlig tilførsel av friskt vann i brukstiden tilsvarende 30 L per badende per dag i bassenger med temperatur under 34 °C (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 18). I bassenger med høyere temperaturer, bør vanntilførselen være 60 L per badende per dag (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 18). I tillegg er det krav til sirkulert vann på minimum 2 m<sup>3</sup>/h per badende (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 17). Sirkulasjonstiden bør reduseres ved lite volum og høy temperatur på bassengvann. For de ulike bassengtypene beregnes sirkulasjonsmengden per time ved hjelp av formler definert i Norsk Bassengbad Teknisk Forening (2000, s. 25).

I store badeanlegg er det ofte flere separate vannbehandlingssystem, for eksempel ett per basseng. Små basseng, slik som boblebad, sklier og lignende kan dele ett system, eller de kan være tilkoblet systemet til et av de større bassengene. Det er gunstig at bassengene som er tilkoblet et system har tilnærmet lik bassengvannstemperatur. Av denne grunn kan én kombinasjon være for eksempel varme- og barnebasseng på samme vannrensesystem. Figur 13 viser et eksempel på et flytskjema for vannbehandling for ett basseng og én sklie.

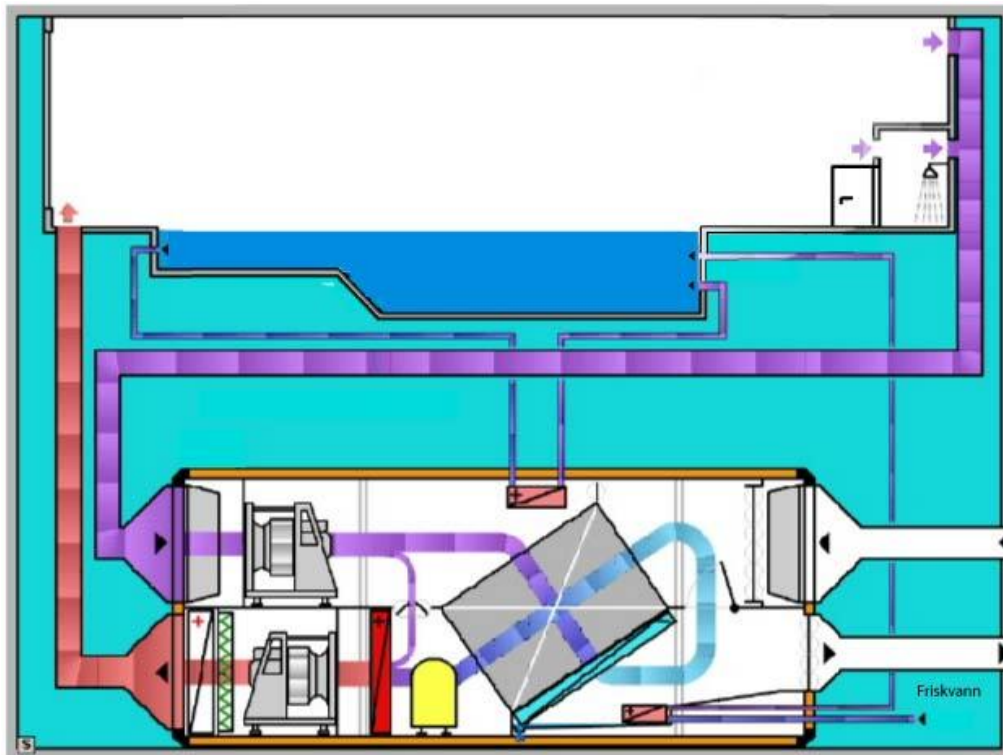


Figur 13. Flytskjema for sirkulasjons- og vannrensesystem for ett svømmebasseng og én sklie. Basert på Opsahl (2011).

Vannbehandlingen kan foregå som følger:

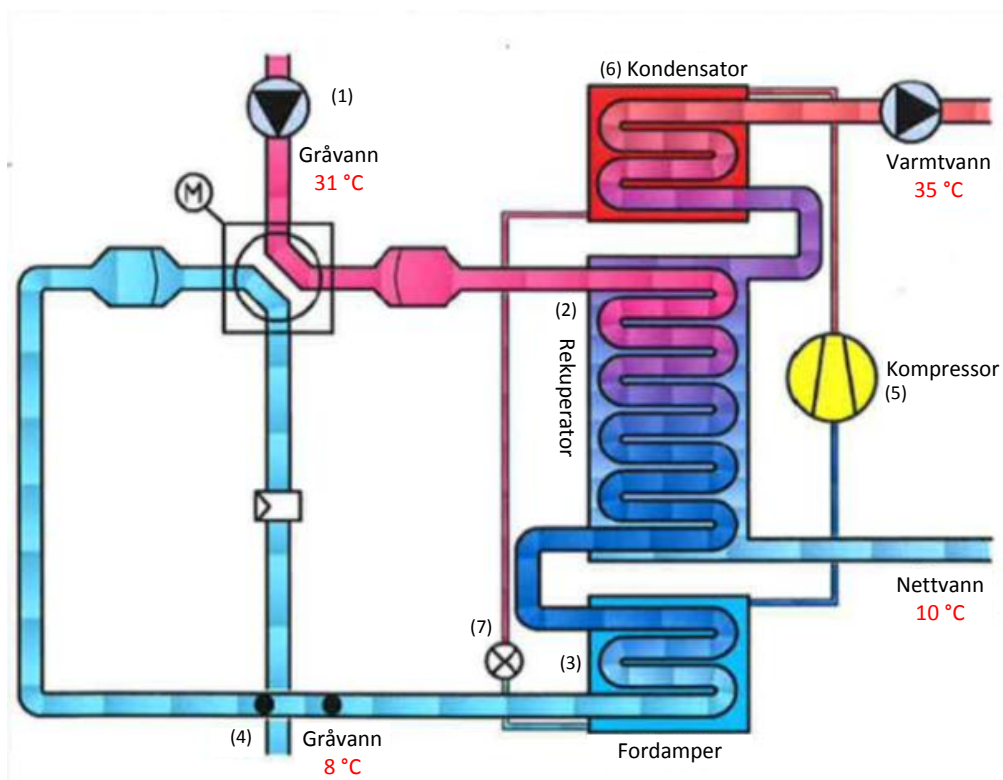
- (1) Vann fortrenses fra bassenget under bruk ved hjelp av overløpsrennene på siden av bassengkanten ned i utjevningstanken. Den er plassert under bassenget i teknisk rom. Vannstanden i utjevningstanken varierer i forhold til badeaktiviteten i svømmehallen og bidrar til at vannstanden i bassenget alltid er riktig.
- (2) Vannet fra utjevningstanken renses gjennom sandfiltre.
- (3) Vannet føres sammen med friskt vann gjennom et oppvarmingssystem etter eventuelt å ha passert et UV-bestrålingsanlegg eller tilsetning av desinfeksjonsmidler. Klor og syre tilsettes etter behov.
- (4) Vannet føres tilbake til bassenget.
- (5) Vann kan også gå fra utjevningstank til skyllevannstank, og dette vannet kan varmeveksles mot det tilførte friskvannet.
- (6) Vannet i skyllevannstanken kan brukes til å skylle sandfiltrene. Denne skyllingen kan være automatisk innstilt til å skje når en viss mengde vann har vært igjennom sandfiltrene eller det kan være manuelt styrt.
- (7) Vannet analyseres kontinuerlig for å holde kontroll med vannkvaliteten. Ofte går dette vannet rett til avløp etter analysen.
- (8) Sirkulasjonssystemet for sklien består i dette tilfellet kun av sil og oppvarming siden systemet er del av det store rensesystemet.

Vannoppvarmingen kan skje på tradisjonelt vis med varmekolbe drevet ved hjelp av elektrisitet, olje, fjernvarme eller andre energikilder. På grunn av de betydelige mengdene vann vil det være gunstig å benytte seg av alternative oppvarmingsmetoder som bassengvannskondensator i ventilasjonsaggregat eller gråvannsvarmegjenvinner. Bassengvannskondensator (BVK) overfører varme til bassengvann når ventilasjonsaggregatet produserer overskuddsvarme. En prinsippskisse av avfuktingsaggregat med BVK er vist i Figur 14. Gråvann er alt avløpsvann foruten vann fra toalett, og en gråvannsvarmegjenvinner kan bestå av en varmeveksler, varmepumpe eller begge deler. Figur 15 viser en prinsippskisse av en gråvannsvarmegjenvinner med varmeveksler og varmepumpe.



Figur 14. Prinsippskisse av avfuktingsaggregat med bassengvannskondensator i omluftdrift (Menerga, 2011)

Figuren viser hvordan sirkulasjonsvann og friskvann oppvarmes i ventilasjonsaggregatet ved hjelp av BVK.



Figur 15. Prinsippskisse av gråvannsvarmegjenvinner med rørvarmeveksler og varmepumpe (Menerga, 2011)

Gråvannsvarmegjenvinneren gitt over fungerer som følger (Risberg, 2011c):

- (1) Gråvannet kommer inn i varmegjenvinneren med en temperatur på ca. 31 °C.
- (2) Gråvannet varmeveksles mot nettvannet som holder ca. 8-10 °C. Temperaturen på nettvannet øker.
- (3) I fordamperen overføres den resterende varmen i gråvannet til et egnet kjølemedium.
- (4) Gråvannet går i avløpsnettet med en temperatur på omtrent 8 °C.
- (5) Det fordampede mediet settes under høyere trykk og temperatur av en kompressor.
- (6) I kondensatoren overfører mediet varmen til nettvannet ved at det kondenserer. Nettvannet får en resulterende temperatur på 35 °C.
- (7) Mediet er kondensert og føres via reguleringsventil tilbake til fordamperen.

En gråvannsvarmegjenvinner med varmepumpe kan oppnå en effektfaktor (COP) på over 6 (Meggers & Leibundgut, 2011), mens en gråvannsvarmegjenvinner med varmeveksler og varmepumpe kan oppnå en effektfaktor på 10 for hele systemet (Fjellbu, 2009). Det vil si at 1 kW tilført gir 10 kW tilbake. For å opprettholde virkningsgraden er det viktig å unngå tilgroing av rørene. Dette kan løses med et automatisk rengjøringsystem (Menerga, 2010a). Det fungerer slik at rørene i Figur 15 automatisk i bestemte perioder kobles om i punkt M og dermed sender kuler gjennom røret med avløpsvann og skrubber og rengjør dette innvendig.

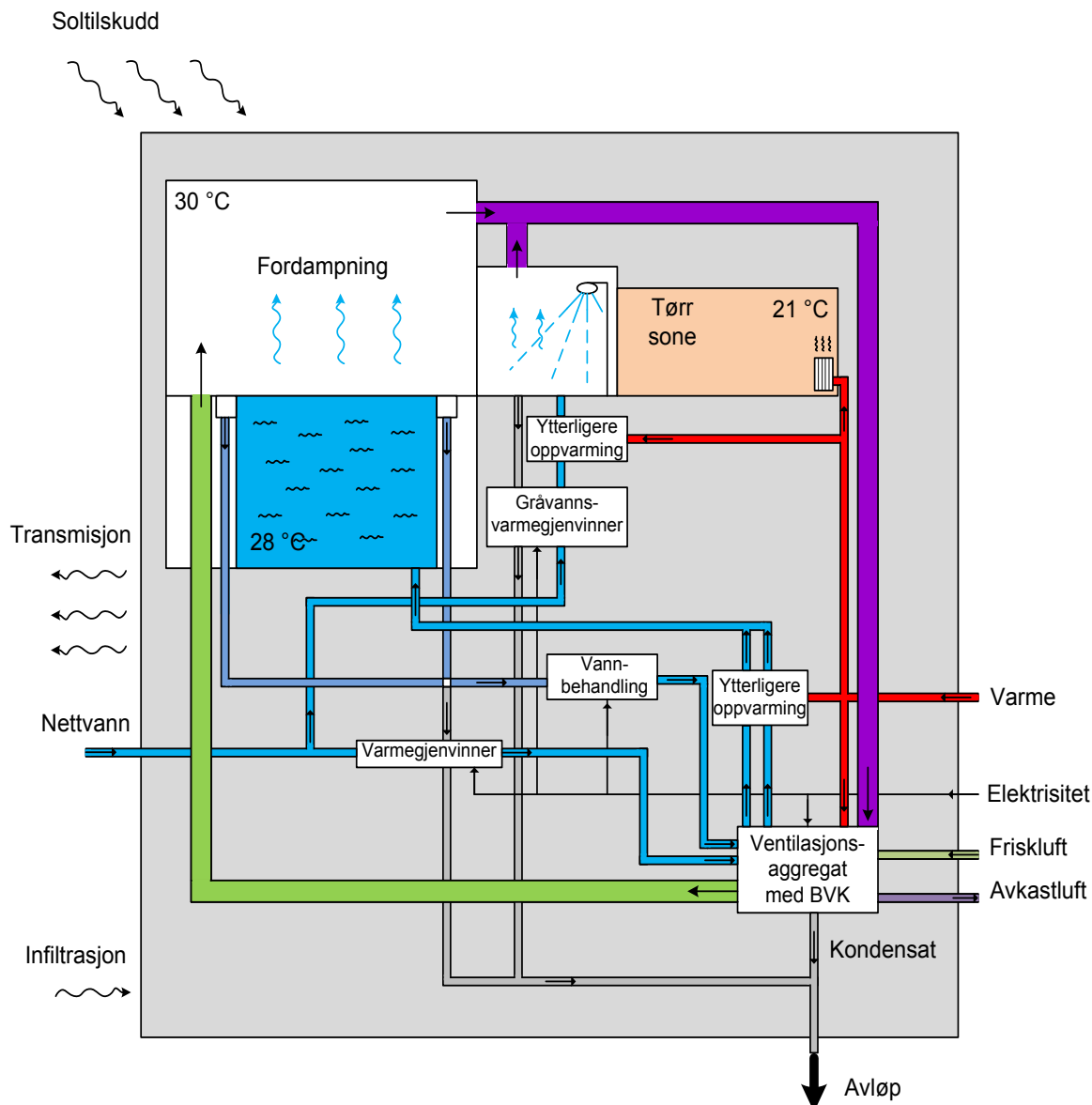
Store mengder gråvann genereres i en svømmehall. Bassengdriften kan generere omtrent halvparten av gråvannet (Øverli, 2011b). Den resterende avløpsmengden domineres av dusjvann. Uten bruk av varmegjenvinner på gråvannet representerer dette betydelige energitap ved at varmt vann går tapt. I Norsk Bassengbad Teknisk Forening (2000, s. 27) står det følgende: *"Det anbefales eget varmegjenvinningsystem for å gjenvinne varmen fra det vann som kontinuerlig tas ut fra systemet."* For at det skal lønne seg med varmegjenvinner på gråvannet anses det som nødvendig med et utgående vannvolum større enn 10 m<sup>3</sup> per dag (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 192, Risberg 2011c). I de fleste større svømmehaller er det utgående vannvolumet betydelig større enn dette. Investeringen i en gråvannsvarmegjenvinner vil kunne ha en tilbakebetalingstid mellom halvannet år (Risberg, 2011c) og to år (HOH Birger Christensen AS, 2011).

#### 2.6.4 Tekniske installasjoner forøvrig

Andre tekniske installasjoner som skiller en svømmehall fra et tradisjonelt bygg kan være badstueovn og solarium. I tillegg kan det være spesielle attraksjoner som bølgebasseng, motstrømsbasseng og basseng med hev- og senkbar bunn, og disse krever egne installasjoner. Alle de tekniske installasjonene har et høyt elektrisitetsforbruk, og en del av energien avgis til omgivelsene som varme. Mye av utstyret er plassert i teknisk rom under svømmehallen, som vanligvis har størrelse tilsvarende arealet på våt sone. Varmeavgivelsen fra utstyret kan føre til høy temperatur i dette rommet. Belysningen i svømmeanlegget varierer ut ifra formålet til bassenget. For internasjonal konkurransesvømming er det krav om 500 lx i bassenger, og 300 lx er nødvendig for regionale og lokale konkurranser (EN 12193, 2007). Til trening, skolesvømming og rekreasjonsaktiviteter holder det med 200 lx, mens det for de øvrige områdene er krav om 100 lx (EN 12193, 2007). Undervannsbelysning anbefales installert i basseng dypere enn 1,35 meter (Verein Deutscher Ingenieure, 2010). En andel av energien til de tekniske installasjonene og belysningen avgis som varme til omgivelsene, og denne varmen er gjenvinnbar.

#### 2.6.5 Energiflyt oppsummert

Energiflyten i en svømmehall er mer komplisert enn i et vanlig bygg. I Figur 16 er det gitt en systemskisse av en svømmehall som oppsummerer energiflyten til de viktigste komponentene.



Figur 16. Systemskisse av en svømmehall med energiflyten til de viktigste komponentene.

Systemskissen sammenfatter vannbehandlingssystemet sammen med ventilasjons- og oppvarmingssystemet. I tillegg er det vist vanlig energiflyt forbundet med en bygningskropp i form av soltilskudd, transmisjon og infiltrasjon. Hvilken type gråvannsvarmegjenvinning og vannbehandling som benyttes avgjør om installasjonene bruker elektrisitet eller ikke. Soltilskuddet beregnes med grunnlag i månedsgjennomsnittlig strålingsfluks, vindusarealene, solskjerming og himmelretningen til plasseringen av vinduene (Standard Norge, 2007). Ved store vindusarealer kan soltilskuddet bli stort, men på grunn av fordampningsvarmetapet skal det mye til for at innetemperaturen blir for høy (Salvesen, 2011). Innvendig solskjerming er problematisk i svømmehaller på grunn av behovet for bstrykning av vindusflatene med tørr ventilasjonsluft, og solskjermingen må derfor bestå av solreflekterende glass eller utvendig solskjerming. De høye

innelufttemperaturene kan føre til høyt transmisjonstap siden dette avhenger av temperaturdifferansen på innsiden og utsiden av bygningsdelen. Med lav U-verdi og lav kuldebroverdi reduseres transmisjonstapet, og dette oppnås ved stor isolasjonstykkelse og kuldebrobrytere.

I svømmehaller er det et stort internt varmetilskudd som i hovedsak skyldes avgitt varme fra utstyr. I tillegg avgis det varme fra personer og belysning tilsvarende vanlige bygg. Til sammen kan dette utgjøre en betydelig del av oppvarmingen. Det avgjørende for energiforbruket i en svømmehall er hvor mye av varmen som holdes innenfor svømmeanlegget. En god bygningskropp, kombinert med stor grad av gjenvinning og energisparende prosesser er nøkkelord i denne forbindelse.

## 2.7 Funksjonskrav og ytelseskrav

Funksjonskrav i Norge består av Forskrift om tekniske krav til byggverk (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). I tillegg finnes det ulike anbefalinger slik som Undervisningsbyggs Kravspesifikasjon og Byggdetaljblader fra Byggforsk. Det er også sett på funksjonskrav i andre land som har liknende klimatiske forhold som Norge, nemlig Sverige, Finland og Tyskland.

### 2.7.1 Funksjonskrav og ytelseskrav i Norge

I Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) under Plan- og bygningsloven står det beskrevet kvalitative og kvantitative krav til byggverk (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Kravene beskriver at bygningen enten skal tilfredsstille § 14-3 Energitiltak, delvis gjengitt i Tabell 4, eller ha totalt netto energibehov mindre enn energirammer angitt i § 14-4 (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Det er også anledning til å omfordele mellom energitiltakskravene så lenge ikke det totale energibehovet for bygningen øker. I alle tilfeller må minstekravene angitt i § 14-5 oppfylles (Statens Bygningstekniske Etat, 2010).

Tabell 4. Energitiltakskrav til bygningsdeler (Statens Bygningstekniske Etat, 2010)

| a) Transmisjonsvarmetap                        |                                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| U-verdi yttervegg                              | $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ |
| U-verdi tak                                    | $\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ |
| U-verdi gulv                                   | $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ |
| U-verdi glass/vindu/dører inkludert karm/ramme | $\leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Andel vindus- og dørareal                      | $\leq 20 \%$ av oppvarmet BRA              |
| Normalisert kuldebroverdi, øvrige bygninger    | $\leq 0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ |

| b) Infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap                                                             |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell, øvrige bygninger                                               | $\leq 1,5$ luftvekslinger per time         |
| Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg, øvrige bygninger | $\geq 80 \%$                               |
| c) Øvrige tiltak                                                                                      |                                            |
| Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP), øvrige bygninger                                    | $\leq 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3\text{s})$ |
| Mulighet for natt- og helgesenkning av innetemperatur                                                 |                                            |
| Tiltak som eliminerer bygningens behov for lokal kjøling                                              |                                            |

Det er ikke angitt et energiramme krav for svømmehall. For idrettsbygning er det oppgitt et totalt netto energibehov på  $170 \text{ kWh}/\text{m}^2$  (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). En idrettsbygning uten svømmeanlegg vil imidlertid kreve mindre energi enn en idrettsbygning med svømmeanlegg. Svømmehaller har så langt hatt et energibehov langt over  $170 \text{ kWh}/\text{m}^2$ , og utgangspunktet har vært tatt i energitiltakskravene ved prosjektering av svømmehaller. Der Undervisningsbygg (2009) er byggherrer, er det angitt en del krav til svømmehaller, og de er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Anbefalt krav til svømmehaller (Undervisningsbygg, 2009)

| Bygningsdel                  | U-verdi [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] |                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                              | TEK (2010)                                  | Undervisningsbygg (2009)                            |
| Yttervegger                  | 0,18                                        | 0,16                                                |
| Tak, terrasse                | 0,13                                        | 0,12                                                |
| Gulv på grunn og mot det fri | 0,15                                        | 0,15                                                |
| Vinduer, dører               | 1,2                                         | 1,0                                                 |
| Glassvegger og -tak          | 1,2                                         | Det skal ikke være store glassflater i svømmehaller |

Som det vises av tabellen er kravene fra Undervisningsbygg (2009) noe strengere enn kravene i TEK (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Kravene er satt for svømmehallen og garderoben, og for resten av bygget kan de vanlige energitiltakskravene benyttes. Undervisningsbygg (2009) angir også krav til U-verdi på innvendig skillekonstruksjoner mellom tørr og våt sone der kravene avhenger av temperaturdifferansen i de to rommene. De er gjengitt i Tabell 6.

Tabell 6. Krav til innvendige skillekonstruksjoner ved gitte temperaturforskjeller (Undervisningsbygg, 2009)

| Bygningsdel            | U-verdi [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] |                         |                        |
|------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
|                        | $\Delta T \geq 15$                          | $10 \leq \Delta T < 15$ | $5 \leq \Delta T < 10$ |
| Vegger, tak, gulv      | 0,3                                         | 0,4                     | 0,5                    |
| Glassvegger og vinduer | 1,6                                         | 2,0                     | 3,0                    |

Temperaturdifferansen mellom tørr og våt sone i en svømmehall er vanligvis mindre enn 10 °C. Dermed bør, ifølge tabellen, U-verdi for skillekonstruksjoner være bedre enn 0,5 W/(m<sup>2</sup>K) og for glassvegger og vinduer bedre enn 3,0 W/(m<sup>2</sup>K).

Kravene Undervisningsbygg (2009) stiller til lufttetthet er langt strengere enn det som er angitt i TEK (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Det øvre kravet er satt til  $n_{50} = 0,4 \text{ h}^{-1}$  i svømmehall og dusjområder etter trykkprøving og  $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$  for resten av anlegget (Undervisningsbygg, 2009). Kravet som er gitt i TEK på  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$  (Statens Bygningstekniske Etat, 2010) er for høyt, og så store lekkasjer vil gi fuktskader hvis de er ugunstig plassert. Det er også viktig med god lufttetthet mellom tørr og våt sone, og årsaken til dette er forklart i 2.5.

TEK stiller i kapittel 13 VI kvalitative krav til våtrom og rom med vanninstallasjoner: *"Bygningsdeler og konstruksjoner skal projekteres og utføres slik at de ikke blir skadelig oppfuktet av kondensert vanndamp fra inneluften"* (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Det beskrives også at: *"Våtrom skal projekteres og utføres slik at det ikke oppstår skade på konstruksjoner på grunn av vannsøl, lekkasjevann og kondens"* (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Dette oppnås ved hjelp av tilstrekkelig fall mot sluk og vanntett sjikt i rom som må antas å bli utsatt for vann i brukssituasjonen. For rom som ikke har sluk og vanntett gulv må det være overløp eller lignende på vanninstallasjoner. I Veiledning om tekniske krav til byggverk (2010) står det: *"I spesielle bygningstyper med høy innendørs luftfuktighet, som f.eks. svømmehaller, må man vie fuktsikringen særlig stor oppmerksomhet."* Siden det ikke er satt kvantitativt krav spesielt for svømmehaller i TEK (2010), er det derfor helt nødvendig med kompetente rådgivere som ser hvilke tiltak som er nødvendig for å oppnå dette. I Veiledning REN til forskrift om krav til byggverk (TEK) 3. utgave (1997) står det at det bør overveies å bruke lavere U-verdier enn angitt for bygninger med høyere innetemperaturer slik som for eksempel svømmehaller, men dette står ikke i nyere veiledninger til TEK.

## 2.7.2 Funksjonskrav i andre land

Det er sett på hvilke krav som stilles til svømmeanlegg i Sverige, Tyskland og Finland. I Sveriges Plan- och bygglag er det ikke angitt spesielle krav for svømmeanlegg (Svensk författningssamling, 2010). Kvantitative krav er gitt i Boverkets byggregler (Boverket, 2011). Svømmehaller er ikke spesifikt behandlet utover at det finnes en mulighet til å unnsnippe enkelte krav ved spesielt konstruerte svømmehaller (Boverket, 2011). Dette kan eksempelvis være om et svømmeanlegg planlegges med store glassflater (Boverket, 2011).

Tyske Verein Deutscher Ingenieure (2010), VDI, gir krav til bygningskomponentene i en svømmehall med korreksjon for norsk klima, og disse er gjengitt i Tabell 7.

**Tabell 7. U-verdikrav for svømmehaller i Tyskland (Verein Deutscher Ingenieure, 2010), korrigert for norsk klima (Enova, 2008).**

|       | U-verdi [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] | U-verdi, korrigert [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] |
|-------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Vegg  | 0,35                                        | 0,33                                                   |
| Tak   | 0,25                                        | 0,23                                                   |
| Vindu | 1,3                                         | 1,22                                                   |

Disse kravene til svømmehallskonstruksjonen er en god del høyere enn kravene i TEK (2010). Normen gir også krav til romlufttemperatur, og disse er gitt i Tabell 8.

**Tabell 8. Krav til romlufttemperaturer (Verein Deutscher Ingenieure, 2010)**

| Romtype                          | Temperatur på romluften [ $^{\circ}\text{C}$ ] |          |
|----------------------------------|------------------------------------------------|----------|
|                                  | Minimum                                        | Maksimum |
| Inngang, vestibyle               | 20                                             |          |
| Trapperom                        | 18                                             |          |
| Garderobe                        | 22                                             | 28       |
| Toaletter, vaktrom, personalrom  | 22                                             | 26       |
| Dusjrom med tilhørende toaletter | 26                                             | 34       |
| Svømmehall                       | 30                                             | 34       |

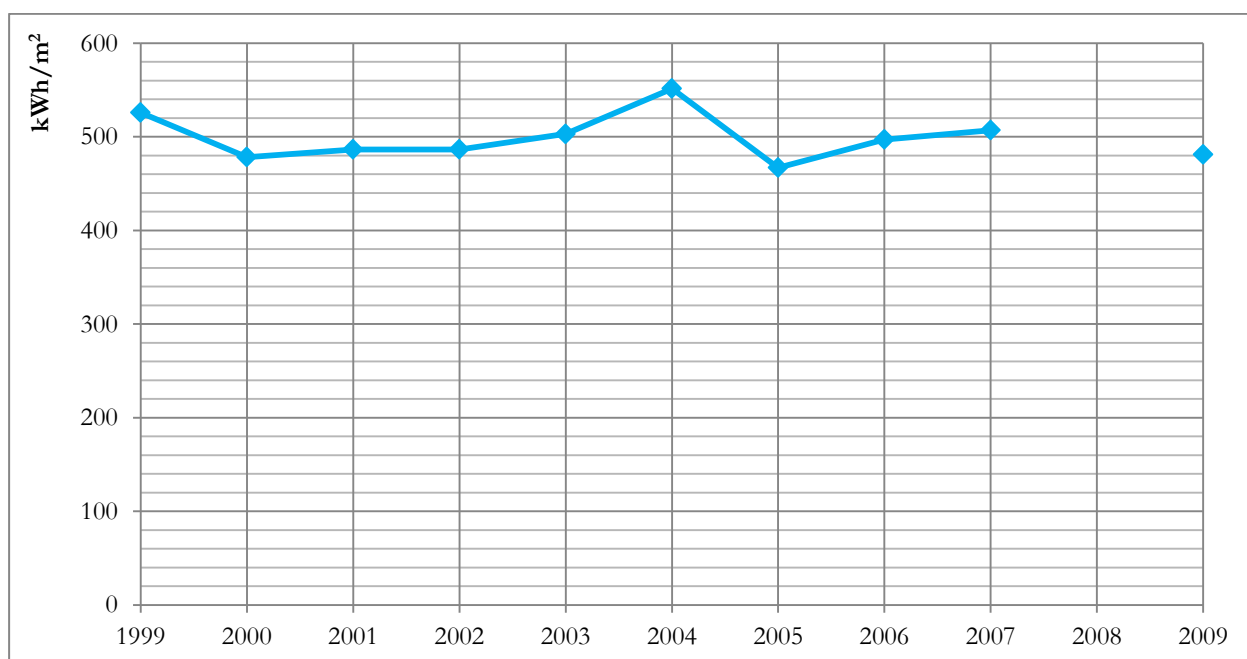
De gitte temperaturene kan sammenlignes med temperaturanbefalingene fra Undervisningsbygg gitt i Tabell 2. Temperaturene for svømmehallen fra VDI (2010) tilsvarer temperaturene gitt for svømmehall med terapi-/opplæringsbasseng fra Undervisningsbygg (2009). Sett bort fra at Undervisningsbygg (2009) angir en lavere makstemperatur for dusjrom, er også resten av temperaturkravene til de ulike rommene omtrent de samme.

De finske byggeforskriftene angir kun krav om at det årlige energibehovet i svømmehaller må beregnes, men setter ingen rammekrav for energiforbruket (Miljöministeriet, 2011). I tillegg beskrives det at bygningsdeler som grenser mot et rom med spesielt høy eller lav temperatur, skal ha varme- og fukttekniske egenskaper slik at det ikke medfører ulemper ved anvendelse av de tilgrensende rommene eller skader konstruksjonene (Miljöministeriet, 2011).

I Norge er det mindre fokus på bruk av andre energikilder enn elektrisitet til oppvarming enn det er i andre land, og dette begrunnes med tradisjonelt god tilgang på billig elektrisitet og mindre prisforskjell mellom termisk energi og elektrisitet. I en del andre land kan det være betydelig prisforskjell på elektrisk og termisk energi, og dette resulterer i større bevisstgjøring rundt hvilken energikilde som brukes til hva og i hvilke mengder. Er det tilgang på mye og billig termisk energi, men høye priser på elektrisitet, er det naturlig å bruke termisk energi på alle områder der det er mulig. I tillegg vil kanskje oppmerksomheten i mindre grad være rettet mot tiltak som reduserer oppvarmingsbehovet og mer mot tiltak som reduserer behovet for tilført elektrisitet. Automatisk behovsstyring av teknisk utstyr vil være et eksempel på dette. I et stort perspektiv vil det generelt være gunstig å bruke lavverdig energi (termisk energi) til oppvarmingsformål og kun bruke elektrisitet for installasjoner hvor det ikke er mulig med andre energikilder.

### 2.7.3 Energibruksstatistikk for svømmehaller

I Figur 17 er det gitt energibruksstatistikk for svømmehaller fra 1999-2009 (Enova, 2000-2011a). Energibruket er temperaturkorrigert mot normalår og geografisk korrigert til Oslo-klima. Der hvor svømmehallen er i tilknytning til en annen bygning, for eksempel skole eller idrettsbygning, er svømmehallen angitt sammen med denne. Energibruket er da også oppgitt totalt for både svømmehallen og den andre bygningen, og det blir vanskelig å sammenligne dette med tallene for kun svømmehallen.



Figur 17. Gjennomsnittlig temperatur- og stedskorrigert spesifikk energibruksstatistikk for svømmehaller (Enova, 2000-2011a). Energibruket er gitt per bruksareal per år.

Statistikken gjelder for rene svømmehaller, og inkluderer bare 7-13 svømmehaller. I byggstatistikken for 2008 er ikke svømmehaller skilt ut som egen bygningstype og tallene blir derfor vanskelig å sammenligne. Antallet er lite i forhold til de omtrent 880 svømmeanleggene som finnes i Norge (Senter for idrettsanlegg og teknologi, 2011), og det er usikkert om utvalget er representativt. Av de 880 svømmeanleggene er over 20 store badeland (Badelandene, 2011). Forbruket ligger på omtrent 500 kWh/m<sup>2</sup> per år gjennom de 10 årene uten at det er noen merkbar trend i den ene eller andre retningen. Sammenliknet med energirammekravet til idrettsbygninger på 170 kWh/m<sup>2</sup> per år (Statens Bygningstekniske Etat, 2010), er forbruket høyt. Den dominerende energikilden til norske svømmehaller er elektrisitet, etterfulgt av en liten andel olje, parafin og fjernvarme (Enova, 2000-2011).

Det vanligste internasjonale målet på energiforbruk i svømmehaller er gitt i kWh per bassengareal (Aas, 2011). Når man oppgir energiforbruket per bruksareal (BRA) slik som i Figur 17, er det knyttet stor usikkerhet til hvor energieffektivt anlegget virkelig er da det ikke tar hensyn til antall og størrelse på bassenger. Målet tar dermed ikke hensyn til vannvolumet i svømmehallen noe som har stor betydning for energiforbruket. Dette kan dermed by på problemer når ulike bad skal sammenlignes. Et annet interessant mål på energieffektiviteten, som dermed også reflekterer driftskostnadene, kan være vannforbruk per bassengareal. For at besøksstatistikken i de ulike badene skal gjenspeiles kan målene kWh per badende eller vannforbruk per badende benyttes. Høyt vann-/energiforbruk totalt kan til en viss grad forsvares hvis vann-/energiforbruket er lavt per badende. For tiden pågår det arbeid med å finne relevante nøkkeltall som kan brukes for å sammenligne hvor gode svømmehaller er i forhold til energibruk (Kampel, 2011b). Motargumenter for andre benevninger enn kWh per BRA kan være at standardbenevningen for alle andre bygg er gitt med denne benevningen, og spesielle benevninger for svømmehaller vil da komplisere sammenligningen mellom bygningskategoriene.

### 3 Eksisterende svømmeanlegg

For å vurdere om det er behov for særregler for energibruk for svømmehaller i Byggeteknisk forskrift, er det gjort simuleringer av energiforbruket for Ringeriksbadet, og dette er brukt som en referansecase. Anlegget er ett av mange nye mellomstore badeanlegg, og det anses derfor som relevant å bruke dette som en referanse. Badeanlegget har vært i drift omtrent ett år ved simuleringstidspunktet, og energiforbruket for dette året er tilgjengelig. Dette er sammenlignet med energiforbruket for de to nyere svømmeanleggene: Risenga bad fra 2006 og Drammensbadet fra 2008. Årsmiddeltemperaturene for de tre stedene er relativt like: 4,7 °C i Hønefoss; 5,5 °C i Drammen (Marienlyst) og 5,2 °C i Asker (Meteorologisk Institutt, 2011). Energiforbruket for de tre anleggene er også sammenlignet med middelveier for energiforbruk i norske og danske svømmehaller.

#### 3.1 Ringeriksbadet

Ringeriksbadet er et nytt badeanlegg som åpnet i oktober 2010. I Tabell 9 er det gitt en oversikt over bassengene med temperaturer og areal ved Ringeriksbadet.

Tabell 9. Oversikt over bassenger med temperatur og areal ved Ringeriksbadet (Ringeriksbadet, 2010)

|                            | Temperatur [°C] | Mål [m x m] | Areal [m²]    |
|----------------------------|-----------------|-------------|---------------|
| Idrettsbasseng             | 28              | 25 x 15,5   | 387,5         |
| Baby-/barnebasseng         | 32-34           |             | 27            |
| Vardebasseng med boblebank | 32-34           | 12,5 x 9,5  | 118,75        |
| <b>Totalt</b>              |                 |             | <b>533,25</b> |

I tillegg finnes det to sklier, stupetårn og badstue. Svømmehallen har også en kafé og rom med solarium. Hallen har med dette et tilbud til en stor publikumsgruppe. Svømmehallen er åpen 77 av 168 timer per uke (Ringeriksbadet, 2011). Totalt bruksareal er 3483 m<sup>2</sup> (Eian, 2011). Det første året badet var i drift var det omtrent 105 000 badegjester (Ringeriksbadet, 2011). Dette utgjør 288 badende i snitt per dag. Svømmeanlegget er spesielt arkitektonisk utformet med et buet tak som strekkes nesten helt ned til bakkenivå på den vestre siden av svømmehallen slik det er vist i Figur 18.



Figur 18. Ringeriksbadet. Foto: Hilde Drolsum Røkenes

Utformingen resulterer i et stort takareal i forhold til BRA. I tillegg får svømmehallsrommet stor høyde. I svømmehallsrommet er det store, høye glassarealer i hver gavlvegg. Gavlveggene vender mot henholdsvis nord og sør. Til tross for den store høyden i svømmehallsrommet på 14 m, er det ved målinger utført av forfatteren 20. oktober 2011 påvist tilnærmet ingen temperaturforskjeller mellom tak og gulv. Den aktuelle dagen var middeltemperaturen ute 2,9 °C (Yr.no, 2011).

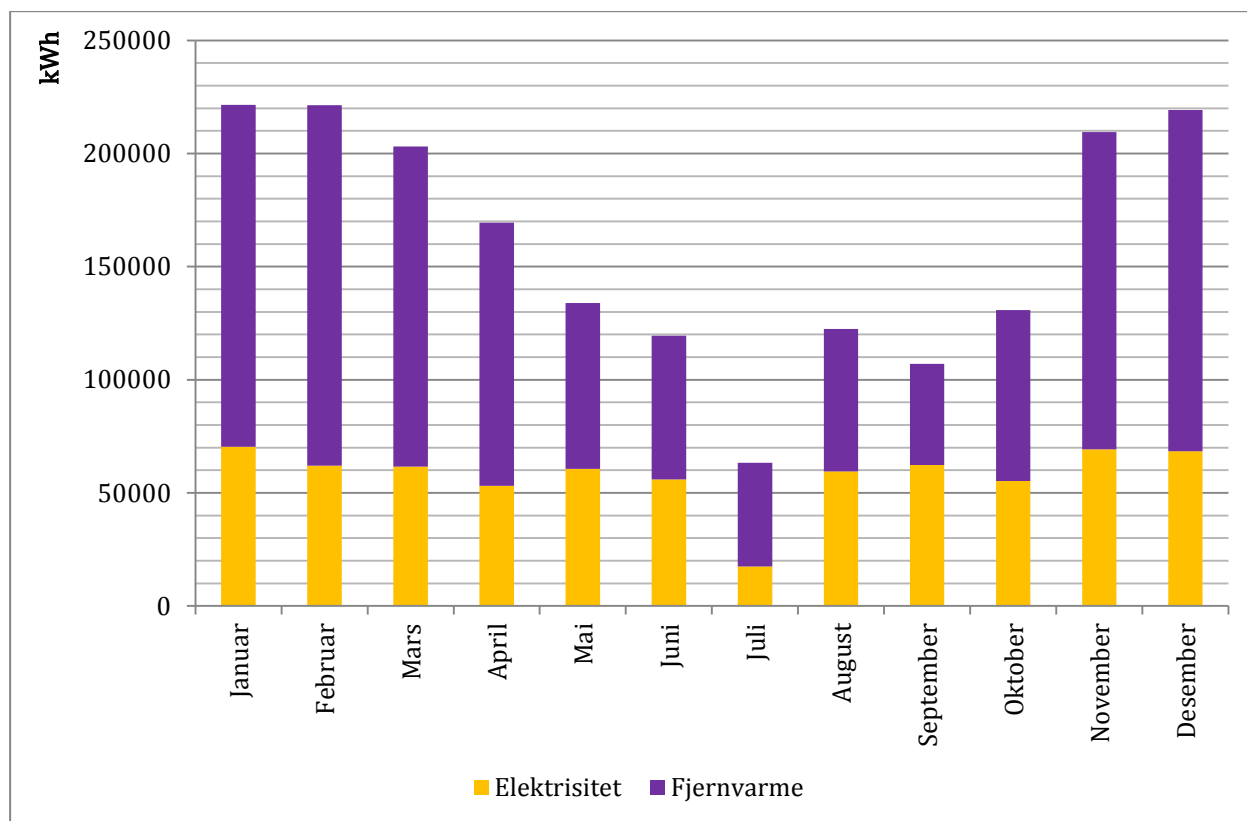
### 3.1.1 Energibrukshistorikk

Ringeriksbadet benytter seg av fjernvarme levert fra Ringerike Biogass i tillegg til elektrisitet. I Tabell 10 er energiforbruket for det første driftsåret for Ringeriksbadet angitt. For at forbruket skal kunne sammenliknes med andre badeanlegg er forbruket fordelt på henholdsvis BRA, bassengareal og antall besøkende.

Tabell 10. Energiforbruk første driftsår for Ringeriksbadet (Øverli, 2011d)

|               | Energiforbruk<br>[kWh] | Energiforbruk<br>fordelt på BRA<br>[kWh/BRA] | Energiforbruk fordelt<br>på bassengareal<br>[kWh/ bassengareal] | Energiforbruk fordelt<br>på antall besøkende<br>[kWh/person] |
|---------------|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Fjernvarme    | 1 225 160              | 352                                          | 2298                                                            | 11,7                                                         |
| Elektrisitet  | 740 080                | 212                                          | 1388                                                            | 7,0                                                          |
| <b>Totalt</b> | <b>1 965 240</b>       | <b>564</b>                                   | <b>3685</b>                                                     | <b>18,7</b>                                                  |

Dataene på elektrisitetsforbruket var noe mangelfulle for juli måned, og det er derfor brukt et gjennomsnitt for denne måneden. Energiforbruket slik det fordeler seg over året er vist i Figur 19.



Figur 19. Energiforbruk over året i Ringeriksbadet (Øverli, 2011d)

Energiforbruket er som forventet markert lavere i sommermånedene. Den mangelfulle avlesningen av elektrisitetsforbruket for juli måned er årsaken til det lave elektrisitetsforbruket denne måneden. Elektrisitetsforbruket er ellers relativt jevnt over året, mens forbruket av fjernvarme varierer med utetemperaturene. Dette kan begrunnes med at ventilasjonsaggregatet ved lave utetemperaturer vil ha større oppvarmingsbehov av luft og vann ved hjelp av fjernvarme.

Vannforbruket for det første driftsåret er gitt i Tabell 11. Også her er forbruket fordelt på henholdsvis BRA, bassengareal og antall besøkende for at vannforbruket skal kunne sammenliknes med andre badeanlegg.

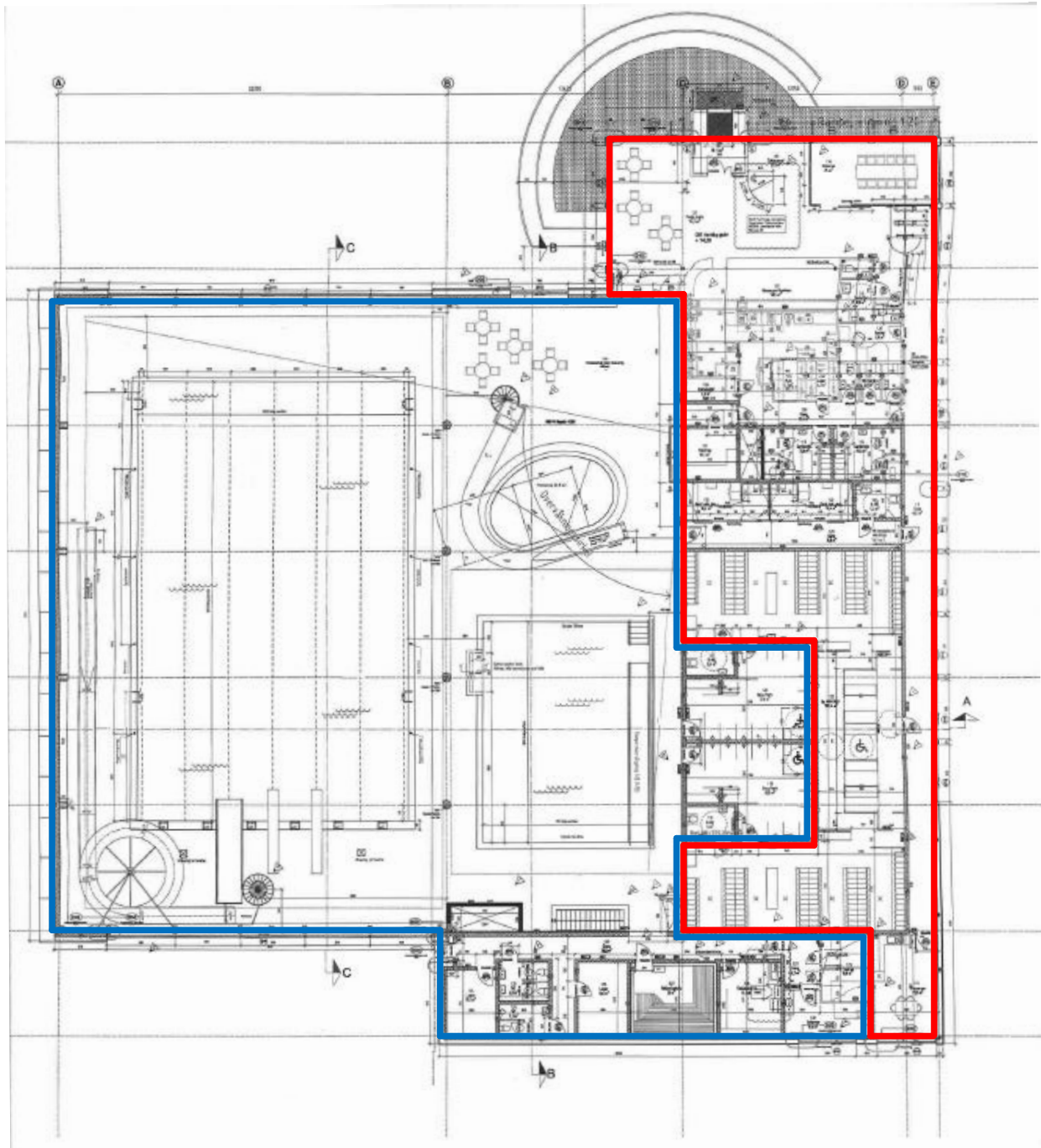
Tabell 11. Vannforbruk for det første driftsåret for Ringeriksbadet (Øverli, 2011d)

|             | Vannforbruk [m³] | Vannforbruk fordelt på BRA [L/BRA] | Vannforbruk fordelt på bassengareal [L/bassengareal] | Vannforbruk fordelt på antall besøkende [L/person] |
|-------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Vannforbruk | 11 743           | 3372                               | 22 022                                               | 112                                                |

### 3.1.2 Bakgrunn for beregning av energibruk

Beregning av forventet energibruk er gjort i energiberegningsprogrammet Simien (Programbyggerne, 2010), og det er basert på NS 3031 (Standard Norge, 2007). I programmet velges bygningstypen innledningsvis. Svømmehall er imidlertid ikke definert som bygningstype, så det må velges en annen bygningstype, og deretter må det gjøres manuelle tilpasninger. Bygningstypen "Idrettshall" velges da det er dette som ligger nærmest.

I beregningene deles Ringeriksbadet inn i fem soner. Disse består av én våt sone, to tørre soner og i tillegg én sone for utjevnings- og skyllevannstankene og én sone for syre-, klor- og avfallsrom. Inndelingen er gjort etter fordelingen av ventilasjonsaggregatene i svømmeanlegget. Den våte sonen består av svømmehallsrommet, dusjrommene og del med badstue, solarierom, sykerom, vaskesentral, toaletter og lager. Den våte sonen har et BRA på 1505 m<sup>2</sup>. De to tørre sonene utgjør resten av badet, én i underetasjen og én i hovedetasjen. Den tørre sonen i hovedetasjen inkluderer kafé, resepsjon, møterom, vaktrom, garderober og pauserom, mens den tørre sonen i underetasjen består av teknisk rom og varmesentral. Dette resulterer i et BRA på 732 m<sup>2</sup> i hovedetasjen og 1171 m<sup>2</sup> i underetasjen. Sonen for utjevnings- og skyllevannstankene er på 92 m<sup>2</sup>, mens sonen for syre-, klor- og avfallsrom utgjør 21,9 m<sup>2</sup>. Figur 20 viser en skisse av hovedetasjen på Ringeriksbadet med våt og tørr sone.



Figur 20. Skisse av hovedetasjen på Ringeriksbadet med våt og tørr sone. Våt sone er markert med blått, mens tørr sone er markert med rødt. Skissen er basert på mottatt materiale fra Eian (2011)

Det er i følge NS 3031 ikke nødvendig å dele inn bygningen i flere soner på grunn av ulikt soltilskudd når produktet av arealandel vinduer, dører og glassfelt,  $\gamma_{sol}$ , og total solfaktor for vindu og solskjerming,  $\bar{g}_t$ , ikke overskrider 5 % ( $\gamma_{sol}\bar{g}_t < 5\%$ ) (Standard Norge, 2007). Produktet  $\gamma_{sol}\bar{g}_t$  blir lavere enn 5 % på grunn av at vinduene vendt mot sør har solavskjerming.

### 3.1.2.1 Energiforsyning

Energiforsyningen til Ringeriksbadet består av fjernvarme fra Ringerike Bioenergi og elektrisitet. Fjernvarme benyttes til radiatorer og gulvarme i tørr sone, oppvarming av vann og ventilasjonsvarme utover det bassengvannskondensatoren i ventilasjonsaggregat bidrar med. Oppvarmingskildene i den tørre sonen består av radiatorer og gulvvarme. Elektrisitet dekker det øvrige energibehovet, og dette domineres av behovet til de tekniske installasjonene.

### 3.1.2.2 Ventilasjon våt sone

For våt sone er det to ventilasjonsaggregat utstyrt med varmepumpe og asymmetrisk kryssvarmeveksler med kapasitet på 19 000 m<sup>3</sup>/h hver. Ventilasjonsaggregatene er levert av Menerga og er av typen ThermoCond 37 (Menerga, 2010b). Temperaturgjenvinningsgraden på varmeveksleren er 78 % og coefficient of performance, COP, for varmepumpen er 5 (Risberg, 2011a). Ett av aggregatene er utstyrt med bassengvannskondensator. Luften tilføres i ventiler under vinduene, og det ene aggregatet har avtrekk øverst oppunder det buede taket, mens det andre har avtrekk oppunder det lavere taket og i begge dusjrommene.

Aggregatene kjører med tilnærmet konstante luftmengder. Utenfor åpningstid kjører aggregatene i hovedsak på lav hastighet, det vil si halvparten av luftmengdene i driftstid (Risberg, 2011a). Aggregatene kan også utenfor driftstid i korte perioder kjøre med luftmengder tilsvarende de i driftstid. Dette er imidlertid over relativt kort tid totalt, og kan i simuleringøyemed neglisjeres (Risberg, 2011a). Utenfor driftstid består de tilførte luftmengdene kun av omluft, mens i driftstiden tilføres en liten andel friskluft. Friskluftandelen varierer i forhold til avfuktingsbehovet, tilstand på uteluften og trafikk i anlegget. I driftstiden kan vanlig friskluftsandel være 30 %, mens de resterende 70 % av luftmengdene er omluft (Risberg, 2011b). Dette er brukt i beregningene. Tabell 12 gir oversikt over luftmengdene for Ringeriksbadet.

Tabell 12. Ventilasjonsmengder for våt sone i Ringeriksbadet (Risberg, 2011a, Øverli, 2011a).

|                   | Tilluft [m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )] |        | Avtrekk [m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )] |
|-------------------|----------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
|                   | Friskluft                                    | Omluft |                                              |
| Driftstid         | 8,07                                         | 16,94  | 24,90                                        |
| Utenfor driftstid | -                                            | 12,11  | 12,45                                        |

Ventilasjonsaggregatet er innstilt med avtrekksmengder marginalt høyere enn tilluftsmengdene, slik at det vil kunne dannes et lite undertrykk. Imidlertid kan det vurderes nærmere om undertrykket er høyt nok da forskjellene i luftmengde er mindre enn anbefalingene til Bøhlerengen, et al. (2004) med

10 % høyere avtrekksmengde enn tilluftsmengde. Friskluftskravet i Bøhlerengen, et al. (2004) blir for Ringeriksbadet  $5,04 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ , og det er tilfredsstilt med ventilasjonsmengden angitt i Tabell 12. Kravet til friskluft i Ventøk (2008) blir  $5,07 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$  i Ringeriksbadet med en antakelse om 50 samtidige badende, og dette kravet er også tilfredsstilt med luftmengdene gitt i Tabell 12.

Luftmengdene ved omluft er i Simien lagt inn som eget ventilasjonsaggregat med temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinneren lik 100 %. Dette er for at oppvarmingen ved hjelp av ventilasjonsluft utenfor driftstid skal bli inkludert i simuleringen. Tilluftstemperaturen reguleres slik at hallen holder konstant temperatur, og den avhenger av utetemperatur og hvor stor friskluftsandel aggregatet kjøres med. Tilluftstemperaturen reguleres ved hjelp av temperaturmåling på avtrekksluften (Risberg, 2011a).

### 3.1.2.3 Ventilasjon tørr sone

Det er tre ventilasjonsaggregat for tørr sone, og disse er inndelt i garderobe, kantineavdeling og teknisk kjeller. Temperaturvirkningsgradene for varmegjenvinnerne i disse aggregatene er henholdsvis 70 %, 63,8 % og 69,1 %. Ventilasjonsaggregatene driftes med konstant luftmengde i driftstiden som er definert av åpningstidene pluss en halvtime før åpningstid og en halvtime etter stengtstid (Øverby, 2011). Utenfor driftstid er aggregatene avslått. Tabell 13 gir en oversikt over ventilasjonsmengdene for tørr sone i Ringeriksbadet. I tabellen er luftmengdene for aggregatene til kantine og garderober slått sammen.

Tabell 13. Ventilasjonsmengder for tørr sone i Ringeriksbadet (Bryn Byggklima, 2011).

|                   | Teknisk rom                               |                                           | Hovedetasje                               |                                           |
|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                   | Tilluft<br>[ $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ] | Avtrekk<br>[ $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ] | Tilluft<br>[ $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ] | Avtrekk<br>[ $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ] |
| Driftstid         | 3,80                                      | 3,59                                      | 13,77                                     | 8,4                                       |
| Utenfor driftstid | -                                         | -                                         | -                                         | -                                         |

Enkelte rom i kjelleren er ikke tilknyttet noe ventilasjonsaggregat. Det gjelder klorrom, syrerom og avfallsrom, og disse rommene har egne vifter med avkast gjennom ytterveggen. I tillegg har utjevningstankene og skylletanken egne vifter med avkast gjennom yttervegg.

### 3.1.2.4 Oppvarming av vann

Forbruksvann til dusj og servanter blir varmet opp ved hjelp av fjernvarme. Tilført vann til bassenget varmes opp i bassengvannskondensatoren i det ene ventilasjonsaggregatet. Hvis

kapasiteten ikke er tilstrekkelig, blir det resterende behovet varmet opp ved hjelp av fjernvarme. Nettvannet er på forhånd varmevekslet mot utgående vann til skyllevannstanken. Dette betyr at vannet har en temperatur på omtrent 3 °C høyere enn nettvannet (Øverli, 2011c). Det totale forbruket av vann ett år etter åpning var 11 743 m<sup>3</sup> (Øverli, 2011d). Dette tilsvarer 32 m<sup>3</sup> per døgn eller omtrent 112 L per badende per døgn. I simuleringen er det tatt utgangspunkt i at omtrent halvparten av dette er gått til bassengdriften, mens det resterende er vann til dusj og servanter (Øverli, 2011b). Effekt og energiforbruk per år for oppvarming av vann til Ringeriksbadet er beregnet i Bilag A og oppsummert i Tabell 14.

Tabell 14. Energiforbruk per år og gjennomsnittlig effekt for oppvarming av vann i Ringeriksbadet, beregnet i Bilag A.

|                                            | Energiforbruk<br>[kWh/år] | Gjennomsnittlig<br>effekt [kW] | Effekt fordelt på<br>våt sone [W/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| Oppvarming av vann til dusjer og servanter | 204 371                   | 23,33                          | 15,50                                             |
| Oppvarming av vann til basseng             | 24 528                    | 2,8                            | 1,86                                              |
| <b>Totalt</b>                              | <b>228 899</b>            | <b>26,13</b>                   | <b>17,36</b>                                      |

Effekt til varmtvannsoppvarming er lagt inn med en gjennomsnittlig effekt over døgnet, og denne er gitt her. I praksis vil det være høyere effekt i åpningstiden med mange besøkende og tilnærmet ingen effekt utenfor åpningstiden. Energiforbruket til oppvarming av vann til basseng er lavt grunnet høy utnyttelse av bassengvannskondensatoren. Ringeriksbadet har lagt opp til installasjon av gråvannsvarmegjenvinner, men foreløpig er det ingen gjenvinning av varme fra gråvann. Vannoppvarmingsbehovet er lagt under posten "Internlaster" og fanen "Tappevann" for våt sone i energiberegningsprogrammet.

### 3.1.2.5 Tekniske installasjoner

I et svømmeanlegg er det mange tekniske installasjoner som er spesielle for denne bygningstypen. Det finnes ikke egne poster i beregningsprogrammet for de ulike installasjonene, og det må beregnes manuelt. Beregnet energibruk for utstyret er summert opp, og den gjennomsnittlige effekten er lagt inn under posten "Internlaster" og fanen "Teknisk utstyr". Installasjonene består av: Rensesystemer, sirkulasjonssystemer, kompressorer og badstueovn. Vannbehandlingssystemet på Ringeriksbadet består av sandfilter, forfilter, vannmengdemåler, ventiler, avblødningssystem, analyseapparat og regulator for klor og pH-verdi, doseringspumpe, UV-anlegg og sirkulasjonspumper (Teknisk Vannservice, 2011). Av disse er det sirkulasjonspumpene og UV-anlegget som bidrar vesentlig til energiforbruket. I Tabell 15 er det oppsummert beregnet energiforbruk og gjennomsnittlig effekt fordelt på de ulike sonene. Beregningene er vist i Bilag B.

Tabell 15. Beregnet energiforbruk og effekt fordelt på de ulike sonene. Beregningene er vist i Bilag B.

|                                        | Energiforbruk<br>[kWh/år] | Gjennomsnittlig<br>effekt [kW] | Areal<br>sone [m <sup>2</sup> ] | Effekt<br>fordelt på<br>sone<br>[W/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Sone: Teknisk rom (underetasje)</b> |                           |                                |                                 |                                                     |
| Rensesystemer                          | 61 670                    | 7,04                           | 1171                            | 6,01                                                |
| Kompressor                             | 7500                      | 0,86                           | 1171                            | 0,73                                                |
| Sirkulasjonssystemer                   | 166 090                   | 18,96                          | 1171                            | 16,19                                               |
| <b>Sum</b>                             | <b>235 260</b>            | <b>26,86</b>                   | <b>1171</b>                     | <b>22,93</b>                                        |
| <b>Sone: Våt sone (hovedetasje)</b>    |                           |                                |                                 |                                                     |
| Sirkulasjonssystemer                   | 166 090                   | 18,96                          | 1505                            | 12,60                                               |
| Badstueovn                             | 80 329                    | 9,17                           | 1505                            | 6,09                                                |
| Kompressor i boblebenk                 | 4030                      | 0,46                           | 1505                            | 0,31                                                |
| <b>Sum</b>                             | <b>250 449</b>            | <b>28,59</b>                   | <b>1505</b>                     | <b>19,00</b>                                        |
| <b>Totalt</b>                          | <b>485 709</b>            | <b>55,45</b>                   | <b>2676</b>                     | <b>41,93</b>                                        |

Energiforbruket for sirkulasjonssystemet er fordelt mellom våt sone (hovedetasje) og teknisk rom (underetasje), og dette er for at varmetilskuddet fra pumpene fordeles mellom begge sonene. Varmetilskuddet fra de tekniske installasjonene til omgivelsene er i beregningene antatt å tilsvare 100 % selv om det i praksis mest sannsynlig vil være noe lavere enn dette (Aas, 2011). Belysningseffekten vil omtrentlig tilsvare effekten gitt for idrettsbygg, 8 W/m<sup>2</sup> i følge NS 3031, og er satt lik denne (Standard Norge, 2007). Dette forklares med at belysningen er noe svakere i en svømmehall enn i en idrettshall, men effekten kan anses tilsvarende høy grunnet de nødvendige ekstra tiltakende i forhold til det aggressive miljøet i svømmehallen (Mogensen, 2011).

### 3.1.2.6 Fordampning

Gjennomsnittlig mengde fordampet vann i Ringeriksbadet, sammen med fordampningsvarmetapet og energitapet på grunn av dette, er gitt i Tabell 16. Utregningene er basert på Ventøk (2008, s. 5) og Bøhlerengen, et al. (2004, s. 183), og de er vist i Bilag C.

Tabell 16. Fordampet vann i svømmehallsrom i Ringeriksbadet og fordampningsvarmetapet og energitapet på grunn av dette. Beregningene er vist i Bilag C.

| Fordampnings-<br>mengde [kg/h] | Fordampnings-<br>varmetap [kW] | Energitap<br>grunnet<br>fordampning<br>[kWh/år] | Energi gjenvunnet i<br>varmepumpe i<br>ventilasjonsaggregat<br>[kWh/år] | Energitap<br>grunnet<br>fordampning<br>[kWh/år] |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 144                            | 97,27                          | 852 084                                         | 139 662                                                                 | 712 422                                         |

Av tabellen kommer det frem at gjenvinningsgraden til fordampningsvarmen kun er 16 %. Gjenvinning av fordampningsvarme skjer i varmpumpen i ventilasjonsaggregatet, og gjenvinningsgraden bestemmes derfor av driftstiden til ventilasjonsaggregatet. I Bilag C er det vist at driftstiden til de to aggregatene kun er 20 % og 13 %. Dette er svært lavt da varmpumpen bør være i drift 60-70 % av tiden (Risberg, 2011b). Den lave driftstiden kan henge sammen med bassengvannskondensatoren i ventilasjonsaggregatet og hvordan innstillingene for denne er gjort. Hvis settpunkttemperaturen for oppvarming ved hjelp av fjernvarme er satt lavere enn settpunkttemperaturen i bassengvannskondensatoren, kan fjernvarmeoppvarmingen slå inn selv om BVK har kapasitet. En annen årsak kan være at BVK ikke er koblet til det vannsystemet som utnytter kapasiteten best mulig. Varmtvannsbasseng med temperatur høyere enn romlufttemperaturen vil avgi mer varme enn basseng med lavere temperatur, og selv om det er mindre sirkulasjonsmengder kan det likevel være større kapasitet for avgivelse av varme i dette systemet. Imidlertid er det påvist i 3.1.2.4 at utnyttelsen av BVK er høy, og årsaken kan da være at temperatur- eller fuktkrav for svømmehallsrommet er satt feil. Dette kan føre til at det brukes friskluftavfukting i stedet for avfukting i omluft.

Ved prosjektering er dimensjonerende fordampningsmengde beregnet til 249 kg/h. Imidlertid kan 144 kg/h over døgnet, slik det er beregnet i Bilag C, likevel gi et riktig bilde på fordampningsmengden (Amundsen, 2011). Verein Deutscher Ingenieure (2010, s. 27) er benyttet for å beregne fordampningsvarmetapet med den aktuelle fordampningsmengden, se Bilag C. I ventilasjonsaggregatet blir noe av varmen gjenvunnet ved hjelp av varmpumpene, men det gjestående energitapet er likevel stort. Energitapet tilsvarer omtrent 204,5 kWh/(m<sup>2</sup> BRA) per år og utgjør vesentlige mengder av det totale energiforbruket.

For utjevnings- og skyllevannstankene er det ingen gjenvinning av fordampningsvarme da tankene har direkte utkast gjennom vegg og ikke er tilknyttet ventilasjonsaggregatet. Fordampningsmengden sammen med varmetapet er beregnet i Bilag C og gjengitt i Tabell 17.

**Tabell 17. Fordampet vann fra utjevnings- og skyllevannstankene i Ringeriksbadet og fordampningsvarmetapet og energitapet på grunn av dette. Beregningene er vist i Bilag C.**

| Fordampningsmengde<br>[kg/h] | Fordampningsvarmetap<br>[kW] | Energitap grunnet<br>fordampning<br>[kWh/år] | Varmetap fordelt på<br>sone [W/m <sup>2</sup> ] |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 15,31                        | 10,34                        | 90 490                                       | 112,4                                           |

Fordampningsvarmetapet fra utjevnings- og skyllevannstank tilsvarer omtrent 26 kWh/(m<sup>2</sup> BRA) per år. Fordampningsprosessen forbruker varme fra bassengvannet og romluften. For å simulere dette er fordampningsvarmetapet lagt inn i Simien som lokal kjøling. Den maksimale leverte effekten på kjølingen tilsvarer da fordampningsvarmetapet når settpunkttemperatur er lik 0 °C.

### 3.1.2.7 Konstruksjonsdeler

Ytterveggene består av utvendig isolerte betongvegger eller ulike typer lettveggskonstruksjoner. Bunnplaten under bassengdelen og garderobedelen er isolert med 200 mm XPS under hele arealet (Eian, 2011). Størsteparten av ytterveggene i kjelleren er isolert med 200 mm isolasjon (Eian, 2011). Unntaket er de indre delene i den nedgravde veggen som utgjør spranget mellom svømmehallens kjeller og gulv på grunn i garderobedelen hvor isolasjonstykkelsen er 100 mm (Eian, 2011). Deler av taket er 65° bratt, og dette er utført som kompakttak med isolasjonstype Foamglas. I tillegg brukes Foamglas 2 m over avrundingen på toppen og i omtrent 2 m bredde langs gavlene på den slake delen. Resten av taket er lagt som kompakttak med mineralull i tykkelse 300 mm over svømmehallsrommet og 250 mm over de lavere delene. Vinduene i våt sone er trelagsvinduer, mens vinduene i resten av hallen er tolagsvinduer (Eian, 2011). Tabell 18 gir en oversikt over konstruksjonsdelene med isolasjonstykkelser og U-verdier.

Tabell 18. Oversikt over konstruksjonsdelene med isolasjonstykkelser og U-verdi for Ringeriksbadet (Eian, 2011).

| Konstruksjonsdel  |                         | Isolasjonstykkelse [mm] | U-verdi [W/(m <sup>2</sup> K)] |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Yttervegg         |                         | 250                     | 0,18                           |
| Gulv              |                         | 200                     | 0,15 <sup>2</sup>              |
| Yttervegg kjeller | Over bakkenivå          | 200                     | 0,22                           |
|                   | Under bakkenivå         | 100                     | 0,18                           |
| Tak               | Bratt del               | 250                     | 0,16                           |
|                   | Øvrig tak over våt sone | 300                     | 0,13                           |
|                   | Flat del                | 250                     | 0,16                           |
| Vindu/dør         | Våt sone                | -                       | 1,0                            |
|                   | Tørr sone               | -                       | 1,2                            |

<sup>2</sup> Ekvivalent U-verdi

Ringeriksbadet er prosjektert etter kravene i TEK 07 (Statens Bygningstekniske Etat, 2007). U-verdi for tak ligger høyere enn kravene i TEK 07, men dette er det kompensert for ved hjelp av omfordelingsprinsippet da vindusarealene utgjør mindre enn 20 % av BRA. Omfordelingsprinsippet gjør at varmetap kan fordeles mellom de ulike energitiltakskravene så lenge ikke det totale energibehovet øker.

### 3.1.2.8 Tetthet

Det er målt lekkasjetall ved hjelp av trykktest med 50 Pa trykkforskjell for de ulike sonene, og verdiene er gjengitt i Tabell 19.

Tabell 19. Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjellstest (Termografi og Måleteknikk AS, 2011).

| Sone                                    | $n_{50}$ [ $\text{h}^{-1}$ ] |
|-----------------------------------------|------------------------------|
| Svømmehallsrom                          | 0,2                          |
| Kjeller                                 | 0,5                          |
| Kantine og garderobedel                 | 1,9                          |
| <b>Beregnet totalt for hovedetasjen</b> | <b>0,5</b>                   |
| <b>Beregnet totalt for hele bygget</b>  | <b>0,6</b>                   |

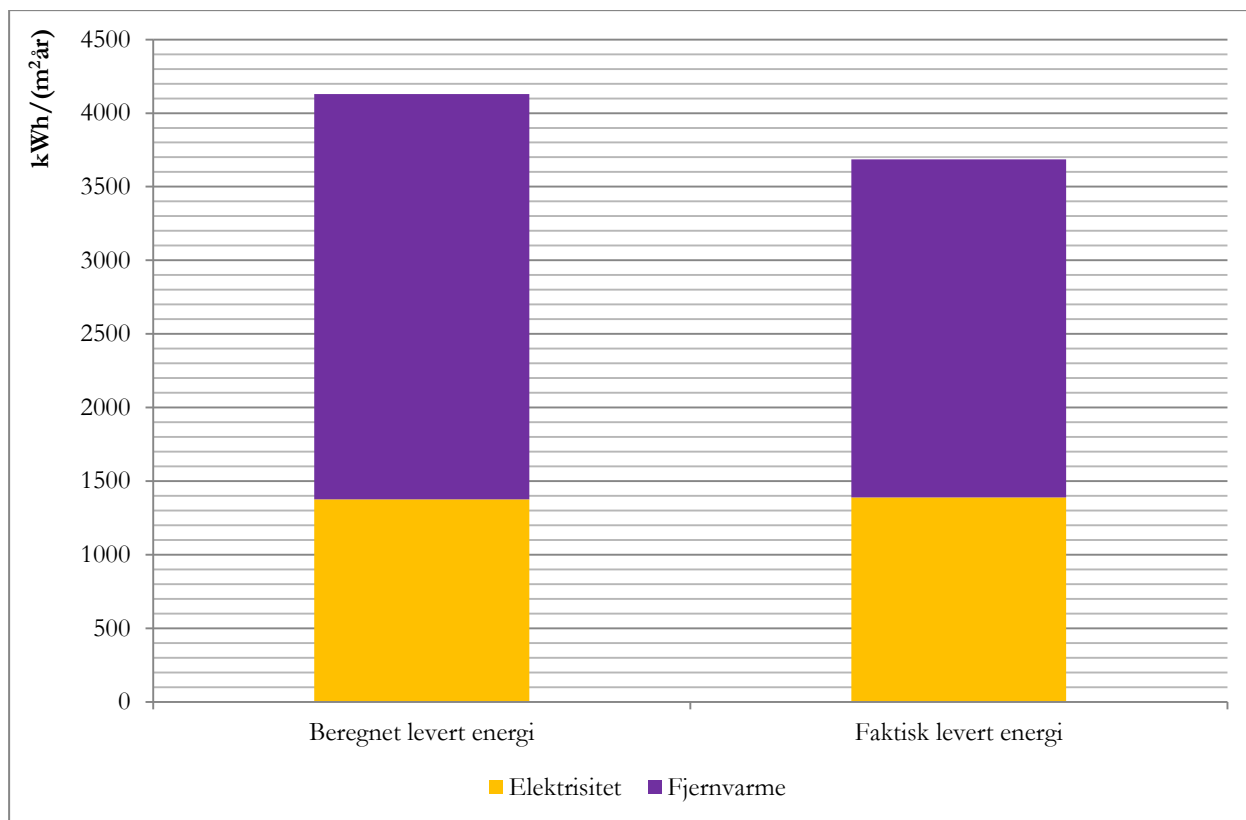
Tettheten er svært god for svømmehallsrommet med  $n_{50} = 0,2 \text{ h}^{-1}$ , mens den er relativt dårlig for den tørre delen i hovedetasjen. Totalt sett er imidlertid tettheten god, med  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Til sammenligning er kravet i TEK  $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$  (Statens Bygningstekniske Etat, 2010), men dette lekkasjetallet er for høyt for svømmehaller slik det er diskutert i 2.7.1.

### 3.1.2.9 Annet

Kuldebroverdi for svømmehallsrom og teknisk kjeller er satt til  $0,04 \text{ W}/(\text{Km}^2)$ , noe lavere enn kravet i TEK 07 på  $0,06 \text{ W}/(\text{Km}^2)$  (Statens Bygningstekniske Etat, 2007). Dette er begrunnet med stor høyde og kun én etasjeskiller i tillegg til et generelt fokus på å minimalisere kuldebroene i svømmehaller for å redusere kondensfaren.

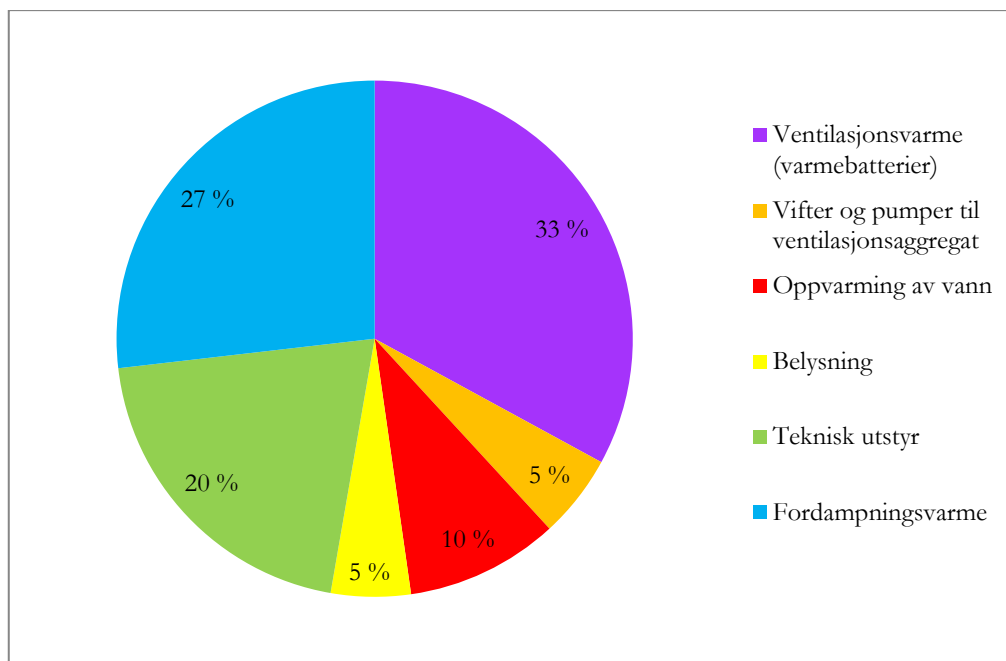
## 3.1.3 Resultater av beregnet energibruk

Det er gjort simuleringer i energiberegningsprogrammet Simien på bakgrunn av informasjonen beskrevet i 3.1.2 sammen med Bilag A, B og C. All inndata er dokumentert i Bilag D. Det beregnede leverte energiforbruket er vist i Figur 21 sammen med det faktiske energiforbruket.



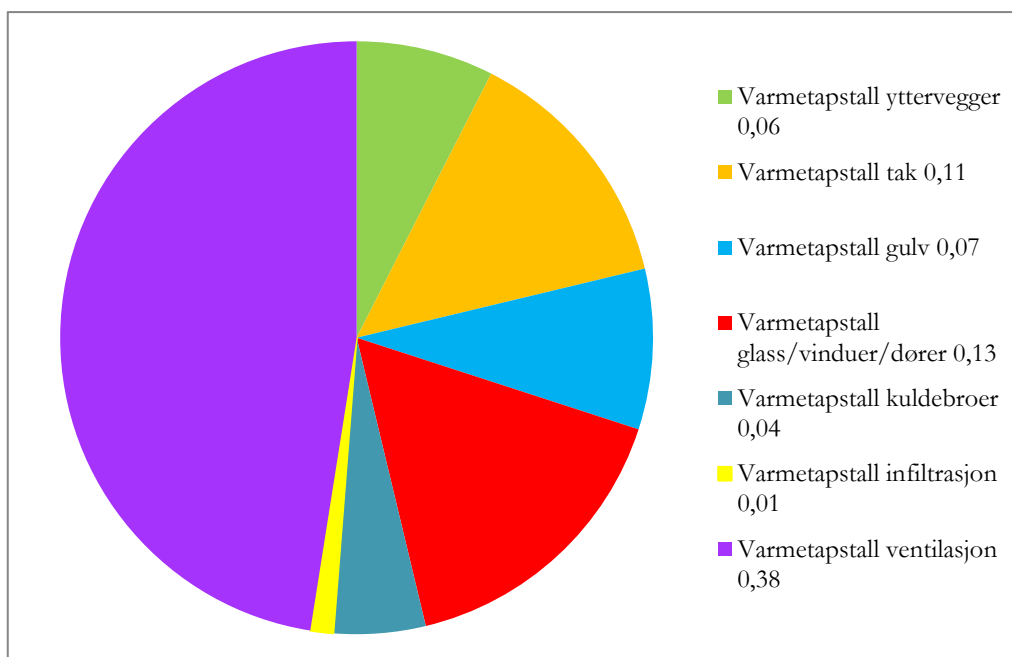
Figur 21. Beregnet levert energi sammenlignet med faktisk levert energi. Energiforbruket er gitt per bassengareal.

Energiforbruket beregnet i Simien på 4128 kWh/(m<sup>2</sup> bassengareal) per år viser seg å være høyere enn det faktiske energiforbruket på 3685 kWh/(m<sup>2</sup> bassengareal) per år. Energibruk er oppgitt per bassengareal. Det beregnede energiforbruket tilsvarer 632 kWh/(m<sup>2</sup> BRA), mens det faktiske energibruket tilsvarer 564 kWh/(m<sup>2</sup> BRA). Levert elektrisitet stemmer meget godt overens med simuleringen, men levert fjernvarme er lavere enn det som er beregnet. Det kan være mange ulike årsaker til at simuleringen viser et annet energibehov enn det faktiske energibehovet. Årssimuleringen i Simien baserer seg på utetemperaturene for et normalår, mens det aktuelle driftsåret kan ha utetemperaturer over året som fordeler seg annerledes. Imidlertid er middeltemperatur for driftsåret på 5,8 °C (Meteorologisk Institutt, 2011) lavere enn årsmiddeltemperaturen gitt i Simien på 6,3 °C (Programbyggerne, 2010). Temperaturkorrigering av det beregnede energibruket vil derfor føre til høyere beregnet energibruk og er ikke årsak til differansen. En annen årsak kan være at den aktuelle driften av anlegget er annerledes enn slik den er planlagt. Dette kan for eksempel innebære at ventilasjonsaggregat kjører med lavere friskluftandel og/eller andre tilluftstemperaturer enn prosjektert. I tillegg kan antakelser som er gjort i beregningsprosessen føre til unøyaktigheter som til sammen resulterer i ulikt energiforbruk. Det er en del usikkerheter knyttet til simulering av svømmehaller i Simien, og dette er diskutert i 4.3. Det er beregnet et energibudsjett for de ulike postene, og disse er vist i Figur 22.



Figur 22. Årlig beregnet energibudsjett for Ringeriksbadet.

Det årlige energibudsjettet for Ringeriksbadet viser at de dominerende postene er ventilasjonsvarme, fordampningsvarme og teknisk utstyr, og disse utgjør til sammen 80 % av det totale energibudsjettet. Fordampningsvarmetapet som vises her, er nettotapet etter reduksjon på grunn av gjenvinning i ventilasjonsaggregatet. Likevel utgjør dette 27 % av energiforbruket og tilsier at det er potensiale for forbedring på dette området. Figur 23 viser varmetapstall for de ulike konstruksjonsdelene og ventilasjon.



Figur 23. Beregnet varmetapsbudsjett (varmetapstall) for Ringeriksbadet. Varmetapstallet er gitt i W/(m²K).

Varmetap i forbindelse med tappevann er ikke inkludert i resultatene i Simien. Dette er på grunn av at programmet baserer seg på NS 3031 hvor det er gjort noen forenklinger (Standard Norge, 2007). Én av disse forenklingene er at varmetap i forbindelse med tappevann ikke inkluderes. Total mengde gjenvunnet energi utgjør omtrent 15 % av det totale energibehovet på 632 kWh/(m<sup>2</sup>år) per BRA. Med omtrent halvparten av det oppgitte varmetapet i ventilasjonen tilsier dette at det er gode muligheter for redusert energibehov ved å øke gjenvinningsgraden i ventilasjonsaggregatene. Transmisjonstapet utgjør nesten hele det resterende tapet der vinduer og dører utgjør den største andelen med omtrent 0,13 W/(m<sup>2</sup>K). Det nest høyeste transmisjonstapet foregår gjennom taket, og det utgjør 0,11 W/(m<sup>2</sup>K).

### 3.2 Risenga bad

Risenga bad ble ferdigstilt i 2006. Badeanlegget har lange åpningstider og er attraktivt for publikum grunnet mange og varierte tilbud. I Tabell 20 er det en oversikt over bassengene på Risenga bad sammen med temperatur og størrelse.

Tabell 20. Oversikt over bassenger med temperatur og areal ved Risenga bad (Asker Kommune, 2011b) (Bjerke, 2011)

|                                 | Temperatur [°C] | Mål [m x m] | Areal [m <sup>2</sup> ] |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| Idrettsbasseng                  | 28              | 25 x 14,5   | 362,5                   |
| Baby-/barnebasseng              | 34              |             | 35                      |
| Terapibasseng (atskilt rom)     | 34              | 12,5 x 8    | 100                     |
| Stupebasseng                    | 28              | 12 x 11     | 132                     |
| Bølgebasseng med motstrømskanal | 28              |             | 217                     |
| Boblebad                        | 37              |             | 7                       |
| <b>Totalt</b>                   |                 |             | <b>853,5</b>            |

I tillegg finnes det to sklier, tørrbadstue, dampbadstue og en kaldtvannskulp som holder 16 °C. Svømmehallen er åpen 83 av 168 timer per uke (Asker Kommune, 2011d). Fra åpningen 2. september 2006 til 4. oktober 2011 hadde anlegget én million besøkende (Asker kommune, 2011a). Det gir et gjennomsnitt på 539 besøkende per dag. BRA på Risenga bad er 7000 m<sup>2</sup> (Bjerke, 2011).

Risenga bad har installert 4 ventilasjonsaggregat på 25 000 m<sup>3</sup>, og to av disse har bassengvannskondensator. Anlegget har også installert gråvannsvarmegjenvinner. To av fasadene på Risenga bad er nesten utelukkende av glass.

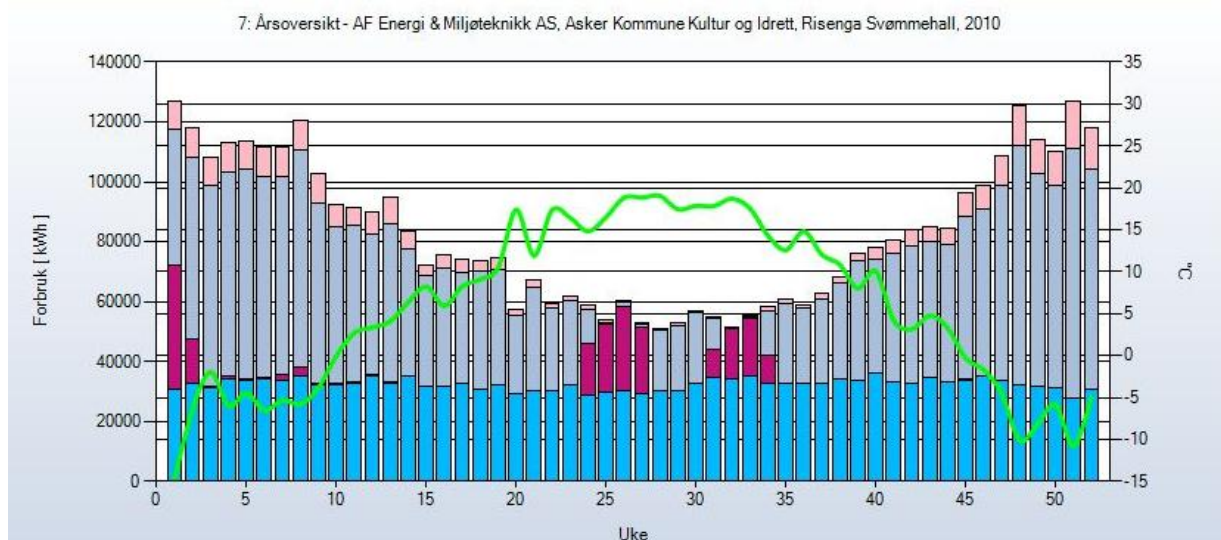
### 3.2.1 Energibrukshistorikk

Energikildene i Risenga bad er olje og elektrisitet. Badet leverer også varme til Leikvollhallen, og dette er trukket fra i det totale energiforbruket vist i Tabell 21. Det er planlagt overgang til fjernvarme basert på pelletsovner.

Tabell 21. Energiforbruk i 2010 for Risenga bad (Lunde, 2011)

|                          | Energiforbruk [kWh] | Energiforbruk fordelt på BRA [kWh/BRA] | Energiforbruk fordelt på bassengareal [kWh/bassengareal] | Energiforbruk fordelt på antall besøkende [kWh/person] |
|--------------------------|---------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Olje                     | 2 365 380           | 338                                    | 2771                                                     | 12,02                                                  |
| Elektrisitet             | 1 692 811           | 242                                    | 1983                                                     | 8,60                                                   |
| Varme til Leikvollhallen | - 280 460           |                                        |                                                          |                                                        |
| <b>Totalt</b>            | <b>3 777 731</b>    | <b>540</b>                             | <b>4426</b>                                              | <b>19,20</b>                                           |

Olje benyttes som energikilde til all oppvarming både av ventilasjonsluft og vann. Figur 24 viser hvordan energiforbruket er fordelt over året.



Figur 24. Energiforbruk over året i Risenga bad (Lunde, 2011). Den grønne grafen viser utetemperaturen, mens energiforbruket er gitt ved: Blått for elektrisitet, mørk rosa for oljekjel 540 kW, lilla for oljekjel 1500 kW og lys rosa er varme avgitt til Leikvollhallen.

Elektrisitetsforbruket er relativt konstant med forbruk mellom 30 000 og 35 000 kWh. Oljekjelen med lavest kapasitet (540 kW) brukes i sommermånedene hvor det er mindre behov for varme og som topplast i den kaldeste tiden i begynnelsen av januar. Forbruket til oljekjelen med høyest kapasitet (1500 kW) varierer med utetemperaturen og er stort i den kalde årstiden og lavere i den varme årstiden. Forbruket varierer fra rundt 70 000 kWh til rundt 15 000 kWh. Varme avgitt til

Leikvollhallen utgjør fra i underkant av 10 000 kWh i de kaldere årstidene til omtrent ingenting i sommermånedene.

Det årlige vannforbruket i Risenga bad er gitt i Tabell 22.

Tabell 22. Omtrentlig vannforbruk per år for Risenga bad (Bjerke, 2011)

|             | Vannforbruk [m <sup>3</sup> ] | Vannforbruk fordelt på BRA [L/BRA] | Vannforbruk fordelt på bassengareal [L/bassengareal] | Vannforbruk fordelt på antall besøkende [L/person] |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Vannforbruk | 40 000                        | 5714                               | 46 866                                               | 203                                                |

Vannforbruket per badende i Risenga bad er 203 L.

### 3.3 Drammensbadet

Drammensbadet åpnet 1. september 2008 og består av et innendørs og et utendørs badeanlegg (Visit Drammensregionen, 2008). Det er med dette Norges største badeanlegg (Drammen Kommune, 2011b). I Tabell 23 er det gitt en oversikt over bassengene innendørs på Drammensbadet.

Tabell 23. Oversikt over innendørsbassenger med temperatur og areal ved Drammensbadet (Drammen Kommune, 2011a)

|                                   | Temperatur [°C] | Mål [m x m] | Areal [m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| Idrettsbasseng                    | 27              | 50 x 21     | 1050                    |
| Barnebasseng                      | 33,5            | 5 x 3       | 15                      |
| Varmebasseng                      | 33,5            | 12,5 x 8    | 100                     |
| Kursbasseng med hev-/senkbar bunn | 33,5            | 12,5 x 8    | 100                     |
| Bølgebasseng med strømkanal       |                 | 25 x 8      | 200                     |
| 3 boblebad                        | 37,5            |             | 11 <sup>3</sup>         |
| <b>Totalt</b>                     |                 |             | <b>1476</b>             |

<sup>3</sup> (Stenbro, 2011)

I tillegg er det dampbadstue, kaldkulp og tre sklier i svømmehallen. Anlegget er åpent 83 av 168 timer per uke (Drammen Kommune, 2011c). Utendørs er det bassengarealer på 1570 m<sup>2</sup>, og åpningstiden på utebassengene er normalt fra 1. juni til 20. august (Stenbro, 2011). De gjennomsnittlige besøkstallene på Drammensbadet er 945 per dag (Stenbro, 2011). Drammensbadet er veldig stort med et BRA på 12 000 m<sup>2</sup>, der 5000 m<sup>2</sup> utgjøres av underetasjen (Stenbro, 2011).

Drammensbadet har en svært høy vindusandel med tre av fire fasader kun bestående av tolagsvinduer (Eian, 2011). Anlegget har installert gråvannsvarmegjenvinner og ventilasjonsaggregat fra Dantherm med bassengvannskondensator (Dantherm, 2011).

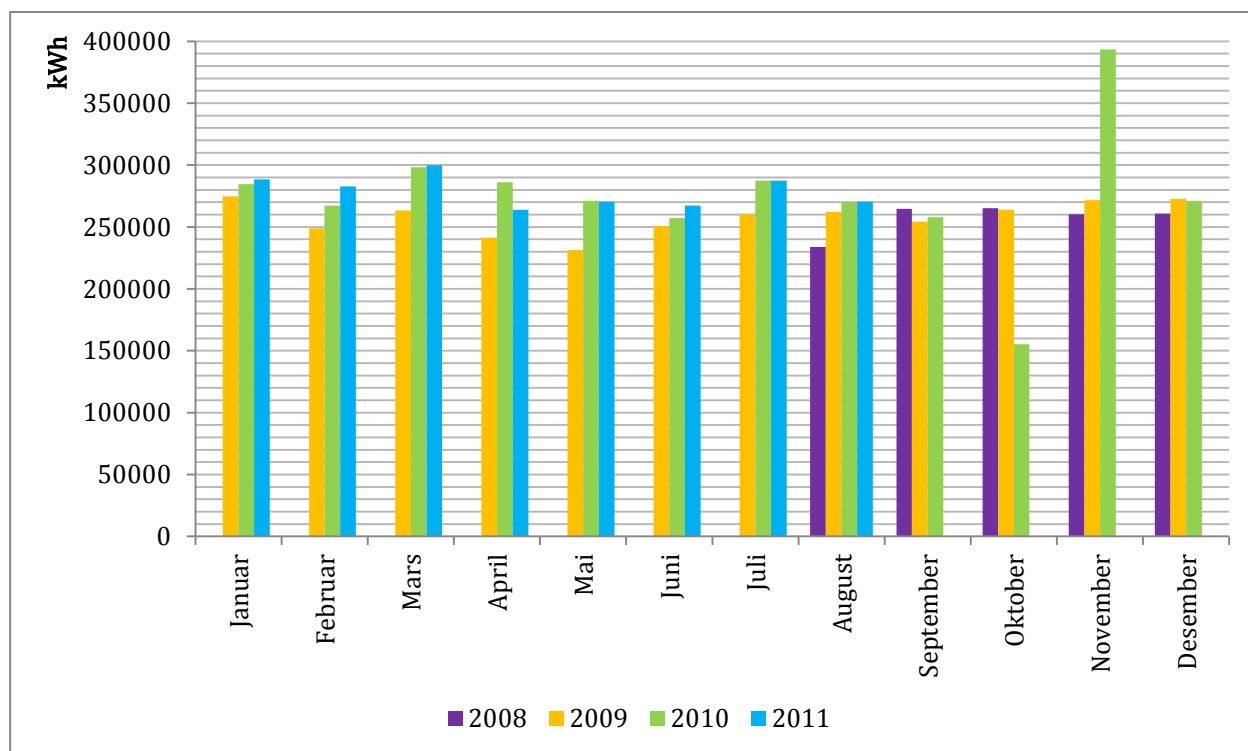
### 3.3.1 Energibrukshistorikk

Drammensbadet er tilknyttet Marienlyst Nærvarmenett som, i tillegg til Drammensbadet, er tilknyttet kunstis-/kunstgressbane, Marienlyst stadion, Drammenshallen, nye Marienlyst skole, Danvik skole og et psykiatrisk dagsenter (Haugan, 2011). Drammensbadet mottar overskuddsvarme fra Marienlyst skole og kunstisbanen. Energikildene er fjernvarme og elektrisitet. Tabell 24 viser det gjennomsnittlige energiforbruket per år fra åpning i 2008 fram til oktober 2011.

Tabell 24. Gjennomsnittlig energiforbruk per år 2008-2011 for Drammensbadet (Stenbro, 2011).

|               | Energiforbruk [kWh] | Energiforbruk fordelt på BRA [kWh/BRA] | Energiforbruk fordelt på bassengareal [kWh/ bassengareal] | Energiforbruk fordelt på antall besøkende [kWh/person] |
|---------------|---------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Fjernvarme    | 2 074 194           | 173                                    | 1405                                                      | 6,01                                                   |
| Elektrisitet  | 3 205 891           | 267                                    | 2172                                                      | 9,29                                                   |
| <b>Totalt</b> | <b>5 280 085</b>    | <b>440</b>                             | <b>3577</b>                                               | <b>15,31</b>                                           |

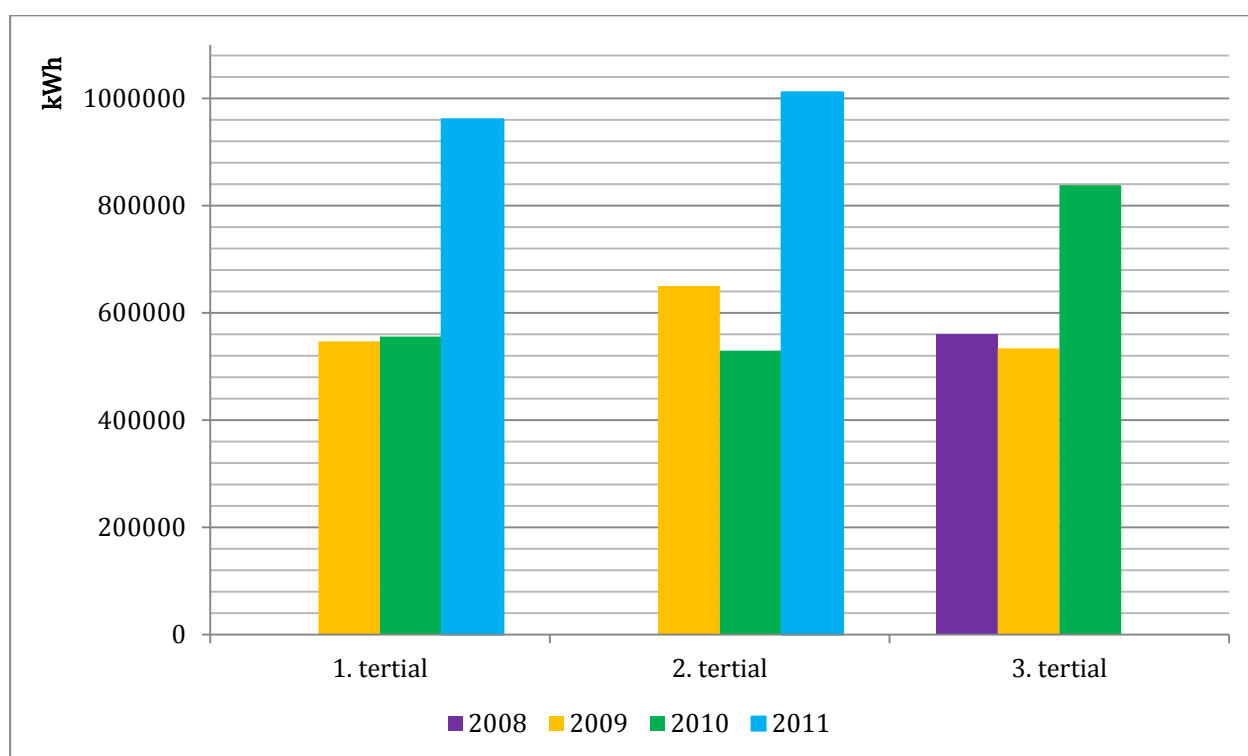
For at forbruket skal kunne sammenliknes med andre badeanlegg er det fordelt på henholdsvis BRA, bassengareal og antall besøkende. Når energiforbruk fordelt på bassengareal er funnet, er også arealet på utebassengene inkludert den perioden de er åpne. Energiforbruket fordelt over året er gitt i Figur 25. Forbruket er vist fra én måned før åpning i 2008 frem til og med august 2011.



Figur 25. Elektrisitetsforbruk over året fra august 2008 til august 2011 for Drammensbadet (Stenbro, 2011).

Elektrisitetsforbruket er relativt konstant over året, og det er få forskjeller mellom varm og kald årstid. Elektrisitetsforbruket er blitt noe skjevfordelt mellom oktober og november 2010, men gjennomsnittet av disse to månedene viser et forbruk på omtrent 275 000 kWh/måned, og det avviker ikke noe større fra målingene fra de andre årene. Det kan også merkes at elektrisitetsforbruket har økt noe i 2010 i forhold til 2009 med omtrent 3 300 000 kWh totalt i 2010 mot 3 100 00 kWh i 2009. Forbruket så langt i 2011 viser samme trend som for 2010.

Forbruket av fjernvarme fra åpning i 2008 frem til og med august 2011 vist over året er gitt i Figur 26.



Figur 26. Forbruk av fjernvarme over året fra 2008 til 2011 for Drammensbadet (Stenbro, 2011)

Figuren viser at forbruket av fjernvarme fra og med tredje tertial 2010 er nesten doblet i forhold til de foregående periodene. Det er usikkerhet knyttet til årsaken til denne økningen, og en mulig forklaring er at det er overskuddsvarme i nettet som blir sendt til Drammensbadet (Stenbro, 2011). Det er også mulig å tenke seg at noe har stoppet å fungere, slik som for eksempel varmepumpe i ventilasjonsaggregat eller gråvannsvarmegjenvinner, og dermed fører til høyere forbruk av fjernvarme. Forbruket for sommermånedene mai-august er like høyt, eller høyere, enn forbruket resten av året. En mulig forklaring på dette er kraftig økning i oppvarmede vannmengder med åpning av utebassengene. I tillegg vil varmetapet fra bassengvannet til omgivelsene være høyere for utendørsbassengene enn innendørsbassengene.

Gjennomsnittlig vannforbruk for Drammensbadet per år er gitt i Tabell 25.

Tabell 25. Gjennomsnittlig vannforbruk for Drammensbadet per år (Stenbro, 2011)

|             | Vannforbruk<br>[m <sup>3</sup> ] | Vannforbruk<br>fordelt på BRA<br>[L/BRA] | Vannforbruk fordelt på<br>bassengareal [L/<br>bassengareal] | Vannforbruk fordelt<br>på antall besøkende<br>[L/person] |
|-------------|----------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Vannforbruk | 48 000                           | 4000                                     | 22 875                                                      | 139                                                      |

Vannforbruket på Drammensbadet er omtrent 140 L per person. Arealet på utebassengene er også inkludert den perioden de er åpne for vannforbruk fordelt på bassengareal.

### 3.4 Sammenligning av energiforbruk

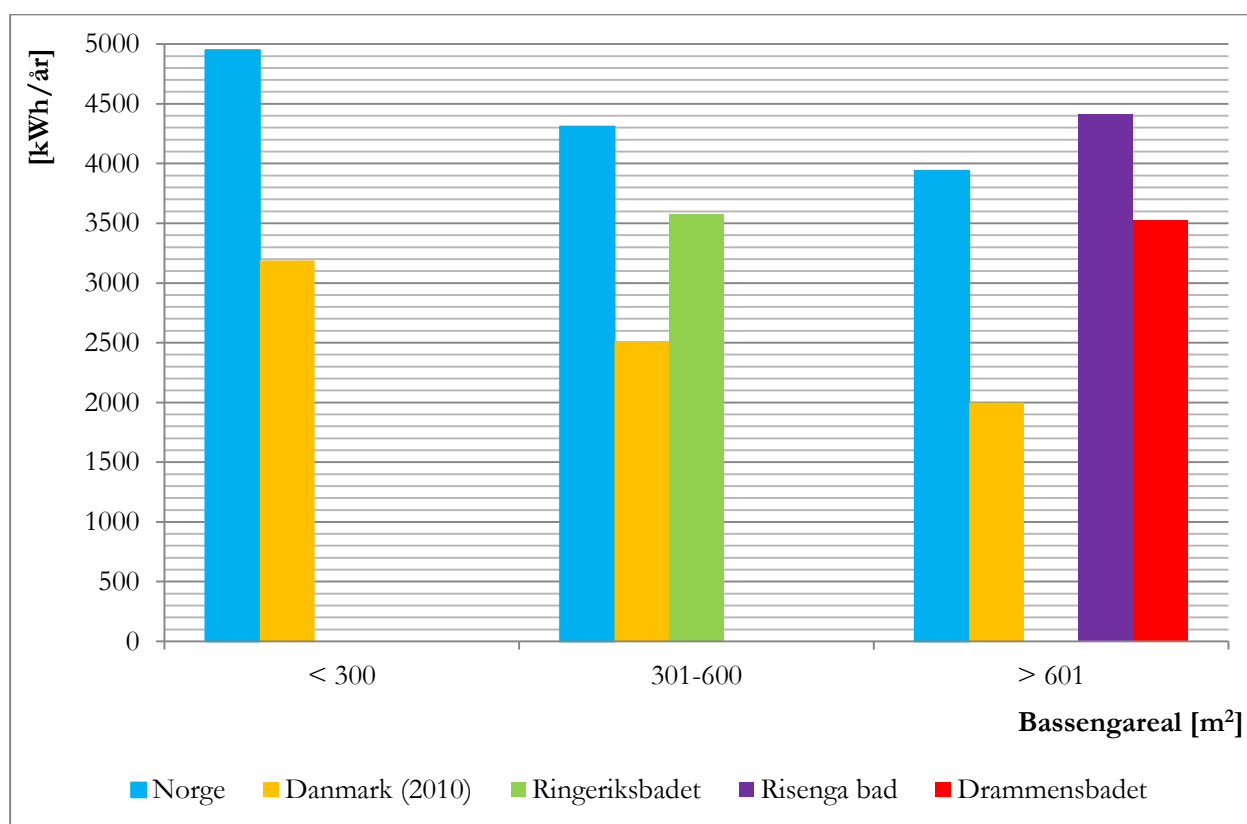
En sammenligning av energiforbruket per år for Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet er gitt i Tabell 26.

Tabell 26. Sammenligning av energiforbruk per år for Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet. Basert på Tabell 10, Tabell 21 og Tabell 24.

|                | Energiforbruk<br>[kWh] | Energiforbruk<br>fordelt på BRA<br>[kWh/BRA] | Energiforbruk<br>fordelt på<br>bassengareal<br>[kWh/vannareal] | Energiforbruk<br>fordelt på antall<br>besøkende<br>[kWh/person] |
|----------------|------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Ringeriksbadet | 1 965 240              | 564                                          | 3685                                                           | 18,7                                                            |
| Risenga bad    | 3 777 731              | 540                                          | 4426                                                           | 19,20                                                           |
| Drammensbadet  | 5 280 085              | 440                                          | 3577                                                           | 15,31                                                           |

Av energiforbruk fordelt på BRA er det lett å se at ingen av anleggene er i nærheten av å klare rammekravet på 170 kWh/(m<sup>2</sup> BRA) per år for idrettsbygning i Teknisk Forskrift (Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Selv Drammensbadet med svært stort BRA å fordele energiforbruket på, har over 2,5 ganger for høyt forbruk til å klare kravet i TEK. Drammensbadet har lavest energibruk både fordelt på BRA, bassengareal og antall besøkende av de tre svømmehallene. Energibruk fordelt på BRA, bassengareal og antall besøkende i Risenga bad er høyere enn for de andre to badeanleggene. Ringeriksbadet har høyest energibruk fordelt på BRA, mens fordelingen er ganske annerledes for energibruk fordelt på bassengareal og antall besøkende der det ligger som nummer to. Dette indikerer at å oppgi energibruk per BRA for svømmehaller kan gi et dårlig bilde av energieffektiviteten til anlegget.

Energiforbruket for de tre svømmeanleggene er sammenlignet med middelerverdier for Norge og for Danmark fra 2010 i Figur 27. Alle tallene er klimakorrigert til Oslo-klima ved hjelp av formel for temperaturkorrigert spesifikk energibruk fra Enova (2010). Graddagstall og temperaturavhengig andel av energiforbruk er hentet fra henholdsvis Enova (2011b) og Enova (2011c). I sammenligningene er energiforbruket fordelt på bassengareal, og det er delt inn i tre kategorier: Svømmehaller med bassengareal mindre enn 300 m<sup>2</sup>, haller med areal mellom 301 m<sup>2</sup> og 600 m<sup>2</sup> og haller med areal større enn 601 m<sup>2</sup>. Ringeriksbadet har et areal av bassengoverflaten på 533 m<sup>2</sup> og er derfor plassert i den midterste kategorien. Risenga bad med bassengareal på 854 m<sup>2</sup> og Drammensbadet med innendørs bassengareal på 1476 m<sup>2</sup>, er plassert i kategorien med de største badeanleggene.



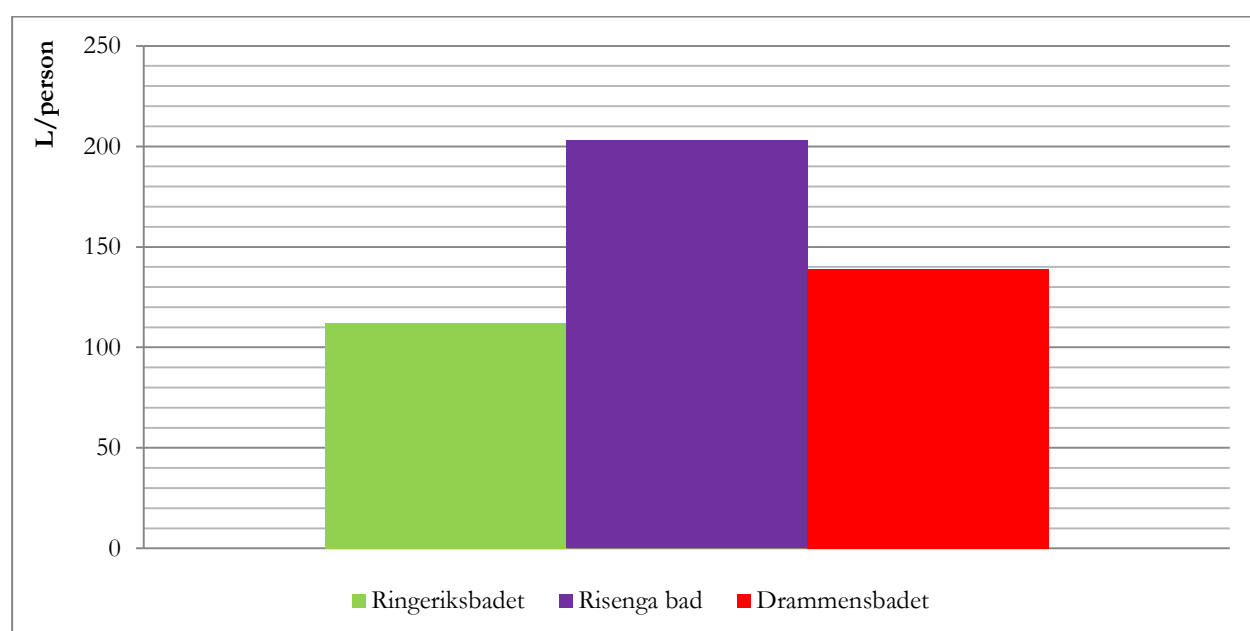
Figur 27. Energiforbruk fordelt på bassengareal for Ringeriksbadet (533 m<sup>2</sup>), Risenga bad (854 m<sup>2</sup>) og Drammensbadet (1476 m<sup>2</sup>) sammenlignet med middelerverdier for Norge og Danmark (2010) for de ulike kategoriene. Middelerverdiene for Norge og Danmark er basert på omtrent 100 anlegg med alder 1950-2009 studert av Kampel (2011b).

Energiforbruk fordelt på bassengareal for Drammensbadet (3522 kWh/år) og Ringeriksbadet (3577 kWh/år) korrigert til Oslo-klima er lavere enn middelerverdiene for Norge, men fortsatt godt over middelerverdiene for Danmark. Energiforbruket for Risenga bad ligger omtrent 11 % over middelerverdien for Norge. Statistikken tilgjengelig her kan tyde på høyere energieffektivitet per bassengareal for anlegg med større bassengareal.

Vannforbruket per år for de tre badeanleggene Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet er gitt i Tabell 27, og i Figur 28 er vannforbruket per badende for de tre anleggene illustrert.

Tabell 27. Sammenligning av vannforbruk per år for Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet

|                | Vannforbruk [m <sup>3</sup> ] | Vannforbruk fordelt på BRA [L/BRA] | Vannforbruk fordelt på bassengareal [L/bassengareal] | Vannforbruk fordelt på antall besøkende [L/person] |
|----------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Ringeriksbadet | 11 743                        | 3372                               | 22 022                                               | 112                                                |
| Risenga bad    | 40 000                        | 5714                               | 46 866                                               | 203                                                |
| Drammensbadet  | 48 000                        | 4000                               | 22 875                                               | 139                                                |



Figur 28. Vannforbruk per badende for Ringeriksbadet, Risenga bad og Drammensbadet

Vannforbruket varierer kraftig mellom de tre badeanleggene. Tabell 27 viser at vannforbruket fordelt på bassengareal for Risenga bad er nesten dobbelt så høyt som for de andre to anleggene. Det samme gjelder for vannforbruket fordelt på antall besøkende, og Figur 28 viser dette. Også for vannforbruk fordelt på BRA er forbruket i Risenga bad langt høyere enn i de andre to svømmehallene. Drammensbadet har et svært høyt bassengareal, spesielt om sommeren når utebassengene er åpne, og tallene kan tyde på at det kan være gunstig for vannforbruket å samle mange basseng på samme sted. Også for vannforbruk fordelt på BRA ligger Risenga bad svært høyt og godt over Ringeriksbadet og Drammensbadet. Av oversiktene kommer det tydelig fram at kravet til friskvann i Norsk Bassengbad Teknisk Forening (2000) på 30 L/badende kun utgjør en liten

andel av det totale vannforbruket. For Risenga bad utgjør denne andelen så lite som 15 %, mens den for Ringeriksbadet er omtrent 27 %.

Årsaken til det høye vannforbruket på Risenga bad er ukjent, men én mulig årsak kan være at det renner vann rett gjennom skyllevannstanken ved hjelp av overløpssystem. Et annet alternativ kan være at det er en vannlekkasje et sted som ikke er oppdaget. Det høye vannforbruket medfører økte driftskostnader. Hvis Risenga bad hadde brukt 112 L per badende slik Ringeriksbadet gjør, ville vann- og avløpskostnadene kunne reduseres med 460 000 kr/år (Asker Kommune, 2011c). I tillegg kommer kostnader forbundet med oppvarming av vannet.

Sammenligning av energi- og vannforbruk for de tre badeanleggene kan tyde på at økt vannforbruk medfører økt energiforbruk til tross for benyttelse av gråvannsvarmegjenvinner. Effektiviteten til gjenvinneren kan variere mellom de ulike anleggene. Det er tidligere påvist at de tekniske installasjonene i anlegget har mye å si for energibruket. Risenga bad har flere og mer varierte attraksjoner enn Ringeriksbadet, og dette kan forklare høyere energibruk per bassengareal for Risenga bad. Drammensbadet har svært mange ulike, energikrevende attraksjoner, men grunnet størrelsen driftes det i en større skala og energiforbruket er derfor lavere per bassengareal enn for de andre anleggene.



## 4 Behov for særregler til energibruk i svømmehaller

Det er gjort simuleringer med ulike energireduserende tiltak for Ringeriksbadet i energiberegningsprogrammet Simien. Med dette som bakgrunn, i tillegg til energibruksstatistikk fra de tre nyere badeanleggene, er det gjort vurderinger av behovet for særregler i forhold til energibruk i svømmehaller.

### 4.1 Ulike tiltak for reduksjon av energiforbruk

Ringeriksbadet er brukt videre som referansecase, og tiltakene som er undersøkt er installasjon av gråvannsvarmegjenvinner, reduksjon i U-verdier for de ulike konstruksjonsdelene og høyere gjenvinningsgrad av fordampningsvarme.

#### 4.1.1 Installasjon av gråvannsvarmegjenvinner

Ved installering av gråvannsvarmegjenvinner med effektfaktor 10 på det utgående dusjvannet, vil det netto effektbehovet for oppvarming av dusjvann kunne reduseres fra 23,33 kW til 2,33 kW (Fjellbu, 2009). Effektbehovet og energiforbruket til oppvarming av vann ved installasjon av gråvannsvarmegjenvinner er gitt i Tabell 28.

Tabell 28. Effekt og energiforbruk med gråvannsvarmegjenvinner. Beregningene tabellen baseres på er vist i Bilag A.

|                                            | Opprinnelig effekt [kW] | Effekt med gråvannsvarmegjenvinner [kW] | Effekt fordelt på våt sone [W/m <sup>2</sup> ] | Energiforbruk [kWh/år] |
|--------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Oppvarming av vann til dusjer og servanter | 23,33                   | 2,33                                    | 1,5                                            | 20 411                 |
| Oppvarming av vann til basseng             | 2,80                    | 2,80                                    | 1,9                                            | 24 528                 |
| <b>Totalt</b>                              | <b>26,13</b>            | <b>5,13</b>                             | <b>3,4</b>                                     | <b>44 939</b>          |

Gråvann fra dusj utgjør 16 m<sup>3</sup>/døgn i Ringeriksbadet, og vannmengden er dermed godt over den anbefalte grensen på 10 m<sup>3</sup>/døgn (Böhlerengen, et al., 2004, s. 192, Risberg 2011c). Energiforbehov til vannoppvarming med gråvannsvarmegjenvinner utgjør kun 20 % av det opprinnelige behovet.

### 4.1.2 Reduksjon i U-verdier for konstruksjonsdelene

Det er undersøkt i hvilken grad en reduksjon i U-verdier for konstruksjonsdelene vil redusere transmisjonstapet for Ringeriksbadet. Tabell 29 viser en oversikt over de opprinnelige U-verdiene, temperaturkorrigerende U-verdier, U-verdier passivhuskrav og de valgte U-verdiene.

Tabell 29. Opprinnelige U-verdier fra Tabell 18, temperaturkorrigerende U-verdier, U-verdikrav i passivhus (Standard Norge, 2010) og valgte U-verdier.

| Konstruksjonsdel  |                              | Opprinnelig U-verdi [W/(m <sup>2</sup> K)] | Temperaturkorrigerende U-verdi [W/(m <sup>2</sup> K)] | Minstekrav U-verdi passivhus [W/(m <sup>2</sup> K)] | Valgt U-verdi [W/(m <sup>2</sup> K)] |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Yttervegg         |                              | 0,18                                       | 0,11                                                  | 0,15                                                | 0,15                                 |
| Gulv <sup>4</sup> |                              | 0,15                                       | 0,09                                                  | 0,15                                                | 0,13                                 |
| Yttervegg kjeller | Over bakkenivå               | 0,22                                       | 0,14                                                  | -                                                   | 0,15                                 |
|                   | Under bakkenivå <sup>5</sup> | 0,18                                       | 0,11                                                  |                                                     |                                      |
| Tak               | Bratt del                    | 0,16                                       | 0,10                                                  | 0,13                                                | 0,11                                 |
|                   | Øvrig tak over våt sone      | 0,13                                       | 0,08                                                  |                                                     |                                      |
|                   | Flat del                     | 0,16                                       | 0,10                                                  |                                                     |                                      |
| Vindu/dør         | Våt sone                     | 1,0                                        | 0,62                                                  | 0,80                                                | 0,8                                  |
|                   | Tørr sone                    | 1,2                                        | 0,74                                                  |                                                     |                                      |

<sup>4</sup> Ekvivalent U-verdi

<sup>5</sup> Ekvivalent U-verdi

De temperaturkorrigerende U-verdiene viser kravene i TEK korrigert for innetemperatur lik 30 °C sammenlignet med innetemperatur på 21 °C i et vanlig bygg. Utetemperatur er satt lik årsmiddeltemperatur for Oslo på 6,3 °C (Programbyggerne, 2010). I neste kolonne er minstekravene til U-verdi for passivhus i NS 3700 gjengitt (Standard Norge, 2010). U-verdiene undersøkt i energiberegningen er gitt i siste kolonne og er inspirert av minstekravene fra passivhusstandarden og de temperaturkorrigerende U-verdiene. Verdiene vil være fullt oppnåelige. I beregningen er U-verdiene redusert for alle konstruksjonsdeler, også i tørr sone.

### 4.1.3 Økt gjenvinning av fordampningsvarme

Driftstiden på varmepumpen i ventilasjonsaggregatene for våt sone på Ringeriksbadet er svært lav, og det er ønskelig å se på effekten av økt driftstid, og dermed økt gjenvinning av fordampningsvarmen. Varmepumpen planlegges med en driftstid på 60-70 % (Risberg, 2011b), og i beregningene antas en driftstid på 70 %. For andel av drift med bassengvannskondensator antas det 95 % i aggregat med BVK. Driftsandelen er den samme som før tiltak. Det er også antatt at aggregatet i BVK-drift avgir halvparten av varme til luft og halvparten til vann med netto

varmeeffekt henholdsvis 27,4 kW og 46,1 kW, og for etterkjøleren er det antatt effektfaktor lik 5,5 slik det er nærmere beskrevet i Bilag C (Risberg, 2011b, Aas, 2011). Tabell 30 gir en oversikt over driftstid, netto effekt og energigevinst for varmpumpene i ventilasjonsaggregatene i våt sone.

**Tabell 30.** Oversikt over driftstid, netto effekt og energigevinst for varmpumpene i de to aggregatene for våt sone i Ringeriksbadet. Bakgrunnen for tabellen er gitt i Bilag C.

|               |             | Driftstid [t] | Netto effekt [kW]               | Energigevinst [kWh/år] |
|---------------|-------------|---------------|---------------------------------|------------------------|
| Aggregat 1    | Normaldrift | 307           | 27,4                            | 8412                   |
|               | BVK-drift   | 5825          | $\frac{46,1 + 27,4}{2} = 36,75$ | 214 069                |
|               | Etterkjøler | 6132          | 7,9                             | 48 443                 |
| Aggregat 2    | Normaldrift | 6132          | 27,4                            | 168 017                |
|               | Etterkjøler | 6132          | 7,9                             | 48 443                 |
| <b>Totalt</b> |             |               |                                 | <b>487 384</b>         |

Gjenvunnet energi fra fordampningsvarmen kan utgjøre 487 384 kWh/år med en driftstid på 70 % for varmpumpene. Tabell 31 gir en oversikt over det resulterende energitapet på grunn av fordampning med driftstid på varmpumpe lik 70 %.

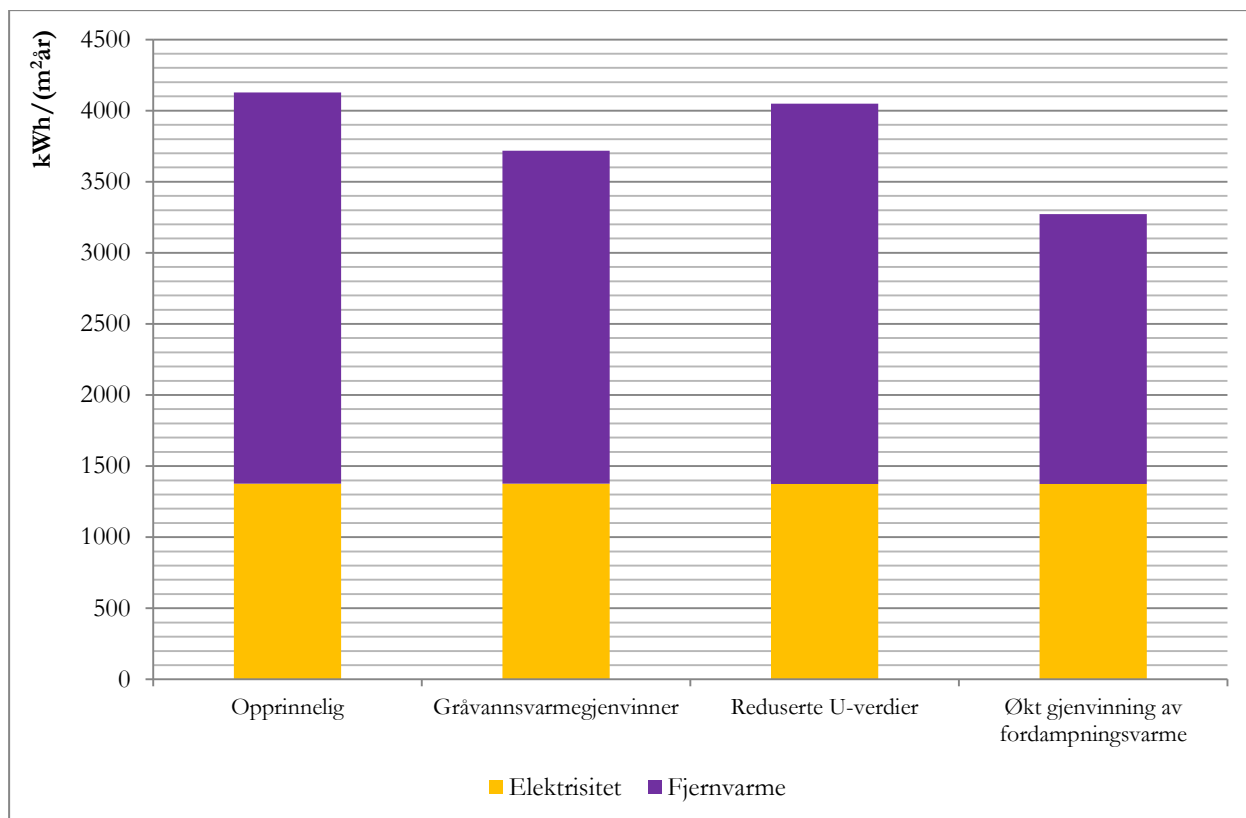
**Tabell 31.** Oversikt over det resulterende energitapet på grunn av fordampning med driftstid på varmpumpe lik 70 %. Bakgrunnen for tabellen er gitt i Bilag C og Tabell 30.

| Fordampningsmengde [kg/h] | Fordampningsvarmetap [kW] | Energitap grunnet fordampning [kWh/år] | Energi gjenvunnet i varmpumpe i ventilasjonsaggregat [kWh/år] | Energitap grunnet fordampning [kWh/år] |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 144                       | 97,27                     | 852 084                                | 487 384                                                       | 364 700                                |

Med høyere driftstid på varmpumpene blir gjenvinningsgraden 57 % og energitapet på grunn av fordampning reduseres med 49 % i forhold til før tiltaket. Det er kun fordampningsvarmetapet i svømmehallsrommet som reduseres da avkastet fra utjevningstankene og skyllevannstanken ikke er tilknyttet ventilasjonsaggregatet.

#### 4.1.4 Sammenligning av effekten på energiforbruket ved ulike tiltak

Effekten av de ulike tiltakene for å redusere energiforbruket er sammenlignet i Figur 29, Figur 30 og Figur 31. Figur 29 viser behovet for levert energi til Ringeriksbadet slik det er i dag sammenlignet med de ulike energireduksjonstiltakene.

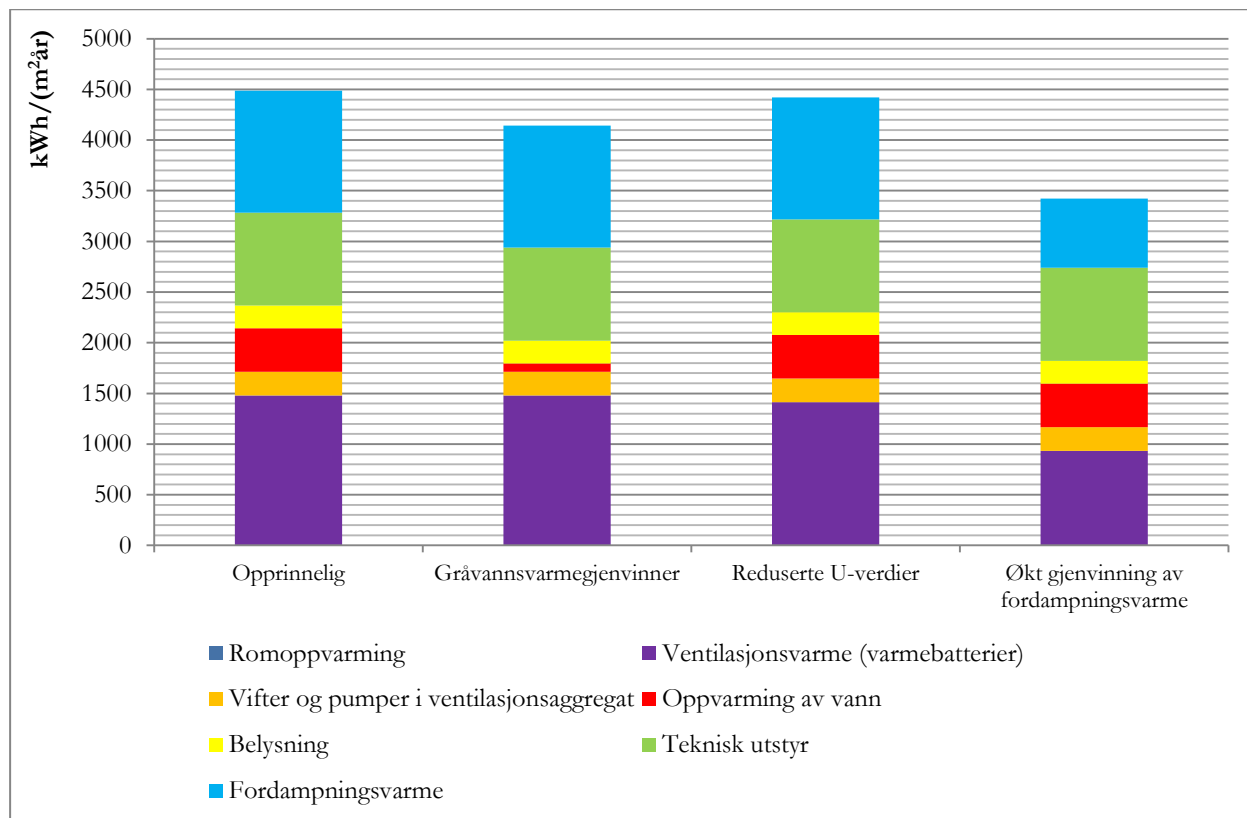


Figur 29. Sammenligning av behov for levert energi til bygningen for de ulike tiltakene: Installasjon av gråvannsvarmegjenvinner, reduksjon i U-verdier og økt gjenvinning av fordampningsvarme. Energiforbruket er gitt i kWh per år per bassengareal.

Det opprinnelige totale energibehovet er omtrent 2 200 000 kWh/år, tilsvarende 4128 kWh/år per bassengareal eller 632 kWh/år per BRA. Diagrammet viser at behovet for levert energi blir redusert ved installasjon av gråvannsvarmegjenvinner. Reduksjonen av det totale forbruket er omtrent 220 000 kWh/år eller 412 kWh/år per bassengareal, og dette utgjør 10 % av det totale behovet. Dette skyldes at energibruk til oppvarming av vann reduseres på grunn av varmegjenvinning fra gråvannet. Behovet for levert energi er lavere med reduserte U-verdier slik det er beskrevet i 4.1.2, og dette utgjør en reduksjon på 42 000 kWh/år, tilsvarende 79 kWh/år per bassengareal, eller omtrent 2 % av totalt energibehov. U-verdi er redusert for alle konstruksjonsdeler, også i tørr sone. Et krav om redusert U-verdi også i tørr sone vil ikke kunne begrunnes med høye innetemperaturer, og derfor vil den resulterende effekten på energibehovet bli mindre enn det som er fremstilt her. Ved å øke gjenvinningsgraden for fordampningsvarmen reduseres behovet for levert energi med omtrent 457 000 kWh/år, og dette utgjør 21 % eller 856 kWh/år per bassengareal. Det er fjernvarmebehovet som reduseres da det er oppvarmingsbehovet for luft og vann som blir lavere, og beregningen viser nettogevinsten. Det hadde vært mer korrekt at elektrisitetsbehovet hadde økt noe, mens fjernvarmebehovet reduseres mer. Summen blir imidlertid den samme. Hvis man legger til

grunn en energipris for elektrisitet på 1 kr/kWh og for fjernvarme på 0,95 kr/kWh (Ulimoen, 2011), tilsvarer reduksjonen en innsparing på omtrent 434 000 kr/år.

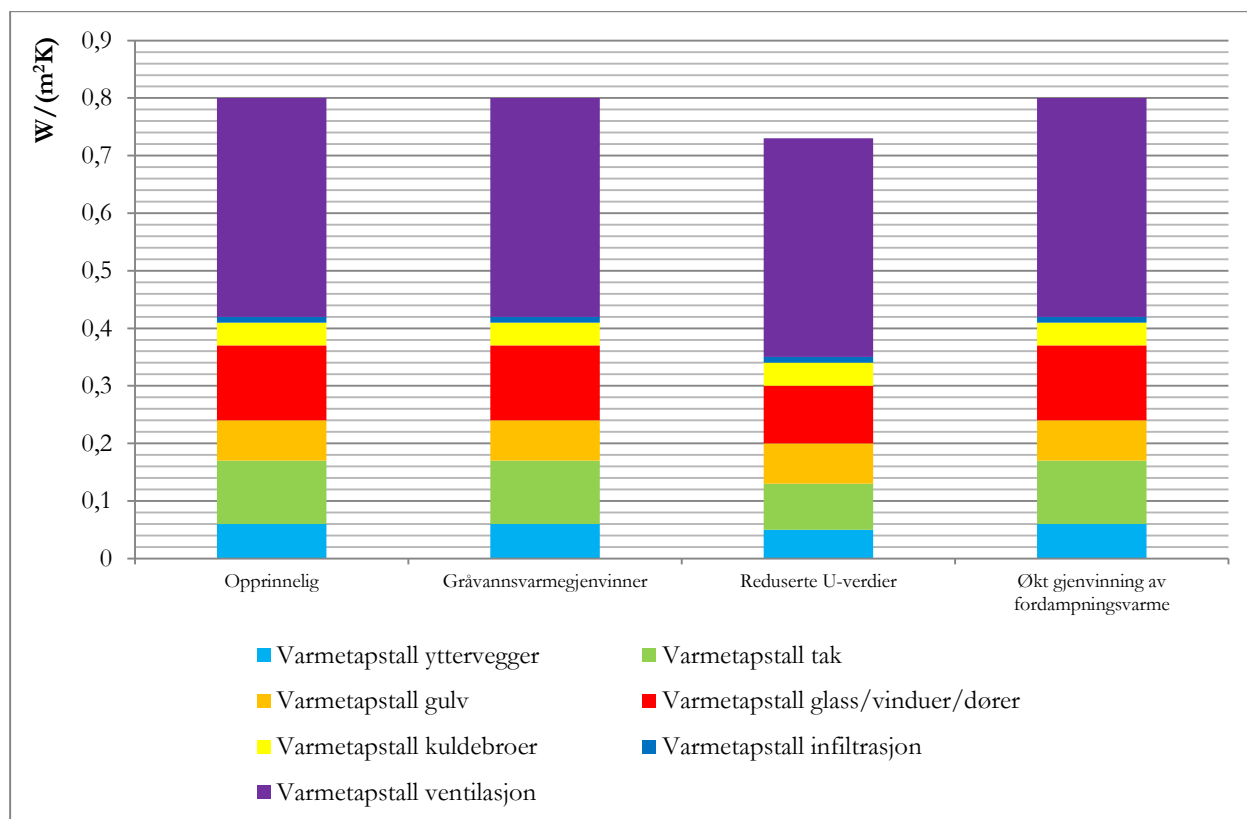
Figur 30 viser det opprinnelige energibudsjettet for Ringeriksbadet sammenlignet med energibudsjettet ved utførelse av de tenkte tiltakene.



Figur 30. Sammenligning av energibudsjettet for de ulike tiltakene: Installasjon av gråvannsvarmegjenvinner, reduksjon i U-verdier og økt gjenvinningsgrad av fordampningsvarme. Energibudsjettet er gitt i kWh/år per bassengareal.

Innføring av gråvannsvarmegjenvinner medfører et redusert energibehov for oppvarming av vann. Energibehovet til vannoppvarming utgjør nå kun 20 % av det tidligere energibehovet, og det totale energibudsjettet er redusert med omtrent 8 %. Ved å redusere U-verdiene blir energibehovet til ventilasjonsvarme redusert med 4,5 %, og det totale energibudsjettet reduseres med i overkant av 1 %. Ved økt gjenvinning av fordampningsvarme reduseres behovet for ventilasjonsvarme med 37 %, fordampningsvarmetapet reduseres med 44 %, og det totale energibudsjettet reduseres med nesten 24 %.

Varmetapstallet er gitt av varmetransmisjonstap til det fri, uoppvarmede soner og grunnen sammen med ventilasjons- og infiltrasjonsvarmetap (Standard Norge, 2007). I Figur 31 er det en sammenligning av varmetapstallet for anlegget slik det fremstår i dag sammen med de ulike tiltakene.



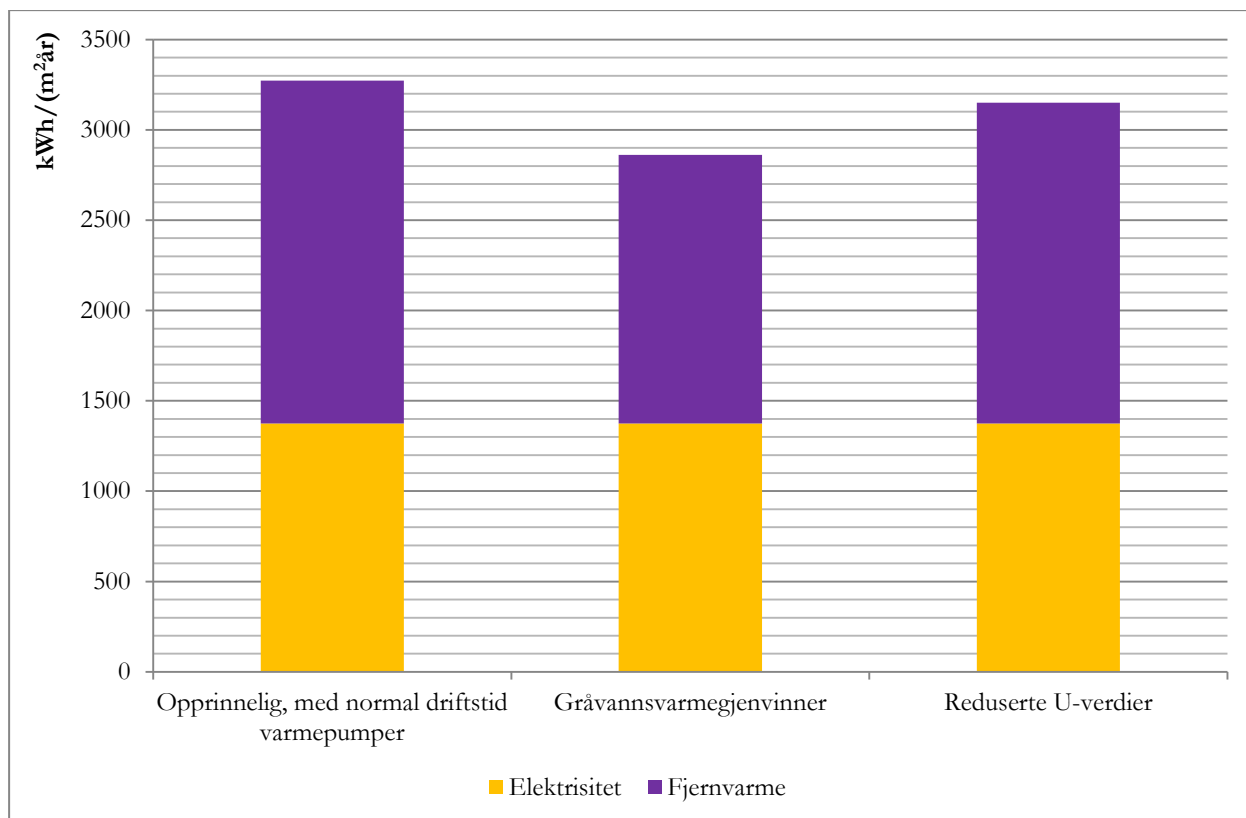
Figur 31. Sammenligning av varmetapstall for de ulike tiltakene: Installasjon av gråvannsvarmegjenvinner, reduisering av U-verdier og balansering av luftmengder

Varmetapstallet for den opprinnelige beregningen er  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , mens for tiltaket med reduserte U-verdier er tallet  $0,73 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Til sammenlikning er høyeste tillatte varmetapstall for passivhus for idrettsbygg  $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Standard Norge, 2010). Siden varmetapstall fra varmtvann ikke inkluderes i NS 3031, og dermed heller ikke i Simien, er varmetapet i forbindelse med varmt vann til avløp ikke inkludert i diagrammet (Standard Norge, 2007). Dette medfører at det ikke kommer frem noen forskjell mellom varmetapstallene for den nåværende svømmehallen og ved installasjon av gråvannsvarmegjenvinner. Ved å redusere U-verdier reduseres det totale varmetapstallet med omtrent 9 %. Høyere gjenvinningsgrad av fordampningsvarme endrer ikke varmetapstallene i denne oversikten da fordampningsvarmetapet er beregnet separat og ikke inngår i ventilasjonsaggregatet i simuleringen. Varmetapstall inkluderer bare bygningskroppen, og dette er årsaken til at man kun ser endring i varmetapstall for reduksjon i U-verdier.

Totalt sett er det installasjon av gråvannsvarmegjenvinner og økt gjenvinning av fordampningsvarme som reduserer energiforbruket i størst grad. Dette er til tross for at energibruk til oppvarming av vann utgjør en mindre del av energibudsjettet vist i Figur 22. Sammenligning av energibruk og vannforbruk for de tre svømmehallene i 3.4 indikerer imidlertid at høyt vannforbruk medfører høyt energibruk, og et viktig tiltak i denne sammenhengen vil derfor være å redusere vannforbruket. Dette kan oppnås ved å optimalisere vannforbruket ved hjelp av blant annet automatisk overvåkning. Varmetapstallet og budsjettet energiforbruk til ventilasjonsvarme er høyt, og høyere grad av gjenvinning vil være gunstig for det totale energiforbruket. Høyere driftstid på varmepumper, og dermed høyere gjenvinningsgrad av fordampningsvarmen, reduserer energiforbruket mest effektivt, nemlig med 21 %. Reduksjon i U-verdier for konstruksjonsdelene har mindre å si for det totale energiforbruket i en svømmehall, på grunn av det høye energiforbruket totalt sett. Uansett er det ytterst nødvendig at bygningen er konstruert godt nok til å tåle fuktbelastningene fra innsiden, og dette fører automatisk til relativt gode U-verdier for konstruksjonsdelene.

Andre forhold som vil kunne redusere energiforbruket er mer energieffektivt teknisk utstyr da energibudsjettet til teknisk utstyr utgjør omtrent 20 % av det totale energibudsjettet. For svømmehaller er prosessene dominerende, og energiforbruket vil i særlig grad være knyttet til utstyret. På grunn av dette vil det gi et dårlig bilde av energieffektivitet i svømmehaller å oppgi energibruk per BRA. Tilsvarende slik det er krav til at minst 60 % av netto varmebehov skal dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers i bygninger større enn 500 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA (Statens Bygningstekniske Etat, 2010), vil det kunne etableres krav til vannoppvarmingen i svømmehaller.

Årsaken til den lave driftstiden på varmepumpene i ventilasjonsaggregatene på Ringeriksbadet er ukjent. Hvis det skyldes feil innstilling av for eksempel settpunkttemperaturer, kan det være en enkel operasjon å justere opp driftstiden til 70 %. Med en driftstid på varmepumpene på 70 % som forutsetning, er det gjort nye energiberegninger med gråvannsvarmegjenvinner og lavere U-verdier. Behovet for levert energi med gitte energireduksjonstiltak sammenlignet med det opprinnelige energibehovet er vist i Figur 32.



**Figur 32. Sammenligning av behov for levert energi til bygningen for installasjon av gråvannsvarmegjenvinner og reduksjon i U-verdier når gjenvinning av fordampningsvarme er økt til normalt nivå. Energiforbruket er gitt i kWh per år per bassengareal.**

Det totale behovet for levert energi med driftstid for varmepumpene på 70 % er 1 745 000 kWh/år. Reduksjon i energibehov ved installasjon av gråvannsvarmegjenvinner utgjør nå 13 % av det totale energibehovet, tilsvarende 220 000 kWh/år. For lavere U-verdier utgjør redusert energibehov nesten 4 % av det totale behovet, tilsvarende 65 000 kWh/år. Disse beregningene viser at det er innsparingsmuligheter på dette området også, og de vil i større grad gjenspeile den energireducerende effekten av de ulike tiltakene. Dette begrunnes med at energitapet i forbindelse med fordampning stemmer bedre med praksis, og resultatene kan derfor lettere overføres til andre svømmehaller. På denne måten vil effekten av tiltakene beskrevet her være mer relevant for andre svømmehaller.

Ved å gjennomføre samtlige av de tre energireduksjonstiltakene for Ringeriksbadet, det vil si installasjon av gråvannsvarmegjenvinner, reduksjon av U-verdier og økt gjenvinning av fordampningsvarme, reduseres energiforbruket med 740 000 kWh/år (1390 kWh/år per bassengareal), tilsvarende 34 % av det totale forbruket.

## 4.2 Andre tiltak for reduksjon av energiforbruk i svømmehaller

Det er relativt vanlig i norske svømmehaller at det vannet som tas ut til analysering av kvaliteten går direkte til avløp, slik det gjøres på Ringeriksbadet (Aas, 2011). Dette medfører tapt energi i form av varmt vann i tillegg til vann- og avløpsavgift for en tilsvarende vannmengde som må erstatte det tapte vannet. Med 2 m<sup>3</sup>/døgn til analyse slik det er i Ringeriksbadet (Øverli, 2011b), utgjør dette en unødvendig vann- og avløpsavgift på nesten 20 000 kr/år (Asker Kommune, 2011c). Dette vannet kan med relativt enkle grep føres tilbake igjen til utjevningstanken da dette er rent vann som holder bassengvannstemperatur. Vann- og avløpsavgift vil også kunne spares ved at kondensvannet fra avfuktingsprosessen varmes opp og føres tilbake til utjevningstanken.

For svømmeanlegg med gråvannsvarmegjenvinner installert, er det gunstig at denne utnyttes over størst mulig del av døgnet. For å oppnå dette, kan det være et alternativ at sandfiltrene skylles med litt vann fra skyllevannstanken hver natt i stedet for å samle opp mye vann til én stor skylling. På den måten vil gråvannsvarmegjenvinneren kunne gå også om natten, fordelingen av gråvann over døgnet vil bli jevnere, og effekten på gråvannsvarmegjenvinneren vil kunne utnyttes bedre. For at dette skal fungere godt er det gunstig at skyllingen er automatisert.

Badstuovner krever tradisjonelt mye elektrisitet. Ved å installere ovner basert på infrarød teknologi vil energiforbruket til badstueovn kunne reduseres til én tiendedel (Aas, 2011). I tillegg kan det brukes behovsstyring av lys i toaletter, garderober, fellesarealer og lignende for å redusere elektrisitetsforbruket.

## 4.3 Vurdering av beregningsprogram for energibruk i svømmehaller

Simien er et beregningsprogram for energibruk i bygninger (Programbyggerne, 2010). Programmet er i utstrakt bruk både ved utdanningsinstitusjoner og i rådgiverbransjen. Det baserer seg på de 13 bygningskategoriene som er definert i TEK og beregningsreglene gitt i NS 3010 (Standard Norge, 2007, Statens Bygningstekniske Etat, 2010). Svømmehaller er, som nevnt i 3.1.2, ikke inkludert i disse 13 kategoriene. Dette medfører at forhold som er spesielle for svømmehaller ikke inkluderes i simuleringsmodellen på en enkel måte, men må justeres manuelt.

De største utfordringene er knyttet til de høye i romluftstemperaturene i svømmehallsrommet og selve svømmebassenget med fordampningen dette medfører. Romluftstemperaturen kan til en viss

grad settes høyt ved å benytte valget "Variabel tilluftstemperatur" der det er mulig å definere høy og lav avtrekkstemperatur. Det observeres at temperaturene for svømmehallsrommet likevel er lavere enn den laveste definerte temperaturen i visse deler av vinteren ved gjennomføring av simulering. For lav innetemperatur i simuleringen vil resultere i et lavere transmisjonstap enn det som finner sted i virkeligheten. Tilsvarende vil for høy innetemperatur i simuleringen kunne føre til større transmisjonstap enn det reelle. For å holde temperaturen konstant er det en mulighet å legge inn et fiktivt oppvarmingsanlegg, men her vil det være en fare for avvik mellom simulerte og reelle energimengder som ventilasjonsanlegget bruker for å holde settpunkttemperatur. Det er ofte ingen tradisjonelle oppvarmingskilder verken i svømmehallsrommet eller i teknisk rom, og uten denne posten i Simien er det en utfordring å oppnå jevn temperatur i sonen.

Det er heller ikke tilrettelagt i Simien for svømmebasseng og de store vannmengdene dette medfører, og det er problematisk at det ikke finnes mulighet for å legge inn selve svømmebassenget i beregningsmodellen. Effekt for oppvarming av vann kan defineres av brukeren, men det tas ikke hensyn til varmetap i utgående vann. Dermed er det utfordrende for brukeren å avgjøre hvor stor andel av varmetapet som er fra varmtvann og kan vanskeliggjøre undersøkelsen av lønnsomhet ved installasjon av gråvannsvarmegjenvinner. Videre er det en utfordring å simulere fordampningsvarmetapet slik at det tilsvarer den virkelige situasjonen da det ikke finnes en egen funksjon for dette i programmet. Fordampningsmengdene, og fordampningsvarmetapet, må regnes ut manuelt, og det viser seg at utregningsmetodene på dette området varierer med dertil vesentlig ulikt resultat. Fordampningsvarmetapet må så legges inn med riktig effekt og på en måte som gjør at temperaturen reduseres. Hvis det antas at mesteparten av fordampningsvarmen tas fra bassengvannet (Salvesen, 2011), bør simuleringen gjenspeile dette. Forfatteren har funnet det problematisk å legge inn en post som reduserer bassengvannstemperaturen med en effekt tilsvarende fordampningsvarmetapet. Som følge av tapt varme i bassenget må det sirkulerte vannet hele tiden varmes opp, og denne oppvarmingseffekten er heller ikke enkel inkludere. I tillegg vil basseng med høy temperatur kunne bidra til oppvarmingen.

Ventilasjonsaggregat for svømmehallsrom er mer avanserte enn vanlige ventilasjonsaggregat definert i Simien. For avfukting av svømmehallsluften er ofte aggregatet utstyrt med varmpumpe i tillegg til varmegjenvinner. Det er ikke mulig å legge inn ventilasjonsaggregat med både varmpumpe og varmegjenvinner i programmet og kompliserer dermed simuleringen av avfuktingsprosessen. Ved prosjektering av anlegg er det nødvendig å gjøre antakelser om avfuktingsmengde basert på erfaringer. Ventilasjonsaggregatet for våt sone kjører ofte med utstrakt bruk av omluft, men

omluftsventilasjon er ikke definert for ventilasjonsanlegg i programmet. Tilpasninger må derfor gjøres om det er ønskelig å simulere med oppvarming av romluft ved hjelp av overtemperert ventilasjonsluft. Ventilasjonsaggregatet med bassengvannskondensator er det heller ikke anledning til å legge inn i Simien.

Energiforbruket til alt det tekniske utstyret som sikrer driften av en svømmehall blir heller ikke automatisk inkludert i simuleringen. Én metode er å regne ut forbruket manuelt og deretter legge inn gjennomsnittlig effekt under "Internlast" og "Teknisk utstyr". Hvordan driften av utstyret i virkeligheten foregår, og hvordan den påvirker temperaturen til omgivelsene, må imidlertid antas basert på erfaring. De manuelle tilpasningene som gjøres utenfor Simien, kommer ved siden av beregningene i programmet. Dette medfører at beregningene ikke på samme måte som resten av inndataene i programmet blir beregnet dynamisk over året, og dette kan føre til usikkerhet i forhold til resultatene.

De mangelfulle tilpasningene av de ulike prosessene i svømmehaller i Simien bekreftes av ansvarlig for utvikling av algoritmer og modeller for programmet (Dokka, 2011). Til tross for utbredelsen Simien har i bransjen, kan det være ønskelig å se etter andre beregningsprogram ved simulering av energibruk i komplekse bygninger. Et alternativ kan være programmet IDA Indoor Climate and Energy produsert av Equa (Equa, 2011). Beregningsprogrammet modellerer hele bygningen under ett, og det er mye større frihet for brukeren til å legge inn egne parametere. Programmet har også eget tillegg for svømmehaller (Eriksson, 2011).

#### 4.4 Energikrav for svømmehaller i TEK

For offentlige svømmehaller kommer ofte pengene til investering og drift fra samme sted. Imidlertid er det i mange tilfeller lite dialog mellom investeringsgruppen og driftsgruppen, og det kan føre til relativt tette skott mellom de to budsjettene. Løsninger som går utover kravene i TEK velges ofte bort ved trangt budsjett (Solvik, 2011). U-verdier økes til grensen i TEK og ekstrainstallasjoner, som for eksempel gråvannsvarmegjenvinner, velges ofte bort. Dette selv om nedbetalingstiden er kort. Byggherren er avhengig av at rådgiverne er kompetente og angir nødvendig tetthet, begrensnings av kuldebroer og lignende. Moderne svømmehaller bygges ofte med en høy arealandel vinduer. Den store innvendige høyden gjør at BRA blir relativt lite sammenlignet med et bygg inndelt i flere etasjer, og vindusandelen blir dermed ofte høyere. Vindusandelen bør likevel ikke øke utover de tillatte 20 %. For at investeringene som gjøres i byggefasen skal redusere driftskostnadene og

dermed være lønnsomt over tid, kan et tiltak være å innføre krav om at entreprenør må drifte anlegget en viss periode etter ferdigstilling. For å sikre stabile forhold bør denne perioden være minst fem år (Aas, 2011). Det er da en mulighet for at det gjøres investeringer som reduserer driftskostnadene og dermed er lønnsomme på sikt. I Statens Bygningstekniske Etat har de ikke sett behov for eget energirammekrav for svømmehaller da man ved å bruke standardverdier for tappevann og teknisk utstyr kan utelukke prosessene i svømmehallen (Grini, 2011). Det er ulike meninger om hvor mange kategorier det skal legges til rette for, og Statens Bygningstekniske Etat holder fast på de 13 kategoriene de har i dag (Grini, 2011).

Svømmehallene undersøkt i kapittel 3 er alle relativt nylig bygget. Likevel er det påvist at energibruket er omtrent like høyt som gjennomsnittet for norske svømmehaller hvor også haller av eldre dato er inkludert. Med dagens byggeteknikk og stadig strengere krav til bygninger i Norge, er det generelt redusert energibruk. For svømmehaller burde man kunne tenke seg en tilsvarende reduksjon i energibruk. For Ringeriksbadet er det påvist at det kan oppnås et energibruk som er 34 % lavere enn i dag ved å innføre normal driftstid for varmepumpene, installere gråvannsvarmegjenvinner og redusere U-verdiene for konstruksjonsdelene. Årlig energiforbruk i Ringeriksbadet vil da tilsvare energiforbruket for danske svømmehaller gitt i Figur 27. Selv med usikkerhetene knyttet til energiberegninger for svømmehaller i Simien, indikerer det muligheter for stor reduksjon i energiforbruk ved prosjektering av nye svømmehaller. Gjenvinningen av fordampningsvarme i Ringeriksbadet var imidlertid svært lav i utgangspunktet, og anlegget har ikke installert gråvannsvarmegjenvinner. Likevel er det ved studering av driften i Ringeriksbadet funnet stort energisparepotensiale, og man kan ikke utelukke at det vil finnes tilsvarende sparepotensialer for andre anlegg ved nærmere undersøkelser. Det som Danmark her har klart, burde Norge ha potensiale til å få til. For å nå dette målet vil det være svært gunstig at det etableres egne krav i forhold til energibruk i svømmehaller i TEK slik at byggherrer for svømmehaller i større grad må velge energieffektive løsninger.

## 5 Konklusjon

Formålet med rapporten var å undersøke om det er et behov for særregler i forhold til energibruk i svømmehaller i TEK og i så tilfelle komme med forslag om hva særreglene skal omfatte. Som en del av denne undersøkelsen er det utført simuleringer med ulike energisparetiltak i energiberegningsprogrammet Simien for den eksisterende svømmehallen Ringeriksbadet. I simuleringene fremkommer det at det er mest å hente ved å øke gjenvinningsgraden i ventilasjonsaggregatet, installere gråvannsvarmegjenvinner og redusere energibruket til det tekniske utstyret. I tillegg kan energibruket reduseres ved hjelp av lavere U-verdier for konstruksjonsdelene. Det er funnet at det totale energiforbruket i Ringeriksbadet kan reduseres med 34 % hvis gjenvinningsgrad av fordampningsvarme øker, gråvannsvarmegjenvinner installeres og U-verdier reduseres. Reduksjon i vannforbruk vil kunne føre til lavere energibruk og dermed lavere kostnader. Svømmehaller er et prosessbygg, og energibruk avhenger i større grad av prosessene enn av bygningskroppen.

Beregningsprogrammet Simien egner seg dårlig for simuleringer av energiflyt i kompliserte bygninger som svømmehaller. Dette begrunnes med at det ikke er lagt opp til å legge inn typiske svømmehallsprosesser slik som fordampning, avfukting og avansert teknisk utstyr. Dette medfører at man for hver enkelt simulering må regne ut mye av energiforbruket manuelt ved hjelp av kun delvis etablerte metoder, og dette problematiserer sammenligning av resultater. Når beregningene kommer ved siden av programmet, inkluderes de ikke i de dynamiske beregningene, og resultatet kan bli usikkert.

Resultatene i denne rapporten indikerer at det er ønskelig å etablere egne krav i Byggteknisk forskrift for energibruk i svømmehaller da det er påvist stort sparepotensiale på dette området. De aktuelle kravene bør knyttes til grad av varmegjenvinning fra gråvannsvarme og fordampningsvarme. Ytterligere reduksjon i energibehov kan oppnås med U-verdikrav strengere enn dagens krav i TEK. I tillegg kunne det være relevant med krav som begrenser vannforbruk, for eksempel i forhold til bassengareal, og energieffektivitet til det tekniske utstyret. For et eventuelt energirammekrav bør det vurderes andre benevnninger enn per BRA. Et alternativ kan være per bassengareal da bassengarealet i større grad påvirker energibruken enn bruksarealet. Energirammekrav bør for øvrig ikke angis i forskriften før det etableres en praksis blant rådgivere med bruk av mer egnede simuleringssystemer for svømmehall enn energiberegningsprogrammet Simien.

## 5.1 Videre arbeid

Som videre arbeid anbefales det å gjøre nærmere undersøkelser for å tallfeste et krav til gjenvinning av fordampningsvarme og gråvannsvarme. Disse undersøkelsene kan med fordel gjøres i mer avanserte beregningsprogram enn Simien. Et alternativ er at Simien videreutvikles med egne funksjoner for svømmehaller. Selv om det er uttalt fra Statens Bygningstekniske Etat at antallet bygningskategorier ikke kommer til å utvides, kan det likevel arbeides for særregler knyttet til energibruk i svømmehaller. Det kan bestå av veiledninger til TEK, eller det kan være krav som må oppfylles for å motta tilskudd fra spillemidler. I tillegg bør det undersøkes hvordan svømmehaller prosjekteres og driftes i Danmark siden de har et lavt energiforbruk sammenlignet med Norge.

## 6 Referanser

- Amundsen, D. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom senioringeniør i EM Teknikk og forfatteren.* 1. november.
- Asker kommune. (2011a).** *Besøkende nr 1 million.* Hentet 25. oktober, 2011 fra <http://www.aker.kommune.no/Organisasjon/Kultur-og-fritid/Idrett-og-friluftsavdelingen/Idrettsanlegg/Risenga-idrettspark/Risenga-Svømmehall/Nytt-fra-Risenga/Besokende-nr-1-million/>
- Asker Kommune. (2011b).** *Om svømmehallen.* Hentet 28. september, 2011 fra <http://www.aker.kommune.no/Organisasjon/Kultur-og-fritid/Idrett-og-friluftsavdelingen/Idrettsanlegg/Risenga-idrettspark/Risenga-Svømmehall/Om-svømmehallen/>
- Asker Kommune. (2011c).** *Priser vann og avløp.* Hentet 7. desember 2011 fra <http://www.aker.kommune.no/Organisasjon/Tekniske-tjenester/Kommunalteknikk-og-VA/Vann-og-avlop/Priser-vann-og-avlop/>
- Asker Kommune. (2011d).** *Åpningstider.* Hentet 18. oktober, 2011 fra <http://www.aker.kommune.no/Organisasjon/Kultur-og-fritid/Idrett-og-friluftsavdelingen/Idrettsanlegg/Risenga-idrettspark/Risenga-Svømmehall/Åpningstider/>
- Badelandene. (2011).** *Badelandene.* Hentet 30. november 2011 fra <http://www.badelandene.no/>
- Bjerke, K. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom teknisk driftsleder ved Risenga bad og forfatteren.* 29. november.
- Boverket. (2011).** *Boverkets byggregler.* Hentet 25. august, 2011 fra <http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/BFS-2011-6-BBR-18.pdf>
- Brambley, M., & Wells, S. (1983).** Energy-conservation measures for indoor swimming pools. *Energy - Volume 8, Issue 6*, 403-418.
- Bryn Byggklima. (2011).** *Hentet fra FDV-dokumentasjon på Ringeriksbadet.* 3. november.
- Byggforsk. (2002).** *Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg: Byggetalblad 552.340 Del 1.* Byggforsk kunnskapssystemer.
- Byggforsk. (2003).** *Ventilasjon og avfukting i svømmehaller og rom med svømmebasseng: Byggetalblad 552.315.* Byggforsk kunnskapssystemer.

**Bøhlerengen, T., Mehus, J., Waldum, A., Blom, P., & Farstad, T. (2004).** *Håndbok 52: Bade- og svømmeanlegg*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

**Dantherm. (2011).** *DanX - ventilation og affugtning i svømmehaller*. Hentet 19. desember 2011 fra [http://www.dantherm-air-handling.dk/Produkter/Ventilation/DanX\\_-\\_Pool.aspx](http://www.dantherm-air-handling.dk/Produkter/Ventilation/DanX_-_Pool.aspx)

**Dokka, T. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom seniorforsker i SINTEF Byggforsk og utvikler av simuleringsprogrammet Simien og forfatteren*. 23. november.

**Drammen Kommune. (2011a).** *Bassengene*. Hentet 28. september, 2011 fra <http://www.drammen.kommune.no/no/Om-kommunen/Virksomheter/kf/Drammensbadet/Bassengene/>

**Drammen Kommune. (2011b).** *Drammensbadet*. Hentet 28. september, 2011 fra <http://www.drammen.kommune.no/Om-kommunen/Virksomheter/kf/Drammensbadet/>

**Drammen Kommune. (2011c).** *Drammensbadets åpningstider*. Hentet 18. oktober, 2011 fra <http://www.drammen.kommune.no/no/Om-kommunen/Virksomheter/kf/Drammensbadet/Drammensbadets-apningstider1/>

**Edvardsen, K., & Ramstad, T. (2007).** *Håndbok 53: Trebus*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

**Eian, P. (2011).** *Mottatt materiale og personlig korrespondanse mellom seksjonsleder Inneklimate og bygningsfysikk i Norconsult (veileder) og forfatteren*.

**EN 12193. (2007).** *Light and lighting - Sports lighting*. European Committee for standardization.

**Enova. (2000).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 1999*. Hentet 25. august, 2011 fra <http://naring.enova.no/file2.axd?fileID=268efff7-78ce-4ccf-b225-361655f2beed>

**Enova. (2001).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2000*. Hentet 25. august, 2011 fra <http://naring.enova.no/file2.axd?fileID=e3953f72-2afa-4ea7-91f0-f5e2aa32be72>

**Enova. (2002).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2001*. Hentet 25. august, 2011 fra <http://naring.enova.no/file2.axd?fileID=9b434a80-a7b2-47a7-90ff-b3deb7832332>

**Enova. (2003).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2002*. Hentet 25. august, 2011 fra <http://naring.enova.no/file2.axd?fileID=e6e77b1f-8c4f-48d7-9466-2e6036d7874d>

**Enova. (2004).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2003*. Hentet 25. august, 2011 fra <http://naring.enova.no/file2.axd?fileID=4fd35b7b-8324-4b2a-a5c0-4b9dc0bd581d>

**Enova. (2005).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2004*. Hentet 25. august, 2011 fra <http://naring.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=105>

- Enova. (2006).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2005*. Hentet 25. august, 2011 fra  
<http://naring.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=191>
- Enova. (2007).** *Bygningsnettverkets energistatistikk 2006*. Hentet 25. august, 2011 fra  
<http://naring.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=242>
- Enova. (2008).** *Enovas byggstatistikk 2007*. Hentet 25. august, 2011 fra  
<http://naring.enova.no/file.axd?fileDataID=2e7cebc3-cc79-4b6d-aaca-f2107ea46330>
- Enova. (2010).** *Enovas byggstatistikk 2008*. Hentet 25. august, 2011 fra  
<http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=511>
- Enova. (2011a).** *Enovas byggstatistikk 2009*. Hentet 25. august, 2011 fra  
<http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=548>
- Enova. (2011b).** *Graddagstallene for 2010*. Hentet 29. november 2011 fra  
<http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=2224>
- Enova. (2011c).** *Energi gradtall og temperaturkorrigering*. Hentet 29. november 2011 fra  
<http://naring.enova.no/popups/bba/BBAGradtall.aspx>
- Equa. (2011).** *IDA Indoor Climate and Energy 4.0*. Hentet 4. desember 2011 fra  
[http://www.equa.se/dncenter/Brochure\\_IDA\\_ICE%204.0\\_web\\_v4.pdf](http://www.equa.se/dncenter/Brochure_IDA_ICE%204.0_web_v4.pdf)
- Eriksson, J. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Equa Solutions AB og forfatteren*. 24. november.
- Fjellbu, S. (2009).** *Varmegjenvinner fra gråvann*. Hentet 26. september, 2011 fra  
<http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/775339/Presentasjon%20Svein%20Tore%20Fjellbu.pdf>
- Geving, S., & Thue, J. (2002).** *Fukt i bygninger*. Norsk byggforskningsinstitutt.
- Grini, G. (2011).** *Personlig mailkorrespondanse mellom forfatteren og overingeniør på Statens Bygningstekniske Etat*. 20. oktober.
- Haugan, T. (2011).** *Foredrag fra Badeteknisk 2011*. Hentet 28. september, 2011 fra  
<http://badparkogidrett.no/wp-content/uploads/2011/09/Trond-Haugan.pdf>
- HOH Birger Christensen AS. (2011).** *Energigjenvinning*. Hentet 27. september, 2011 fra  
<http://www.hoh.no/NO/Svommebasseng-off/Cal-Plus/>
- Holte Byggsafe. (2008).** *Bedre Bygg Billigere - Sluttrapport*. Hentet 15. september, 2011 fra  
<http://www.byggekostnader.no/getfile.php/Filer/PDF'er%20fra%20prosjekter/Sluttrapport%20Bedre%20Bygg%20Billigere%201510.pdf>

- Kampel, W. (2011a).** *Senter for idrettsanlegg og teknologi*. Hentet 30. august, 2011 fra Badeteknisk forum: <http://badparkogidrett.no/wp-content/uploads/2011/03/Wolfgang-Kampel.pdf>
- Kampel, W. (2011b).** *Upubliserte arbeider av doktorgradstipendiat ved NTNU-SLAT*. 31. oktober.
- Lunde, L. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom Asker Kommune og forfatteren*. 25. oktober.
- Meggers, F., & Leibundgut, H. (2011).** The potential of wastewater heat and exergy: Decentralized high-temperature recovery with a heat pump. *Energy and Buildings* 43, 879-886.
- Menerga. (2010a).** *AquaCond*. Hentet 14. september, 2011 fra <http://www.menerga.no/Prospekter/Serie%2044.pdf>
- Menerga. (2010b).** *ThermoCond*. Hentet 14. september, 2011 fra <http://www.menerga.no/Prospekter/Serie%2044.pdf>
- Menerga. (2011).** *Tilsendt materiale fra Martin Risberg i Menerga*. 8. september.
- Meteorologisk Institutt. (2011).** *eKlima*. Hentet 27. oktober, 2011 fra [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL)
- Miljöministeriet. (2011).** *Finlands byggbestämmelsesamling - Byggnaders energiprestanda*. Hentet 2. november, 2011 fra [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Svenska.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Svenska.pdf)
- Mogensen, H. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom seniorrådgiver for Tekniske systemer i Norconsult og forfatteren*. 20. oktober.
- Norsk Bassengbad Teknisk Forening. (2000).** *Retningslinjer for vannbehandling i offentlige bassengbad*. Versjon 5.
- Novakovic, V., Hanssen, S., Thue, J., Wangensteen, I., & Gjerstad, F. (2007).** *ENØK i bygninger. Effektiv energibruk*. Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Opsahl, P. (2011).** *Flytskjema for vannbehandling i Ringeriksbadet oversendt fra leder i Teknisk Vannservice*. 25. oktober.
- Oslo Kommune. (2007).** *Oslobadenes historie*. Hentet 14. desember 2011 fra [http://www.idrettsetaten.oslo.kommune.no/oslobadene/om\\_oslobadene/badenes\\_historie/](http://www.idrettsetaten.oslo.kommune.no/oslobadene/om_oslobadene/badenes_historie/)
- Pilkington. (2011a).** *Energisparing - Om energisparende glass*. Hentet 14. desember 2011 fra <http://www.pilkington.com/Europe/Norway/Norwegian/products/bp/bybenefit/thermalinsulation/default.htm>

- Pilkington. (2011b).** *Pilkington Spectrum*. Hentet 7. desember 2011 fra <http://www.pilkington.com/Europe/Norway/Norwegian/products/bp/downloads/Tools/Spectrum/default.htm>
- Programbyggerne. (2010).** SIMIEN. [www.programbyggerne.no](http://www.programbyggerne.no) (dataprogram).
- Ringeriksbadet. (2010).** *Bassengene*. Hentet 28. september, 2011 fra <http://www.ringeriksbadet.no/bassengene.htm>
- Ringeriksbadet. (2011).** *Ringeriksbadet*. Hentet 12. oktober, 2011 fra <http://www.ringeriksbadet.no/>
- Risberg, M. (2011a).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Menerga og forfatteren*. 13. oktober.
- Risberg, M. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Menerga og forfatteren*. 21. november.
- Risberg, M. (2011c).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Menerga og forfatteren under befarung i Nadderudhallen, Berger svømmehall og Risenga svømmehall*. 22. september.
- Salvesen, F. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom gruppeleder i KanEnergi i Asplan Viak og forfatteren*. 17. november.
- Senter for idrettsanlegg og teknologi. (2011).** *Forprosjektstudie innen bad- og svømmeanlegg*. Hentet 30. august, 2011 fra NTNU SIAT: <http://www.ivt.ntnu.no/siat/forskning/forskningsprosjekter>
- Solvik, F. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom seksjonsleder andeling spesialfag bygg i Rambøll og forfatteren*. 5. oktober.
- Standard Norge. (2007).** *NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*.
- Standard Norge. (2010).** *NS 3700:2010 Kriterier for passivhus og lavenergibus. Boligbygninger*.
- Statens Bygningstekniske Etat. (1985).** *Byggeforskrift 1985*.
- Statens Bygningstekniske Etat. (1987).** *Byggeforskrift 1987*.
- Statens Bygningstekniske Etat. (1997).** *Veiledning REN til forskrift om krav til byggverk (TEK) 3. utgave*.
- Statens Bygningstekniske Etat. (2007).** *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK 07)*. Kommunal- og regionaldepartementet.
- Statens Bygningstekniske Etat. (2010).** *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK 10)*. Kommunal- og regionaldepartementet.
- Statens Bygningstekniske Etat. (2011).** *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. HO-2/2011.
- Statistisk sentralbyrå. (2011).** *Kraftig økning i bruk av varmepumper*. Hentet 2. desember 2011 fra <http://www.ssb.no/husenergi/main.html>

- Stenbro, P. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom daglig leder for Drammensbadet og forfatteren.* 4. oktober.
- Sun, P., Wu, J., Wang, R., & Xu, Y. (2011).** Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools. *Energy and Buildings* 43, 1071-1080.
- Svensk författningssamling. (2010).** *Plan- och bygglag.* Hentet 25. august, 2011 fra <http://www.riksdagen.se/webbnav/index.aspx?nid=3911&bet=2010:900#K8>
- Teknisk Vannservice. (2011).** *Hentet fra FDV-dokumentasjon på Ringeriksbadet.* 3. november.
- Termografi og Måleteknikk AS. (2011).** *Hentet fra FDV-dokumentasjon for Ringeriksbadet.* 03. november.
- The Engineering Toolbox. (2011).** *Mollier Diagram.* Hentet 8. desember 2011 fra [http://www.engineeringtoolbox.com/psychrometric-chart-mollier-d\\_27.html](http://www.engineeringtoolbox.com/psychrometric-chart-mollier-d_27.html)
- Ulimoen, I. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom rådgiver for Miljø og Sikkerhet i Norconsult og forfatteren.* 13. desember.
- Undervisningsbygg. (2009).** *Kravspesifikasjon 2009, Idretts- og svømmehaller.* Hentet 18. august, 2011 fra <http://www.undervisningsbygg.oslo.kommune.no/getfile.php/undervisningsbygg%20oslo%20kf%20%28UBF%29/Internett%20%28UBF%29/Dokumenter/Sv%20%28mmehaller2009%2020081211%20Digital%20v01%20MTIzNjg2NTQ2NjkzNjg0NDgwNg.pdf>
- Ventøk. (2008).** *3.1-1 Ventilasjon av svømmehaller. Teori og prinsipper.* Oslo: Skarland Press AS.
- Verein Deutscher Ingenieure. (2010).** *Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern Hallenbäder - Building Services in swimming baths Indoor pools - VDI 2089 Part 1.*
- Visit Drammensregionen. (2008).** *Åpning av Drammensbadet.* Hentet 21. november 2011 fra [http://visitdrammensregionen.no/index.php/reiseliv/enkeltsak/apning\\_av\\_drammensbadet/](http://visitdrammensregionen.no/index.php/reiseliv/enkeltsak/apning_av_drammensbadet/)
- Windows & daylighting. (2011).** *Window 6.3.* Hentet 6. desember 2011 fra <http://windows.lbl.gov/software/window/6/index.html>
- Yr.no. (2011).** *Været som var: Hønefoss, Ringerike (Buskerud).* Hentet 15. desember 2011 fra [http://www.yr.no/sted/Norge/Buskerud/Ringerike/H%C3%B8nefoss/detaljert\\_statistikk.html](http://www.yr.no/sted/Norge/Buskerud/Ringerike/H%C3%B8nefoss/detaljert_statistikk.html)
- Øen, M. (2010).** *Svømmehaller og krav til energieffektivitet.* Trondheim: Masteroppgave NTNU.
- Øverby, M. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom VVS-tekniker på Bryn Byggklima og forfatteren.* 25. oktober.

**Øverli. (2011a).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder på Ringeriksbadet og forfatteren.* 12. oktober.

**Øverli. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befarings på Ringeriksbadet.* 13. september.

**Øverli. (2011c).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befarings på Ringeriksbadet.* 20. oktober.

**Øverli. (2011d).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befarings på Ringeriksbadet.* 3. november.

**Aas, B. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom overingeniør på NTNU (SLAT) og forfatteren.*



## Bilag A

### A.1 Oppvarming av vann

Forbruket av vann ett år etter åpning var  $11\,743\text{ m}^3$  (Øverli, 2011d). Dette tilsvarer  $32\text{ m}^3$  per døgn eller omtrent 112 L per badende per døgn. Omtrent halvparten av dette går til bassengdriften, mens det resterende er vann til dusj og servanter (Øverli, 2011b).

#### A.1.1 Effektbehov til oppvarming av vann til dusjer og servanter

Vannet til dusj og servant varmes opp ved hjelp av fjernvarme.  $16\text{ m}^3/\text{døgn}$  tilsvarer  $0,1852\text{ kg/s}$ . Vannet behøver en temperaturøkning fra nett vannstemperatur på omtrent  $8\text{ °C}$  til  $38\text{ °C}$ . Med en varmekapasitet til vann på  $4,2\text{ kJ}/(\text{kgK})$  gir dette:

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times 0,1852 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 30\text{ K} = 23,33\text{ kW} \quad (\text{I})$$

Effekt, antall driftstimer og energiforbruk per år for oppvarming av vann til dusjer og servanter er gitt i Tabell A.1.

Tabell A.1. Effekt og energiforbruk per år for oppvarming av vann til dusjer og servanter

|                                            | Effekt [kW] | Energiforbruk [kWh/år] |
|--------------------------------------------|-------------|------------------------|
| Oppvarming av vann til dusjer og servanter | 23,33       | 204 371                |

#### A.1.2 Effektbehov til oppvarming av bassengvann

For å varme opp vann tilført basseng må temperaturen på vannet økes fra omtrent  $12\text{ °C}$  til  $30\text{ °C}$ . Dette er på grunn av varmevekslingen med bassengvannet. Nødvendig tilført effekt er:

$$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times 0,1852 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 18\text{ K} = 14,00\text{ kW} \quad (\text{II})$$

Bassengvannskondensatoren i ventilasjonsaggregatet varmer opp bassengvannet ved hjelp av gjenvunnet varme fra ventilasjon og avfukting. Effekt, antall driftstimer og gjenvunnet energi det første driftsåret er gitt i Tabell A.2.

Tabell A.2. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk per år for bassengvannskondensatoren

|     | Maks effekt [kW] | Antall driftstimer [t] | Gjenvunnet energi [kWh/år] | Referanse                                           |
|-----|------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| BVK | 54,7             | 1800                   | 98 460                     | (Menerga, 2010b)<br>Forfatterens avlesning 04.11.11 |

Den gjennomsnittlige effekten på bassengvannskondensatoren blir med dette 11,2 kW. Det er da kun behov for oppvarming med fjernvarme med en gjennomsnittlig effekt på 2,8 kW. Det årlige energiforbruket til oppvarming av vann tilført basseng er vist i Tabell A.3.

Tabell A.3. Effekt og energiforbruk per år for oppvarming av vann til basseng

|                                | Effekt [kW] | Energiforbruk [kWh/år] |
|--------------------------------|-------------|------------------------|
| Oppvarming av vann til basseng | 2,8         | 24 528                 |

Det totale gjennomsnittlige effektbehovet og energiforbruket per år for oppvarming av vann er vist i Tabell A.4.

Tabell A.4. Effekt og energiforbruk per år for oppvarming av vann

|                                            | Effekt [kW]  | Energiforbruk [kWh/år] |
|--------------------------------------------|--------------|------------------------|
| Oppvarming av vann til dusjer og servanter | 23,33        | 204 371                |
| Oppvarming av vann til basseng             | 2,8          | 24 528                 |
| <b>Totalt</b>                              | <b>26,13</b> | <b>228 899</b>         |

## A.2 Referanser

**Menerga. (2010b).** *ThermoCond*. Hentet 14. september, 2011 fra

<http://www.menerga.no/Prospekter/Serie%2044.pdf>

**Øverli. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befaring på Ringeriksbadet*. 13. september.

**Øverli. (2011d).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befaring på Ringeriksbadet*. 3. november.



## Bilag B

### B.1 Teknisk utstyr

Det er gjort egne beregninger for det tekniske utstyret. I hovedsak er det rensesystem, kompressor, sirkulasjonssystem, badstueovn og kompressor i boblebank som bidrar til elektrisitetsforbruket.

#### B.1.1 Rensesystemer

Av rensesystemene er det UV-anlegget som i hovedsak bidrar til energiforbruket. Det er ett UV-anlegg per utjevningstank. Det er to utjevningstanker, én betjener hovedbassenget og én betjener varme- og barnebassenget. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk etter omtrent ett års drift er gitt i Tabell B.1.

Tabell B.1. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk per år for UV-anlegget.

| Bassengtype            | Effekt UV-lys [kW] | Effekt pumpe [kW] | Antall driftstimer [t] | Energiforbruk [kWh/år] | Referanse                       |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Hovedbasseng           | 2,42               | 1,1               | 9467                   | 30 835                 | Forfatterens avlesning 20.10.11 |
| Varme- og barnebasseng | 2,42               | 1,1               | 9440                   | 30 835                 | Forfatterens avlesning 20.10.11 |
| <b>Totalt</b>          | <b>4,84</b>        | <b>2,2</b>        | <b>18 907</b>          | <b>61 670</b>          |                                 |

Antall driftstimer viser at UV-anlegget ble satt i gang noe før åpning av Ringeriksbadet. Det høye timeantallet tilsier at anlegget er i drift kontinuerlig, og total effekt blir 7,04 kW.

#### B.1.2 Kompressor

Kompressoren benyttes i skyllesekvensen og til bobleproduksjon i stupebassenget. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk etter omtrent ett års drift er gitt i Tabell B.2.

Tabell B.2. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk per år for kompressor.

|            | Effekt [kW] | Antall driftstimer [t] | Energiforbruk [kWh/år] | Referanse                       |
|------------|-------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Kompressor | 7,5         | 1000                   | 7500                   | Forfatterens avlesning 20.10.11 |

### B.1.3 Sirkulasjonssystemer

Sirkulasjonssystemene består av seks pumper, én for hver av skliene, to for varme- og barnebassenget og to for hovedbassenget. Det er imidlertid kun én av pumpene for varme- og barnebassenget og én av pumpene for hovedbassenget som er i gang til enhver tid. Pumpene reguleres etter trafikken i anlegget, og den maksimale effekten utnyttes ikke hele tiden. Effekt på pumper, energiforbruk, antall driftstimer, den gjennomsnittlige effekten og energiforbruket per år etter omtrent ett års drift er gitt i Tabell B.3.

Tabell B.3. Effekt, energiforbruk, antall driftstimer, gjennomsnittlig effekt og energiforbruk per år for sirkulasjonssystemet.

| Bassengtype            | Effekt pumpe [kW] | Energi-forbruk [kWh] | Antall driftstimer [t] | Gjennom-snittlig effekt [kW] | Energiforbruk [kWh/år] | Referanse                                           |
|------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------|
| Hovedbasseng           | 18,5              | 65 393               | 6800                   | 9,62                         | 84 271                 | Forfatterens avlesninger på Ringeriksbadet 04.11.11 |
|                        | 18,5              | 36 154               | 3100                   | 11,66                        | 102 142                |                                                     |
| Varme- og barnebasseng | 11                | 18 783               | 3096                   | 6,07                         | 53 173                 |                                                     |
|                        | 11                | 42 517               | 6920                   | 6,14                         | 53 786                 |                                                     |
| Liten sklie            | 4                 | 6985                 | 4226                   | 1,65                         | 14 454                 |                                                     |
| Stor sklie             | 4                 | 12 114               | 4364                   | 2,78                         | 24 353                 |                                                     |
| <b>Totalt</b>          | <b>67</b>         | <b>181 946</b>       | <b>28 506</b>          | <b>37,92</b>                 | <b>332 179</b>         |                                                     |

Av Tabell B.4 vises det at kapasiteten på sirkulasjonspumpene i hovedsak tilfredsstiller kravene til sirkulasjonsmengder i Norsk Bassengbad Teknisk Forening (2000) beregnet i Tabell B.5 og Tabell B.6.

Tabell B.4. Kapasitet sirkulasjonspumper i Ringeriksbadet (Teknisk Vannservice, 2011).

|                                                     |             | Kapasitet pumpe [m <sup>3</sup> /t] |
|-----------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| Sirkulasjon- og skyllevann for hovedbasseng         | Sirkulasjon | 170                                 |
|                                                     | Skylling    | 100                                 |
| Sirkulasjon- og skyllevann for terapi-/barnebasseng | Sirkulasjon | 120                                 |
|                                                     | Skylling    | 100                                 |
| Sirkulasjonsmengde barnebasseng                     |             | 40                                  |
| Sirkulasjonsmengde UV-anlegg hovedbasseng           |             | 30                                  |
| Sirkulasjonsmengde varmeveksler hovedbasseng        |             | 12                                  |
| Sirkulasjonsmengde UV-anlegg terapibasseng          |             | 30                                  |
| Sirkulasjonsmengde liten sklie                      |             | 50                                  |
| Sirkulasjonsmengde stor sklie                       |             | 70                                  |

Tabell B.5. Beregning av sirkulasjonsmengder etter retningslinjer.

| Bassengtype                   | Sirkulasjonsmengde [m <sup>3</sup> /t] |              | Referanse                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|
| Svømmebasseng                 | $A \times \frac{K}{D_D}$               | 172,2        | (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 25) |
| Varmebasseng                  | $V$                                    | 60           | (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 25) |
| Barnebasseng                  | $2 \times V$                           | 20           | (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 25) |
| 2 sklier uten landingsbasseng |                                        | 35           | (Norsk Bassengbad Teknisk Forening, 2000, s. 25) |
| <b>Totalt</b>                 |                                        | <b>287,2</b> |                                                  |

Der

Tabell B.6. Beregningsgrunnlag for sirkulasjonsmengder.

| Bassengtype   | Basseng-overflate, A [m <sup>2</sup> ] | Temperatur [°C] | Person-belastning, K [m <sup>3</sup> /h] | Det én person disponerer i dype basseng, D <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> ] | Basseng-volum, V [m <sup>3</sup> ] |
|---------------|----------------------------------------|-----------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Svømmebasseng | 387,5                                  | 28              | 2                                        | 4,5                                                                       | 800 <sup>1</sup>                   |
| Varmebasseng  | 118,75                                 | 32-34           |                                          |                                                                           | 60 <sup>1</sup>                    |
| Barnebasseng  | 27                                     | 32-34           |                                          |                                                                           | 10 <sup>1</sup>                    |
| <b>Totalt</b> | <b>533,25</b>                          |                 |                                          |                                                                           | <b>870</b>                         |

<sup>1</sup> (Øverli, 2011b)

Boblebenken er en del av varmebassenget, og det beregnes derfor ikke egen sirkulasjonsmengde for denne.

#### B.1.4 Badstueovn

I badstuen står det én ovn med effekt 20 kW, og driftstiden til badstuen følger åpningstidene i badeanlegget (Øverli, 2011c). Tabell B.7 gir effekt, driftstimer og energiforbruk for badstueovnen.

Tabell B.7. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk per år for badstueovnen.

|            | Effekt [kW] | Antall driftstimer [t] | Energiforbruk [kWh/år] |
|------------|-------------|------------------------|------------------------|
| Badstueovn | 20          | 4015                   | 80 329                 |

Den gjennomsnittlige effekten blir dermed 9,17 kW.

### B.1.5 Kompressor i boblebank

I boblebanken er det installert 4 kompressorer, hver med kapasitet på 0,5 kW (Opsahl, 2011). Dette utgjør totalt 2 kW. De fire kompressorene aktiveres av brukerne, og de aktiveres én og én. Det antas at det i gjennomsnitt er to kompressorer aktivert i åpningstiden. Tabell B.8 viser effekt, antall driftstimer og energiforbruket per år for kompressorene i boblebanken.

Tabell B.8. Effekt, antall driftstimer og energiforbruk per år for kompressorer i boblebank.

|                          | Effekt [kW] | Antall driftstimer [t] | Energiforbruk [kWh/år] |
|--------------------------|-------------|------------------------|------------------------|
| Kompressorer i boblebank | 2           | 2008                   | 4030                   |

Den gjennomsnittlige effekten blir dermed 0,46 kW.

### B.1.6 Oppsummering

Prosessene legges inn i energiberegningsprogrammet Simien under fanen "Teknisk utstyr" og posten "Internlaster". For alle prosessene settes varmetilskudd til omgivelsene lik 100 % (Aas, 2011). Dermed kan en del av den tilførte varmen bli gjenvunnet i varmegjenvinningssystemer. Energiforbruket til sirkulasjonssystemene er vektet 50 % i teknisk rom og 50 % i våt sone med tilhørende varmetilskudd. En oppsummering av energiforbruket og den gjennomsnittlige effekten for det tekniske utstyret er gitt i Tabell B.9.

Tabell B.9. Oppsummering av årlig energiforbruk, gjennomsnittlig effekt og effekt fordelt på sone for det tekniske utstyret.

|                                        | Energiforbruk [kWh/år] | Gjennomsnittlig effekt [kW] | Areal sone [m <sup>2</sup> ] | Effekt fordelt på sone [W/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Sone: Teknisk rom (underetasje)</b> |                        |                             |                              |                                            |
| Rensesystemer                          | 61 670                 | 7,04                        | 1171                         | 6,01                                       |
| Kompressor                             | 7500                   | 0,86                        | 1171                         | 0,73                                       |
| Sirkulasjonssystemer                   | 166 090                | 18,96                       | 1171                         | 16,19                                      |
| <b>Sum</b>                             | <b>235 260</b>         | <b>26,86</b>                | <b>1171</b>                  | <b>22,93</b>                               |
| <b>Sone: Våt sone (hovedetasje)</b>    |                        |                             |                              |                                            |
| Sirkulasjonssystemer                   | 166 090                | 18,96                       | 1505                         | 12,60                                      |
| Badstueovn                             | 80 329                 | 9,17                        | 1505                         | 6,09                                       |
| Kompressor i boblebank                 | 4030                   | 0,46                        | 1505                         | 0,31                                       |
| <b>Sum</b>                             | <b>250 449</b>         | <b>28,59</b>                | <b>1505</b>                  | <b>19,00</b>                               |
| <b>Totalt</b>                          | <b>485 709</b>         | <b>55,45</b>                | <b>2676</b>                  | <b>41,93</b>                               |

## B.2 Referanser

**Aas, B. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom overingeniør på NTNU (SLAT) og forfatteren.*

**Norsk Bassengbad Teknisk Forening. (2000).** *Retningslinjer for vannbehandling i offentlige bassengbad.*  
Versjon 5.

**Opsahl, P. (2011).** *Flytskjema for vannbehandling i Ringeriksbadet oversendt fra leder i Teknisk Vannservice.*  
25. oktober.

**Teknisk Vannservice. (2011).** *Hentet fra FDV-dokumentasjon på Ringeriksbadet.* 3. november.

**Øverli. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befaring på Ringeriksbadet.* 13. september.

**Øverli. (2011c).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befaring på Ringeriksbadet.* 20. oktober.



## Bilag C

### C.1 Fordampning av vann

Det er beregnet fordampningsmengder og fordampningsvarmetapet på grunn av dette for svømmehallsrommet og utjevnings- og skyllevannstanker.

#### C.1.1 Fordampningsmengder

I Ventøk (2008, s. 5) er det gitt en beregningsmodell for fordampningsmengder i forhold til vanntemperatur, lufttemperatur, uten badende og med badende. For tilfellet med badende til stede er det gitt fordampningsmengder for høy og lav aktivitet. Det antas at det halve åpningstiden er høy og halve åpningstiden er lav aktivitet blant de badende. Dette blir 13 timer uten badende, 5,5 timer hvor det er badende med lav aktivitet og 5,5 timer hvor det er badende med høy aktivitet. Fordampningen fra de tre bassengene og de våte overflatene er gitt i Tabell C.1.

Tabell C.1. Fordampningsmengde per døgn og per time fra bassengflate, personer og våte overflater. Basert på Ventøk (2008, s. 5).

|                   | Temp.<br>[°C] | Areal<br>[m²] | Uten<br>badende<br>[kg/h] | Med badende                |                            | Sum<br>fordampningsmengde |                                |
|-------------------|---------------|---------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
|                   |               |               |                           | Lav<br>aktivitet<br>[kg/h] | Høy<br>aktivitet<br>[kg/h] | Totalt<br>[kg]            | Gjennom-<br>snittlig<br>[kg/h] |
| Hovedbasseng      | 28            | 387,5         | 51,93                     | 56,96                      | 56,96                      | 1301,65                   | 54,24                          |
| Varmtvannsbasseng | 33            | 118,8         | 33,96                     | 37,41                      | 37,41                      | 852,99                    | 35,54                          |
| Barnebasseng      | 33            | 27,0          | 7,72                      | 8,51                       | 8,51                       | 193,92                    | 8,08                           |
| Våte overflater   |               | 832,1         | 0                         | 30,79                      | 108,17                     | 764,28                    | 31,85                          |
| <b>Totalt</b>     |               | <b>1365,4</b> | <b>93,61</b>              | <b>133,67</b>              | <b>211,05</b>              | <b>3112,80</b>            | <b>129,71</b>                  |

I tillegg er det høy fordampning fra skliene og boblebadet. Disse fordampningsmengdene, basert på erfaringstall for fordampning gitt i Bøhlerengen, et al. (2004, s. 183), er gitt i Tabell C.2.

Tabell C.2. Fordampningsmengde per døgn og per time fra boblebank og sklier. Basert på erfaringstall for fordampning (Bøhlerengen, et al., 2004, s. 183).

|               | Temp. [°C]      | Areal/lengde [m <sup>2</sup> /m] | Fordampningsmengde [kg/h] | Sum fordampningsmengde |                        |
|---------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
|               |                 |                                  |                           | Totalt [kg]            | Gjennomsnittlig [kg/h] |
| Boblebank     | 33 <sup>1</sup> | 1,54                             | 1,5                       | 7,2                    | 0,30                   |
| Sklier        | 31              | 61,60                            | 30,8                      | 338,8                  | 14,12                  |
| <b>Totalt</b> |                 |                                  | <b>32,3</b>               | <b>346,0</b>           | <b>14,42</b>           |

<sup>1</sup> Fordampningsmengden for boblebad er gitt for temperatur 36-38 °C

Temperaturen i boblebanken er den samme som i varmtvannsbassenget og dermed lavere enn den gitt i Tabell C.2. Dette medfører at fordampningsmengden gitt her er for høy. Imidlertid utgjør dette svært lite totalt sett og sees bort ifra her. Den totale fordampningsmengden er gitt i Tabell C.3.

Tabell C.3. Total fordampningsmengde per døgn og per time.

|                   | Fordampningsmengde [kg/døgn] | Gjennomsnittlig fordampningsmengde [kg/h] |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------------------|
| Hovedbasseng      | 1301,65                      | 54,24                                     |
| Varmtvannsbasseng | 852,99                       | 35,54                                     |
| Barnebasseng      | 193,92                       | 8,08                                      |
| Våte overflater   | 764,28                       | 31,85                                     |
| Boblebank         | 7,20                         | 0,30                                      |
| Sklier            | 338,80                       | 14,12                                     |
| <b>Totalt</b>     | <b>3458,80</b>               | <b>144,13</b>                             |

Totalt er fordampningsmengden beregnet til 144 kg/h for Ringeriksbadet.

### C.1.2 Fordampningsvarmetap

I Verein Deutscher Ingenieure (2010, s. 27) gis det følgende sammenheng mellom mengden fordampet vann og fordampningsvarmetap, i kW:

$$\Phi_{vd} \approx \dot{m}_w \times r \quad (I)$$

hvor

$\dot{m}_w$  mengde fordampet vann [kg/s]

$r$  fordampningsvarmen ved bassengvannstemperatur [kJ/kg]

I Tabell C.4 er det gitt fordampningsvarmetapet fra bassenger, sklier, boblebank og våte overflater basert på formel I.

Tabell C.4. Fordampningsvarmetap fra basseng, sklier, boblebank og våte overflater (Verein Deutscher Ingenieure, 2010).

| Bassengtype       | Temperatur [°C] | Fordampning [kg/h] | Fordampningsvarme ved vann-temperatur, $r$ [kJ/kg] | Fordampningsvarmetap, $\Phi_{vd}$ [kW] | Energitap [kWh/år] |
|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| Hovedbasseng      | 28              | 54,24              | 2435                                               | 36,69                                  | 321 404            |
| Varmtvannsbasseng | 33              | 35,54              | 2423                                               | 23,92                                  | 209 539            |
| Barnebasseng      | 33              | 8,08               | 2423                                               | 5,44                                   | 47 654             |
| Våte overflater   | 30 <sup>2</sup> | 31,85              | 2430                                               | 21,50                                  | 188 340            |
| Sklier            | 31              | 14,12              | 2428                                               | 9,52                                   | 83 395             |
| Boblebank         | 33              | 0,30               | 2423                                               | 0,20                                   | 1752               |
| <b>Totalt</b>     |                 | <b>144,13</b>      |                                                    | <b>97,27</b>                           | <b>852 084</b>     |

<sup>2</sup> Forfatterens egne målinger 20. oktober 2011

### C.1.3 Gjenvinning av fordampningsvarme i ventilasjonsaggregat

Varmetapet i forbindelse med fordampningen tas fra romluften og bassengvannet. En del av fordampningsvarmetapet vil kunne gjenvinnes i ventilasjonsaggregatet ved hjelp av varmepumpe eller kjølebatteri. På Ringeriksbadet står det to aggregater av typen Menerga ThermoCond 37 (Menerga, 2010b). Tabell C.5 angir varmeeffekt til varmepumpene i aggregatene ved oppvarming av luft og vann og varmeeffekten til etterkjøleren.

Tabell C.5. Varmeeffekt til varmepumpe ved oppvarming av luft og vann og varmeeffekt til etterkjøleren (Risberg, 2011b).

|             | Varmeeffekt [kW] | Tilført effekt [kW] | Netto effekt [kW] |
|-------------|------------------|---------------------|-------------------|
| Luft        | 34,2             | 6,8                 | 27,4              |
| Vann        | 54,7             | 8,6                 | 46,1              |
| Etterkjøler | 9,6              | 1,7                 | 7,9               |

For etterkjøleren er det antatt en effektfaktor på 5,5 (Aas, 2011). Primæraggregatet har bassengvannskondensator og kompressoren på varmepumpen har 21. november gått 2119 timer siden det ble startet (Risberg, 2011b). Antatt igangkjøringsdato er 15. september 2010 og mulig driftstid tilsvarer da 433 dager. Det kan antas at BVK-driften halvparten av tiden leverer til oppvarming av luft og halvparten av tiden leverer til vann (Risberg, 2011b). Sekundæraggregatet har ikke BVK, og varmepumpen avgir kun varme til luft. Aggregatet har vært i drift 1300 timer siden igangkjøring, og den antatte driftstiden tilsvarer 433 dager (Risberg, 2011b). Etterkjøleren vil ha

samme driftstid som varmpumpene (Aas, 2011). I Tabell C.6 er gjenvunnet energi i varmpumpene vist.

Tabell C.6. Gjennomsnittlig netto effekt og gjenvunnet energi i varmpumpene i ventilasjonsaggregatene på Ringeriksbadet (Risberg, 2011b).

|               |             | Driftstid [t] | Netto effekt [kW]               | Gjenvunnet energi [kWh/år] |
|---------------|-------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Aggregat 1    | Normaldrift | 90            | 27,4                            | 2466                       |
|               | BVK-drift   | 2029          | $\frac{46,1 + 27,4}{2} = 36,75$ | 74 566                     |
|               | Etterkjøler | 2119          | 7,9                             | 16 740                     |
| Aggregat 2    | Normaldrift | 1300          | 27,4                            | 35 620                     |
|               | Etterkjøler | 1300          | 7,9                             | 10 270                     |
| <b>Totalt</b> |             |               |                                 | <b>139 662</b>             |

I Tabell C.7 er det netto energitapet per år på grunn av fordampning gitt.

Tabell C.7. Årlig energitap på grunn av fordampning.

|             | Energitap [kWh/år] | Gjenvunnet energi [kWh/år] | Netto energitap [kWh/år] |
|-------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| Fordampning | 852 084            | 139 662                    | 712 422                  |

#### C.1.4 Fordampning fra utjevnings- og skyllevannstank

Fordampningen fra utjevningsbassengene og skyllevannstanken i underetasjen er også beregnet ut ifra Ventøk (2008, s. 5). Fordampningsvarmetapet er basert på (I). Fordampningsmengden og fordampningsvarmetapet for utjevningsbassengene og skyllevannstanken er gitt i Tabell C.8.

Tabell C.8. Fordampningsmengde og fordampningsvarmetap fra utjevningsbassengene og skyllevannstanken (Ventøk, 2008, Verein Deutscher Ingenieure, 2010).

|                                           | Temp. [°C] | Areal [m²]   | Fordampningsmengde [kg/h] | Fordampningsvarme ved vanntemperatur, $r$ [kJ/kg] | Fordampningsvarmetap, $\Phi_{vd}$ [kW] |
|-------------------------------------------|------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Utjevningsbasseng 1                       | 33         | 19,95        | 5,71                      | 2423                                              | 3,84                                   |
| Utjevningsbasseng 2 og skyllevannsbasseng | 28         | 71,63        | 9,6                       | 2435                                              | 6,49                                   |
| <b>Totalt</b>                             |            | <b>91,58</b> | <b>15,31</b>              |                                                   | <b>10,34</b>                           |

Fordampningsvarmetapet og det årlige energitapet på grunn av fordampningen fra utjevnings- og skyllebassengene er gitt i Tabell C.9.

Tabell C.9. Fordampningsvarmetap og energitap per år i utjevnings- og skyllevannstank på grunn av fordampning.

|                                           | Fordampningsvarmetap, $\Phi_{vd}$ [kW] | Energitap [kWh/år] |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| Utjevningsbasseng 1                       | 3,84                                   | 33 638             |
| Utjevningsbasseng 2 og skyllevannsbasseng | 6,49                                   | 56 852             |
| <b>Totalt</b>                             | <b>10,34</b>                           | <b>90 490</b>      |

Utjevningsbassengene og skyllevannsbassenget er ikke tilkoblet ventilasjonsanlegget, men har egne avkast ut gjennom vegg. Dette medfører at fordampningsvarmen ikke blir gjenvunnet og medfører et varmetap fra hallen på 90 490 kWh per år.

### C.1.5 Oppsummering

Det er ingen funksjon i energiberegningsprogrammet Simien for å legge inn fordampningsvarmetap (Programbyggerne, 2010). For å simulere at fordampningsprosessen tar varme fra romluft og bassengvann legges det inn som "Lokal kjøling" der settpunkttemperatur settes lik 0 °C og maksimal effekt lik fordampningsvarmetapet fordelt på sonen. Energikilde til kjølingen er satt som fjernvarme siden dette er energikilden til oppvarming i anlegget. For at det resulterende energitapet skal bli korrekt må det justeres for systemvirkningsgrad for fjernvarme på 0,80 (Programbyggerne, 2010). Det resulterende fordampningsvarmetapet er gitt i Tabell C.10.

Tabell C.10. Oppsummering av fordampningsvarmetapet totalt og fordelt på aktuell sone.

|                                  | Fordampningsvarmetap, $\Phi_{vd}$ [kW] | Fordampningsvarmetap fordelt på sone [W/m <sup>2</sup> ] | Fordampningsvarmetap fordelt på sone, redusert for systemvirkningsgrad [W/m <sup>2</sup> ] |
|----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Svømmehallsrom                   | 81,3                                   | 54,0                                                     | 43,2                                                                                       |
| Utjevnings- og skyllevannstanker | 10,3                                   | 112,4                                                    | 89,9                                                                                       |
| <b>Totalt</b>                    | <b>91,6</b>                            | <b>-</b>                                                 | <b>-</b>                                                                                   |

## C.2 Referanser

**Aas, B. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom overingeniør på NTNU (SLAT) og forfatteren.*

**Amundsen, D. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom senioringeniør i EM Teknikk og forfatteren.* 1. november.

**Bøhlerengen, T., Mehus, J., Waldum, A., Blom, P., & Farstad, T. (2004).** *Håndbok 52: Bade- og svømmeanlegg.* Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

**Menerga. (2010b).** *ThermoCond.* Hentet 14. september, 2011 fra <http://www.menerga.no/Prospekter/Serie%2044.pdf>

**Programbyggerne. (2010).** SIMIEN. [www.programbyggerne.no](http://www.programbyggerne.no) (dataprogram).

**Risberg, M. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Menerga og forfatteren.* 21. november.

**Ventøk. (2008).** *3.1-1 Ventilasjon av svømmehaller. Teori og prinsipper.* Oslo: Skarland Press AS.

**Verein Deutscher Ingenieure. (2010).** *Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern Hallenbäder - Building Services in swimming baths Indoor pools - VDI 2089 Part 1.*

## Bilag D

### D.1 Inndataskjema

I Tabell D.1 er all data som er brukt i energiberegningene i programmet Simien vist.

Tabell D.1. Inndataskjema for simulering av energiforbruket i Ringeriksbadet i Simien.

|                                                   | Enhet | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse               |
|---------------------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|
|                                                   |       | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                         |
| <b>Energikilder</b>                               |       |                                        |             |                              |                            |             |                         |
| <b>Elektrisitet</b>                               |       |                                        |             |                              |                            |             |                         |
| Systemvirkningsgrad oppvarming                    |       | 0,98                                   |             |                              |                            |             | (Programbyggerne, 2010) |
| Systemeffektfaktor kjøling                        |       | 0                                      |             |                              |                            |             |                         |
| Dekningsprosent romoppvarming                     | %     | 0                                      |             |                              |                            |             |                         |
| Dekningsprosent oppvarming tappevann              | %     | 0                                      |             |                              |                            |             |                         |
| Dekningsprosent varmebatteri ventilasjonsaggregat | %     | 0                                      |             |                              |                            |             |                         |
| Dekningsprosent kjølebatteri ventilasjonsaggregat | %     | 0                                      |             |                              |                            |             |                         |
| Dekningsprosent lokal kjøling                     | %     | 0                                      |             |                              |                            |             |                         |

|                                                   | Enhet | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                                                                 |
|---------------------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   |       | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                                                                           |
| Elektrisitetsspesifikt energibehov                | %     | 100                                    |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Fjernvarme                                        |       |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Systemvirkningsgrad oppvarming                    |       | 0,84                                   |             |                              |                            |             | Typisk systemvirkningsgrad for vannbåren varmeavgivelse gulvvarme (Programbyggerne, 2010) |
| Systemeffektfaktor kjøling                        |       | 0                                      |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Dekningsprosent romoppvarming                     | %     | 100                                    |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Dekningsprosent oppvarming tappevann              | %     | 100                                    |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Dekningsprosent varmebatteri ventilasjonsaggregat | %     | 100                                    |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Dekningsprosent kjølebatteri ventilasjonsaggregat | %     | 100                                    |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Dekningsprosent lokal kjøling                     | %     | 100                                    |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Elektrisitetsspesifikt energibehov                | %     | 0                                      |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| Rom/sone                                          |       |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                           |
| BRA                                               | m²    | 1505,0                                 | 1170,9      | 91,6                         | 21,9                       | 732,0       | (Eian, 2011)                                                                              |
| Volum                                             | m³    | 9520,0                                 | 4265,0      | 274,7                        | 52,5                       | 2196,0      | (Eian, 2011)                                                                              |
| Gulv på grunn                                     | m²    | 220,4                                  | 1170,0      | 91,6                         | 21,9                       | 732,0       | (Eian, 2011)                                                                              |
| Tak                                               | m²    | 1973,2                                 | 0           | 0                            | 0                          | 732,0       | (Eian, 2011)                                                                              |

|                           | Enhet                 | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                       | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                                                                                                                                                                                                    |
| Vegger mot terreng        | m <sup>2</sup>        | 0                                      | 345,6       | 0                            | 0                          | 0           | (Eian, 2011)                                                                                                                                                                                                       |
| Vegger mot annen sone     | m <sup>2</sup>        | 211,0                                  | 195,1       | 169,2                        | 25,9                       | 211,0       | (Eian, 2011)                                                                                                                                                                                                       |
| Lengde mot terreng        | m                     | 0                                      | 109,1       | 0                            | 0                          | 0           | (Eian, 2011)                                                                                                                                                                                                       |
| Areal fasade              | m <sup>2</sup>        | 660,8                                  | 295,8       | 0                            | 0                          | 269,0       | (Eian, 2011)                                                                                                                                                                                                       |
| Areal vinduer og dører    | m <sup>2</sup>        | 254,2                                  | 8,7         | 0                            | 0                          | 157,0       | (Eian, 2011)                                                                                                                                                                                                       |
| Lekkasjetall ( $n_{50}$ ) | h <sup>-1</sup>       | 0,2                                    | 0,5         | 1,5                          | 1,5                        | 1,9         | (Termografi og Måleteknikk AS, 2011) For utjevnings-tanker og syre-, klor- og avfallsrom er det satt standardverdi (Statens Bygningstekniske Etat, 2010)                                                           |
| Varmekapasitet            | Wh/(m <sup>2</sup> K) | 0                                      | 0           | 0                            | 0                          | 2           | Standardverdier i Simien for umøblert og lett møblert rom (Programbyggerne, 2010)                                                                                                                                  |
| Driftsdager for sonen     | t/uke                 | 168                                    | 168         | 168                          | 168                        | 168         | Åpningstidene (Ringeriksbadet, 2011)                                                                                                                                                                               |
| Kuldebroverdi             | W/(Km <sup>2</sup> )  | 0,04                                   | 0,04        | 0,06                         | 0,06                       | 0,06        | Lavere kuldebroverdi for våt sone og kjeller begrunnes med få etasjeskillere og generelt stort fokus på lave kuldebroverdier under prosjektering og bygging. For øvrige soner standardverdi (Standard Norge, 2007) |
| <b>Fasader</b>            |                       |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                                                                                                                                                    |
| Areal fasader             | m <sup>2</sup>        | 660,84                                 | 295,84      | -                            | -                          | 269,0       | (Eian, 2011)                                                                                                                                                                                                       |

|                                     | Enhet                 | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                                     |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------|
|                                     |                       | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                                               |
| U-verdi konstruksjon                | W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,18                                   | 0,22        | -                            | -                          | 0,18        | (Eian, 2011)                                                  |
| Varmelagring innvendig sjikt        | Wh/(m <sup>2</sup> K) | 63                                     | 63          | -                            | -                          | 63          | Standardverdi i Simien for tung vegg (Programbyggerne, 2010)  |
| U-verdi vindu                       | W/(m <sup>2</sup> K)  | 1,0                                    | -           | -                            | -                          | 1,2         | (Eian, 2011)                                                  |
| U-verdi dører                       | W/(m <sup>2</sup> K)  | 1,2                                    | 1,2         | -                            | -                          | 1,2         | (Eian, 2011)                                                  |
| Solfaktor vinduer                   |                       | 0,45                                   | 0,55        | -                            | -                          | 0,55        | (Eian, 2011)                                                  |
| <b>Kjeller</b>                      |                       |                                        |             |                              |                            |             |                                                               |
| Areal                               | m <sup>2</sup>        | -                                      | 1170,9      | -                            | -                          | -           | (Eian, 2011)                                                  |
| Lengde yttervegger                  | m                     | -                                      | 109,11      | -                            | -                          | -           | (Eian, 2011)                                                  |
| Midlere høyde vegger                | m                     | -                                      | 3,17        | -                            | -                          | -           | (Eian, 2011)                                                  |
| Tykkelse vegger                     | m                     | -                                      | 0,3         | -                            | -                          | -           | (Eian, 2011)                                                  |
| Varmelagring innvendig sjikt vegger | Wh/(m <sup>2</sup> K) | -                                      | 63          | -                            | -                          | -           | Standardverdi i Simien for tung vegg (Programbyggerne, 2010)  |
| Ekvivalent U-verdi vegg             | W/(m <sup>2</sup> K)  | -                                      | 0,15        | -                            | -                          | -           | (Eian, 2011)                                                  |
| Varmelagring innvendig sjikt gulv   | Wh/(m <sup>2</sup> K) | -                                      | 63          | -                            | -                          | -           | Standardverdi i Simien for tungt gulv (Programbyggerne, 2010) |
| Ekvivalent U-verdi gulv             | W/(m <sup>2</sup> K)  | -                                      | 0,11        | -                            | -                          | -           | (Eian, 2011)                                                  |
| Grunnforhold, varmekapasitet        | Wh/(m <sup>3</sup> K) | -                                      | 556         | -                            | -                          | -           | Grunnforhold med høyt                                         |

|                                         | Enhet                 | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                                                                                       |
|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         |                       | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                                                                                                 |
| Grunnforhold, varmeledningsevne         | W/(mK)                | -                                      | 3,50        | -                            | -                          | -           | grunnvannsspeil. Gitte standardverdier for høy varmeledningsevne (Programbyggerne, 2010).                       |
| <b>Tak</b>                              |                       |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                                                 |
| U-verdi                                 | W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,13-0,16                              | -           | -                            | -                          | 0,16        | (Eian, 2011)                                                                                                    |
| Varmelagring innvendig sjikt            | Wh/(m <sup>2</sup> K) | 63                                     | -           | -                            | -                          | 63          | Standardverdi i Simien for tung himling (Programbyggerne, 2010)                                                 |
| <b>Gulv på grunn</b>                    |                       |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                                                 |
| Totalt gulvareal                        | m <sup>2</sup>        | 220,4                                  | -           | 91,6                         | 21,9                       | 732,0       | (Eian, 2011)                                                                                                    |
| Utvendig omkrets                        | m                     | 30,2                                   | -           | 0                            | 0                          | 84          | (Eian, 2011)                                                                                                    |
| Tykkelse grunnmur                       | m                     | 0,3                                    | -           | 0,3                          | 0,3                        | 0,3         | (Eian, 2011)                                                                                                    |
| Ekvivalent U-verdi                      | W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,15                                   | -           | 0,15                         | 0,15                       | 0,15        | (Eian, 2011)                                                                                                    |
| Varmelagring innvendig sjikt            | Wh/(m <sup>2</sup> K) | 63                                     | -           | 63                           | 63                         | 63          | Standardverdi i Simien for tungt gulv (Programbyggerne, 2010)                                                   |
| Grunnforhold, varmekapasitet            | Wh/(m <sup>3</sup> K) | 556                                    | -           | 556                          | 556                        | 556         | Grunnforhold med høyt grunnvannsspeil. Gitte standardverdier for høy varmeledningsevne (Programbyggerne, 2010). |
| Grunnforhold, varmeledningsevne         | W/(mK)                | 3,50                                   | -           | 3,50                         | 3,50                       | 3,50        |                                                                                                                 |
| Vertikal kantisolering, isolasjonsdybde | m                     | 0,60                                   | -           | 0,60                         | 0,60                       | 0,60        | Standardverdi i Simien for kantisolasjon                                                                        |

|                                           | Enhet                              | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                    | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                                                                                                                                                                  |
| Vertikal kantisolering, varmeledningsevne | W/(mK)                             | 0,034                                  | -           | 0,034                        | 0,034                      | 0,034       | (Programbyggerne, 2010)                                                                                                                                                          |
| <b>Ventilasjon</b>                        |                                    |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                                                                                                                  |
| Tilluft i driftstiden friskluft (omluft)  | m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) | 7,26 (16,94)                           | 3,80        | -                            | -                          | 13,77       | Summert for sonen fra spesifiseringene for hvert enkelt aggregat gitt i Tabell D.2 og D.3. 30 % friskluftandel i driftstiden (Risberg, 2011b)                                    |
| Tilluft utenfor driftstiden (omluft)      | m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) | (12,11)                                | 0           | -                            | -                          | 0           |                                                                                                                                                                                  |
| Avtrekk i driftstiden                     | m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) | 24,90                                  | 3,59        | 3,93                         | 11,43                      | 8,4         | Summert for sonen fra spesifiseringene for hvert enkelt aggregat gitt i Tabell D.2 og D.3. Skylle- og utjevnings-tanker og syre-, klor- og avfallsrom er gitt av Amundsen (2011) |
| Avtrekk utenfor driftstiden               | m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) | 12,45                                  | 0           | 3,93                         | 11,43                      | 0           |                                                                                                                                                                                  |
| SFP-faktor vifter                         | kW/m <sup>3</sup> /s               | 1,56                                   | 1,83        | 2                            | 2                          | 1,95        | Summert for sonen fra spesifiseringene for hvert enkelt aggregat gitt i Tabell D.2 og D.3.                                                                                       |
| Tilluftstemperatur                        | °C                                 | Variabel                               | 19          | -                            | -                          | 18,5        |                                                                                                                                                                                  |
| Driftstid / utenfor driftstid             | t/uke                              | 77 / 91                                | 84 / 84     | 168 / 0                      | 168 / 0                    | 84 / 84     |                                                                                                                                                                                  |
| Maksimal kapasitet varmebatteri           | W/m <sup>2</sup>                   | 226                                    | 19,6        | -                            | -                          | 76,5        |                                                                                                                                                                                  |
| ΔT vannbårent varmebatteri                |                                    | 20                                     | 20          | -                            | -                          | 20          |                                                                                                                                                                                  |
| Spesifikk pumpeeffekt                     | kW/(L/s)                           | 0,50                                   | 0,50        | -                            | -                          | 0,50        |                                                                                                                                                                                  |
| Maksimal kapasitet kjølebatteri           | W/m <sup>2</sup>                   | 0                                      | 0           | -                            | -                          | 0           |                                                                                                                                                                                  |

|                                                      | Enhet | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                |
|------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|------------------------------------------|
|                                                      |       | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                          |
| ΔT vannbårent kjølebatteri                           | K     | 0                                      | 0           | -                            | -                          | 0           |                                          |
| Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner              |       | 0,78                                   | 0,691       | -                            | -                          | 0,669       |                                          |
| Internlast                                           |       |                                        |             |                              |                            |             |                                          |
| Belysning – driftstid/utenfor driftstid              | W/m²  | 8 / 0                                  | 8 / 0       | -                            | -                          | 8 / 0       | (Mogensen, 2011), (Standard Norge, 2007) |
| Belysning – varmetilskudd                            | %     | 100                                    | 100         | -                            | -                          | 100         | (Standard Norge, 2007)                   |
| Teknisk utstyr - driftstid/utenfor driftstid         | W/m²  | 18,5 / 18,5                            | 23,6 / 23,6 | -                            | -                          | 1 / 0       | Bilag B, (Standard Norge, 2007)          |
| Tekn. utstyr – varmetilskudd                         | %     | 100                                    | 100         | -                            | -                          | 100         | (Aas, 2011)                              |
| Tappevann – driftstid/utenfor driftstid              | W/m²  | 17,4 / 17,4                            | 0           | -                            | -                          | 9,5         | Bilag A, (Standard Norge, 2007)          |
| Tappevann – varmetilskudd                            | %     | 0                                      | 0           | -                            | -                          | 0           | (Standard Norge, 2007)                   |
| Tappevann - Vanndamp                                 | g/h   | 0                                      | 0           | -                            | -                          | 0           | (Standard Norge, 2007)                   |
| Personer varmetilskudd – driftstid/utenfor driftstid | W/m²  | 10 / 0                                 | 0           | -                            | -                          | 10 / 0      | (Standard Norge, 2007)                   |
| Internlast - fordampningsvarmetap                    |       |                                        |             |                              |                            |             |                                          |
| Belysning – driftstid/utenfor driftstid              | W/m²  | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                          |
| Belysning – varmetilskudd                            | %     | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                          |
| Teknisk utstyr - driftstid/utenfor driftstid         | W/m²  | 43,2 / 43,2                            | -           | 89,9 / 89,9                  | -                          | -           | Bilag C                                  |
| Tekn. utstyr – varmetilskudd                         | %     | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                          |

|                                                                 | Enhet            | Våt sone                               | Tørr sone   |                              |                            |             | Referanse                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                 |                  | Svømmehalls-rom, dusjrom og badstuedel | Teknisk rom | Skylle- og utjevnings-tanker | Syre-, klor- og avfallsrom | Hovedetasje |                                                                                                                                                                                                                  |
| Tappevann – driftstid/utenfor driftstid                         | W/m <sup>2</sup> | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                                                                                                                                                                                                  |
| Tappevann – varmetilskudd                                       | %                | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                                                                                                                                                                                                  |
| Tappevann - Vanndamp                                            | g/h              | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                                                                                                                                                                                                  |
| Personer varmetilskudd – driftstid/utenfor driftstid            | W/m <sup>2</sup> | 0                                      | -           | 0                            | -                          | -           |                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Oppvarming</b>                                               |                  |                                        |             |                              |                            |             |                                                                                                                                                                                                                  |
| Maksimal avgitt effekt oppvarmingssystem                        | W/m <sup>2</sup> | -                                      | -           | -                            | -                          | 100         | Effekt på oppvarmingssystem er ukjent                                                                                                                                                                            |
| Konvektiv andel avgitt effekt                                   |                  | -                                      | -           | -                            | -                          | 0,5         | Standardverdi (Programbyggerne, 2010)                                                                                                                                                                            |
| Vannbårent distribusjonsanlegg: Turtemperatur / returtemperatur | °C               | -                                      | -           | -                            | -                          | 43 / 32     | Gulvvarmesystem normal $\Delta T = 6$ , radiatorsystem normal $\Delta T = 20$ . Gjennomsnitt av $\Delta T = 6$ og $\Delta T = 20$ grunnet usikkerhet i hvor det er oppvarming ved hjelp av gulvvarme/radiatorer. |
| Settpunkttemperatur: Driftstid / utenfor driftstid              | °C               | -                                      | -           | -                            | -                          | 21 / 19     | Standard settpunkttemperatur (Standard Norge, 2007)                                                                                                                                                              |
| Driftstid                                                       | t/uke            | -                                      | -           | -                            | -                          | 77 / 91     | Åpningstidene (Ringeriksbadet, 2011)                                                                                                                                                                             |

Tabell D.2 gir en oversikt over ventilasjonsaggregatene for våt sone.

Tabell D.2. Spesifisering av ventilasjonsaggregat våt sone.

|                                         | Enhet                | Aggregat 1 | Aggregat 2 | Referanse                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------|----------------------|------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tilluft i driftstiden                   | m <sup>3</sup> /h    | 18 825     | 17 614     | Totalt friskluft og omluft (Øverli, 2011b)                                                                                                          |
| Tilluft utenfor driftstiden             | m <sup>3</sup> /h    | 9 413      | 8 807      | (Risberg, 2011a)                                                                                                                                    |
| Avtrekk i driftstiden                   | m <sup>3</sup> /h    | 19 175     | 18 290     | (Øverli, 2011b)                                                                                                                                     |
| Avtrekk utenfor driftstiden             | m <sup>3</sup> /h    | 9 588      | 9 145      | (Risberg, 2011a)                                                                                                                                    |
| SFP-faktor vifter                       | kW/m <sup>3</sup> /s | 1,56       | 1,56       | $SFP = \frac{\Sigma P}{V}$ (Menerga, 2010b)                                                                                                         |
| Tilluftstemperatur                      | °C                   | 34         | 30         | Tilluftstemperaturen varierer for å holde lufttemperatur på 30 °C, og tilluftstemperaturen er et snitt av avleste temperaturer mars-september 2011. |
| Driftstid / utenfor driftstid           | t/uke                | 77 / 91    | 77 / 91    | Åpningstidene (Ringeriksbadet, 2011)                                                                                                                |
| Maksimal kapasitet varmebatteri         | W/m <sup>2</sup>     | 112,9      | 112,9      | Luftinngangstemperatur på 30 °C (Menerga, 2010b)                                                                                                    |
| $\Delta T$ vannbårent varmebatteri      |                      | 20         | 20         | (Menerga, 2010b)                                                                                                                                    |
| Spesifikk pumpeeffekt                   | kW/(L/s)             | 0,50       | 0,50       | Standardverdi (Programbyggerne, 2010)                                                                                                               |
| Maksimal kapasitet kjølebatteri         | W/m <sup>2</sup>     | 0          | 0          | Aggregatet har ikke kjølebatteri (Risberg, 2011b)                                                                                                   |
| $\Delta T$ vannbårent kjølebatteri      | K                    | 0          | 0          | Aggregatet har ikke kjølebatteri (Risberg, 2011b)                                                                                                   |
| Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner |                      | 0,78       | 0,78       | (Risberg, 2011b)                                                                                                                                    |

Tabell D.3 gir en oversikt over ventilasjonsaggregatene for tørr sone.

Tabell D.3. Spesifisering av ventilasjonsaggregat tørr sone.

|                                         | Enhet                | Aggregat 3<br>Garderobe | Aggregat 4<br>Kantineavdeling | Aggregat 5<br>Teknisk rom | Referanse                                                                                           |
|-----------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tilluft i driftstiden                   | m <sup>3</sup> /h    | 4310                    | 5770                          | 4450                      | Teknisk dokumentasjon av installerte aggregater på Ringeriksbadet                                   |
| Tilluft utenfor driftstiden             | m <sup>3</sup> /h    | 0                       | 0                             | 0                         | (Øverby, 2011)                                                                                      |
| Avtrekk i driftstiden                   | m <sup>3</sup> /h    | 3450                    | 2700                          | 4200                      | Teknisk dokumentasjon av installerte aggregater på Ringeriksbadet                                   |
| Avtrekk utenfor driftstiden             | m <sup>3</sup> /h    | 0                       | 0                             | 0                         | (Øverby, 2011)                                                                                      |
| SFP-faktor vifter                       | kW/m <sup>3</sup> /s | 2,04                    | 1,87                          | 1,83                      | $SFP = \frac{\Sigma P}{v}$ Teknisk dokumentasjon av installerte aggregater på Ringeriksbadet        |
| Tilluftstemperatur                      | °C                   | 22                      | 15                            | 19                        | (Øverli, 2011b)                                                                                     |
| Driftstid / utenfor driftstid           | t/uke                | 84 / 84                 | 84 / 84                       | 84 / 84                   | Åpningstidene (Ringeriksbadet, 2011), i tillegg til 0,5 timer før åpning og 0,5 timer etter åpning. |
| Maksimal kapasitet varmebatteri         | W/m <sup>2</sup>     | 30,1                    | 46,4                          | 19,6                      | Teknisk dokumentasjon av installerte aggregater på Ringeriksbadet                                   |
| $\Delta T$ vannbårent varmebatteri      |                      | 20                      | 20                            | 20                        | Teknisk dokumentasjon av installerte aggregater på Ringeriksbadet                                   |
| Spesifikk pumpeeffekt                   | kW/(L/s)             | 0,50                    | 0,50                          | 0,50                      | Standardverdi (Programbyggerne, 2010)                                                               |
| Maksimal kapasitet kjølebatteri         | W/m <sup>2</sup>     | 0                       | 0                             | 0                         | Aggregatet har ikke kjølebatteri                                                                    |
| $\Delta T$ vannbårent kjølebatteri      | K                    | 0                       | 0                             | 0                         | Aggregatet har ikke kjølebatteri                                                                    |
| Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner |                      | 0,70                    | 0,638                         | 0,691                     | Teknisk dokumentasjon av installerte aggregater på Ringeriksbadet                                   |

## D.2 Referanser

**Aas, B. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom overingeniør på NTNU (SLAT) og forfatteren.*

**Amundsen, D. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom senioringeniør i EM Teknikk og forfatteren.* 1. november.

**Eian, P. (2011).** *Mottatt materiale og personlig korrespondanse mellom seksjonsleder Inneklima og bygningsfysikk i Norconsult (veileder) og forfatteren.*

**Menerga. (2010b).** *ThermoCond.* Hentet 14. september, 2011 fra <http://www.menerga.no/Prospekter/Serie%2044.pdf>

**Mogensen, H. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom seniorrådgiver for Tekniske systemer i Norconsult og forfatteren.* 20. oktober.

**Programbyggerne. (2010).** SIMIEN. [www.programbyggerne.no](http://www.programbyggerne.no) (dataprogram).

**Ringeriksbadet. (2011).** *Ringeriksbadet.* Hentet 12. oktober, 2011 fra <http://www.ringeriksbadet.no/>

**Risberg, M. (2011a).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Menerga og forfatteren.* 13. oktober.

**Risberg, M. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom representant for Menerga og forfatteren.* 21. november.

**Standard Norge. (2007).** *NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data.*

**Statens Bygningstekniske Etat. (2010).** *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK 10).* Kommunal- og regionaldepartementet.

**Termografi og Måleteknikk AS. (2011).** *Hentet fra FDV-dokumentasjon for Ringeriksbadet.* 03. november.

**Øverby, M. (2011).** *Personlig korrespondanse mellom VVS-tekniker på Bryn Byggklima og forfatteren.* 25. oktober.

**Øverli. (2011b).** *Personlig korrespondanse mellom stedlig leder og forfatteren under befaring på Ringeriksbadet.* 13. september.



# **MASTEROPPGAVE**

**(TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave)**

HØST 2011  
for  
**Hilde Drolsum Røkenes**

Betraktninger rundt svømmehallers energieffektivitet

Considerations on the energy efficiency in indoor swimming pools

## **BAKGRUNN**

Det bygges stadig nye svømmehaller og i Norge. Svømmehaller skiller seg sterkt fra de fleste andre bygninger gjennom betydelig høyere innetemperatur, store vannflater med stor avdamping, betydelig forbruk av varmt vann og tilnærmet konstante forhold døgnet rundt i alle årets dager.

Det er lett å forestille seg at svømmehaller kan ha et svært høyt energiforbruk, men dagens tekniske forskrifter (TEK) inneholder ingen særregler for svømmehaller, verken knyttet til energiltak eller til rammekrav. Forskriftene inneholder heller ingen krav til gjenvinning av varmen i luftens vanndamp og varmt forbruksvann.

I de fleste svømmehallsprosjekter blir økonomien presset, og løsninger som ligger utenfor kravene i TEK blir typisk sløffet selv om tiltakene fremstår som både fornuftige og totaløkonomisk sett gunstige.

Det er nærliggende å spørre om det bør utformes egne særregler for svømmehallers energieffektivitet.

## **OPPGAVE**

### **Beskrivelse av oppgaven**

Oppgaven skal beskrive energiflyten i en typisk større svømmehall hvor alle relevante energiforhold knyttet til bygningsmessige og tekniske forhold beskrives. Det skal pekes på forskjellene i forhold til boliger og næringsbygg.

Oppgaven skal konkret ta utgangspunkt i tre nyere svømmeanlegg: Risenga bad (ferdigstilt 2007), Drammensbadet (ferdigstilt i 2008) og Ringeriksbadet (ferdigstilt 2010).

Det skal innhentes opplysninger om hvordan svømmehallene i de aktuelle casene har blitt løst med tanke på energibruk. Så langt det lar seg gjøre skal det fremskaffes data om energiforbruk fra driften av de utvalgte svømmehallene, og tallene skal sammenlignes med andre tilgjengelige data fra svømmehaller.

Det skal utføres beregninger med bruk av SIMIEN for Ringeriksbadet, som skal fungere som referansecase for å se på effekten av ulike tiltak ut over kravene i TEK.

### **Målsetting og hensikt**

Målsettingen for oppgaven er å underbygge et eventuelt behov for særregler knyttet til svømmehaller, samt komme med forslag til hva slike særregler skal omfatte. Det skal som en del av dette sees på om det bør være krav knyttet til teknisk utstyr og varmegjenvinningssystemer som anvendes i svømmehaller og som ikke er aktuelt i boliger og kontorbygg.

## GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med veileder og faglærer ved instituttet (samt med ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt).

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside <http://www.ntnu.no/selvhjelpspakken/ppt-dokmaler/Masteroppgave/>
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk, innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger
- oppgaveteksten (signert)
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummer)
- Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

### Hva skal innleveres?

- Besvarelsen i original (uinnbundet)
- To innbundne kopier
- Eventuelt: X avtalte tilleggskopier for formidling til ekstern samarbeidspartner (dekkes av instituttet eller ekstern partner)
- CD med besvarelsen i **digital form** i pdf-format eller word-format med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel)
- En kortfattet (tilsv. 1-2 A4-sider inkl. evt. illustrasjoner) populærvitenskapelig oppsummering av arbeidet, på html-mal gitt av instituttet, beregnet for publisering på internettet.

Oppsummeringen bør redegjøre for hensikten med arbeidet og for gjennomføringen og de vesentligste resultater og konklusjoner av arbeidet. Mal finnes på:

<http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjennelse fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.**  
Beskrives her når dette er aktuelt.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaringsfeltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter **4. august 2011**.

Besvarelsen i original (uinnbundet) og to innbundne kopier, samt besvarelsen i digital form skal leveres innen **22. desember 2011 kl. 1500**.

**Faglærer ved instituttet:** Arvid Dalehaug

**Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Pål Kjetil Eian  
(Norconsult) og Bjørn Aas (NTNU SIAT)

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 04.08.2011

Underskrift  
Faglærer

