



SH06261

Mastergradsoppgave i teknologi

Kartlegging av inneklima og tekniske løsninger i uoppvarmede soner i bygninger. Valg av energi- og kostnadseffektive tekniske løsninger

(Investigation of indoor climate and technical systems for non-heated zones in buildings.
Assesment of energy and cost effective technical solutions.)

Forfatter

Øyvind Olsen Lødemel

Måned, år

Mai, 2017



Forord

Denne oppgaven er utarbeidet i forbindelse med min masterutdannelse ved UiT- Norges arktiske universitet campus Narvik våren 2017.

Først vil jeg takke Trond S. Ulriksen og Rein Kristian Raaholdt ved Multiconsult Oslo som i en travel arbeidshverdag har funnet tid til å hjelpe meg med informasjon og delt av sin erfaring. Det har vært lærerikt og til tider en tidkrevende prosess. I denne tiden har jeg også fått lånt kontor fra januar til mai ved Multiconsult som har gjort at jeg har fått jobbet strukturert. Jeg vil også takke Bjørn Reidar Sørensen ved UiT – campus Narvik for veiledning av oppgaven.

<p><i>Tittel:</i> Kartlegging av inneklima og tekniske løsninger i uoppvarmede soner i bygninger. Valg av energi- og kostnadseffektive tekniske løsninger. (Investigation of indoor climate and technical systems for non-heated zones in buildings. Assessment of energy and cost effective technical solutions.)</p>		<p><i>Dato:</i> 15.05.2017</p>
		<p><i>Gradering:</i> (Åpen/Fortrolig) Åpen</p>
<p><i>Forfatter:</i> Øyvind Olsen Lødemel</p>		<p><i>Antall sider:</i> 46</p>
		<p><i>Vedlegg:</i> 176</p>
<p><i>Fakultet:</i> Ingeniørvitenskap og teknologi</p>	<p><i>Institutt:</i> Bygg, energi og materialteknologi - Master Integrert bygningsteknologi</p>	
<p><i>Veileder:</i> Bjørn Reidar Sørensen</p>		
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Multiconsult Oslo</p>	<p><i>Oppdragsgiver kontaktperson:</i> Trond Schult Ulriksen</p>	

Sammendrag:

I denne masteroppgaven har det vært kartlagt energibruk og inneklime i uoppvarmede soner. Det er redegjort for forskriftskrav og anbefalinger om hvilke tiltak en kan sette inn for å redusere kostnadene til energibruk. Oppgaven er avgrenset til å gjelde parkeringskjellere og lagerarealer.

Byggetekniske løsninger for parkeringskjellere stiller krav om isolasjon mot oppvarmede arealer, mens det mot uoppvarmede rom er ikke dette noe krav. Det blir allikevel anbefalt å isolere mellom uoppvarmet og det fri for å holde et definert inneklime.

Byggetekniske anbefalinger kommer frem i oppgaven ved oppbygning og valg av U-verdi for bygningsdelene. Det kommer i tillegg systemløsninger for tekniske anlegg avhengig av temperaturen i uoppvarmede soner.

U-verdi, oppbygning og tekniske anlegg for Sørengstrand og Multiconsults parkeringskjeller er beskrevet i oppgaven.

Temperaturmålinger har blitt brukt for å definere inneklime i parkeringskjellere. Dette er satt opp imot teknisk forskrift for å se hvilken U-verdi det kreves mellom oppvarmet areal og parkeringskjelleren.

Ekvivalent U-verdi for bygningsdeler i parkeringskjeller er beregnet ved bruk av NS 3031, NS-EN ISO 13370 og NS-EN ISO 13789. Den ekvivalente U-verdien er sett i forhold til minimumskravet fra Teknisk Forskrift.

Energisimulering er beregnet i Simien for å finne ut hvilke tiltak som er lønnsomt å gjøre i parkeringskjelleren. Oppgaven trekker frem 2 mulige tiltak for å redusere energibruk i parkeringskjeller.

Abstract:

In this master thesis, energy use and indoor climate have been mapped in unheated zones. It is explained regulations and recommendations on which measures can be taken to reduce the cost of energy use. The report is limited to parking basements and storage areas.

Building technological solutions for parking basements requires isolation for heated areas, whereas this is not a requirement for unheated areas. However, it is recommended to insulate between unheated and outside to keep a defined indoor climate.

Building technical recommendations appear in the task by the structure and choice of U-value for building components. There are also system solutions for technical installations depending on the temperature in unheated zones.

U-value, building structure and technical installations for Sørengstranda's and Multiconsult's parking basements are described in the assignment.

Temperature measurements have been used to defined the indoor climate in parking basements. This is opposed to technical regulations(TEK10) to see what U-value is required between heated areas and parking basements.

Equivalent U-value for building components in parking basements is calculated using NS 3031, NS-EN ISO 13370 and NS-EN ISO 13789. The equivalent U-value is set in relation to the minimum requirement from technical regulations (TEK10).

Energy simulations has been used in Simien to determine which measures are profitable for the parking basements. The report draws two possible measures that could reduce the energy use.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	1
1.1	Aktualisering.....	1
1.2	Problemstilling.....	1
1.3	Avgrensning	2
2	Teoretisk Grunnlag.....	2
2.1	Parkeringskjeller	2
2.2	Teknisk Forskrift og NS 3031.....	3
2.3	Bygningsdeler.....	6
2.3.1	Etasjeskiller	6
2.3.2	Bygningsdeler under terreng	8
2.3.3	Innervegger	12
2.3.4	Tak.....	14
2.4	Tekniske Anlegg	16
3	Metode.....	18
3.1	Måling/logging av temperatur.....	18
3.2	Bestemmelse av areal og volum i uoppvarmede soner.....	19
3.3	U-verdi og Varmetap i bygningsdeler	19
3.4	Ventilasjons- og infiltrasjonsvarmetap	20
3.5	Ekvivalent U-verdier og varmetapsfaktor.....	20
3.6	Temperaturberegning.....	22
3.7	Mulige Tiltak	22
4	Valgte Parkeringskjellere.....	23
4.1	Sørengstranda D1-a	23
4.1.1	Beskrivelse.....	23
4.1.2	Bygningsdeler i parkeringskjeller	23
4.1.3	Tekniske Installasjoner.....	24
4.2	Multiconsults Parkeringskjeller	24
4.2.1	Beskrivelse.....	24
4.2.2	Bygningsdeler i parkeringskjeller	24
4.2.3	Tekniske Installasjoner.....	25
5	Resultater.....	26
5.1	U-verdi bestemmelse iht. TEK10	26
5.2	Sørengstranda D1-a	28

5.2.1	Bestemmelse av ekvivalent U-verdi for gulv og vegg under grunn:.....	28
5.2.2	Temperatur i parkeringskjeller:.....	32
5.2.3	Mulige tiltak.....	35
5.3	Multiconsults Parkeringskjeller, Nedre Skøyen Vei 2	36
5.3.1	Bestemmelse av ekvivalent U-verdi for gulv og vegg under grunn:.....	36
5.3.2	Temperatur i parkeringskjeller:.....	39
5.3.3	Mulige tiltak.....	42
6	Konklusjon.....	43
7	Videre Arbeid.....	44
8	Referanser.....	45
9	Vedlegg.....	46

Tabell-liste

Tabell 1: Minimumshøyder for parkeringsanlegg.....	3
Tabell 2: Minimumskrav	5
Tabell 3: Minimumskrav U-verdier Tek 97	5
Tabell 4 U-verdi for etasjeskiller	7
Tabell 5: Beregnet ekvivalent U-verdi for gulv på grunn, NS-EN ISO 13370	10
Tabell 6: U-verdi for Yttervegg mot grunn	12
Tabell 7: U-verdi for Lettklinkerblokk	13
Tabell 8: U-verdi Leca Isoblokk.....	13
Tabell 9: U-verdi Tak.....	14
Tabell 10: Krav til belysning.....	16
Tabell 11: Konfigurering av Kistock KH210	19
Tabell 12 - Veiledende varmetapsfaktor for vanlig uoppvarmede soner.....	21
Tabell 13: Bygningsdeler for Parkeringskjeller: Sørengstranda D1a.....	23
Tabell 14: Bygningsdeler i Multiconsult Parkeringskjeller	24
Tabell 15: U-verdi for bygningsdeler mellom oppvarmede og delvis oppvarmede/uoppvarmede arealer.....	27
Tabell 16: U-verdi for bygningsdeler i delvis oppvarmede rom	27
Tabell 17: Beregnet U-verdi NS-EN ISO 13370 D1a Parkeringskjeller.....	28
Tabell 18: Beregnet lekkasjetall for D1a Parkeringskjeller.....	28
Tabell 19: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi, NS-EN ISO 13370	29
Tabell 20: Varmetap i parkeringskjeller D1a- ISO 13789	30
Tabell 21: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi, NS-EN ISO 13789.....	31
Tabell 22: Årssimulering i Simien av Sørengstranda med tiltak.....	35
Tabell 23: Beregnet U-verdi Multiconsult parkeringskjeller, ISO 13370	36
Tabell 24: Lekkasjetall Multiconsult parkeringskjeller, ISO 13789.....	36
Tabell 25: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi Multiconsult Parkeringskjeller, ISO13370.....	37
Tabell 26: Varmetap i Multiconsults parkeringskjeller, ISO13789.....	38
Tabell 27: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi, ISO13789	39
Tabell 28 Energikartlegging Multiconsult Parkeringskjeller.....	42
Tabell 29: Varmetapsfaktor for parkeringskjellere iht. standardene	43

Figurliste

Figur 1 Etasjeskiller med isolasjon i overkant	Figur 2 Etasjeskiller med isolasjon i underkant	6
Figur 3: Betonggulv med varmeisolasjon	Figur 4: Betonggulv med løs lettklinker	9
Figur 5: Uisolert betonggulv		9
Figur 6: Kjellervegg med utvendig isolering		11
Figur 7: Innervegg av lettklinkerblokk		13
Figur 8: Leca Isoblokk (Leca, u.d.)		13
Figur 9: Kondensisolert tak		15
Figur 10: Slitelag av betong på membran av asfalt takbelegg		15
Figur 11: Omvendt tak med membran av takfolie, og slitelag av betong		16
Figur 12: Snitt-tegning av bygningsdeler som grenser mot oppvarmet, uoppvarmet, fri eller grunn		26
Figur 13 Snitt-tegning av bygningsdeler som grenser mot oppvarmet, delvis oppvarmet, fri eller grunn		26
Figur 14: Snitt-tegning over varmetapene i D1a's parkeringskjeller		30
Figur 15: Dimensjonerende verdier for D1a, simien vintersimulering		32
Figur 16: Temperaturforløp i D1a-2t		33
Figur 17: Temperatur i parkeringskjeller på Sørengstranda D1-a		34
Figur 18: Snitt-tegning over varmetap i Multiconsults parkeringskjeller		38
Figur 19: Dimensjonerende verdier Multiconsult parkeringskjeller, Simien		39
Figur 20: Temperaturforløp i parkeringskjeller		40
Figur 21: Beregnet og målt temperaturforløp i Multiconsult Parkeringskjeller		41

1 Introduksjon

1.1 Aktualisering

De fleste større bygninger som bygges i dag har en del uoppvarmede eller ikke fullt oppvarmede arealer, for eksempel parkeringskjellere og tekniske rom. Som regel betraktes slike rom som uoppvarmede soner og medregnes ikke som en del av bygningers oppvarmede bruksareal (BRA). Samtidig er det ofte ønskelig fra byggeier/-bruker å opprettholde et definert inneklime i disse sonene. Dette kombinert med de senere årenes skjerpede energikrav legger føringer for valg og utforming av blant annet varmeisoleringer og tekniske anlegg i slike soner.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen i denne oppgaven vil være følgende:

Kartlegging av inneklime og tekniske løsninger i uoppvarmede soner i bygninger. Valg av energi- og kostnadseffektive tekniske løsninger.

For å kunne besvare problemstillingen vil oppgaven kartlegge inneklime og byggtekniske løsninger i uoppvarmede soner i bygninger. Det vil herunder bli sett på valg av tekniske løsninger som er energi- og kostnadseffektive. Dette vil bli gjort som et casestudie hvor det har blitt sett på erfaringer fra tidligere byggeprosjekter i driftsfasen. Ved å se på hvilken effekt valgene i prosjekterings- og byggefasen har på inneklime vil man kunne trekke konklusjoner som vil være til hjelp ved fremtidige bygningsprosjekter.

I oppgaven vil det ses på parkeringskjellere i ulike bygninger med tanke på temperatur og energikrav. Hvis en følger dagens TEK10 med henhold til minimumskrav til U-verdi vil dette føre til en stor isolasjonstykkelse i skillekonstruksjon mellom oppvarmet og uoppvarmet som igjen blant annet kan medføre lav takhøyde i parkeringskjelleren. En ønsker med dette å finne ut om en kan redusere isolasjonstykkelsen og øke U-verdien til etasjeskiller mellom uoppvarmet og oppvarmet rom samtidig som en bevarer energikravene og et opprettholder det ønskede inneklime. Oppgaven vil også se på hvordan varmetransport og U-verdi for bygningsdelene mellom uoppvarmet rom og det fri påvirkes.

Resultatene fra undersøkelsene om hvordan inneklime og energibruk påvirkes i driftsfasen vil forhåpentligvis kunne gi en pekepinn på hvilke valg som bør gjøres i prosjekterings- og byggefasen for andre byggeprosjekter. Dette kan da være i form av en standardisert tabell.

1.3 Avgrensning

Denne oppgaven vil ikke drøfte detaljprosjektering av byggetekniske løsninger eller systemløsninger. Kartlegging og vurdering av prinsipper for slike løsninger vil likevel være en del av besvarelsen. Det blir sett på to byggeprosjekter i driftsfasen, hvor det skal begrenses til temperaturmålinger og eventuelt måling av relativ luftfuktighet i uoppvarmede soner (parkeringskjellere). Kravene i byggeteknisk forskrift (TEK10) kapittel 14: Energi legges til grunn for kartleggingen, samt beregningsreglene som NS3031, NS-EN ISO 13789 og NS-EN ISO 13370 brukes for å verifisere at man er innenfor kravene. Kostnads- og energieffektive byggetekniske løsninger skal foreslås for uoppvarmede rom utfra målinger, beregninger og analyser. Disse vurderes opp mot dagens forskriftskrav. Digitalt verktøy som Simien og Excel er blitt brukt som en del av besvarelsen.

2 Teoretisk Grunnlag

2.1 Parkeringskjeller

Ved prosjektering av bygninger blir det hensyntatt en rekke elementer, hvorav romtemperatur er viktig. Parkeringskjellere blir som regel ikke prosjektert likt som bygget ellers når det gjelder romtemperatur. I tillegg er det sjeldent et eget oppvarmingssystem i parkeringskjellere. Temperaturen i parkeringskjeller er det som ønskelig å holde over frostfritt nivå. Et alternativ som blir brukt i en del parkeringskjellere er å benytte avkastluften fra oppvarmede rom som gratis varme før luften blir sluppet ut i det fri. Temperaturen i en parkeringskjeller vil også avhenge av driftsforholdene og installasjoner for øvrig. Ved prosjektering av bygningen vil det avgjøres hvorvidt parkeringskjelleren skal defineres som oppvarmet, delvis oppvarmet eller uoppvarmet areal. Hvis parkeringskjelleren blir sett på som uoppvarmet areal vil det ligge utenfor den fullisolerte klimaskjermen og omfattes ikke av energikrav i TEK. Dette vil kreve isolasjon i dekke mellom parkeringskjeller og bygget ellers. (Tor Helge Dokka, 2013)

For at en parkeringskjeller skal oppfylle kravene til innemiljø er det nødvendig med tilfredsstillende ventilasjon. Dette for å kunne forhindre eksosgasser i å trenge inn på andre områder i bygget. På samme måte forebygger god ventilasjon i parkeringskjeller radongass i bygget. Det vil derfor være ønskelig å ha undertrykk i rommet slik at forurensningene ikke forekommer andre steder i bygningen. Det anbefales mekanisk avtrekk på $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ved parkering over lang tid, mens ved kort tid blir det anbefalt $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Det er herunder viktig å være oppmerksom på at luft til parkeringskjellere kan være kald dersom varmen fra tilluften har blitt gjenvunnet tidligere for oppvarming av andre lokaler. I enkelte tilfeller er det slik at de bruker et eget ventilasjonsanlegg med varmebatteri til å varme opp parkeringskjelleren for å oppnå en viss temperatur.

I en parkeringskjeller som har temperatur over frostfritt nivå er det nødvendig å fjerne fuktigheten som kommer fra smelting eller opptørking. For å fjerne fuktigheten er det nødvendig å installere sluk uavhengig om det er med eller uten fall for bortledning av

spylevann. Andre aktuelle tiltak man kan prosjektere for i tillegg kan være bruk av avfukter for luft og oppsuging av vann. (Sintef Byggforsk, 1997)

Det er forskjellige krav til innvendig høyde i parkeringskjeller avhengig av funksjonen parkeringskjelleren har blitt prosjektert for. I Tabell 1 kan vi se minimumshøyder for parkeringsanlegg avhengig av bruken.

Tabell 1: Minimumshøyder for parkeringsanlegg

	Minimum Fri Høyde [m]
Under åpen port	2,1 m
Parkeringskjeller - personbiler	2,3 m
Stor Parkeringskjeller – maxi taxi/store biler	2,6 m
Varemottak	4,5 m

Parkeringsanlegg har krav om tiltak for brannsikkerhet som brannvarslere, brannslukkingsapparater, vanntilkobling for brannslanger og sprinkleranlegg i henhold til lokale regler. (Sintef Byggforsk, 2015)

2.2 Teknisk Forskrift og NS 3031

For at en skal kunne lovlig oppføre en bygning i Norge er det krav om at den må bygges i henhold til byggeteknisk forskrift. Kravene som settes av byggeforskriftene når det gjelder bygningers energibruk, er at de skal ivareta samfunnet med tanke på ressursene og miljøet en har. Energikravene i forskriftene oppdateres når det er innført skjerpede krav til energieffektivitet i nye bygninger. Utførelse av byggverk skal i henhold til generelt funksjonskrav ha et lavt energibehov og økt energieffektivitet. I nyeste teknisk forskrift blir det henvist i veiledningen at energibehov til romoppvarming og varmtvann bør dekkes med enn annen energiforsyning enn elektrisitet og at bruk av fossile brensler ikke er tillatt.

I henhold til Teknisk Forskrift § 14-1 om generelle krav skrives det:

(2) Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).

(4) For bygning eller del av bygning som skal holde lav innetemperatur, gjelder ikke energikravene dersom energibehovet holdes på et forsvarlig nivå.

I veiledningen til punkt 2 blir det forklart at den oppvarmede delen av bruksarealet er innenfor klimaskjermen til bygningen og henvises til videre definisjon i Norsk Standard 3031:2014. Det blir foreslått alternativer i NS3031:2014 for hvordan en skal ta hensyn til uoppvarmede eller delvis oppvarmede areal innenfor bygningens klimaskille. I NS3031 blir uoppvarmede eller delvis oppvarmede arealer definert som boder, garasje, uinnredet kjeller og lignende. Arealet for uoppvarmede og delvis oppvarmede rom kan bestemmes etter følgende regler:

Dersom arealet tas med som oppvarmet del av BRA, skal rommet regnes å ha samme temperatur som tilliggende oppvarmede rom. Settpunkt-temperatur etter tabell A.3 skal brukes når beregningen skal benyttes som kontroll mot offentlige krav.

Dersom arealet i uoppvarmede eller delvis oppvarmede arealer ikke tas med i oppvarmet del av BRA, kan rommets varmemotstand tas med i beregningen av varmetapet for konstruksjonene som grenser mot rommet. Varmetapet beregnes da som gitt i 6.1.1.1.2.

I veiledningen punkt 4 gjelder dette for oppvarmede bygninger hvor tilsiktet temperatur er under 15 °C om vinteren. Som eksempel på dette lister veiledningen lagerhaller, idrettsbygninger, lokaler for fysisk arbeid, skipsverft, fiskeforedlingsbedrifter, slakterilokaler, sagbruks- og høvleribedrifter. Det står også i veiledningen at:

Det aktuelle arealet (bygningen eller en del av bygningen) som skal holde lav temperatur, skal innrettes slik at transmisjonsvarmetapet ved aktuell innetemperatur ikke blir større enn det som tillates i en fullt oppvarmet og fullisolert bygning, jf. §§ 14-2 og 14-3. Isolasjonsstandarden kan i slike tilfeller bestemmes ved en enkel beregning som omfatter U-verdier og temperaturdifferanser.

Beregning av gjennomsnittlig U-verdi skal gjøres for de forskjellige bygningsdelene som vegger, tak, gulv, vindu, dør og glass. Dette er et krav som gjelder hele kapittelet i Teknisk forskrift inkludert minimumskravene i § 14-3 første ledd. Seneste utgaven av TEK10 ble oppdatert i 2015/2016.

I veiledningen blir det henvist videre til å bruke beregninger og faste standardiserte verdier som beskrevet i NS3031:2014. Beregningen skal vise at total netto energibehov er innenfor energirammen for den aktuelle bygningskategorien oppgitt i kWh/m² oppvarmet BRA per år. I kontrollberegningen skal alle energipostene som er knyttet til normal drift av bygget inkluderes.

I byggeteknisk forskrift er det et krav at man skal dokumentere energieffektivitet, dersom en ikke følger kravene direkte fra §14-2. Derfor sier forskriftene at det er mulig å tilfredsstille kravene for energirammer ved to metoder. Felles for disse metodene er at de ikke må overskride minimumskravet i §14-3,

Første metoden som er beskrevet er Energiltak eller energikravmetoden. I denne metoden er det ikke nødvendig å tilfredsstille alle kravene i §14-2 punkt 2, så lenge det samlede varmebehovet ikke øker og at dette kan dokumenteres. Dette tilsier at man gjør et teknisk bytte og at det ikke går utover minstekravene i §14-2. Denne metoden gjelder bare for bygningskategorien som boligblokk og småhus.

Den andre metoden som omhandler energirammen stiller krav til totalresultatet. Bygningen er innenfor forskriftene så lenge energibehovet ikke overskrider verdiene som er angitt på tabellen som er presentert i §14-2. Denne metoden gir stor fleksibilitet med tanke på valg av ulike løsninger. Energirammen omfatter alle former for energi som romoppvarming, varmt vann og elektrisitet/strøm til diverse andre utstyr osv. (Espedal, 2012)

Når det gjelder bygningsdelene er det slik at de må oppfylle § 14-3, det vil si minimumskravene for å oppnå en viss energieffektivitet som vist i

Tabell 2. Disse kravene er gjeldende for oppvarmet BRA.

Tabell 2: Minimumskrav

Minstekrav Teknisk Forskrift	TEK10
U-verdi Yttervegg	$\leq 0,22$
U-verdi Tak	$\leq 0,18$
U-verdi gulv på grunn og mot det fri	$\leq 0,18$
U-verdi vindu og dør inkl. karm/ramme	$\leq 1,2$
Lekkasjetall $v/50\text{Pa}$ trykkforskjell	$\leq 1,5$

Det er ikke mulig å fravike minimumskravene, men det er til gjengjeld fleksibilitet med tanke på varierende valg av U-verdi for bygningsdelene, så fremt netto energibehov overholdes. En tidligere versjon av teknisk forskrift fra 1997 hadde en tabell med valg av U-verdi innenfor en bestemt romtemperatur for arealet som vist i Tabell 3. Her er det i tillegg tatt med bygningsdel som gulv mot uoppvarmet rom. Denne er ikke lenger med i de nyere forskriftene. Tabell 3 er ikke gjeldende, men viser hvor enkelt en kan bestemme U-verdi for bygningsdelene avhengig av valgt romtemperatur. Derfor er det ønskelig å lage en liknende tabell hvor en kan spare eventuelt tid ved beregning av U-verdi.

Tabell 3: Minimumskrav U-verdier Tek 97

Bygningsdeler	U-verdi i $\text{W}(\text{m}^2\text{K})$ ved innetemperatur			
	$\geq 20\text{ }^\circ\text{C}$	15-20 $^\circ\text{C}$	10-15 $^\circ\text{C}$	0-10 $^\circ\text{C}$
Yttervegger	0,22	0,28	0,40	0,60
Tak, gulv på grunn og mot det fri	0,15	0,20	0,30	0,60
Gulv mot uoppvarmet rom	0,30	0,40	0,50	0,60
Vinduer, dører	1,60	2,00	2,50	3,00
Glassvegger og glasstak	2,00	2,00	3,00	3,00

Yttervegger i uoppvarmet kjeller kan ha $U \leq 0,80$.

2.3 Bygningsdeler

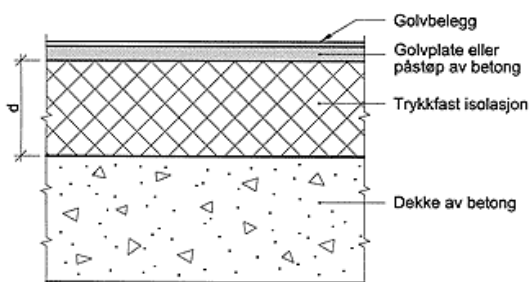
Om parkeringskjelleren blir definert som oppvarmet, delvis oppvarmet eller uoppvarmet areal legges dette til grunn for isolasjonskravene. Det stilles ikke energimessige krav til varmeisolering av ytterkonstruksjonene i et uoppvarmet areal. Men det kan være nødvendig bygningsfysisk. Hvis parkeringskjelleren er oppvarmet eller delvis oppvarmet stilles det krav til isolasjonsmengder for å hindre store energiutgifter for oppvarming. For å holde en parkeringskjeller over frostfritt temperaturnivå er man avhengig av å skape et klimaskille mot det fri og grunnen. Klimaskillene er definert som bygningsdeler og har sin oppgave å holde på varmen og stenge kulden ute. Klimaskillene kan også være mellom oppvarmet areal og parkeringskjeller i form av etasjeskiller eller innervegg.

Det vil i denne oppgaven bli sett på anbefalte U-verdier og oppbygning av bygningsdeler i parkeringskjellere i henhold til Sintef Byggforsk. Fokus i oppgaven vil være på etasjeskiller, yttervegger, innervegger, gulv på grunn og tak for uoppvarmede rom som parkeringskjellere.

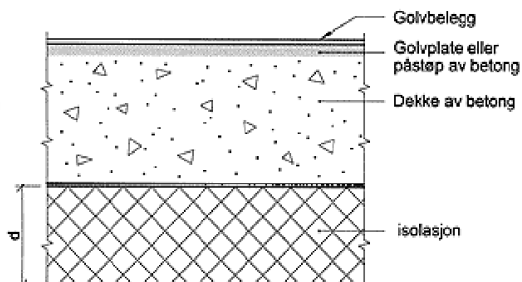
2.3.1 Etasjeskiller

Etasjeskiller er bygningsdelen som gir et skille mellom to etasjer. I enkelte tilfeller vil etasjeskillere fungere som et klimaskille mellom soner av ulik temperatur. Varmetransporten går fra varm til kald side og det er derfor nødvendig at etasjeskiller har en tilfredsstillende U-verdi.

I store bygg er bæresystemet oftest av stål og betong. Oppbygningen av etasjeskillere består som regel av betongdekke med mineralull eller polystyren som isolasjon. Valg av isolasjon i overkant eller underkant av etasjeskiller vil variere, men det blir anbefalt å ha isolasjonen i underkant på kald side. En av ulempene med å ha isolasjon i underkant er at en vil redusere fri høyde for parkeringskjelleren. Det er derfor meget viktig at isolasjonen ikke fører til at fri høyde havner under minstekravet for parkeringskjelleren. Tykkelsen på isolasjonen for etasjeskilleren vil variere avhengig av bruksområdene til rommene den er i mellom. (Sintef Byggforsk, 2003)



Figur 1 Etasjeskiller med isolasjon i overkant



Figur 2 Etasjeskiller med isolasjon i underkant

Tabell 4 viser hvordan Sintef Byggforsk har beregnet forskjellige U-verdier med tanke på isolasjonens varmekonduktivitet og tykkelse. Når det gjelder valg av isolasjonstykkelse i henhold til teknisk forskrift er kravet på U-verdi for gulv 0,18. Dette gjelder for fullt oppvarmet bygning mot utetemperatur eller grunn. Ut fra dette kan en se i tabellen at dette tilsvarer tykkelse på 180-200 mm isolasjon avhengig av konduktiviteten på isolasjonen. Ved valg av U-verdi for parkeringskjeller er det nødvendig å gjøre en beregning av transmisjonsvarmetap for etasjeskiller for å finne en ønsket U-verdi.

Tabell 4 U-verdi for etasjeskiller

Isolasjonstykkelse d	Isolasjonens konduktivitet, λ		
	W/(mK)		
mm	0,035	0,038	
50	0,57	0,61	
60	0,49	0,53	
80	0,38	0,41	
100	0,31	0,34	TEK97: Minstekrav: 0,30
120	0,27	0,29	Gulv mot uoppvarmet rom
130	0,25	0,27	
150	0,22	0,23	
160	0,20	0,22	
180	0,18	0,20	TEK10
200	0,17	0,18	Minimumskrav < 0,18
220	0,15	0,16	
230	0,15	0,16	

2.3.2 Bygningsdeler under terreng

Det blir anbefalt ved isolering av bygningsdeler under terreng å ta hensyn til at grunnen reduserer varmetap. Massene under terreng er bestemmende for varmemotstanden. Byggforsk (Sintef Byggforsk, 2007) henviser til beregning av U-verdi for disse bygningsdelene. Det er NS-EN ISO 13370:2007 som blir gjeldende for bestemmelse av ekvivalent U-verdi for bygningsdelene under grunn som gulv og yttervegg.

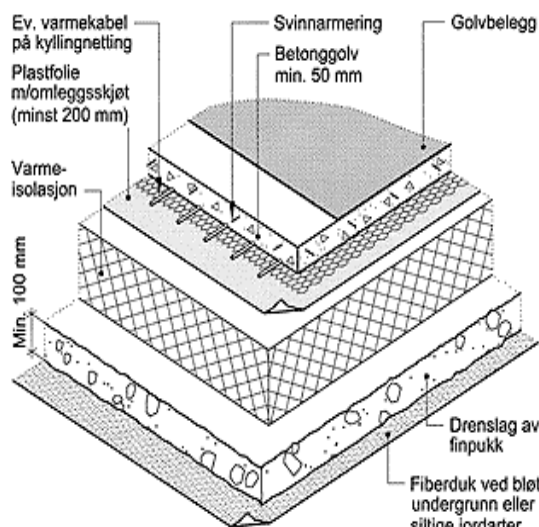
2.3.2.1 Gulv på grunn

Det er viktig å ta forhåndsregler om hva grunnen består av og hvor dypt gulvet skal ligge i grunnen før en velger oppbygningen av gulv på grunn. Legger man dekke ned til frostfri dybde vil det føre til mindre varmetap for gulv på grunn. I oppvarmede bygninger mot grunn er det et krav til varmeisolasjon, mens i et uoppvarmet rom er det ikke noe krav. Dette gjør man dersom kornfordelingsanalysen ikke påviser at jordmassene er telefarlige. Dersom grunnen er telefarlig, kan det fort bli fare for telehiv på grunn av frost i grunnen. Da må konstruksjonen telesikres i underkant med varmeisolasjonsmaterialer og telesikre masser. (Sintef Byggforsk, 2009)

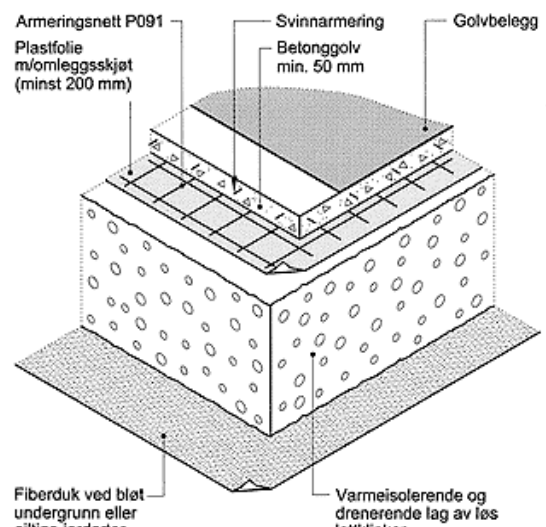
I større bygninger kan grunnen bli sett på som gulvisolasjon, siden grunnmassene under bygget blir varmet opp over tid. Det vil forekomme variasjon av varmetap fra grunnen pga. endrende fuktinnhold gjennom året eller er sammensatt av ulike sjikt med varierende termiske egenskaper. Det er derfor vanskelig å vurdere de fysiske og termiske egenskapene til grunnen, siden det oppstår noe variasjoner i klima og grunnforhold årlig, eller er stedsavhengige. Det kan uansett ta mange år før det er bygget opp et varmemagasin under gulvet. Derfor er det viktig at gulv mot grunnen er godt nok isolert, for ved feil vurdering kan det fort bli større varmetap enn forventet. For gulv på grunn er det viktig å drenere bort vannet og lede vannet bort fra bygningen med bruk av fall og sluk. Dette for å redusere fuktpåkjenningen mest mulig. Figur 6 under kapitlet for yttervegg under grunn viser dette. (Sintef Byggforsk, 2005)

Det kan gjøres en beregning i henhold til NS-EN ISO 13370 for å finne en ekvivalent U-verdi for gulv på grunn som deretter kan sammenlignes med minimumskravet i teknisk forskrift.

Hvordan oppbygningen av gulv gjøres på grunn vil variere avhengig av grunnforholdene. I Sintef Byggforsk har de beskrevet tre ulike oppbygninger av gulv på grunn. I Figur 3 vises det i underkant av betongdekket et kapillærbrytende lag som isolasjonsplater bestående av polystyren og trykkfast mineralull. Det kan legges et drenerende lag som pukkk i kornstørrelsesorden 4-16 mm under isolasjonen slik at en forhindrer vann- og fuktoppsamling. For at en skal være sikker på at vandamp ikke skal trenge seg inn legges det 0,2mm plastfolie mellom betongdekket og isolasjonen. Det er nødvendig å legge ut fiberduk i underkant av det drenerende laget dersom grunnen er bløt slik at det ikke fører til fuktproblemer. I Figur 3 har man erstattet isolasjonsplaten med løs lettklinker som i tillegg er fuktbeskyttet, drenerende og vil fungere som isolasjon.

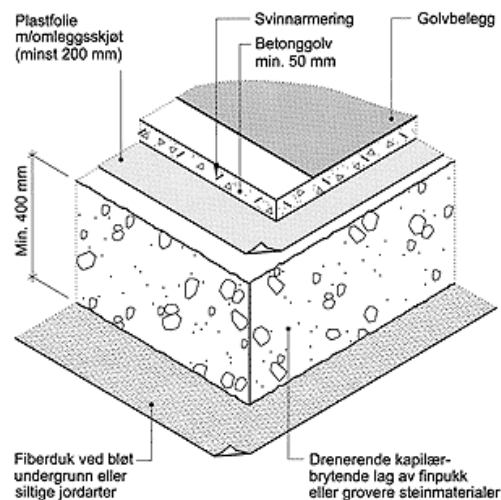


Figur 3: Betonggulv med varmeisolasjon



Figur 4: Betonggulv med løs lettklinker

Figur 5 viser oppbygningen av uisolert gulv på grunnen, i figuren kan man se at det legges steinfylling for å oppnå effektiv kapillærbryting. Det blir brukt samme løsning som de to tidligere nevnte figurene ved bruk av fiberduk og plastfolie.



Figur 5: Uisolert betonggulv

I Tabell 5 har det blitt gjort beregninger av U-verdi gulv på grunn i henhold til NS-EN ISO 13370, hvor kjelleren har et areal på 96 m² med omkrets på 40m. Denne beregningen er ment for småhus og boliger. I kontorbygg vil parkeringskjellere som regel ha vesentlig større areal og omkrets som fører til lavere ekvivalent U-verdi. Det har blitt brukt 150mm isolasjon i ytterveggene. Varmekonduktiviteten for isolasjonsmaterialet i gulv på grunn er 0,037 W/(mK). Her ser man fort at den ekvivalente U-verdien er innenfor minimumskravet til teknisk forskrift ved 150 mm isolasjon. Denne tabellen er ment for oppvarmede rom, i tillegg er U-verdien avhengig av faktorer som størrelsen på gulvet og dybden. For uoppvarmede rom vil det si at en kan gå ned på isolasjonstykkelsen eller at gulvisolasjon ikke trengs avhengig av grunnforholdene og hvor dypt grunnen er.

Tabell 5: Beregnet ekvivalent U-verdi for gulv på grunn, NS-EN ISO 13370

Dybde m	Isolasjonstykkelse i gulv (mm)			
	150	200	250	300
0,5	0,18	0,15	0,12	0,11
1,0	0,18	0,15	0,12	0,11
1,5	0,18	0,14	0,12	0,10
2,0	0,17	0,14	0,12	0,10
2,5	0,17	0,14	0,12	0,10
3,0	0,16	0,14	0,11	0,10
3,5	0,16	0,13	0,11	0,10
4,0	0,16	0,13	0,11	0,10

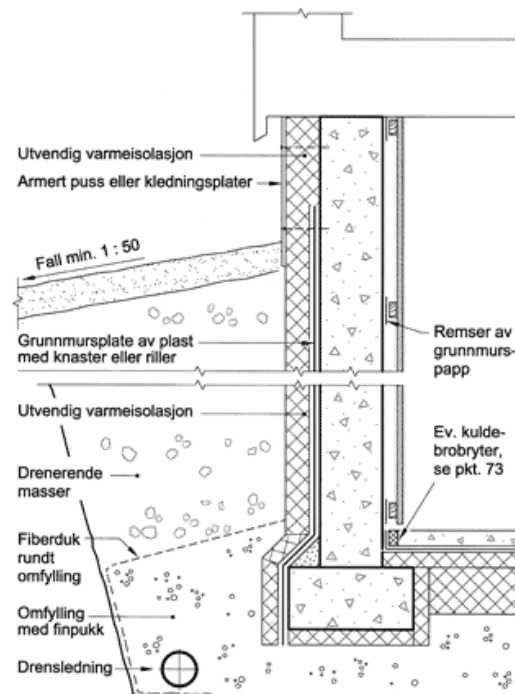
¹⁾ Verdiene er beregnet ved et gulvareal på 96 m², omkrets 40 m og en isolasjonstykkelse i yttervegg på 150 mm. I gulvet benyttes isolasjon med varmekonduktivitet $\lambda = 0,037$ W/(mK).

2.3.2.2 Yttervegg mot grunn

Ytterveggene vil følge av samme prinsipp som gulv på grunn, hvor grunnen vil spille en stor rolle på hvilken U-verdi en vil ende opp med. Ytterveggen består som oftest av betong og isolasjon, hvorav isolasjonen helst skal plasseres på kald side. Når bygget er plassert under grunnvannstand bør en benytte isolasjon med meget lavt fuktopptak som XPS-plater eller skumglass. En våt isolasjon vil ha en dårligere varmemotstand enn tørr isolasjon. Det anbefales 50mm tykt isolasjonslag for å unngå kondens i veggen i uoppvarmede rom uten energimessige krav. I oppvarmede rom med energikrav, må som oftest isolasjonstykkelsen være større.

Når det gjelder hvordan en skal bygge opp en kjellervegg mot grunn blir det presentert en del løsninger fra SINTEF byggforsk. Overflaten på ytterveggen under grunn må ha et vannavvisende og kapillærbrytende lag som hindrer at vannet suges opp av veggen. Fuktskader skal helst ikke forekomme, derfor bør all varmeisolasjon plasseres på kald og utvendig side. Masser med drenerende egenskaper må brukes dersom en har plassert EPS- og XPS- plater som utvendig isolasjon. Dette for å hindre at vann ikke blir stående for lenge mot veggen og skape et vanntrykk som igjen vil føre til fuktskader over tid. Et mulig alternativ er å bruke løs lettklinker masse i stedet for isolasjonsplater som utvendig isolasjon.

Figur 6 er hentet ut fra Byggforsk (Sintef Byggforsk, 2007) og viser til hva en bør passe på ved oppbygning av yttervegg mot grunn.



Figur 6: Kjellervegg med utvendig isolering

Det er gjort beregninger i Tabell 6 av U-verdi for yttervegger mot grunnen bestående av betong og utvendig isolasjonsplater. Her er isolasjonstykkelsen og tilbakefyllingshøyden variabler for å finne U-verdien. Enkelte av disse isolasjonsplatene har varierende varmemotstand avhengig av tykkelsen på platen. Det er forutsatt en høyde 2,5m på kjellerveggen med tilbakefylling av grus/pukk. Varmeisolasjonens konduktivitet er 0,037 W/(mK).

Tabell 6: U-verdi for Yttervegg mot grunn

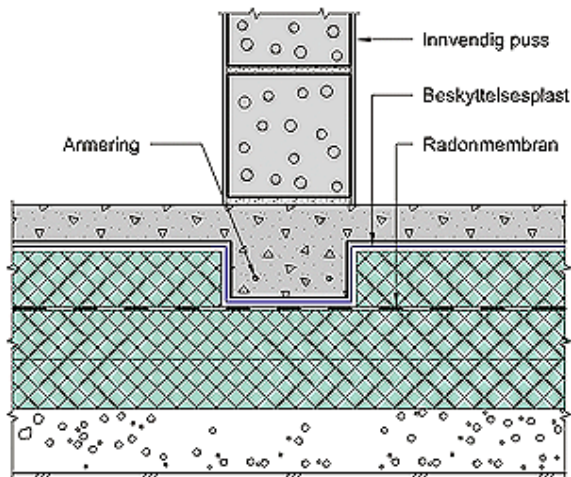
Isolasjonstykkelse mm	Tilbakefyllingshøyde (m)			
	0	1	1,5	2,2
50	0,64	0,58	0,52	0,45
100	0,35	0,33	0,30	0,25
150	0,24	0,23	0,22	0,20

2.3.3 Innervegger

I enkelte soner i bygget vil man ha en innvendig klimaskille ut fra gitte temperaturer i de ulike rommene. Krav om isolasjonstykkelse og U-verdi avhenger av type rom som grenser mot hverandre. Det er ikke noe krav til skillevegger i uoppvarmede soner, kun mot oppvarmede soner. Det anbefales å isolere mellom soner med vesentlig temperaturdifferanser. Et oppvarmet rom krever mer isolasjon enn et delvis oppvarmet rom, når det grenser til et uoppvarmet rom. Veggene blir sett på som yttervegg i henhold til teknisk forskrift og det antas en gjennomsnittstemperatur i det uoppvarmede rommet på 10 °C igjennom året. Basert på disse kriteriene vil det gi en U-verdi på 0,294.

I oppgaven blir det fokusert på innervegger bygd opp med lettklinkerblokker. Vanlig tykkelse på disse er enten 15 cm eller 20 cm med en høyde på 25 cm. For at dette skal brukes som skillevegg må det pusses eller slemmes på grunn av åpne porer i lettklinkerblokkene. Overflatebehandlingen vil forbedre de bygningsfysiske egenskapene innenfor lyd og brann for innerveggen. Når lettklinkerblokken pusses vil lydisolasjonsegenskapene øke i samsvar med flatemassen.

Som vist i Figur 7 (Sintef Byggforsk, 2013) under er oppbygningen av avstivende vegg som lettklinkerblokk mot gulv. Lettklinkerblokken i dette tilfellet er ikke tilleggisolert, men det har blitt påført innvendig puss. En kan også se på Tabell 7 U-verdien til lettklinkerblokken ved valgt tykkelse. Dette forutsetter at lettklinkerblokken er slemmet og pusset på begge sider.



Figur 7: Innevegg av lettklinkerblokk

Lettklinkerblokk	
Tykkelse	U-verdi
150	1,106
200	0,958
250	0,848
300	0,734

Tabell 7: U-verdi for Lettklinkerblokk

Leca Isoblokk kan bli brukt som yttervegg både over og under grunn. I dette eksempelet er Leca Isoblokk benyttet som et klimaskille i form av innevegg. Figur 8 viser oppbygningen av Leca Isoblokk med veiledende U-verdier i Tabell 8.



Figur 8: Leca Isoblokk (Leca, u.d.)

Leca Isoblokk	
Tykkelse	U-verdi
250	0,29
300	0,22
350	0,146

Tabell 8: U-verdi Leca Isoblokk

2.3.4 Tak

Områdene over parkeringskjeller varierer stort om hva de kan være benyttet til. I enkelte områder over parkeringskjellere vil det være fri ferdsel eller trafikk. Taket kan være i form av en slags terrasse eller uteområde for de i boligen eller så kan det være asfaltert vei. Ved prosjektering blir det sett på byggetekniske løsninger av takkonstruksjoner med terrasse og asfaltert vei i overkant. U-verdien for begge disse tilfellene vil være lik og vises i

Tabell 9. Takkonstruksjonen oppbygning for tabellen er for betongdekke med overliggende trykkfast isolasjon.

Tabell 9: U-verdi Tak

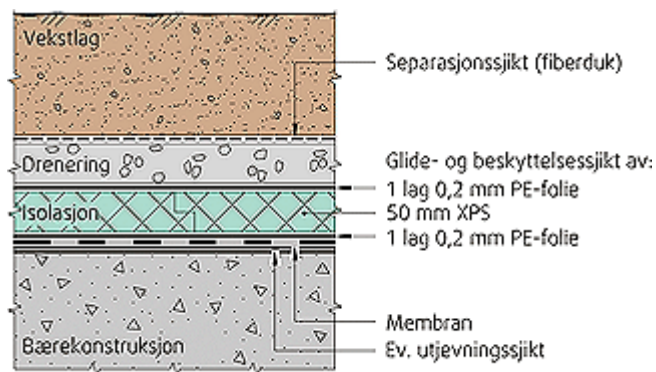
Isolasjons- tykk- else, d	Isolasjonens varmekonduktivitet, λ W/(mK)			
	0,034	0,035	0,036	0,038
Mm	0,034	0,035	0,036	0,038
50	0,58	0,60	0,61	0,64
60	0,50	0,51	0,52	0,55
70	0,44	0,45	0,46	0,48
80	0,39	0,40	0,41	0,43
100	0,32	0,33	0,34	0,35
120	0,27	0,28	0,29	0,30
130	0,25	0,26	0,27	0,28
150	0,22	0,23	0,23	0,25
160	0,21	0,22	0,22	0,23
180	0,19	0,19	0,20	0,21
200	0,17	0,18	0,18	0,19
220	0,16	0,16	0,17	0,17
230	0,15	0,16	0,16	0,17

» Korreksjon for hulldekker med 30–120 mm isolasjon:

– U-verdien kan reduseres med 0,01 W/(m²K)

2.3.4.1 Takterrasse

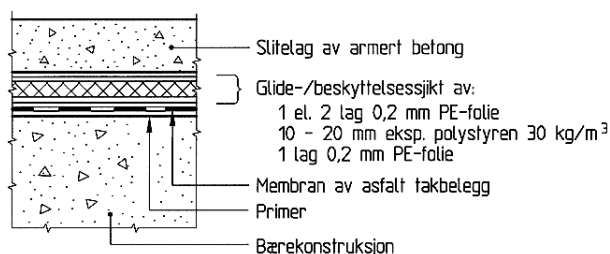
Der det er takterrasse over uoppvarmet rom bør det legges ut minst 50 mm tykt isolasjonslag for å unngå kondens, men gjerne 100 mm. Som en kan se i Figur 9 (Sintef Byggforsk, 2009) er bærekonstruksjonen nederst, med membran og eventuelt et utjevningssjikt i overkant. Membranen blir godt beskyttet mot påkjenninger ved å ligge i underkant av 2-lags fuktspærre av PE-folie med XPS-isolasjon imellom. I nest øverste lag legges det drenerende løsmasser med fiberduk i overkant. I det øverste laget, kan man velge om en vil ha et vekstlag eller heller på takterrassen.



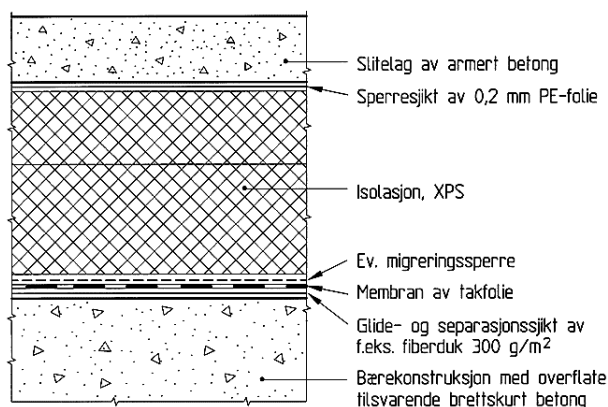
Figur 9: Kondensisoleret tak

2.3.4.2 Tak for biltrafikk

Det kan settes opp uisolerte tak over uoppvarmede rom, men det trengs ofte 50 mm isolasjon for å forhindre kondens på de innvendige flatene. Der det ikke anses som fare for kondens kan taket være uisolert. Membranen skal heltekkes til bærekonstruksjonen som vil hindre at vannet kommer inn under membranen. En må være obs på hvis bærekonstruksjonen er av betongelementer at bevegelser kan skje ved elementskjøtene som igjen kan påføre skade på membranen. Prinsipielt vil det samme gjelde for isolerte tak som omvendt kompakt tak. Der vil oppbygningen bestå av membran, XPS-isolasjon og slitelag. Under vil det vises oppbygningen av tak for biltrafikk avhengig av om den er uisolert eller isolert og bruk av membran som asfalt takbelegg eller takfolie. (Sintef Byggforsk, 1999)



Figur 10: Slitelag av betong på membran av asfalt takbelegg



Figur 11: Omvendt tak med membran av takfolie, og slitelag av betong

2.4 Tekniske Anlegg

Belysningen og ventilasjonsanlegget benyttes for å opprettholde ett godt innemiljø i bygget, mens sprinkleranlegget brukes for å sikre seg mot faresituasjoner som brann.

Belysning i uoppvarmede arealer hvor det generelt ikke skal være varige opphold er det lurt å ha bevegelsessensorer. Dette vil hjelpe ved å redusere energibruken og føre til at man ellers får lite eller ingen varmetilskudd fra belysningen. Det er krav om nok belysning i uoppvarmede arealer avhengig av bruksområdene. Det er i Tabell 10 presentert kravene til belysningen i de ulike områdene i et bygg.

Tabell 10: Krav til belysning

Belysningsstyrke i Lux			Bruk
Lavt nivå	Normalt	Høyt nivå	
15	20	30	Oppbevaringsrom, inngangsparti
30	50	75	Oppholdsrom uten spesiell virksomhet, allmennbelysning
75	100	150	Parkeringskjeller

Ved dimensjonering av sprinkleranlegg er det viktig at de uoppvarmede arealene holder seg over frostfri temperatur for å unngå at vannet i rørene fryser. Den vanligste og billigste løsningen er våtanlegg, men det krever at temperaturen alltid er over 0 °C. Dette er vanskelig i enkelte områder av det uoppvarmede arealet, spesielt dersom det er en port som åpnes for inn- og utkjøring av bil. Tiltak som kan gjøres er å tilsette frostvæske som glykol i noen deler av anlegget eller isolasjon rundt vannrørene. Isolasjonen av rørene vil ikke forhindre at vannet fryser, men vil føre til at frysetiden blir lengre. Disse tiltakene fører til økte kostnader, men er ofte nødvendige dersom uoppvarmede arealene ikke holder seg på ønskelig temperatur gjennom året. Et enda dyrere tiltak er bruk av tørranlegg, hvor rørnett etter alarmventilen består av luft under trykk. Før alarmventilen vil vann være under trykk, og ved brann vil dette sendes gjennom rørnett

og ut i rommet. Dette rørnett vil ikke være utsatt for frostfare på grunn av lufttrykket og vannet vil selvfølgelig være plassert i et rom som holder ønsket temperatur.

Parkeringskjelleren må holde seg over frostfri temperaturnivå på grunn av våtanlegget. Det er derfor nødvendig med oppvarming.

Det er viktig at sprinklerhodene uansett anlegg er plassert 0,3 m i underkant av himlingen hvis den er brennbar og 0,45 m hvis himlingen er ubrennbar. Ved større avstander kan det fort føre til at utløsningen av anlegget blir tregere.

Ventilasjonsanlegget er nyttig for å holde parkeringskjelleren over frostfri temperatur. Det er to måter en kan gjøre dette på. Enten ved å ha et eget ventilasjonsanlegg for parkeringskjelleren, hvor en varmer opp tilluften med varmegjenvinner og varmebatteri. Flere steder i Norge er vannbåren fjernvarme brukt og en kan koble denne til varmebatteriet.

En annen metode å varme opp parkeringskjelleren er å bruke noe av avtrekksluften, som blir brukt til å varme opp bygget ellers. Der vil ikke varmegjenvinner bidra med noe oppvarming av luft. Luften blir varmet opp av et eget varmebatteri. Det er viktig å få en fin balanse mellom tilluft og avtrekk for å hindre at det blir stort energiforbruk og varmetap. Samtidig er det viktig at det blåses nok luft inn med tanke på inneklimate i parkeringskjelleren. Tiltakene bør dimensjoneres i henhold til teknisk forskrift.

3 Metode

Informasjonsinnhenting om de aktuelle byggeprosjektene er blitt gjort ved å ta kontakt med de som har hatt ansvaret for prosjektering, utførelse og drift av bygningene. I tillegg har jeg innhentet en del nyttig informasjon fra ark/rib-tegninger, datablad, notater og visuelle observasjoner. Det har blitt fokusert på bygningsdelene og ventilasjonsanlegget i de uoppvarmede arealene som parkeringskjellere for hvert av byggene. Gjennom arbeidet med oppgaven avdekket jeg at det er gjort lite med etterkontroll av bygningene. Etterkontroll er svært viktig for å sjekke ut om det en gjør i prosjektering og utføringsfasen stemmer overens med virkeligheten.

3.1 Måling/logging av temperatur

Målinger er foretatt i to parkeringskjellere. I den ene parkeringskjelleren har det blitt utført måling/logging av temperatur og relativ luftfuktighet fra 13. februar og helt til 20. april 2017. Det har vært plassert tre temperaturmålere i bygget, to inne i parkeringskjelleren og en i bodområdet. I den andre parkeringskjelleren er temperaturer målt i noen dager per uke innenfor tidsperioden 8. mars til 5. april 2017. Utetemperaturen er hentet fra nærmeste værstasjon, som er plassert på Blindern.

Målingene er lagt til grunn for de beregninger som er utført for de månedene det gjaldt. Dette ble gjort for å kunne sammenligne reelle verdier med normerte verdier av temperaturen. Formålet med målingene er å få bekreftet de virkelige forholdene (temperatur og inneklime) i parkeringskjellere og sammenligne det mot hvordan de faktisk ble bygd.

I Tabell 11 ser vi hvordan temperaturmålerne har blitt konfigurert i programmet KILOG. De tre målerne er av typen Kistock KH210 (produktinformasjon i vedlegg C.1.). Den manuelle måleren er Protimeter MMS BLD5800 (produktinformasjon i vedlegg C.2.) med standard hygrometerprobe.

Tabell 11: Konfigurering av Kistock KH210

Konfigurasjon av målere		
Display	På	
Led	<input checked="" type="checkbox"/>	
Led Alarm	<input checked="" type="checkbox"/>	
Kanal 1	Temperatur	°C
Kanal 2	Fuktighet	% RF
Måling	Kontinuerlig	
Start	Dato/klokkeslett: 13.02.2017/15:00	
Stopp	Dato/klokkeslett: 20.04.2017/15:00	
Loggeintervall	15 min	
Måleintervall	15 min	

3.2 Bestemmelse av areal og volum i uoppvarmede soner

Areal og volum til uoppvarmede soner ble beregnet ved hjelp av plantegninger og programmet Geometra, der det ikke forelå ferdige areal/volumberegningssdokumenter. Arealer på bygningsdeler i uoppvarmet rom, som grenser mot grunnen eller oppvarmet areal ble tatt med i beregningen av varmetap. Det totale volumet i uoppvarmede områder ble brukt ved beregning av ventilasjons- og infiltrasjonsvarmetap. Geometra er et digitalt verktøy med god nøyaktighet, men det kreves at plantegningene er riktig målsatt. Et lite usikkerhetsmoment vil være om en beregner arealet på innsiden eller utsiden av ytterveggene.

3.3 U-verdi og Varmetap i bygningsdeler

U-verdi for bygningsdeler generelt skal beregnes i henhold til NS-EN ISO 6946. Varmeledningsevnen vil variere avhengig av type materiale som er blitt brukt for oppbygningen av bygningsdelene. I vedlegg A.1 og B.1 kan man se hvilke faktorer som har blitt brukt i oppgaven ved U-verdi beregning. Ved tilfeller der bygningsdelene grenser mot grunnen skal U-verdien beregnes i henhold til NS-EN ISO 13370 kapittel 9.3. Her vil faktorer som areal, omkrets og dybden i grunnen for uoppvarmede områder være med på å bestemme ekvivalent U-verdi for bygningsdelene mot grunnen. En avgjørende faktor vil være hva grunnen rundt bygget består av.

Når U-verdiene og arealene for hver bygningsdel er beregnet og definert kan man beregne varmetapene. Nærmere forklaringer på varmetap for bygningsdelene er beskrevet i NS 3031 kapittel 6. Som nevnt i teorien er det viktig at varmetapet for det uoppvarmede arealet følger teknisk forskrift og er innenfor minimumskravet som bygget er prosjektert for.

3.4 Ventilasjons- og infiltrasjonsvarmetap

I oppgaven har jeg beregnet ventilasjon og infiltrasjonsvarmetap for seg selv for å få mer nøyaktige tall. Disse ble senere brukt i NS-EN ISO 13370 og NS-EN ISO 13789 for beregning av ekvivalent U-verdi og varmetapsfaktor.

Ventilasjonsvarmetapet ble beregnet i henhold til NS 3031 punkt 6.1.1.5. Beregningen er avhengig av gjennomsnittlig luftmengde gjennom et helt døgn og temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinneren. Ved konstante driftsforhold vil dette være nøyaktig. Der det er følere som reduserer eller øker luftmengden vil det være noe mer unøyaktig. Formelen for ventilasjonsvarmetap vises i Formel 1.

$$H_V = 0,33 \cdot \dot{V} \cdot (1 - \eta_T)$$

Formel 1: Ventilasjonsvarmetap

Infiltrasjonsvarmetapet i denne oppgaven er beregnet i henhold til NS-EN ISO 13789 som vist i Formel 2. Lekkasjetallet vil variere avhengig om hvor lenge porten er åpen per døgn. Bestemmelse av lekkasjetall i bygninger er vanskelig å forutsi, men det er mulig å gjøre målinger av lekkasjetall i aktuelle bygg for å oppnå et mer nøyaktig resultat.

$$n = \frac{A_1}{10 \cdot V_u}$$

Formel 2: Lekkasjetall

3.5 Ekvivalent U-verdier og varmetapsfaktor

Ekvivalente U-verdi og varmetapsfaktor kan beregnes ved bruk av tre ulike standarder.

I NS 3031 kan en finne varmetapsfaktoren i en slags forenklet standardisert tabell som vist i Tabell 12 eller bruk av formelen i kapittel 6.1.1.1.2. Beregningen for varmetapsfaktoren er hentet ut fra NS-EN ISO 13789.

6.1.1.1.2 Beregning av varmetap gjennom bygningsdeler mot uoppvarmede rom/soner

Spesifikt varmetap for elementer som vender mot uoppvarmede rom/soner, beregnes som:

$$H_U = b \cdot \left(\sum_i U_i \cdot A_i + \sum_k \Psi_k \cdot l_k \right) [\text{W/K}]$$

Formel 3 Varmetap

Der

b er varmetapsfaktoren for redusert varmetransport på grunn av det uoppvarmede rommet/sonen, gitt ved:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

Formel 4 Varmetapsfaktor

Der

H_{iu} er varmetransportkoeffisienten mellom den oppvarmede delen av bygningen og den uoppvarmede sonen, i W/K.

H_{ue} er varmetransportkoeffisienten mellom den uoppvarmede delen av bygningen og det fri, i W/K.

Ved forenklet beregning kan tilnærmede verdier for varmetapsfaktoren, b , tas fra tabell B.7.

Tabell 12 - Veiledende varmetapsfaktor for vanlig uoppvarmede soner

Type uoppvarmet rom	b
Mot uoppvarmet loftsrom/ventilert kaldt loft	0,93
Mot ventilert garasje, småhus	0,96
Mot ventilert vinterhage, atrium	0,95
Mot ventilert men uoppvarmet parkeringskjeller	0,91
Mot ventilert kryprom	0,90
Mot uoppvarmet kjeller/kjellerrom	0,94

I NS-EN ISO 13370 henvises det til en beregning der en trenger U-verdi og arealene for etasjeskiller, gulv på grunn og yttervegg. Det er verdt å merke seg at arealet ikke er definert i standarden. Her ble arealet i overkant av ligningen sett på som arealet for etasjeskiller. I underkant av ligningen ble det definert som det totale arealet for gulv på grunn i parkeringskjelleren. I denne beregningen blir det ikke hensyntatt varmetap fra tak eller varmebidrag fra andre oppvarmede arealer med ulik U-verdi som parkeringskjelleren kan grense mot.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{(A \cdot U_{bf}) + (z \cdot P \cdot U_{bw}) + (h \cdot P \cdot U_w) + (0,33 \cdot n \cdot V)}$$

Formel 5 Ekvivalent U-verdi Etasjeskiller ISO 13370

NS-EN ISO 13789 tar for seg varmetap i flere tilfeller i sine beregninger. Varmetap som går fra oppvarmet til uoppvarmet areal og uoppvarmet areal mot det fri. I tillegg vil ventilasjon- og infiltrasjonsvarmetap inkluderes i varmetapsberegningen. Varmetap som går fra oppvarmet til uoppvarmet areal er etasjeskiller og innervegger. Dette gir varmebidrag til uoppvarmede arealer.

3.6 Temperaturberegning

I denne rapporten har det blitt gjort en sammenligning av målt temperatur med beregnet temperatur fra NS-EN ISO 13789 tillegg A og vintersimulering ved Simien.

Standarden bruker innetemperatur på det oppvarmede arealet og utetemperatur for å finne temperaturen i parkeringskjelleren. Temperaturene blir multiplisert med varmetapene som nevnt i kapittel 3.5. I denne beregningen er varmebatteriet en avgjørende faktor for hvilken temperatur det blir i parkeringskjelleren. Her er det viktig at varmebatteriets effekt ikke overstiger maks kapasitet og at en oppnår frostfri temperatur i parkeringskjelleren ved dimensjonerende vintertemperatur. For å oppnå et bedre sammenligningsgrunnlag, bør man se på effektbruket til varmebatteriet i sammenheng med temperaturmålingene.

Ved beregning av temperatur for parkeringskjeller i Simien henvises det til sentrale inndata i vedlegg A.5.1 og B.5.1.

3.7 Mulige Tiltak

Mulige tiltak som kan gjøres i parkeringskjeller vil være endring av U-verdi for bygningsdelen og tykkelse på isolasjon. Beregningene er gjort i programmet Simien ved bruk av årssimulering. Metoden for beregning henvises til inndata i vedlegg A.5.2 og B.5.2, forutsetter at energiprisen for fjernvarme er 0,75 kr/kWh ved alle tiltakene.

4 Valgte Parkeringskjellere

4.1 Sjøengstranda D1-a

4.1.1 Beskrivelse

Sjøengstranda D1-a ligger like ved Operaen i Oslo sentrum. Totalt er det 215 leiligheter med næringslokaler i samme bygg. Bygget her er formet som to hesteskoer med felles parkeringskjeller. Parkeringskjelleren er over 1 plan ved blokk nord, mens det blir regnet som over to plan ved blokk sør hvis en tar med bodområder. Sjøengstranda har en felles port. Sjøengstranda har blitt prosjektert etter Teknisk Forskrift 2010, og parkeringskjelleren og boder ble ansett som uoppvarmede rom i dette tilfellet. Det vil si ingen energimessige krav til yttervegger

4.1.2 Bygningsdeler i parkeringskjeller

Gulv på grunn i parkeringskjelleren på Sjøengstranda består av uisolert vanntett betong med tykkelse 400mm i dybde under terreng på cirka 3m.

Yttervegg mot grunn for uoppvarmet parkeringskjeller består av 350mm betong med innvendig isolasjon som 50 mm murplate og 100 mm leca universalblokk med puss på 1 side. På en av ytterveggene mot grunn brukes utvendig isolasjon som 100mm XPS-plate i stedet.

I innervegger mellom parkeringskjeller og bodområder er det benyttet leca universalblokk med puss på begge sider. I innervegg mellom bodområdet og bolig er det brukt 300mm leca isoblokk.

Bygget består av tunge etasjeskillere med betongtykkelse fra 260 til 300 mm, med garasjehimling i underkant som isolasjon. Tykkelse på himling varierer fra 100 til 230 mm avhengig av hvilke rom denne etasjeskilleren grenser til.

Tabell 13: Bygningsdeler for Parkeringskjeller: Sjøengstranda D1a

Sjøengstranda D1a	U-verdi	Arealer	
Tak	0,60	1330	230mm HD + 50mm isolasjon
Gulv på grunn	0,15 ¹	4350	400mm betongdekke
Yttervegg	0,28 ²	1372,5	350mm betong + 50mm isolasjon
Innervegg	0,22/0,9	97/154	300mm Lecalsoblokk/250mm Leca blokk
Etasjeskiller	0,188 ³	3020	230mm HD+ 230/190/100 mm isolasjon

¹ Ekvivalent U-verdi beregnet i ISO 13370

² Ekvivalent U-verdi beregnet i ISO 13370

³ Gjennomsnitt U-verdi Etasjeskiller

4.1.3 Tekniske Installasjoner

Totalt er det installert 137 ventilasjonssystemer i bygget (1 til hver leilighet). Parkeringskjelleren har et eget balansert ventilasjonsanlegg. Dette anlegget er plassert i teknisk rom i garasjen (plan U) som forsyner hele parkeringskjelleren og bodarealene i plan U og 0. Det er bygd opp med varmegjenvinner og varmebatteri. Dette for å kunne tilfredsstille kravene til både temperatur og luftmengder på en energieffektiv måte. Aggregatet har en rekke følere som er nærmere forklart i vedlegg A.4.

Sprinkleranlegget består hovedsakelig av våtanlegg, men ved frostutsatte soner av parkeringskjelleren er det glykolanlegg. Belysningen i parkeringskjelleren er bevegelingsstyrt og bidrar lite til oppvarming.

4.2 Multiconsults Parkeringskjeller

4.2.1 Beskrivelse

Multiconsults parkeringskjeller ligger ved Nedre Skøyen vei 2. Fokuset for dette prosjektet var parkeringskjelleren, som er ment for Multiconsult. Parkeringskjelleren er over to plan med parkeringskapasitet til 140 biler. Kontorbygget ble prosjektert etter Teknisk Forskrift 1997 og parkeringskjelleren blir ansett som et uoppvarmet areal.

4.2.2 Bygningsdeler i parkeringskjeller

Gulv på grunn består av vanntett betong med tykkelse 400 mm i dybde under terreng på cirka 5-6 meter. Yttervegg mot grunn for uoppvarmet parkeringskjeller består av 300-400mm betong med utvendig isolasjon som 50mm XPS-plate. Det er tunge etasjeskillere med betongtykkelse fra 250 til 300 mm, med garasjehimling i underkant som isolasjon. Tykkelse på himling 150mm hvor den grenser mot kontorlokale. I taket på parkeringskjelleren brukes det 50 mm isolasjon i overkant av betongdekket.

Tabell 14: Bygningsdeler i Multiconsult Parkeringskjeller

Multiconsult P-kjeller	U-verdi	Arealer	
Tak	0,52	1128	250mm HD + 50mm isolasjon
Gulv på grunn	0,15 ⁴	2233	400mm betongdekke
Yttervegg	0,30 ⁵	1146=191*6	300-400mm betong + 50mm isolasjon
Innervegg	0,52	150=50*3	150-200 mm Leca vegg
Etasjeskiller	0,29	1105	250mm HD + 150mm isolasjon

⁴ Ekvivalent U-verdi beregnet i ISO 13370

⁵ Ekvivalent U-verdi beregnet i ISO 13370

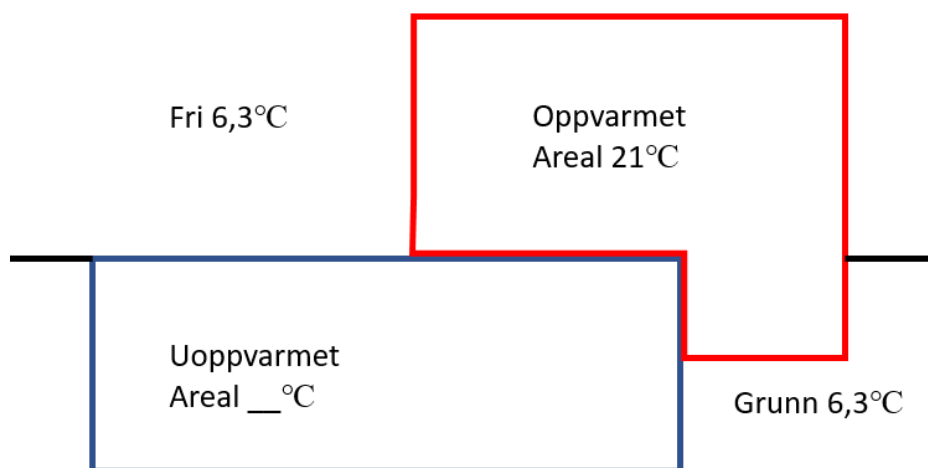
4.2.3 Tekniske Installasjoner

Oppvarmingen i parkeringskjelleren skjer ikke via interne varmekilder, men ved oppvarmet ventilasjonsluft. Temperaturen i parkeringskjelleren er ventet å holde godt over 0 °C gjennom hele året. Det er installert 3 ventilasjonsanlegg i bygget, som forsyner henholdsvis hus 1, 2 og 3. For å varme opp plan K og U bruker de noe av avkastluften fra ventilasjonsanlegget i hus 1. Dette må igjennom et varmebatteri, før det blåses videre ut i parkeringskjelleren. Anleggene er plassert i plan U. Anleggene er bygd opp med varmegjenvinning og varmebatteri. Dette er gjort for å kunne tilfredsstille krav til både temperatur og luftmengder på en energioptimal måte. Et avvik var at det oppsto frost av vannet som går gjennom varmebatteriet i avkastsiden. Derfor har dette blitt endret til vann-glykol. Temperaturen på tilluften varierer med årstiden for å oppnå ønsket romtemperatur i parkeringskjelleren. Flere detaljer er gitt i vedlegg B.4. Sprinkleranlegget er konstruert for tilsetning av glykol. Belysningen er bevegestyrt og bidrar lite til oppvarming.

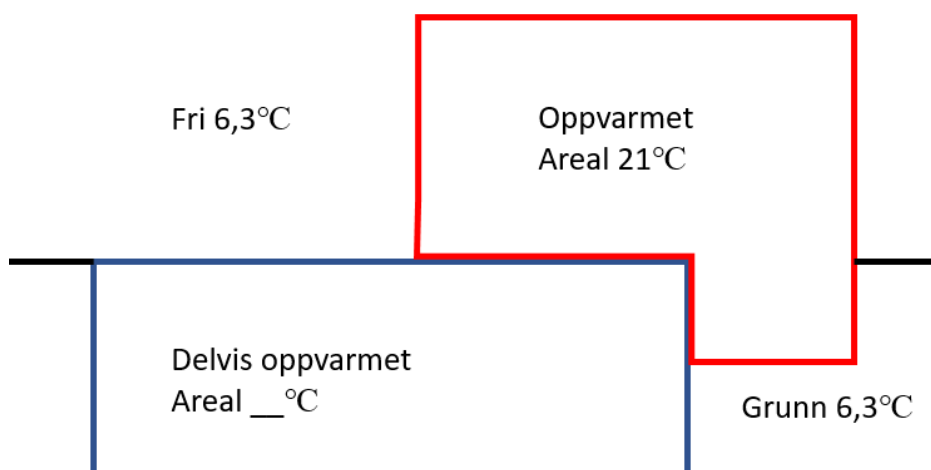
5 Resultater

5.1 U-verdi bestemmelse iht. TEK10

Teknisk forskrift sier at en kan bestemme U-verdi for bygningsdelene såfremt varmetransmisjonsvarmetapet ikke overstiger minimumskravene. Figur 12 og Figur 13 illustrerer temperaturdifferansene mellom oppvarmet areal, delvis oppvarmet areal, uoppvarmet areal, grunnen og det fri. Den røde linjen viser bygningsdelene mellom oppvarmet areal og det fri/grunn, som må følge minimumskravet i TEK10/16. Den blå linjen viser bygningsdelene mellom uoppvarmet/delvis oppvarmet areal og det fri/grunn hvor det ikke foreligger noen krav. Den blårøde linjen er bygningsdelene mellom oppvarmet og delvis oppvarmet/uoppvarmet areal, hvorav varmetransmisjonstapet for bygningsdelene ikke skal overstige minimumskravet for en fullt isolert bygning.



Figur 12: Snitt-tegning av bygningsdeler som grenser mot oppvarmet, uoppvarmet, fri eller grunn.



Figur 13 Snitt-tegning av bygningsdeler som grenser mot oppvarmet, delvis oppvarmet, fri eller grunn.

Nedenfor er det satt opp tabeller som viser temperaturer og U-verdier. Tabellene er basert på en innetemperatur på 21 °C og en årsmiddelutetemperatur på 6,3 °C. Beregningene er gjort ved å finne maksimum varmetransmisjonstap før en beregnet ny U-verdi ut fra de gitte temperaturene. Minimumskravet i §14-3 følges i henhold til Teknisk Forskrift. I Tabell 15 ser vi på bygningsdelene som grenser mellom oppvarmede og delvis oppvarmede/uoppvarmede arealer. Valg av U-verdi blir bestemt ut fra temperaturen i det delvis oppvarmede eller uoppvarmede arealet.

Tabell 15: U-verdi for bygningsdeler mellom oppvarmede og delvis oppvarmede/uoppvarmede arealer

Bygningsdeler	TEK 10	Temperatur i delvis oppvarmede/uoppvarmede rom			
	Minimumskrav §14-3	7,5 °C	10 °C	12,5 °C	15 °C
Vegg mot d.oppv/uoppv. rom	0,22	0,2395	0,294	0,3804	0,539
Etasjeskiller/Gulv mot d.oppv/uoppv. rom	0,18	0,196	0,2405	0,3113	0,441

I uoppvarmede rom foreligger det ikke noe energikrav og det vil da ikke være nødvendig å følge kravene i Tabell 16. Denne tabellen vil være gjeldende for oppvarmede eller delvis oppvarmede arealer ut fra ønsket temperatur i rommet.

Tabell 16: U-verdi for bygningsdeler i delvis oppvarmede rom

Bygningsdeler	TEK 10	Temperatur i delvis oppvarmede rom			
	Minimumskrav §14-3	15 °C	12,5 °C	10 °C	7,5 °C
Yttervegg	0,22	0,372	0,522	0,874	2,695
Tak og gulv på grunn	0,18	0,304	0,427	0,715	2,205

5.2 Sjøengstranda D1-a

5.2.1 Bestemmelse av ekvivalent U-verdi for gulv og vegg under grunn:

Beregningene er gjort i henhold til NS-EN ISO 13370 for bygningsdeler under grunn. Verdiene for bygget er hentet ut fra plantegninger, diverse notater og produktdatablad. Beregningene er lagt i vedlegg A.1. Parkeringskjelleren ligger omtrent 3 meter under grunnnivå med omkringliggende grus og sand. Betongdekket er av vanntett betong med tykkelse på 400mm og antatt lambda-verdi på 1,7. Ytterveggen mot grunnen består av 350 mm av samme type betong og hovedsakelig 50mm isolasjon på innsiden. Ut fra disse betingelsene og størrelsen på parkeringskjelleren vil man ut fra standarden oppnå U-verdier som vist i tabellen under.

Tabell 17: Beregnet U-verdi NS-EN ISO 13370 D1a Parkeringskjeller

Bygningsdeler	Ekvivalent U-verdi
Gulv på grunn	0,15
Yttervegg mot grunn	0,28

Disse verdiene er brukt i beregninger for å finne ekvivalente U-verdier mellom oppvarmede og uoppvarmede rom. U-verdien for gulv på grunnen er innenfor kravet i teknisk forskrift for fullt oppvarmet bygg, mens yttervegg mot grunn er innenfor kravet ved 15 °C eller lavere for bygningen.

5.2.1.1 Beregning av ekvivalent U-verdi for etasjeskiller og varmetapsfaktor:

Lekkasjetallet for bygningen vil variere avhengig av hvor lenge porten er åpen. Det er derfor gjort utregninger på lekkasjetallet i henhold til NS-EN ISO 13789 punkt 8.4 (12). I Tabell 18 vises lekkasjetall når porten er åpen i henholdsvis 2, 4 eller 6 timer per døgn. Hvis porten holdes åpen i 1 minutt per bil/person tilsvarer det 120, 240 eller 360 biler/personer som går igjennom porten hver dag.

Tabell 18: Beregnet lekkasjetall for D1a Parkeringskjeller

Åpen port	nue
2 timer	0,1536
4 timer	0,2073
6 timer	0,2609

Verdt å merke seg er at lekkasjetallet er lavere fordi at uoppvarmede rom som boder i plan U og 0 er inkludert i beregningen sammen med parkeringskjelleren. Dette ble med i volumet siden ventilasjonsanlegget betjener alle uoppvarmede rom i plan U og 0. Parkeringskjelleren er av plasstøpt betong og er sett på som tett utenom ved portåpningen.

5.2.1.2 NS-EN ISO 13370 - Uoppvarmet kjeller

Det har blitt beregnet en gjennomsnittlig U-verdi for etasjeskiller mellom oppvarmet og uoppvarmet areal på grunn av ulik U-verdi og arealstørrelser. Gjennomsnittlig U-verdi for etasjeskiller er på 0,188 med varmetap på totalt 566,44 W/K. Etasjeskiller har et totalt areal på 3020 m².

I Tabell 19 ser vi varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi for etasjeskiller på Sørengstranda beregnet i henhold til NS EN-ISO 13370. Her er det blitt brukt gjennomsnittlig U-verdi for å finne varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi for hvert av tilfellene hvor porten er åpen i 2, 4 eller 6 timer. Varmetapsfaktoren er ikke temperaturavhengig. Hvor godt isolert bygningen er ellers ved bygningsdelene, samt påvirkende faktorer ved ventilasjons- og infiltrasjonstap er bestemmende for varmetapsfaktoren.

Tabell 19: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi, NS-EN ISO 13370

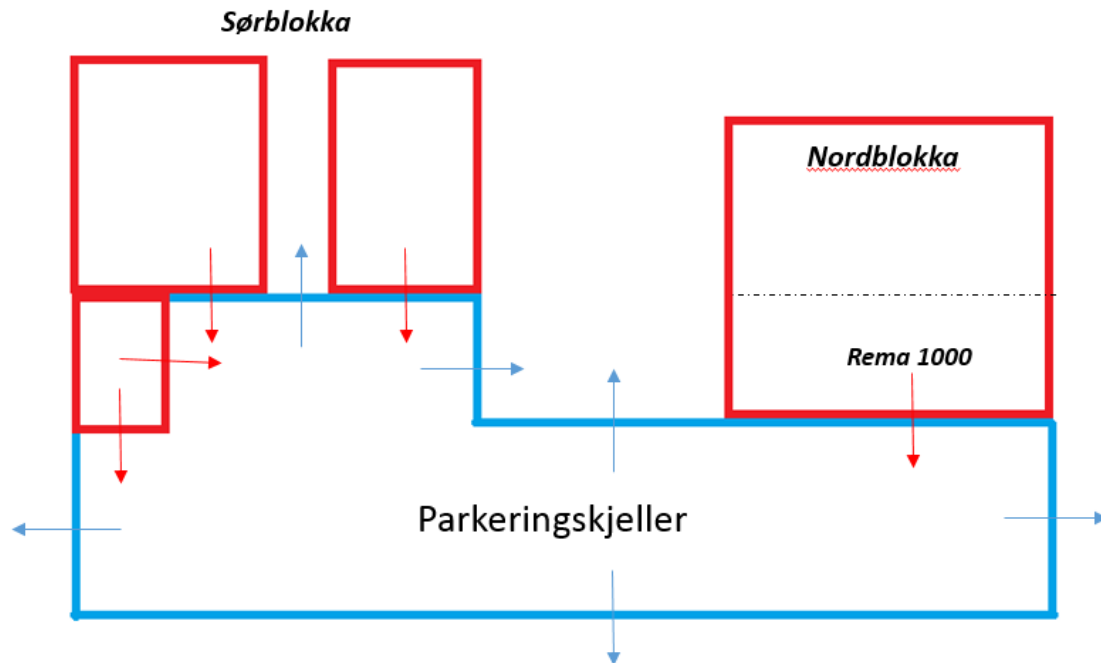
Bygning/Åpen port[t]	U-verdi	Varmetapsfaktor, b	Ekvivalent U-verdi	
D1-a 2t	0,17	0,801	0,1362	0,1505 ⁶
	0,18		0,1442	
	0,30		0,2404	
D1-a 4t	0,17	0,819	0,1393	0,1540
	0,18		0,1475	
	0,30		0,2458	
D1-a 6t	0,17	0,835	0,1419	0,1570
	0,18		0,1502	
	0,30		0,2504	

I det første tilfellet hvor porten er åpen i to timer ender man opp med en reduksjon på 20 %. Når porten på Sørengstranda D1a er åpen i 4 timer vil reduksjonen minke med cirka 2 %. Ved gjennomsnittlig ekvivalent U-verdi for etasjeskiller vil det være godt innenfor minimumskravet for fullt oppvarmet bygning.

⁶ Ekvivalent U-verdi for etasjeskiller med gjennomsnittlig u-verdi 0,188 W/(m²K)

5.2.1.3 NS-EN ISO 13789 - Transmisjonsvarmetap koeffisient gjennom uoppvarmet område

I Figur 14 ser en illustrativt fra siden hvilke varmetap fra bygningsdelene, som er i parkeringskjelleren på Sørengstranda D1-a. Det som ikke vises i figuren er varmetapet for innerveggen mot næringslokalet i plan 0 ved Sørblokka. De røde pilene indikerer varmetap fra oppvarmet til uoppvarmet areal, mens de blå er fra uoppvarmet og ut.



Figur 14: Snitt-tegning over varmetapene i D1a's parkeringskjeller

Varmetapene i parkeringskjeller vil være konstant for bygningsdelene uavhengig om porten er åpen eller lukket. Tabell 20 viser varmetap i parkeringskjeller på Sørengstranda. Infiltrasjon og ventilasjon har blitt beregnet hver for seg, men lagt sammen i tabellen. I dette tilfellet vil bare infiltrasjonen variere avhengig av hvor lenge porten er åpen. Ved beregning av ventilasjonsanlegget har det blitt brukt konstante verdier, mens det i virkeligheten er følere/systemer i anlegget som kan føre til varierende verdier.

Tabell 20: Varmetap i parkeringskjeller D1a- ISO 13789

	Varmetap [W/K]		
	Fra oppvarmet til uoppvarmet	Fra uoppvarmet og ut	Infiltrasjon og ventilasjon
D1-a 2t	726,38	1857,2	1379,62
D1-a 4t			1668,48
D1-a 6t			1956,80

De største varmetapene for bygningen var ved tak og gulv på grunn. Et mulig tiltak er å isolere taket med 100 mm isolasjon i stedet for 50mm. Det vil gi en reduksjon på varmetapet med 399 W/K ved å gå fra 0,60 til 0,30 på U-verdien.

I Tabell 21 er varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi beregnet i henhold til ISO 13789 for parkeringskjelleren på Sørengstranda D1-a. Det er ikke nødvendig å beregne gjennomsnittlig U-verdi for bygningsdelene siden den gjør utregninger i henhold til det totale varmetapet for bygningen.

Tabell 21: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi, NS-EN ISO 13789

Bygning/Åpen port[t]	U-verdi	Varmetapsfaktor, <i>b</i>	Ekvivalent U-verdi	
D1-a 2t	0,17	0,817	0,1388	0,1536 ⁷
	0,18		0,1470	
	0,30		0,2450	
D1-a 4t	0,17	0,829	0,1410	0,1560
	0,18		0,1493	
	0,30		0,2488	
D1-a 6t	0,17	0,840	0,1428	0,1580
	0,18		0,1512	
	0,30		0,2520	

Når porten ved Sørengstranda D1a er åpen i 2 timer vil varmetapsfaktoren være på 82 % og denne øker med cirka 1 % per 2 timer ekstra åpningstid for denne parkeringskjelleren. Den gjennomsnittlige ekvivalente U-verdien for parkeringskjelleren er godt innenfor minimumskravet i teknisk forskrift ved alle tilfeller.

⁷ Ekvivalent U-verdi for etasjeskiller med gjennomsnittlig U-verdi 0,188 W/(m²K)

5.2.2 Temperatur i parkeringskjeller:

Temperaturen i parkeringskjelleren skal være dimensjonert til å være godt over frostfri temperatur. I tillegg A fra ISO 13789 brukes det en formel for å finne temperaturen i parkeringskjelleren. For å kunne gjøre beregningen for parkeringskjelleren på Sørengstranda trenger en å vite maks kapasitet på varmebatteriet og dimensjonerende vintertemperatur for klimastedet. Sørengstranda D1-a ligger i Oslo og dimensjonerende vintertemperatur er -20 °C. Varmebatteriet som brukes har en maks kapasitet på 64,2 kW og en får følgende temperatur i parkeringskjelleren:

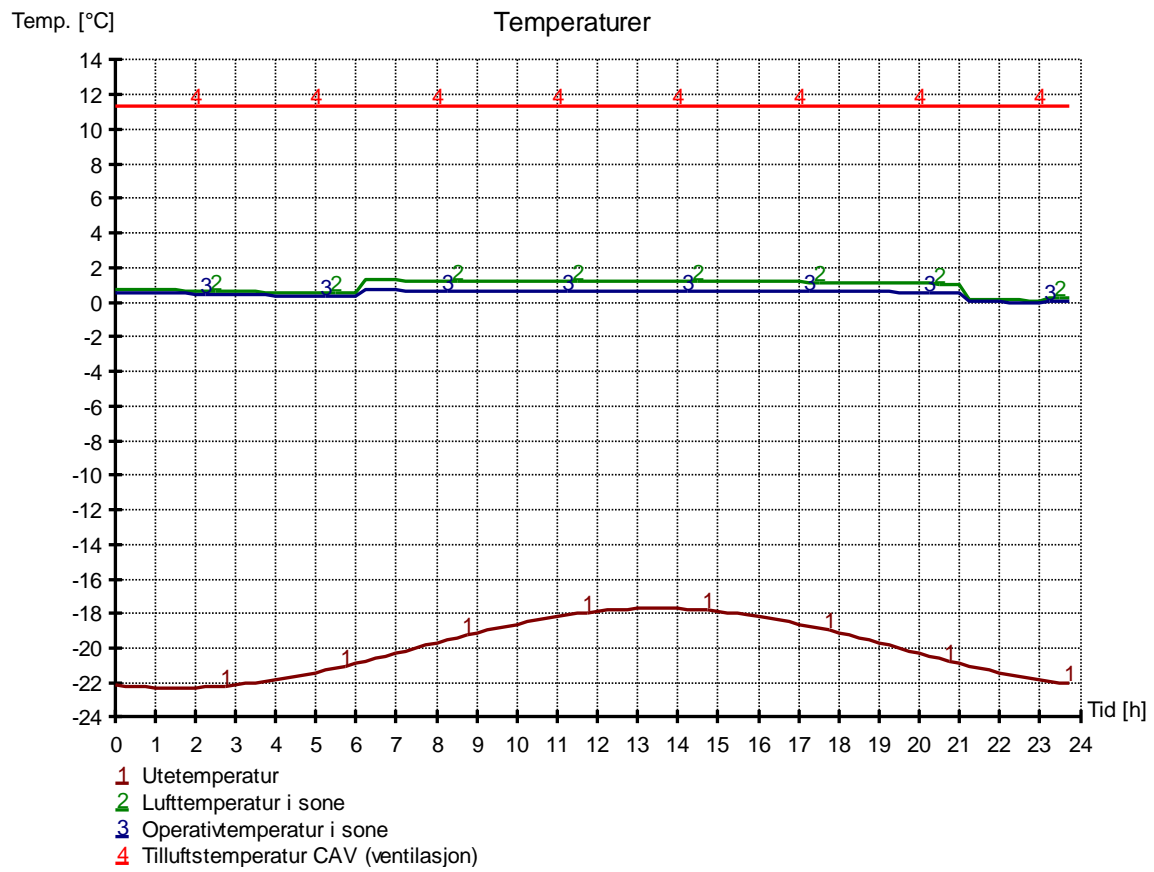
$$\frac{64200 + 726 \cdot 21 + 3237 \cdot (-20)}{726 + 3237} = 3,71^{\circ}\text{C}$$

Formel 6: Temperatur Vinterstid Sørengstranda

Ut fra beregningene i dette tilfellet vil parkeringskjelleren ha en frostfri temperatur. Det er beregnet temperatur i parkeringskjelleren ved vintersimulering i programmet Simien som vist i Figur 19 og Figur 20.

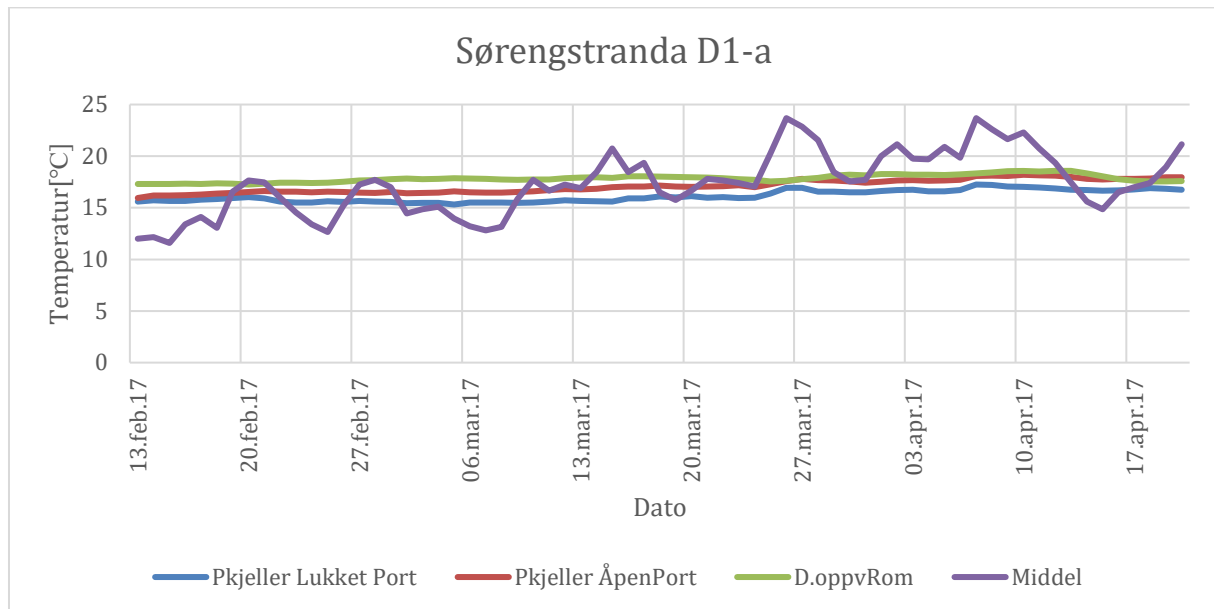
Dimensjonerende verdier		
Beskrivelse	Verdi	Tidspunkt
Maks. samtidig effekt varmebatterier:	57,1 kW / 13,1 W/m ²	06:00
Totalt installert effekt varmebatterier	64,4 kW / 14,8 W/m ²	06:00
Min. romlufttemperatur:	-0,0 °C	06:00
Min. operativ temperatur:	-0,1 °C	23:00
Maksimal CO2 konsentrasjon (Parkeringskjeller)	380 PPM	00:00

Figur 15: Dimensjonerende verdier for D1a, simien vintersimulering



Figur 16: Temperaturforløp i D1a-2t

Det har vært plassert 3 målere på Sørengstranda D1-a for måling av temperatur og relativ luftfuktighet. I Figur 17 vises temperaturen i parkeringskjeller på Sørengstranda i tidsperioden 13. februar til 17. april. Målte temperaturer vises med blå, oransje og grå linjer. Disse er sammenlignet med gul linje som er beregnet temperatur fra ISO13789. En kan se i figuren at temperaturen har holdt seg konstant over 15 °C. Ved beregnet temperatur har jeg forutsatt at varmebatteriets effekt yter 70% av maks kapasitet.



Figur 17: Temperatur i parkeringskjeller på Sørengstranda D1-a

Temperaturmålingene viser at det er mulig å redusere isolasjonstykkelsen for parkeringskjelleren på Sørengstranda. Ved valg av U-verdi og isolasjonstykkelse for bygningsdelene kan en bruke Tabell 15 og Tabell 16 ved gitt temperatur i rommet.

5.2.3 Mulige tiltak

Ved å bruke årssimuleringen i Simien er det mulig å finne ut hvor mye energibruk en kan spare ved å gjøre ulike tiltak. I Tabell 22 kan en se energibruken og kostnadene for parkeringskjelleren og mulige tiltak en kan gjøre. Tidligere ble det beskrevet at det største varmetapet kom fra taket i parkeringskjelleren. Taket for parkeringskjelleren har en U-verdi på 0,60 med 50 mm isolasjon i overkant. Ved tiltak 1 legges det ytterligere 50mm med isolasjon for å oppnå en U-verdi på 0,30 som vil si en reduksjon 50 % av varmetapet.. Et mulig tiltak 2 er å redusere isolasjonen for etasjeskiller mellom uoppvarmet og oppvarmet areal. En mulig konsekvens vil være at det krever mer energi for oppvarming av oppvarmet areal. Fordelen er at en vil spare på energibruken i parkeringskjelleren. Hvis en har redusert isolasjonen til en tykkelse på 130mm for Sørblokka, Nordblokka og Næringslokale vil en oppnå en U-verdi på 0,25 for etasjeskillere. Den delen av etasjeskiller hvor U-verdi var 0,30 har ikke blitt endret i beregningen. Tiltak 3 viser både tiltak 1 og 2 er gjennomført.

Tabell 22: Årssimulering i Simien av Sørengstranda med tiltak

	Sørengstranda D1a	Tiltak 1	Tiltak 2	Tiltak 3
	Spesifikt energibehov [kWh/m²]			
Ventilasjonsvarme	25,9 kWh/m ²	24,9 kWh/m ²	16,9 kWh/m ²	15,2 kWh/m ²
Vifter	12,1 kWh/m ²	12,1 kWh/m ²	12,1 kWh/m ²	12,1 kWh/m ²
Pumper	0,2 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²
Totalt netto energibehov	38,2 kWh/m ²	37,2 kWh/m ²	29,2 kWh/m ²	27,5 kWh/m ²
Levert Energi (Fjernvarme)	43,6 kWh/m ²	42,5 kWh/m ²	33,6 kWh/m ²	31,7 kWh/m ²
Netto Energikostnad	32,7 kr/m ²	31,9 kr/m ²	25,2 kr/m ²	23,8 kr/m ²

Det mest lønnsomme tiltaket vil være tiltak 2. Ved å redusere isolasjonstykkelsen på etasjeskiller vil en spare 7,5 kr pr m². Dette fører til økt fri høyde i parkeringskjelleren og temperaturen i parkeringskjelleren vil holde seg på en høyere temperatur. Det krever mindre energi fra ventilasjonsanlegget for å holde temperaturen over frostfritt nivå på grunn av økt varmebidrag fra oppvarmede arealer. En av ulempene med dette vil være at det oppvarmede arealet muligens krever noe mer energibruk for oppvarming. Ytterligere dokumentasjon er i vedlegg A.5.2.

5.3 Multiconsults Parkeringskjeller, Nedre Skøyen Vei 2

5.3.1 Bestemmelse av ekvivalent U-verdi for gulv og vegg under grunn:

Beregningene er gjort i henhold til NS-EN ISO 13370 for bygningsdeler under grunn. Verdiene for bygget er hentet ut i fra plantegninger, diverse notater og produktdatablad. Beregningene er lagt i vedlegg B.1. Parkeringskjelleren ligger omtrent 6 meter under grunnnivå med omkringliggende grus og sand. Betongdekket er av vanntett betong med tykkelse på 400mm og antatt lambda-verdi på 1,7. Ytterveggen mot grunnen består av betong med tykkelse 400 mm for plan K og 300 mm for plan U. Det er isolert med 50 mm varmeisolasjon utvendig av ytterveggen. Ut fra disse betingelsene og størrelsen på parkeringskjelleren, vil en oppnå U-verdier som vist i tabellen under.

Tabell 23: Beregnet U-verdi Multiconsult parkeringskjeller, ISO 13370

Bygningsdeler	Ekvivalent U-verdi
Gulv på grunn	0,15
Yttervegg mot grunn	0,23

Disse verdiene er brukt i beregninger for å finne ekvivalente U-verdier mellom oppvarmede og uoppvarmede rom. U-verdien for gulv på grunnen er innenfor kravet i teknisk forskrift for fullt oppvarmet bygg, mens yttervegg mot grunn er utenfor kravet med differanse på 0,01 W/(m²K).

5.3.1.1 Beregning av ekvivalent U-verdi for etasjeskiller og varmetapsfaktor:

Lekkasjetallet for bygningen vil variere avhengig av hvor lenge porten er åpen. Derfor er det gjort utregninger på lekkasjetallet i henhold til NS-EN ISO 13789 punkt 8.4 (12). I tabellen er det antatt at porten er åpen 2, 4 eller 6 timer per døgn. Portens størrelse er 2,3 m i høyden og 6,2 m i bredden.

Tabell 24: Lekkasjetall Multiconsult parkeringskjeller, ISO 13789

Åpen port	nue
2 timer	0,18035
4 timer	0,2607
6 timer	0,3411

Lekkasjetallet i Multiconsults parkeringskjeller er noe høyere enn Sørengstranda, grunnen til dette er at det totale volumet av parkeringskjeller er mindre og at porten er noe større arealmessig.

5.3.1.2 NS-EN ISO 13370 - 9.4 Uoppvarmet Kjeller

I Tabell 25 er det blitt beregnet en Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi for Multiconsults parkeringskjeller, hvorav porten er åpen i henholdsvis åpen i 2, 4 eller 6 timer per døgn.

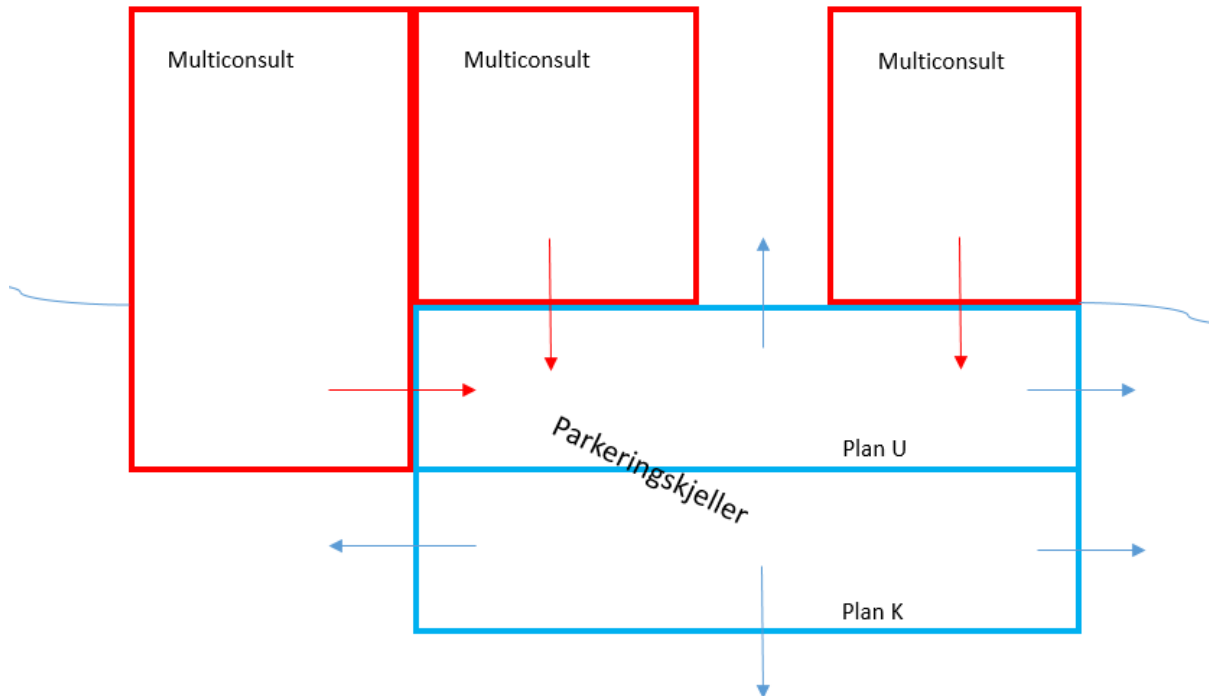
Tabell 25: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi Multiconsult Parkeringskjeller, ISO13370

Bygning/Åpen port[t]	U-verdi	Varmetapsfaktor, b	Ekvivalent U-verdi
MP 2t	0,29	0,867	0,2515
MP 4t		0,884	0,2565
MP 6t		0,897	0,2603

Hvis porten er åpen i 2 timer av døgnet, vil varmetapsfaktoren være på cirka 87%. Denne øker med cirka 1 % for hver 2. time som den er åpen. I alle tilfeller vil den ekvivalente U-verdien for etasjeskiller være innenfor kravet, hvis gjennomsnittstemperatur er over 10°C.

5.3.1.3 NS-EN ISO 13789 - Transmisjonsvarmetap koeffisient gjennom uoppvarmet område

Figur 18 viser illustrativt varmetapene som er i Multiconsults parkeringskjeller. De røde pilene indikerer varmetap fra oppvarmet areal til uoppvarmet areal, mens de blå pilene viser varmetapet fra uoppvarmet areal og ut.



Figur 18: Snitt-tegning over varmetap i Multiconsults parkeringskjeller

Varmetapene har blitt beregnet i henhold til NS-EN ISO 13789 og fremstilt i Tabell 26. For mer detaljer ved bygningsdelers varmetap henvises det til vedlegg B.1. Varmetapene igjennom bygningsdelene vil være konstante og er uavhengige av hvor lenge porten er åpen. Derimot vil infiltrasjon og ventilasjonsvarmetapet være avhengig av dette.

Tabell 26: Varmetap i Multiconsults parkeringskjeller, ISO13789

	Varmetap [W/K]		
	Oppvarmet mot Uoppvarmet	Uoppvarmet og ut	Infiltrasjon og ventilasjon
MP 2t	500	1185	1495,93
MP 4t			1851,19
MP 6t			2206,66

Tabell 27 viser varmetapsfaktoren og ekvivalente U-verdien for parkeringskjelleren i henhold til metoden fra ISO 13789.

Tabell 27: Varmetapsfaktor og ekvivalent U-verdi, ISO13789

Bygning/Åpen port[t]	U-verdi	Varmetapsfaktor, b	Ekvivalent U-verdi
MP 2t	0,29	0,843	0,2444
MP 4t		0,863	0,2503
MP 6t		0,871	0,2526

Når porten er åpen 2 timer per døgn er varmetapsfaktoren på 84 % og en oppnår en U-verdi på 0,24 for etasjeskiller i parkeringskjelleren. Denne varmetapsfaktoren øker med 2 % for 4 timers åpningstid og cirka 3 % for 6 timers åpningstid. I alle tilfeller vil den ekvivalente U-verdien for etasjeskiller være innenfor kravet hvis gjennomsnittstemperatur er høyere enn 10°C.

5.3.2 Temperatur i parkeringskjeller:

Parkeringskjelleren skal være dimensjonert for å være over frostfri temperatur. Ved bruk av formelen i tillegg A fra ISO 13789 kan man finne temperaturen i parkeringskjelleren. Maks kapasitet for varmebatteriet på Multiconsults parkeringskjeller er på 59 kW. Bygget er i Oslo og en har dimensjonerende vinterutetemperatur på -20 °C. Ut fra de gitte betingelsene oppnår man en temperatur som vist i Formel 7.

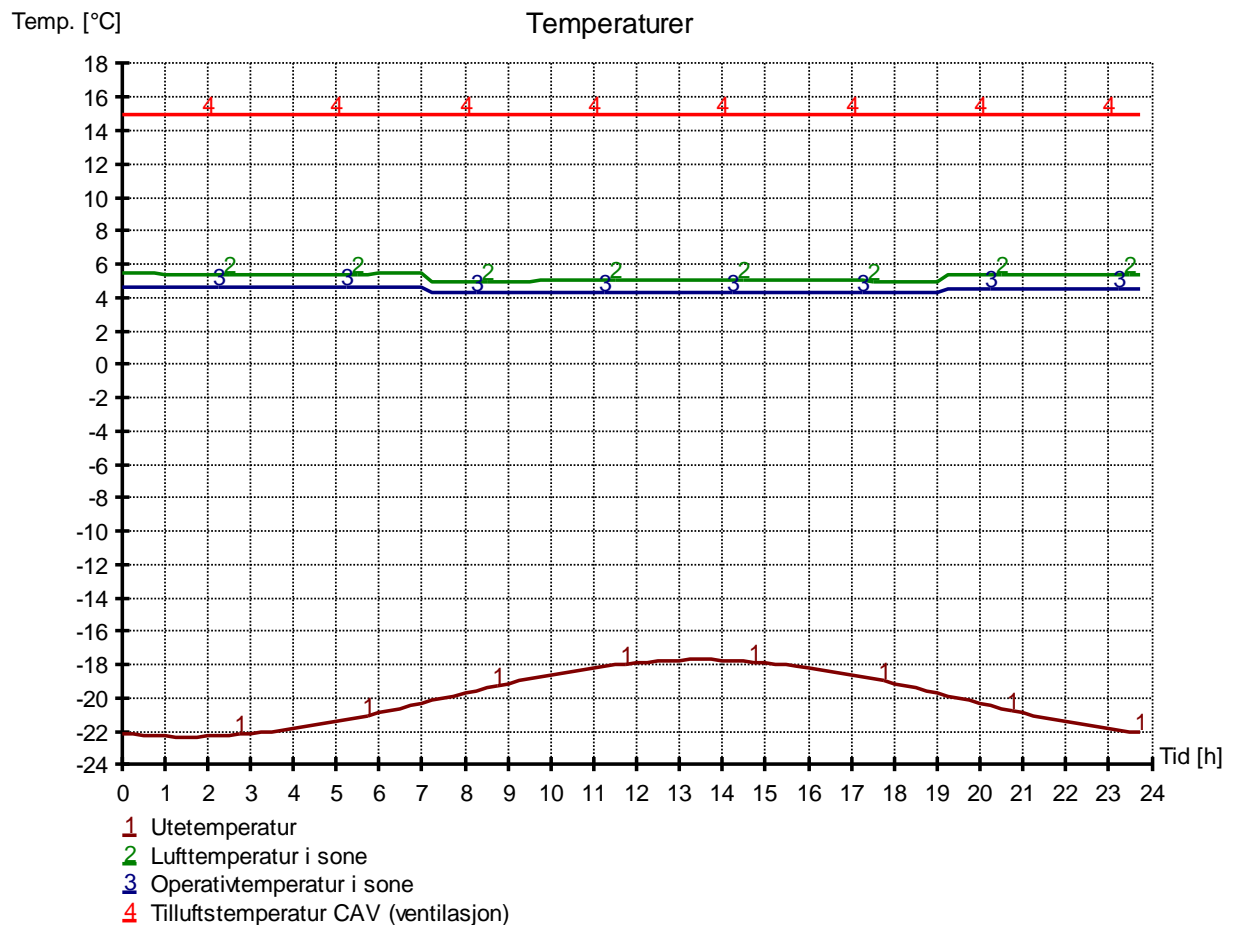
$$\frac{59000 + 500 \cdot 21 + 2681 \cdot (-20)}{500 + 2681} = 4,99 \text{ °C}$$

Formel 7 Temperatur Vinterstid Multiconsult

Det uoppvarmede arealet vil oppnå en temperatur på cirka 5 °C. Det er omtrent samme verdi beregnet i vintersimuleringen fra programmet Simien som vist i Figur 19 og Figur 20

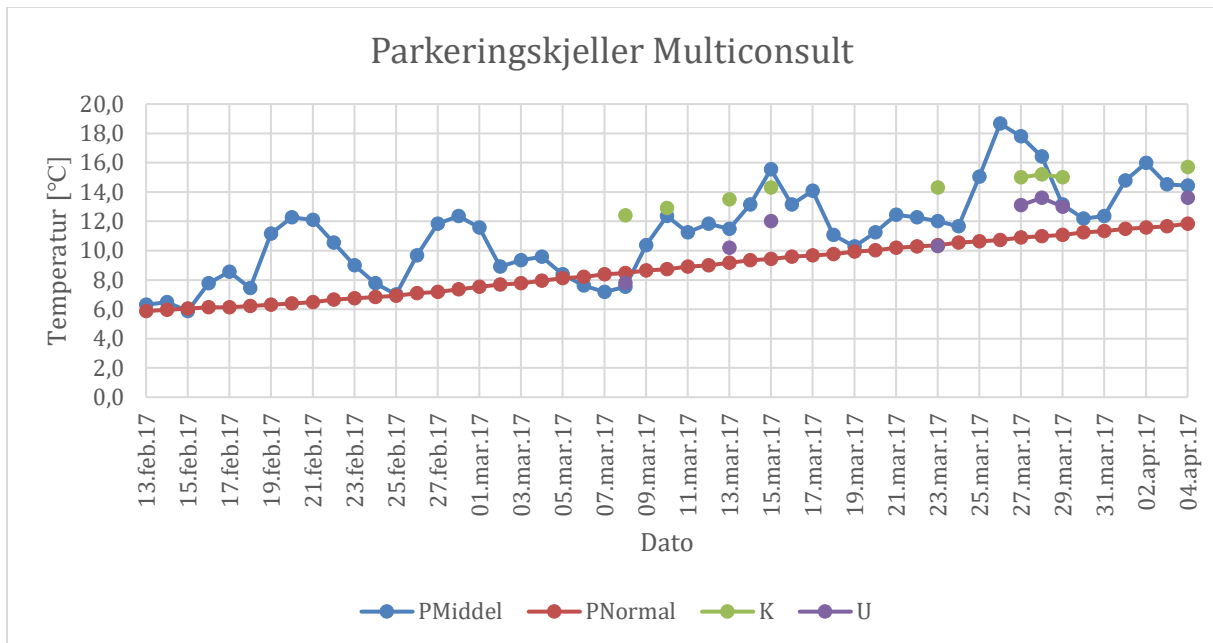
Beskrivelse	Dimensjonerende verdier	
	Verdi	Tidspunkt
Maks. samtidig effekt varmebatterier:	53,9 kW / 24,1 W/m ²	23:45
Totalt installert effekt varmebatterier	59,0 kW / 26,4 W/m ²	23:45
Min. romlufttemperatur:	4,9 °C	23:45
Min. operativ temperatur:	4,3 °C	19:00
Maksimal CO2 konsentrasjon (P.kjeller)	380 PPM	00:00

Figur 19: Dimensjonerende verdier Multiconsult parkeringskjeller, Simien



Figur 20: Temperaturforløp i parkeringskjeller

I Figur 21 er PMiddel beregnet temperatur i parkeringskjeller. Denne er hentet ut i fra middeltemperaturen fra værstasjonen på Blindern. PNormal er beregnet temperatur i parkeringskjeller ut fra et normalår. K er målt temperatur i nederste plan av parkeringskjelleren. U er målt temperatur i nærheten av utgangsporten. Beregningen er gjort ut fra Tillegg A i NS-EN ISO 13789 der porten er åpen 2 timer per døgn. Varmebatteriets effekt er her satt til 25kW for å få noe samsvar med de reelle temperaturmålingene.



Figur 21: Beregnet og målt temperaturforløp i Multiconsult Parkeringskjeller

Temperaturen i parkeringskjelleren holder seg på 12,5 °C i snitt. Ved valg av U-verdi og isolasjonstykkelse for bygningsdelene kan en følge Tabell 15 og Tabell 16.

5.3.3 Mulige tiltak

Følgene tiltak kan gjøres i parkeringskjelleren. Tiltak 1 er å øke isolasjonstykkelsen for tak mot det fri i parkeringskjeller, siden det utgjør det største varmetapet. Tiltak 2 er å redusere isolasjonstykkelsen for etasjeskiller mot oppvarmet areal for å få et høyere varmebidrag til parkeringskjelleren. Tiltak 3 beskriver at både tiltak 1 og 2 er gjennomført. Disse tiltakene er beregnet i Simien og fremstilt i Tabell 28.

Tabell 28 Energikartlegging Multiconsult Parkeringskjeller

	Multiconsult P.kjeller	Tiltak 1	Tiltak 2	Tiltak 3
	Spesifikt energibehov [kWh/m²]			
Ventilasjonsvarme	60 kWh/m ²	58,2 kWh/m ²	58,8 kWh/m ²	57 kWh/m ²
Vifter	20,3 kWh/m ²	20,3 kWh/m ²	20,3 kWh/m ²	20,3 kWh/m ²
Pumper	0,2 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²
Totalt netto energibehov	80,5 kWh/m ²	78,7 kWh/m ²	79,4 kWh/m ²	77,5 kWh/m ²
Levert Energi (Fjernvarme)	91,4 kWh/m ²	89,3 kWh/m ²	90,1 kWh/m ²	88 kWh/m ²
Netto Energikostnad	68,6 kr/m ²	67 kr/m ²	67,6 kr/m ²	66 kr/m ²

Tiltak 1 som er å øke isolasjonstykkelsen for tak mot det fri med ytterligere 50 mm isolasjon oppnår man en U-verdi for tak på 0,30 og sparer 1,6 kr/m². Ved å gjennomføre tiltak 2 som er redusere isolasjonen for etasjeskiller mot oppvarmet areal fra 150mm til 80mm isolasjon gir U-verdi på 0,38. Med dette tiltaket sparer man 1 kr/m² på dette tiltaket.

6 Konklusjon

Denne oppgaven har hatt som formål å kartlegge energibruk og inneklime i uoppvarmede soner. Oppgaven fokuserer spesielt på parkeringskjellere og bodområder.

I dagens parkeringskjellere ønsker byggeier/bruker som regel at det holdes et definert inneklime, som temperatur over frostfritt nivå. Dagens skjerpede energikrav og byggeiers/brukers ønske vil være avgjørende for valg og utforming av varmeisolasjon og tekniske anlegg i parkeringskjellere.

Beregning av ekvivalent U-verdi for bygningsdelene er funnet ved bruk av varmetapsfaktor fra NS 3031, NS-EN ISO 13370 og NS-EN ISO 13789. Disse ble brukt for å se hvor mye en kan redusere isolasjonstykkelsen for etasjeskiller samtidig som en er innenfor dagens energikrav. Måling av temperatur vil være bestemmende for valg av isolasjonstykkelse ved transmisjonsvarmetap beregning og temperaturdifferanse mellom oppvarmet areal og parkeringskjeller. Tiltak som valg av varmeisolasjonstykkelser legger føringer til energibruk i parkeringskjeller.

Funn 1: Ekvivalent U-verdi for etasjeskiller er lavere enn standardverdien fra NS 3031.

Fremstillingen i Tabell 29 viser beregning av varmetapsfaktor ved NS 3031, NS-EN ISO 13370 og NS-EN ISO 13789 for Sørengstranda og Multiconsults sin parkeringskjeller. Teknisk Forskrift har et minimumskrav for U-verdi, hvorav den ekvivalente U-verdien beregnet i NS-standardene må være innenfor kravet. Ved bruk av ISO-standardene får en verdier som er mer gunstig enn standardverdien ifra NS3031. Dette fører til at man kan redusere isolasjonstykkelsen i etasjeskiller mellom oppvarmet og uoppvarmet areal. Reduksjon av isolasjonstykkelse for etasjeskiller fører til mindre materialkostnader og lavere energiforbruk i parkeringskjeller. Dette vil være økonomisk gunstig ved drift av parkeringskjelleren, hvor en vil spare på strømutfgiftene ved reduksjon av effekten til varmebatteriet. For det oppvarmede arealet i overkant av parkeringskjelleren kan det hende en vil trenge noe mer energi til oppvarming.

Tabell 29: Varmetapsfaktor for parkeringskjellere iht. standardene

	Varmetapsfaktor for uoppvarmede rom, <i>b</i>		
Bygning/Åpen port[t]	NS3031	NS-EN ISO 13370	NS-EN ISO 13789
D1-a 2t	0,91	0,801	0,817
D1-a 4t		0,819	0,829
D1-a 6t		0,835	0,840
MP 2t	0,91	0,867	0,843
MP 4t		0,884	0,863
MP 6t		0,897	0,871

Funn 2: Temperaturer i parkeringskjellere

Parkeringskjelleren på Sørengstranda holder en gjennomsnittstemperatur på 15 °C, mens Multiconsults parkeringskjeller holder i snitt 12,5 °C. Dette er basert på målingene som har blitt gjort i perioden fra februar til april 2017. Temperaturforskjellen mellom parkeringskjeller og oppvarmet areal er liten. Det gjør at en kan redusere isolasjonstykkelsen så lenge minimumskravet for varmetransmisjonstap i TEK overholdes.

7 Videre Arbeid

Forslag til eventuelt videre arbeid er å gjøre flere målinger av temperatur og relativ fuktighet i parkeringskjellere. Målingene bør gå over flere vintre da måleperioden 2017 var preget av en svært mild vinter. I tillegg kan en loggføre varmebatteriets effekt (hvis det er et ventilasjonsanlegg med varmebatteri). På denne måten sammenlignes energibruken og temperatur opp mot beregnede verdier fra NS 3031, NS-EN ISO 13789 og Simien.

For å kunne kartlegge infiltrasjonsvarmetapet i parkeringskjeller bør det gjøres lekkasjetallmålinger iht. NS-EN ISO 9972:2015. Dette kan sammenlignes med beregning av lekkasjetall fra NS-EN ISO 13789. Det er nødvendig å loggføre hvor lenge porten til parkeringskjelleren er åpen per døgn i snitt for et bedre sammenligningsgrunnlag.

8 Referanser

- Espedal, K. J. (2012). *Bygningsfysikk* (5. utg.). Byggnæringens forlag.
- Leca. (u.d.). *Leca*. Hentet April 2, 2017 fra <https://www.leca.no/produkter/leca-blokker-leca-isoblokk>
- Sintef Byggforsk. (1997). 722.403 *Skader på betongdekker i garasjeanlegg*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (1999). 525.307 *Tak for biltrafikk og parkering*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2003). 471.011 *U-verdier. Etasjeskillere*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2005). 521.112 *Golv på grunnen med ringmur. Varmeisolering, frostsikring og beregning av varmetap*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2007). 471.014 *Bygningsdeler under terreng*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2009). 521.811 *Telesikring av uoppvarmede bygninger og konstruksjoner*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2009). 525.306 *Terrasser med beplantning på bærende betongdekker*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2013). 524.223 *Murte Innervegger*. Sintef Byggforsk.
- Sintef Byggforsk. (2015). 312.130 *Parkeringsplasser og garasjeanlegg*. Sintef Byggforsk.
- Tor Helge Dokka, C. G. (2013). *Etterprøving av bygningers energibruk - Metodikk*. SINTEF Byggforsk.

9 Vedlegg

Vedlegg A: Søringstranda D1-a	1
A.1 Beregninger.....	1
A.2. Areal/Volum målinger (Geometra) Søringstranda.....	15
A.3. Kart over bygningsdeler Søringstranda.....	22
A.4. Tekniske Anlegg Søringstranda D1-a.....	26
A.5. SIMIEN Søringstranda	39
A.6. produktdatablad bygningsdeler Søringstranda	78
A.7 Målinger Søringstranda	93
A.8 Beregnet Temperatur i Parkeringskjeller	94
Vedlegg B Multiconsult Parkeringskjeller.....	95
B.1. Beregninger.....	95
B.2. Arealmålinger (Geometra) Multiconsult	105
B.3. Kart over bygningsdeler Multiconsult	106
B.4. Teknisk Anlegg Multiconsult	109
B.5. Simien Multiconsult Parkeringskjeller.....	113
B.6. Målinger Multiconsult.....	162
B.7 Beregnet Temperatur i Parkeringskjeller	163
Vedlegg C: Måleutstyr	164
C.1. Kistock KH 210.....	164
C.2. Protimeter MMS BLD5800	168
Vedlegg D: Norsk Standard	171
D.1. NS 3031.....	171
D.2. NS-EN ISO 13370.....	175
D.3. NS-EN ISO 13789.....	176