



Forord

Masteroppgaven er skrevet på mitt avsluttende semester ved utdanningen for Byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet på Ås (NMBU). Oppgaven er utført i samarbeid med det ledende tverrfaglig rådgivende ingeniørfirmaet, Hjellnes Consult AS som holder til på Ryen i Oslo. Oppgaven har foregått over en periode på 4 måneder (15. januar til 15. mai) og omfatter 30 studiepoeng.

Med dette sagt vil jeg rette en stor takk til Tormod Aurlien som har veiledet meg gjennom denne perioden. Han har vært til stor hjelp til utforming av denne avsluttende prosjektoppgaven og alltid stilt opp når jeg har hatt behov for det.

En stor takk til min oppdragsgiver Hjellnes Consult AS og Roar Smelhus som gav meg muligheten til å skrive masteroppgave for dem. Dette er noe jeg har satt stor pris på.

Hos Hjellnes har jeg fått masse god hjelp og veiledning av blant annet Lars Olav Holmen, Rolf Fredrik Hansen, Ellen Grøttheim Krokstrand og Ingvild Hovstein Haugen. Disse har også i stor grad vært med på å forme oppgaven min og gjøre den aktuell og spennende. Jeg ønsker derfor å takke for deres hjelp gjennom denne perioden.

Retter videre en takk til arkitektkontorene og andre fagpersoner som har tatt seg tid til å stille til intervju eller en samtale. Alle dere har gitt meg svært verdifull innføring i forholdsvis komplekse problemstillinger, noe jeg er svært takknemlig for.

Oslo, 14. mai 2014

Martin Hoberg

Sammendrag

Denne masteroppgaven handler om kuldebroer og hvilket fokus arkitekter har på dette når de designer og utformer bygg. Kuldebroene i et bygg kan variere svært mye ut ifra forskjellige forhold. Av den grunn har det vist seg å være vanskelig å anslå noen andelstall for hvor mye kuldebroene kan utgjøre av varmetapet. Det er derfor valgt å se nærmere på fire forhold som alle er med på å bidra til kravet til normalisert kuldebroverdi (NKV). Disse forholdene er:

- Byggets form
- Byggets størrelse
- Kuldebroer rundt vinduer
- Punktkuldebroer

Problemstillingen har på bakgrunn av dette vært: *«Hva er erfaringene med bruk av normalisert kuldebroverdi som krav i dag?»*

For å høre nærmere om arkitektenes fokus på kuldebroer ble det valgt å ha dybdeintervjuer med tre forskjellige arkitektkontorer. Disse intervjuene krevde god innsikt i teorien bak kuldebroer, og dette grunnlaget ble i stor grad lagt hos Hjellnes Consult ut ifra samtaler med personell fra avdelingen for bygningsfysikk, i tillegg til selvstudie og samtaler med fagpersoner ellers i byggebransjen. Utover dette har det blitt benyttet et 3-dimensjonalt kuldebroprogram, HEAT3, til å se nærmere på forskjellige isolasjonsstrategier for punktkuldebroer. Kuldebrotabeller og fagstoff fra SINTEF Byggforsk har også blitt benyttet.

Resultatet viser at kravet til normalisert kuldebroverdi i dag er kunstig lavt for småhus, mens det for øvrige bygg er relativt lett å nå. NS 3031 har åpnet for bruk av sjablongverdier som ikke klarer å nå $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ - kravet til NKV, men disse verdiene virker å være mer realistiske basert på erfaring. Til delen som omhandler arkitektenes fokus på kuldebroer viser det seg å være vanskelig å fastslå noe helt sikkert, og i hvilken grad arkitekter har et slikt fokus på kuldebroer. Det er mange faktorer som spiller inn, som ambisjonsnivået for prosjektet, arkitektens bakgrunn og interesser, eller prosjektet generelt. I alt blir det å skape bevissthet rundt kuldebroer viktig i tiden fremover ettersom det blir en større andel av transmisjonsvarmetapet når bygningskroppen ellers blir bedre isolert.

Abstract

This thesis deals with thermal bridges and the focus architects has on this when designing and creating buildings. Thermal bridges in a building can vary greatly based on different conditions. For this reason, it has proven to be difficult to estimate an amount of the total heat loss caused by thermal bridges in a building. It was therefore chosen to examine four factors that all help to contribute to the requirement of the normalized thermal bridge value (NKV). These conditions are:

- The building's form
- The building's size
- Thermal bridges around windows
- Point thermal bridges, in this case a continuous pillar through a concrete slab

On this basis, the issue was the following: *“What is the experience with the use of normalized thermal bridge value as a requirement today?”*

To hear further about the architect's focus on thermal bridges, it was decided to have interviews with three different architectural offices. These interviews required insight to the theory behind the thermal bridges, and this foundation was largely established at Hjellnes Consult during discussions with personnel from the department of Building Physics in addition to self-study and conversations with experts elsewhere in the construction industry. Beyond this, it has been used a three-dimensional thermal bridge program, HEAT3, to look into different insulation strategies for point thermal bridges. Thermal bridge tables and subject material from SINTEF Byggforsk has been used as well.

The result shows that the normalized thermal bridge value today is artificially low for small houses, while it is a relatively easy value to reach for other buildings. In NS 3031 it is possible to use Standard values, but these fail to reach the $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ - requirement to NKV. These values seem indeed to be more realistic based on experience. To the section about architect's focus on thermal bridges, it turns out to be difficult to determine with certainty and to what extent architects have such focus on thermal bridges. Many factors come into play, such as the level of ambition of the project, the architect's background and interests, or the project in general. In all it is important to create awareness of thermal bridges as it becomes a larger portion of the transmission heat loss when the building envelope gets better insulated.

Tabelloversikt

Tabell 1: Forventet usikkerhet ved forskjellig bruk av metode til beregning av kuldebroer. (Gustavsen, Thue et al. 2008).....	14
Tabell 2: Tilhørende tabell av kuldebroverdier for dekke av 150 mm betong. (Byggforsk 2013).....	15
Tabell 3: Inndata for byggene.....	19
Tabell 4: Inndata for byggene som nå er 8 ganger større.	20
Tabell 5: Inndata og betingelser for beregning av punktkuldebroer.	26
Tabell 6: NKV for byggene ved forskjellige isolasjonstykkelser i veggene.....	34
Tabell 7: Prosentvis større varmetap via kuldebroene sammenliknet med kvadratisk form på bygget.....	35
Tabell 8: Nye verdier for NKV når volumet av byggene er forstørret åtte ganger.....	35
Tabell 9: Prosentvis større varmetap via kuldebroene sammenliknet med kvadratisk form på bygget.....	36
Tabell 10: Oversikt over kuldebroverdier ut ifra hvor i vegglivet vinduet plasseres. (Gustavsen, Thue et al. 2008).....	37
Tabell 11: Variasjoner i kuldebrobidrag til NKV.....	38
Tabell 12: Prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs en 300 x 300 mm søyle og langs hele søylen, sammenliknet med en løsning uten søyleisolasjon.....	41
Tabell 13: Prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs en 400 x 400 mm søyle og langs hele søylen, sammenliknet med en løsning uten søyleisolasjon.....	42
Tabell 14: Prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs en 500 x 500 mm søyle og langs hele søylen, sammenliknet md en løsning uten søyleisolasjon.....	43
Tabell 15: Beregning av NKV. Hentet fra Excel-filen "Varmetapstall".....	45
Tabell 16: Transmisjonsvarmetapet for bygget.....	46
Tabell 17: Forholdet mellom areal av klimaskjerm og innvendig oppvarmet volum. (Små eksempelbygg).....	56
Tabell 18: Forholdet mellom areal av klimaskjerm og innvendig oppvarmet volum. (Store eksempelbygg).....	56
Tabell 19: Forskjell i kuldebroverdier ved forskjellige isolasjonstykkelser under dekke.....	61

Bildeoversikt

Bilde 1: Eksempel på en kuldebro der klimaskjermen gjennomtrenges av materialer med høyere konduktivitet. (Byggforsk 2008)	7
Bilde 2: Eksempel på en kuldebro som skyldes forskjeller i tykkelse. (Byggforsk 2008)	7
Bilde 3: Eksempel på en geometrisk kuldebro ved et hjørne, som skyldes forskjellen mellom størrelsen (arealet) på utvendig og innvendig flate. (Byggforsk 2008).....	8
Bilde 4: Punktkuldebroer på Nesoddtangen kommunesenter ("Tangenten"). (AS).....	9
Bilde 5: Punktkuldebroer på "Kremmertorget" kjøpesenter i Elverum. Bruk av gjennomgående søyler for å gi plass til parkeringsplasser. (Moen 2009)	9
Bilde 6: Illustrasjon av et passivhus. (Hornes)	13
Bilde 7: Detalj av bindingsverksvegg av tre og dekke av betong. (Byggforsk 2013).....	15
Bilde 8: Oversikt over noen av anvisningene i kuldebroatlas hos SINTEF Byggforsk (07.05.14).....	16
Bilde 9: Fire bygg med samme volum, men ulik planløsning og form. (Anda and Bjelland 2013).....	18
Bilde 10: Byggene forstørret 8 ganger.....	20
Bilde 11: Eksempelbygg tegnet i Revit.	22
Bilde 12: Fasade kortvegg. Viser etasjehøyder, 3 etg. á 5 m.	22
Bilde 13: Målsatt plantegning.	22
Bilde 14: Forskjellig vindusplassering i vegglivet. Bildet til venstre viser vinduet plassert inn i vegglivet, mens bildet til høyre stikker vinduet litt ut av vegglivet. (Gustavsen, Thue et al. 2008).....	23
Bilde 15: Fra et enkelt stort vindu til fire små vinduer.	23
Bilde 16: Punktkuldebrodetalj fra HEAT3. Viser forhold som endres i beregningene.	27
Bilde 17: Fremgangsmåte for beregning av kuldebroverdier.	27
Bilde 18: Randbetingelser for gjennomgående betongsøyle.	28
Bilde 19: Metode for å beregne varmetapet via søylegjennomføringen.	29
Bilde 20: Eksempelbygg tegnet i Revit.	30
Bilde 21: Fasade kortvegg. Viser etasjehøyder, 3 etg. á 5 m.	30
Bilde 22: Målsatt plantegning.	30
Bilde 23: Overflatetemperatur på detalj ved + 20 grader inne og 0 grader ute.....	41
Bilde 24: Betongsøyle med kuldebrobryter av XPS isolasjon og gjennomgående armering. .	44
Bilde 25: Forskjellig andel av transmisjonsvarmetapet.	46
Bilde 26: Fordeling ut ifra andelen kuldebrovarmetap.	47
Bilde 27: Detaljer relatert til formen på bygget.	54
Bilde 28: Kontaktflate mellom to hus i eksempelvis et rekkehus.	55
Bilde 29: Viser et snitt gjennom vinduet.....	58
Bilde 30: Bygningsfysiker (RIByfy) som et bindeledd mellom ARK, RIB, RIM, RIV og byggherre.	63
Bilde 31: Forskjellige meninger om kuldebroer.	64

Grafoversikt

Graf 1: Oversikt over fall i kuldebroverdier ved isolering av en 300 x 300 mm gjennomgående betongsøyle.	40
Graf 2: Oversikt over fall i kuldebroverdier ved isolering av en 400 x 400 mm gjennomgående betongsøyle.	42
Graf 3: Oversikt over fall i kuldebroverdier ved isolering av en 500 x 500 mm gjennomgående betongsøyle.	43
Graf 4: Økende fall i kuldebroverdier ved isolering av hele søylelengden.	59

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Problemstilling	2
1.3. Avgrensinger	3
1.4. Oppgavens oppbygging	4
2. Teori	6
2.1. Varmetap	6
2.2. Hva er en kuldebro?	7
2.2.1. Geometriske kuldebroer	10
2.3. Normalisert kuldebroverdi (NKV)	10
2.4. Konsekvenser og ulemper	11
2.5. Krav	12
2.5.1 Passivhus	13
2.6. Metoder for å beregning av kuldebroverdi	14
2.7. Kuldebroatlas	16
3. Beregninger	17
3.1. Byggets form og størrelse	18
3.1.1. Byggets form	18
3.1.2. Byggets størrelse.....	20
3.2. Kuldebroer i forbindelse med vinduer	21
3.2.1. Vinduets innvirkning på NKV	21
3.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer	24
3.3. Punktkuldebroer	25
3.3.1. Generelt om detaljen	26
3.3.2. Randbetingelser.....	28
3.3.3. Forenklinger.....	28
3.3.4. Beregningene	29
3.3.5. Eksempelbygget.....	30
4. Metode	31
4.1. Litteraturstudie	31
4.2. Simulering i HEAT3	31
4.3. Revit 2014	31
4.4. Dybdeintervjuer	32
4.5. Samtale med fagpersoner	32
4.6. EndNote	32
4.7. Styrker og svakheter ved metodevalg	33
5. Resultater	34
5.1. Resultat fra byggets form og størrelse	34
5.1.1. Byggets form	34
5.1.2. Byggets størrelse.....	35
5.2. Resultater fra kuldebroer i forbindelse med vinduet	37
5.2.1. Vinduets innvirkning på NKV	37
5.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer	38
5.3. Resultater fra punktkuldebroer	40
5.3.1. Isolering langs søyle.....	40
5.3.2. Andelen av NKV for gjennomgående søyler på eksempelbygget	45
5.4. Dybdeintervjuene med arkitektkontorene	48
5.4.1. Nye krav – en utfordring?.....	48

5.4.2. Bygningsfysikk som eget fagfelt.....	48
5.4.3. Arkitektur.....	50
5.4.4. Strategi fremover.....	50
5.5. Samtale med fagpersoner.....	51
5.5.1. Kuldebroer i sammenheng med totalt varmetap.....	51
5.5.2. Kravet til NKV i dag.....	51
5.5.3. Kuldebroer – et problem i dag?.....	52
5.5.4. Kuldebroer ellers i Europa.....	53
6. Diskusjon.....	54
6.1. Byggets form og størrelse.....	54
6.1.1. Byggets form.....	54
6.1.2. Byggets størrelse.....	55
6.2. Kuldebroer i forbindelse med vinduer.....	57
6.2.1. Vinduets innvirkning på NKV.....	57
6.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer.....	58
6.3. Punktkuldebroer.....	59
6.3.1. Isolering langs søyle.....	59
6.3.2. Andelen av NKV for gjennomgående søyler på eksempelbygget.....	60
6.4. Dybdeintervju med arkitektkontorer.....	62
6.5. Samtale med fagpersoner.....	64
6.5.1. Er kuldebroer et problem i dag?.....	64
6.5.2. Har kravet til NKV satt seg i bransjen?.....	65
7. Konklusjoner.....	66
7.1. Byggets form og størrelse.....	66
7.1.1. Byggets form.....	66
7.1.2. Byggets størrelse.....	66
7.2. Kuldebroer i forbindelse med vinduer.....	67
7.2.1. Vinduets innvirkning på NKV.....	67
7.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer.....	67
7.3. Punktkuldebroer.....	68
7.3.1. Isolering langs søyle.....	68
7.3.2. Andelen av NKV for gjennomgående søyler på eksempelbygget.....	68
7.4. Dybdeintervju med arkitektkontorer.....	69
7.5. Samtale med fagpersoner.....	69
7.6. Hovedkonklusjon.....	70
8. Videre arbeid.....	71
9. Kilder.....	74
10. Vedlegg.....	76

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Høyere krav til energieffektivisering har i dag ført til et økende fokus på bygningselementenes forbedringspotensialer. Ettersom kravene stadig blir strengere, blir det samtidig mindre rom for forbedringer. ”Å skaffe seg en god oversikt over energibruken i egne bygg vil derfor være en forutsetning for energieffektiv drift.” (Statsbygg 2000) I 2050 vil fremdeles 80 % av dagens bygningsmasse være i bruk, noe som krever god tilpassingsdyktighet og bruk av bærekraftige løsninger. (Bjøberg 2011) Som en del av denne prosessen har kuldebroer fått et økende fokus og i 2007 kom det tallfestede krav til dokumentasjon av disse.

Kuldebroer er helt klart en viktig del av transmisjonsvarmetapet i bygninger. Fordi vegger, tak og gulv har blitt bedre isolert i senere tid, har kuldebroene blitt en større andel av det totale varmetapet. Det pågår i dag en diskusjon om måten kravet til kuldebroer er riktig satt, samtidig som det jobbes med en oppgradering rundt en del kuldebrodetaljer. Bygningsfysikk har også fått et økende fokus i dagens prosjekteringsarbeid etter at det gradvis har blitt et eget fagfelt.

Debatten rundt kuldebroer har i stor grad vært bakgrunnen for denne oppgaven. Å undersøke nærmere hvordan kravet er satt, belyse noen detaljer som ikke har fått nok oppmerksomhet tidligere, og se om arkitekter faktisk har et fokus på kuldebroer i byggets design og designfase, er ønsket å se nærmere på.

1.2. Problemstilling

På bakgrunn av betraktningene innledningsvis er følgende problemstilling formulert for denne oppgaven:

❖ Hva er erfaringene med bruk av normalisert kuldebroverdi som krav i dag?

Med dette som utgangspunkt er denne oppgaven delt inn i tre hovedpunkter. Den første delen vil omhandle kuldebroer, den andre har fokus på arkitektens syn og tanker om kuldebroer i designprosessen, mens den siste fokuserer på samtaler gjort med fagpersoner om kuldebroer. Ettersom varmetapet via kuldebroer i stor grad kan variere, avhengig av hvilken detalj det er snakk om, er det i denne oppgaven valgt å se på fire forskjellige forhold. Del 1 vil av den grunn bestå av tre forskjellige problemstillinger. Del 2 og 3 har én tilhørende problemstilling. Ut ifra svarene fra disse tre delene vil hovedproblemstillingen til slutt bli besvart.

Del 1:

- Hvor stor innvirkning kan form ha å si på kuldebrovarmetapet, og hvor mye har størrelsen på bygget å si på om man klarer kravet til NKV eller ikke?
- Hvor mye av kravet til NKV står vinduene alene for, og hva er bakgrunnen for endringen som for tiden pågår hos SINTEF Byggforsk om kuldebroer rundt vinduer?
- Hvilken effekt på kuldebroverdien kan det kan ha å isolere kun deler av gjennomgående betongsøyler (punktkuldebroer) og hva vil bidraget av en slik løsning ha å si på kravet til NKV for et eksempelbygg?

Del 2:

- Er kuldebroer noe arkitekter har fokus på i dag når de designer og utformer bygg?

Del 3:

- Er kuldebroer et problem i dag, og har kravet til NKV satt seg i bransjen?

1.3. Avgrensinger

Som tidligere nevnt er det vanskelig å se på det totale aspektet av hvor mye kuldebroer har å si for varmetapet i en bygning. Det finnes utallige forhold som, på hver sin måte, kan gjøre detaljen mer eller mindre gunstig. Av den grunn har denne oppgaven begrenset seg til å ta for seg fire områder som bidrar på varmetapet. Det er da snakk om transmisjonsvarmetapet, og ikke det totale varmetapet i en bygning. Forskjellen blir senere beskrevet i teorikapittelet under "Varmetap".

Det er avholdt tre intervjuer med tre forskjellige arkitektkontorer. Mye pga. tidsbegrensninger ble det dessverre ikke tid til å ha flere. Avgrensninger i form av forenklinger er nærmere beskrevet til hver av problemstillingene.

1.4. Oppgavens oppbygging

Kap. 1 – Innledning og problemstilling

Kapittel 1 består av å kartlegge hva denne oppgaven omhandler og hvilke forutsetninger som er lagt til grunn. Problemstillingene vil bli presentert og bakgrunnen for valg av tema.

Kap. 2 – Teori

Oppgaven vil under dette kapitlet ta for seg teorien rundt kuldebroer og hvilken form for varmetap dette dreier seg om. Dagens krav og konsekvenser som følge av kuldebroer vil deretter bli omtalt nærmere før utførte beregninger som er gjort vil bli beskrevet i neste kapittel.

Kap. 3 - Beregninger

Med teorien bak kuldebroer forklart tar oppgaven i dette kapitlet for seg fire faktorer som har innvirkning på kuldebroene i et bygg. Disse fire faktorene er:

- Byggets form
- Byggets størrelse
- Kuldebroer i forbindelse med vinduer
- Punktkuldebroer, som her vil dreie seg om gjennomgående søyler i betong

Til hvert av disse punktene vil det bli henvist til et regneark eller et konkret eksempelbygg.

Kap. 4 - Metode

Dette kapitlet vil dreie seg om metodene som er benyttet. Her vil blant annet dybdeintervjuene som er foretatt bli introdusert. Dybdeintervjuene vil også bli nærmere beskrevet i kapittel 5 som her heter resultater. Samtale med fagpersoner og annet metodevalg vil også bli nevnt.

Kap. 5 - Resultater

Resultatkapittelet er delt inn i fire deler. Den første delen dreier seg om svarene fra dybdeintervjuene. Del to omhandler resultater fra hva formen og størrelsen på bygget har å si for kuldebroene. Del tre presenterer resultater som dreier seg om kuldebroer rundt vinduer og del fire omhandler punktkuldebroer. Her er resultater fra beregningene utført i HEAT3 og Excel - ark presentert med tilhørende kommentarer.

Resultatene fra dybdeintervjuene og fra samtalene med fagpersoner er lagt frem i dette kapittelet.

Kap. 6 – Diskusjon

Resultatene diskuteres til hver enkelt problemstilling.

Kap. 7 – Konklusjon

Avslutningsvis er det et kapittel som tar for seg konklusjonen av problemstillingene. Det er også et kapittel om videre arbeid avslutningsvis.

2. Teori

2.1. Varmetap

Det totale varmetapet i bygninger inkluderer en rekke forhold. I veiledningen om tekniske krav til byggverk (TEK 10) § 14-3, er det beskrevet at det totale varmetapet i en bygning skal fordeles i tre kategorier; transmisjonsvarmetap (1), infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap (2) samt øvrige tiltak (3). ” Transmisjonsvarmetapet styres av bygningsdelenes U-verdier, arealer og kuldebroer” og regnes ut ifra NS 3031. (Byggforsk 2011)

Transmisjonsvarmetap etter NS 3031:

$$H = \sum_i A_i * U_i + \sum_k l_k * \Psi_k + \sum_j \Psi_{p,j}$$

Omsluttende flater:	$A_i * U_i$	Endimensjonal varmestrøm (flatetap)
Kuldebroer:	$l_k * \Psi_k$	Todimensjonal varmestrøm (linjetap)
Punktkuldebroer:	$\Psi_{p,j}$	Tredimensjonal varmestrøm (punkttaap)

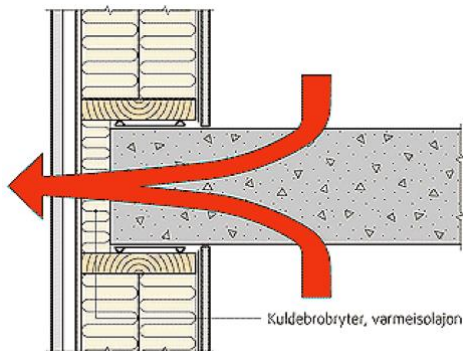
Med andre ord omhandler transmisjonsvarmetapet flatetap og kuldebrotap.

Varmetap gjennom luftlekkasjer og ventilasjon er i denne oppgaven valgt å se bort ifra, men det er allikevel greit å nevne at det også stilles krav til lufttetthet i bygninger samt krav om temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget. Øvrig varmetap er heller ikke tatt med ettersom det ikke brukes i oppgaven.

2.2. Hva er en kuldebro?

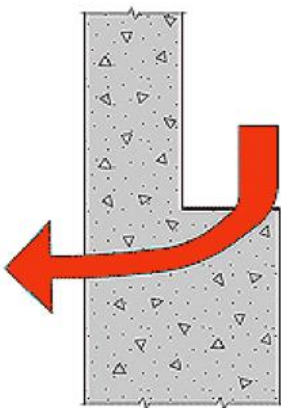
En kuldebro er en detalj i konstruksjonen med svekket isolasjonsevne. (Norconsult) Det vil si steder i bygningsskallet som leder betydelig mer varme enn bygningsskallet for øvrig. (Anda and Bjelland 2013) SINTEF Byggforsk skriver i sin prosjektrapport nr. 25 fra 2008, at kuldebroer oppstår på grunn av ett eller flere av følgende forhold:

- a) bygningsskallet gjennomtrenges helt eller delvis av materialer med en annen og høyere varmekonduktivitet. Dette kan eksempelvis være i møtet mellom en yttervegg og etasjeskiller/ innvendig skillevegg.



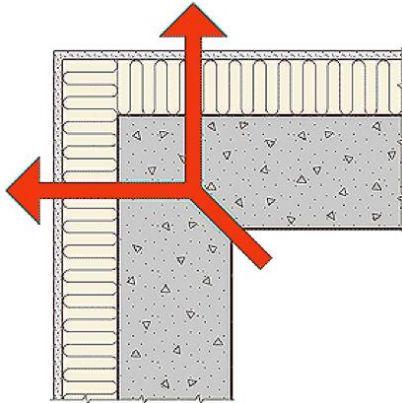
Bilde 1: Eksempel på en kuldebro der klimaskjermen gjennomtrenges av materialer med høyere konduktivitet. (Byggforsk 2008)

- b) en endring av konstruksjonens tykkelse, her vist ved en vegg.



Bilde 2: Eksempel på en kuldebro som skyldes forskjeller i tykkelse. (Byggforsk 2008)

c) en forskjell mellom innvendig og utvendig areal, som ved overganger mellom vegg/gulv/tak. Dette er kjent som en geometrisk kuldebro, og er illustrert her i møtepunktet mellom to yttervegger. Årsaken er at det er en forskjell i størrelsen til innvendig og utvendig overflate (overflateareal).



Bilde 3: Eksempel på en geometrisk kuldebro ved et hjørne, som skyldes forskjellen mellom størrelsen (arealet) på utvendig og innvendig flate. (Byggforsk 2008)

”Det vil være en kuldebro der det er en forskjell mellom innvendige og utvendige arealer, som oppstår i skjæringspunktet mellom vegg/gulv/tak.” (Gustavsen 2007) Geometriske kuldebroer blir senere omtalt nærmere.

Det kan være hensiktsmessig å skille mellom to typer av kuldebroer, lineære og tredimensjonale. Lineære kuldebroer er de vanligste og oppstår ”[...] langs alle overganger mellom ulike konstruksjoner og komponenter.” (Kaupang 2013) Tredimensjonale kuldebroer, eller punktkuldebroer, oppstår når bygningsskallet punkteres av en gjennomføring. Det kan eksempelvis være en gjennomgående søyle eller en ”[...] en pipe som trenger igjennom et isolasjonssjikt.” (Gustavsen, Thue et al. 2008) Punktkuldebroer skiller seg fra vanlige kuldebroer ved at de multipliseres med antall stk. fremfor en lengde. Benevnningen for punktkuldebroer er derfor $[W/K]$, mens benevnningen på lineære kuldebroer er $[W/mK]$.

Bildene på neste side viser et ofte forekommende eksempel på punktkuldebroer. Her vist ved gjennomgående betongsøyler på Nesoddtangen kommunesenter og tilsvarende løsning på et kjøpesenter i Elverum.



Bilde 4: Punktkuldebroer på Nesoddtangen kommunesenter ("Tangenten"). (AS)

Det finnes også flere eksempler på bruk av slike gjennomgående søyler. På "Kremmertorget" kjøpesenter i Elverum, har deler av bygget blitt bygget på søyler for å bruke arealet under bygget som parkeringsplass.



Bilde 5: Punktkuldebroer på "Kremmertorget" kjøpesenter i Elverum. Bruk av gjennomgående søyler for å gi plass til parkeringsplasser. (Moen 2009)

2.2.1. Geometriske kuldebroer

Geometriske kuldebroer oppstår "[...] når overflatearealene for utvendig flate og innvendig flate er forskjellig, selv om det ikke er noen andre materialer som trenger igjennom isolasjonssjiktet." Denne effekten oppstår pga. at det vil være ulik avkjølings- og oppvarmingsoverflate som gir mer kulde (utvendig hjørne) eller varme (innvendig hjørne) sentrert på en del av veggen.

Halvard Høilund Kaupang presenterte blant annet under fjorårets bygningsfysikkdag (2013) at kuldebroer kan defineres som en sum av to bidrag, et geometrisk bidrag og et materialbidrag. Det geometriske bidraget går på å ha forskjellig overflateareal på inn- og utside, mens det ikke er noen forskjellige materialtyper som trenger helt eller delvis gjennom. Materialbidraget vil da være f. eks de ekstra stenderne i et hjørne av en stendervegg. Ikke bare vil det være snakk om vegg-hjørner, men samme effekt vil også være å finne i overgangen mellom vegg og tak, eller vegg og gulv.

En undersøkelse gjort av SINTEF Byggforsk om "Geometriske kuldebroers innvirkning på normalisert kuldebroverdi" fra 2012, "[...] viser at de geometriske kuldebroene utgjør en betydelig del av den totale rammen på 0,03 W/m K." (Gullbrekken, Kvande et al. 2012)

2.3. Normalisert kuldebroverdi (NKV)

Normalisert kuldebroverdi (NKV) er et nytt kuldebrobegrep som ble introdusert da TEK 07 kom. I de nye forskriftene er det denne verdien det stilles krav til. NKV, ψ'' , skal beregnes for hele bygningen etter følgende formel fra anvisning 471.015 i byggforskserien:

$$NKV = \frac{\sum_k \Psi_k * l_k + \sum_j X_j}{A_{fl}} \quad (W/(m^2K))$$

der:

- Ψ_k er kuldebroverdi (lineær varmegjennomgangskoeffisient) (W/(mK))
- l_k er lengden på lineær kuldebro k (m)
- A_{fl} er oppvarmet del av bruksareal (BRA). Bruksarealet er lik bruttoarealet minus arealet som opptas av yttervegger, se NS 3940 (m²).
- X_j er kuldebroverdi for tredimensjonale kuldebroer, (W/K)

(Byggforsk 2008)

SINTEF skriver i sin prosjektrapport nr. 25 fra 2008 at "Begrensning av varmetap gjennom kuldebroer kan anses som tilfredsstillende dersom normalisert kuldebroverdi beregnet etter NS 3031 ikke overstiger 0,03 W/m²K for småhus og 0,06 W/m²K for andre bygninger, der arealet (m²) angis i oppvarmet BRA." Det vil si at normalisert kuldebroverdi for et bygg er summen av varmetap fra alle kuldebroene i en bygning dividert med oppvarmet bruksareal.

2.4. Konsekvenser og ulemper

Byggforsk detaljblad 471.017 – ”Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk”, beskriver en rekke uheldige konsekvenser kuldebroer kan ha. Det er også mye av bakgrunnen for prosjektrapport 25, at man ikke har vært helt klar over de byggetekniske konsekvensene av å bygge lavenergiboliger. Heriblant kan uheldige kuldebroløsninger ha flere ulemper. På lik linje med 471.017, settes det her opp stikkordsmessig hvilke ulemper det kan være snakk om.

- økt varmetap
- lave overflatetemperaturer
- redusert komfort
- overflatekondens
- sverting (støvkondens)
- temperaturspenninger

”Økt varmetap og lave overflatetemperaturer kan betraktes som hovedkonsekvenser, mens redusert komfort, overflatekondens, sverting (støvkondens) og temperaturspenninger ofte er en konsekvens av lave overflatetemperaturer. Samtidig kan lave overflatetemperaturer føre til økt varmetap.”

Videre står det at det er viktig å ta hensyn til kuldebroer allerede i prosjekteringsfasen. Det er mer kostbart å utbedre de i ettertid enn det ville vært å ta hensyn til dem allerede i prosjekteringsfasen. (Byggforsk 2008)

2.5. Krav

Kuldebroer har lenge vært en kjent problematikk. Det står allerede i forskriftene fra 1969 at ”Kuldebroer som kan føre til kondens eller dårlig romklima skal unngås.” Det har allikevel ikke blitt tatt like høytidelig, og det har heller ikke vært avkrevd dokumentasjon fra myndighetene sin side. Først i 2007 (TEK 07) kom det konkrete tallkrav til NKV.

I byggeteknisk forskrift (TEK 10) er det i dag beskrevet to forskjellige måter å oppfylle kravene til energieffektivitet på. Disse metodene heter tiltaksmetoden og rammekravmetoden. Tiltaksmetoden, eller energitiltak (§14-3) går ut på å dokumentere samtlige tiltak til bygget energieffektivitet. Deriblant stiller metoden krav til NKV.

Rammekravmetoden (§14-4) gir derimot mulighet for omfordeling. Det betyr at du kan kompensere for lite isolasjon i f. eks vegg for å heller isolere bedre i taket. Rammekravmetoden stiller krav til at “[...] samlet netto energibehov for bygget ikke overskrider tillatt ramme, gitt som et visst antall kWh/m²år.” (Lavenergiprogrammet) Det er også viktig å nevne at uansett hvilken metode som benyttes, må allikevel noen minstekrav til bygningskomponentenes U-verdi og samtidig et minstekrav til lekkasjetall oppfylles (§14-5).

Kravet til normalisert kuldebroverdi i Teknisk forskrift (TEK10) er 0,03 W/m²k for småhus og 0,06 W/m²k for andre bygninger. Grenseverdien satt i NS 3700 og 3701 for hhv. bolig- og yrkesbygninger, er 0,03 W/m²k for alle bygninger, samt at denne må dokumenteres. TEK henviser til dokumentasjon av energibehov etter NS 3031, og NS 3031 åpner for å bruke sjablongverdier (spesifisert i Tillegg A). Sjablongverdien er en kvalifisert gjetning på hva som er vanlig for en del typer bygg avhengig av bæresystem.

Sjablongverdien brukes sannsynligvis mye av to grunner. Den ene er at den er enkel å bruke og krever mye mindre dokumentasjon enn selv å skulle regne alle kuldebroer og finne normalisert kuldebroverdi for bygningen. Den andre er at det er vanskelig å oppnå kravet når man dokumenterer selv.

Fra 1.1.2013 har det også kommet inn krav om obligatorisk uavhengig kontroll for blant annet bygningsfysikk for både prosjektering og utførelse (§14-2). Dette omhandler blant annet at kuldebroene kontrolleres.

2.5.1 Passivhus

Det kommer stadig strengere krav fra myndighetene. Passivhus skal bli krav i 2015 og veien videre etter det, er nesten nullhus i 2020. Det betyr at man stadig skal forminske varmetapet og det fører igjen til at man må ha full kontroll over detaljene i bygget. Passivhuskravet på NKV er satt til $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ uansett størrelse på bygget.

Når passivhus ble etablert, var det først bolighus som ble bygget. Enova, SINTEF, med flere, prøvde å få til det første yrkesbygget i passivhus. *“Det var en trang fødsel, men gikk greit etter hvert.”* (Michalsen 2013)



Bilde 6: Illustrasjon av et passivhus. (Hornes)

2.6. Metoder for å beregning av kuldebroverdi

Det finnes flere valgmuligheter for beregningsmetode av kuldebroene i et bygg. I denne oppgaven er det kun benyttet to av de fire valgmulighetene. Av den grunn vil kun disse bli beskrevet. Nedenfor vises en oversikt over bruk av de forskjellige beregningsmetodene med tilhørende forventet usikkerhet.

Tabell 1: Forventet usikkerhet ved forskjellig bruk av metode til beregning av kuldebroer. (Gustavsen, Thue et al. 2008)

Metoder	Forventet usikkerhet for Ψ
Numerisk beregning	$\pm 5\%$
Kuldebrotabeller	$\pm 20\%$
Manuell beregning	$\pm 20\%$
Grovesitimering/normalverdier	0 – 50 %

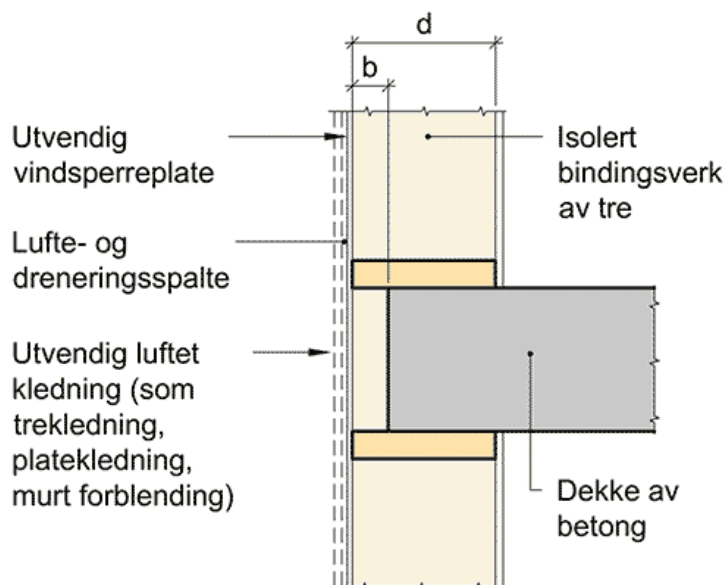
Numerisk beregning

Beregning av kuldebroer kan gjøres ved hjelp av dataverktøy ved numerisk beregning. Dette er den mest nøyaktige beregningsmetoden fordi modellen samsvarer svært likt med den virkelige detaljen. I dag finnes det en rekke forskjellige beregningsprogrammer som f.eks. THERM, HEAT, HEAT3 og COMSOL. THERM og HEAT er 2-dimensjonale beregningsprogrammer som regner på lineære kuldebroer. HEAT3 og COMSOL er derimot 3-dimensjonale beregningsprogrammer og regner på punktkuldebroer. For denne oppgaven er det valgt å benytte HEAT3 til beregning av punktkuldebroer.

Numeriske beregninger kan både gjennomføres for konstruksjoner over bakken og konstruksjoner på grunnen eller under grunnen. (Gustavsen, Thue et al. 2008)

Kuldebrotabeller

Kuldebrotabeller er en rask og effektiv måte å beregne kuldebroene i et bygg på. Metoder har derimot større usikkerhet en numerisk beregning for tabellene inneholder faste materialer og mål. Ved bruk av denne metoden sørger man alltid for at man er på sikker side og velger heller en detalj med høyere kuldebroverdi om ikke eksakt samme detalj er beregnet på i tabellen. Denne metoden er også benyttet i denne oppgaven ved beregning av kuldebroer for et eksempelbygg. Et eksempel av en kuldebrotabell er vist på neste side.



Bilde 7: Detalj av bindingsverksvegg av tre og dekke av betong. (Byggforsk 2013)

Tabell 2: Tilhørende tabell av kuldebroverdier for dekke av 150 mm betong. (Byggforsk 2013)

Isolasjon i vegg, d (mm)	Kuldebroverdi, ψ (W/(mK))			
	Isolasjon i forkant dekke, b (mm)			
	0	50	100	150
200	0,450	0,131	0,051	0,015
250	0,429	0,144	0,067	0,031
300	0,415	0,137	0,078	0,043
350	0,396	0,157	0,091	0,053
400	0,378	0,186	0,097	0,061

2.7. Kuldebroatlas

I dag finnes det et eget oppslagsverk på SINTEF Byggforsk sine hjemmesider om kuldebroer. Tanken har vært å få alt som er kuldebrorelatert samlet på et sted og opplyse om relevante løsninger for allmennheten. Dette oppslagsverket har SINTEF kalt for et kuldebroatlas. Dette skal være gratis og tilgjengelig for alle i tre år, før det på lik linje med andre detaljløsninger på deres hjemmeside også vil koste penger.

Kuldebroatlasen kommer med tiden til å bli kontinuerlig oppdatert med nye og forbedrede løsninger. Denne utviklingen av kuldebroatlasen er støttet av Enova. (Byggforsk and Rambøll 2013) Under vises noen av anvisningene i kuldebroatlasen.

- 471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946
- 471.009 Beregning av U-verdi og varmestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370
- 471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer
- 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk
- 471.016 Kuldebroer. Metoder for å bestemme kuldebroverdi
- 472.051 Kuldebroverdier for tilslutninger mellom bygningsdeler. Grunnlag for beregninger
- 472.101 Kuldebroverdier. Isolert ringmur med betong, bindingsverk av tre og betonggulv på grunnen
- 472.261 Kuldebroverdier. Betongvegg mot terreng, golv på grunnen
- 472.274 Kuldebroverdier. Vegg mot terreng, murt av lettklinkerblokker med isolasjon og golv på grunnen
- 472.301 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og trebjelkelag
- 472.304 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av betong
- 472.306 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av lettklinker
- 472.307 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av porebetong
- 472.308 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og hulldekke av betong
- 472.321 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon og trebjelkelag
- 472.326 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon og dekke av betong
- 472.329 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon og hulldekke av betong
- 472.362 Kuldebroverdier. Betongvegg, bindingsverksvegg av tre, trebjelkelag
- 472.365 Kuldebroverdier. Betongvegg, bindingsverk av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon, betongdekke
- 472.367 Kuldebroverdier. Betongvegg, bindingsverksvegg av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon, trebjelkelag
- 472.371 Kuldebroverdier. Vegg av lettklinkerblokker med isolasjon, dekke av lettklinkerbetong
- 472.375 Kuldebroverdier. Vegg av lettklinkerblokker med isolasjon, bindingsverksvegg av tre, dekke av lettklinkerbetong
- 472.376 Kuldebroverdier. Vegg av lettklinkerblokker med isolasjon, bindingsverksvegg av tre, trebjelkelag
- 472.511 Kuldebroverdier. Isolert skrått tretak og bindingsverksvegg av tre
- 472.512 Kuldebroverdier. Isolert skrått tretak og bindingsverksvegg av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon
- 472.514 Kuldebroverdier. Møne i isolerte skrå tretak

Bilde 8: Oversikt over noen av anvisningene i kuldebroatlasen hos SINTEF Byggforsk (07.05.14).

3. Beregninger

Svært mange faktorer har vist seg å ha en innvirkning på kuldebroene i et bygg. Ikke bare er det enkelte forhold som stendere i en stendervegg eller dekkeforkant i en etasjeskiller, men det finnes utallige faktorer som er med på å påvirke varmetapet som skjer via kuldebroene i et bygg.

I denne oppgaven er det valgt å ta for seg fire faktorer som har innvirkning på varmetapet via kuldebroene. Disse er hva form og størrelse på bygget har å si, kuldebroer rundt vinduer og punktkuldebroer.

Dette kapitlet omhandler forutsetninger og utgangspunkt for de beregningene som er gjort.

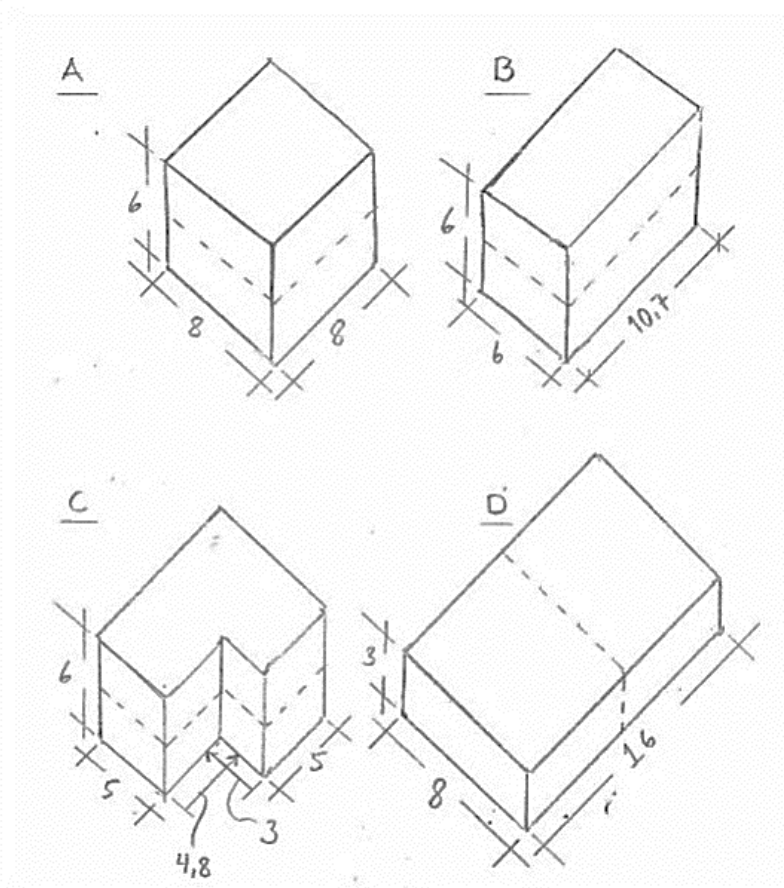
3.1. Byggets form og størrelse

Byggets form og størrelse er delt inn i hvert sitt kapittel. Til hvert av disse beskrives utgangspunktet for beregningene.

3.1.1. Byggets form

Det finnes mange forskjellige geometriske former på bygg, men hvor stor innvirkning formen kan ha å si på kuldebrovarmetapet er det som ønskes å finne ut av. Det er kun tatt hensyn til de mest tradisjonelle formene på bygg. Formene er hentet fra boka "Fra passivhus til plusshus". Det er forutsatt 20 - 50 cm isolasjon i vegger og gulv, mens det er 40 cm i taket. Det vil også være et kontinuerlig utvendig isolasjonslag på 10 cm og et isolasjonssjikt på 5 cm i forkant av etasjeskilleren. (Altså totalt 15 cm isolasjon i forkant av dekke.) Dette er isolasjonstykkelse som i dag skal kunne være innenfor rammene til å tilfredsstille U-verdi krav til passivhus.

Bildet under viser fire forskjellige former merket med hver sin bokstav A, B, C og D. Bygg A er et kvadratisk bygg, B et rektangulært, C et vinkelformet og D et enetasjes bygg. Alle med ett og samme gulvareal på 128 m^2 som skal tilsvare størrelsen på et vanlig bolighus.



Bilde 9: Fire bygg med samme volum, men ulik planløsning og form. (Anda and Bjelland 2013)

Byggene har noen variasjoner i størrelser på arealoverflater. Tabellen under viser de forskjellige parameterne på byggene.

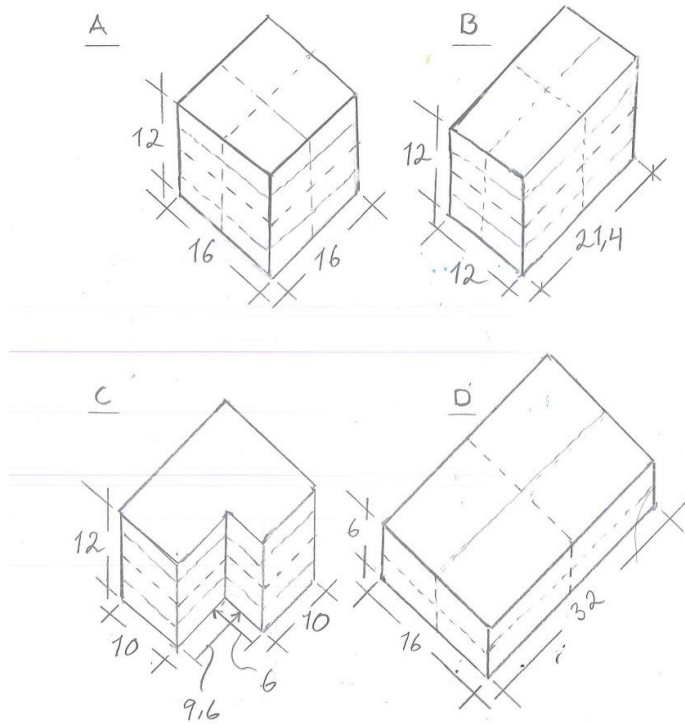
Tabell 3: Inndata for byggene.

Form	Areal vegg [m ²]	Areal gulv [m ²]	Areal tak [m ²]	Arealandel vegger [m ²]	Omkrets av bygget [m]	Oppvarmet BRA [m ²]
A	192	64 (x 2 etg)	64	6,24 (x 2 etg)	32,0	115,52
B	200	64 (x 2 etg)	64	6,52 (x 2 etg)	33,4	114,96
C	214	64 (x 2 etg)	64	6,96 (x 2 etg)	35,6	114,08
D	144	128 (x 1 etg)	128	9,44 (x 1 etg)	48,0	118,56

Med kun utgangspunkt i formen er det laget et Excel - ark til beregning av NKV for disse byggene. Det vil bli benyttet kuldebrotabeller til beregning av NKV og sett på forskjellen i kuldebrovarmetap mellom disse fire byggene.

3.1.2. Byggets størrelse

Ved å øke størrelsen på byggene åtte ganger skal det undersøkes om kravet til NKV blir lettere å oppnå.



Bilde 10: Byggene forstørret 8 ganger.

Tilhørende størrelser er satt opp i tabellen under.

Tabell 4: Inndata for byggene som nå er 8 ganger større.

Form	Areal vegg [m ²]	Areal gulv [m ²]	Areal tak [m ²]	Arealandel vegger [m ²]	Omkrets av bygget [m]	Oppvarmet BRA [m ²]
A	768	256 (x 4 etg)	256	12,64 (x 4 etg)	64	973,44
B	801,6	256 (x 4 etg)	256	13,2 (x 4 etg)	66,8	971,2
C	854,4	256 (x 4 etg)	256	14,24 (x 4 etg)	71,2	967,04
D	576	512 (x 2 etg)	512	19,04 (x 2 etg)	96	985,92

Samme detaljene som for byggets form vil bli benyttet. Det vil også bli diskutert litt rundt forholdet mellom areal av klimaskjermen og innvendig oppvarmet volum, et forhold som kan være fint å kjenne til ved design av lavenergibygg eller bedre. For byggets størrelse vil det også bli brukt et Excel-regneark. Regnearket heter "Kuldebrødokument – Byggets form og størrelse", og er lagt ved på egen CD bakerst i oppgaven.

3.2. Kuldebroer i forbindelse med vinduer

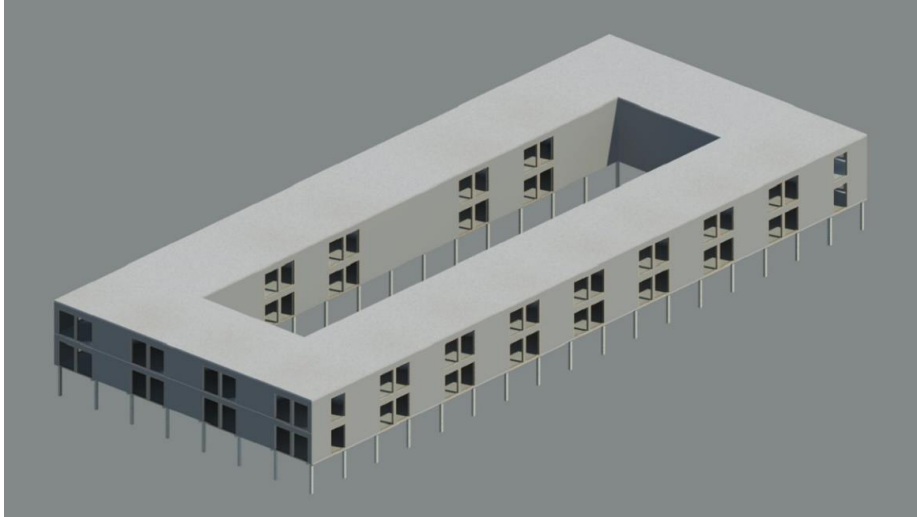
Det viser seg å være litt uklarheter i forbindelse med kuldebroer rundt vinduer. SINTEF Byggforsk har trukket tilbake alle beskrivelser og beregninger som er gjort på dette, noe som kan tyde på at det for tiden foregår en oppdatering rundt disse detaljene. Selv om tidligere beskrivelser og tabeller er trukket tilbake fra SINTEF sine sider, vil det allikevel bli tatt utgangspunkt i tidligere anvisninger for å se nærmere på variasjonene i kuldebroverdier.

Med dette som utgangspunkt er det ønsket å se på andelen av NKV som vinduene kan stå for. Deretter vil noen av parameterne for vinduene endres. Det vil bli sett på effekten av vindusplassering i vegglivet. I tillegg vil det bli sett på effekten av å ha et økende antall små vinduer fremfor få store, men totalt sett likt vindusareal. Endringene vil bli gjort på et eksempelbygg som beskrives nærmere under. Samtidig vil det bli brukt kuldebrotabeller fra Prosjektrapport 25 som skal benyttes til beregning av NKV. Svaret fra denne undersøkelsen vil bli besvart under kapittel 5.2.1. ”Vinduets innvirkning på NKV”.

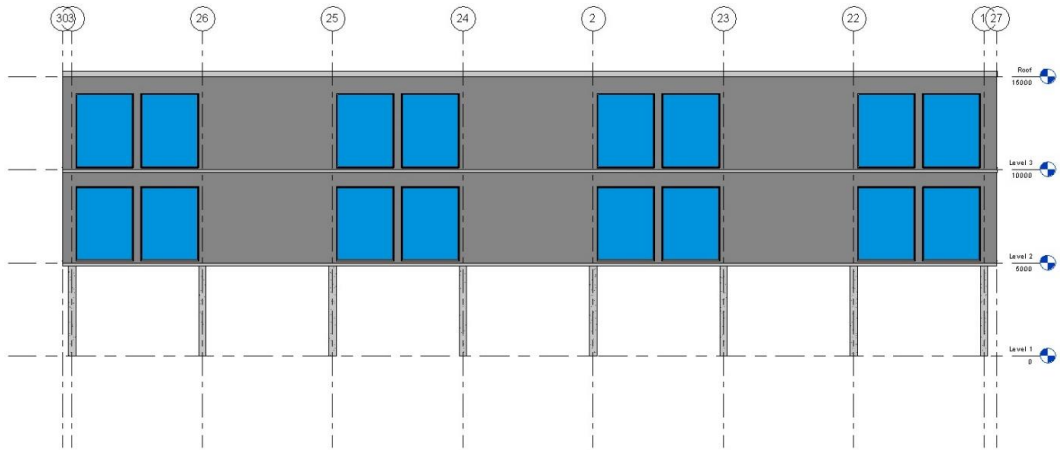
Avslutningsvis for denne delen er det undersøkt bakgrunnen for endringen som for øyeblikket pågår. Hvordan man regner på kuldebroer rundt vinduer og hvor i vegglivet det lønner seg å plassere vinduet er også undersøkt. Dette ved hjelp av samtaler med fagpersoner. Resultatene til denne undersøkelsen blir besvart under kapittel 5.2.2. ”Samtale med fagpersoner om beregning av kuldebroer rundt vinduer”. Her er også spørsmålene til samtalen satt opp.

3.2.1. Vinduets innvirkning på NKV

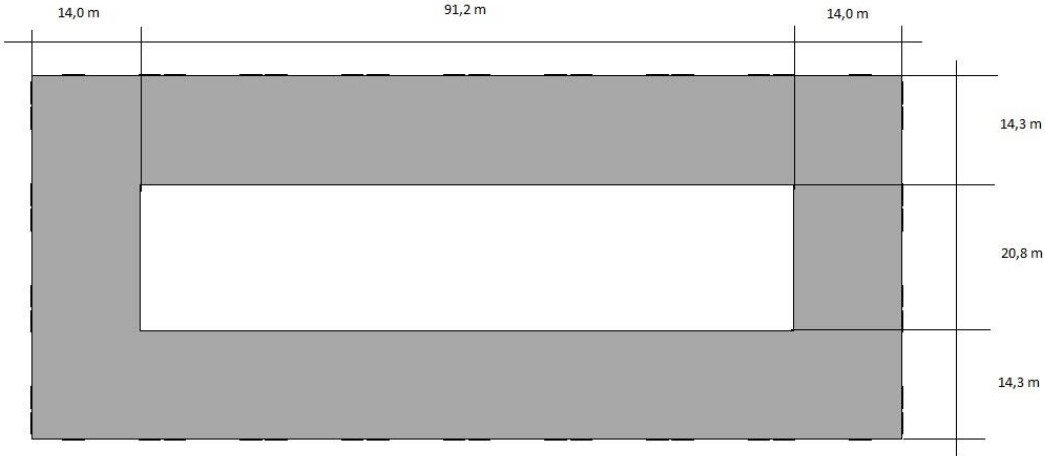
Som nevnt over er det laget et eksempelbygg. Bygget er inspirert av en rekke andre bygg, blant annet ”Tangenten”, som er Nesoddtangen kommunesenter og ”Kremmertorget” kjøpesenter i Elverum. For at ikke bygget skulle få for lite dagslys, er det valgt å lage et atrium. Bygget har en rektangulær form med flatt tak og er satt opp på 120 gjennomgående søylepunkter. Det er 128 vinduer med mål 3,1 x 4,0 m, som tilsvarer rett i underkant av 20 % av gulvarealet til bygget. Det er ikke satt inn noen inngang til bygget, men det tas utgangspunkt i at vinduene vil dekke dette bidraget til kuldebroene. Bilder av bygget vises på neste side.



Bilde 11: Eksempelbygg tegnet i Revit.



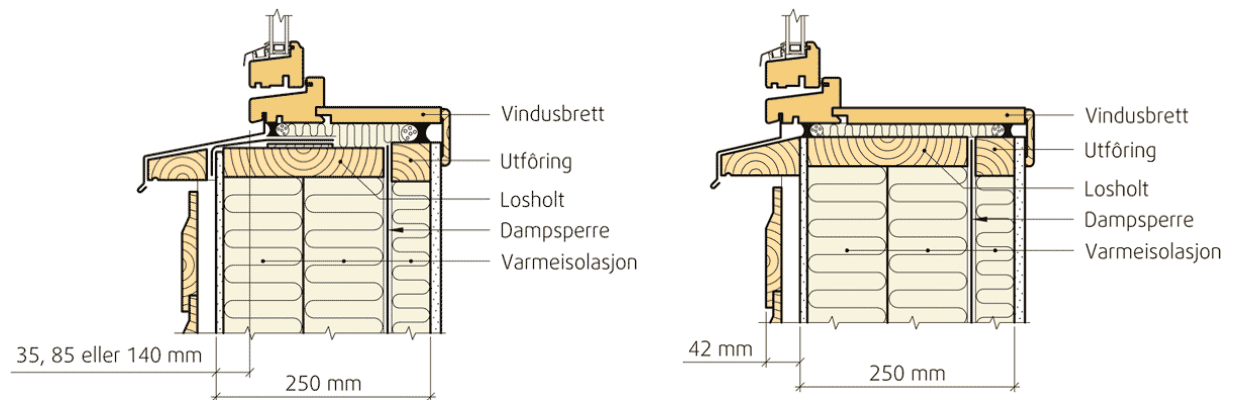
Bilde 12: Fasade kortvegg. Viser etasjehøyder, 3 etg. á 5 m.



Bilde 13: Målsatt plantegning.

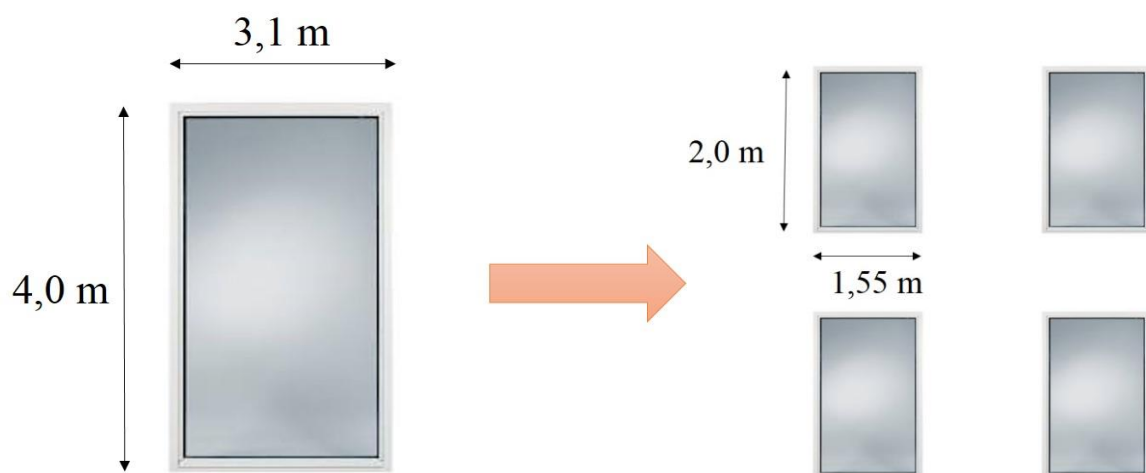
Det er i disse beregningene satt opp et Excel-ark til å se på hva vindusplasseringen i vegglivet har å si og hva et økende antall små vinduer fremfor få store har å si for kuldebroene.

Til beregning av vinduets plassering i vegglivet er det benyttet kuldebroverdier ut ifra Prosjektrapport 25. Tabellen viser en oversikt over kuldebroverdier ut ifra hvor i vegglivet vinduet plasseres for en 250 mm vegg. Dette er en forenkling ettersom veggene i eksempelbygget er nærmere 400 mm. Forskjellige vindusplasseringer i vegglivet vises på bildet under. Hensikten er å bruke verdiene til og se nærmere på variasjonene.



Bilde 14: Forskjellig vindusplassering i vegglivet. Bildet til venstre viser vinduet plassert inn i vegglivet, mens bildet til høyre stikker vinduet litt ut av vegglivet. (Gustavsen, Thue et al. 2008)

Når det gjelder et økende antall små vinduer fremfor få store, vil alle vinduene byttes ut med fire små vinduer. Kuldebro lengdene for hvert vindu vil da øke med 14,2 m $((1,55 + 2,0 \text{ m}) * 4)$. Det er en fordobling av lengden, og det er da forutsatt at vinduene er satt med et godt mellomrom slik at U-verdien til veggen mellom vinduene ikke vil ha en høyere U-verdi enn veggen ellers.



Bilde 15: Fra et enkelt stort vindu til fire små vinduer.

3.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer

Til å finne ut mer om kuldebroer rundt vinduer er det laget noen spørsmål som dreier seg om beregning av disse og hvor i vegglivet det er mest gunstig å plassere vinduene. Den transkriberte samtalen er lagt ved på side 19 under ”Vedlegg” bakerst i oppgaven.

Spørsmål:

- Hvordan regner man på kuldebroer rundt vinduer?
- Hvor i vegglivet er det mest gunstig å plassere vinduet for å få lavest kuldebroverdi?
- Hva er Bakgrunnen for at SINTEF Byggforsk har trukket tilbake anvisningene sine om kuldebroer i forbindelse med vinduer?
- Ønsker dere å få Hot-box målinger til å stemme overens med beregninger?

3.3. Punktkuldebroer

Det er i dag svært lite informasjon om punktkuldebroer. Prosjektrapport 25 har skrevet et lite avsnitt om gjennomgående søyler og hvilken innvirkning isolasjon på underside av dekke kan ha for kuldebroverdien. Steinar Grynning, som også skrev dette kapitlet, kom frem til at kuldebroverdien ”[...] synker lineært som følge av økte isolasjonstykkelser i bygningskroppen uavhengig av søyledimensjon.” (Grynning 2006)

I denne oppgaven har det blitt sett på hvor mye det har å si for kuldebroverdien å isolere deler av, eller hele søylen med isolasjon. Dette er en detalj som til stadighet blir brukt, men ennå ikke gjort grundige beregninger på i dag. Av den grunn har det vært svært interessant å undersøke forskjellige isolasjonsstrategier. Detaljen er grundigere beskrevet i kapittel 3.3.1.

Det er lagt frem tre forskjellige resultater med tilhørende grafer som viser fall i kuldebroverdier. Disse tre resultatene vil vise kuldebrofall for tre forskjellige søyledimensjoner med 200 mm isolasjon under dekke. Isolasjonstykkelsen langs søylen vil variere, noe også isolasjonslengden langs søylen vil gjøre.

Videre vil kuldebroverdiene fra disse beregningene er benyttet til å se på hvor mye punktkuldebroer kan utgjøre av NKV for et eksempelbygg. Som for kuldebroer rundt vinduer, er også samme eksempelbygg bli brukt her.

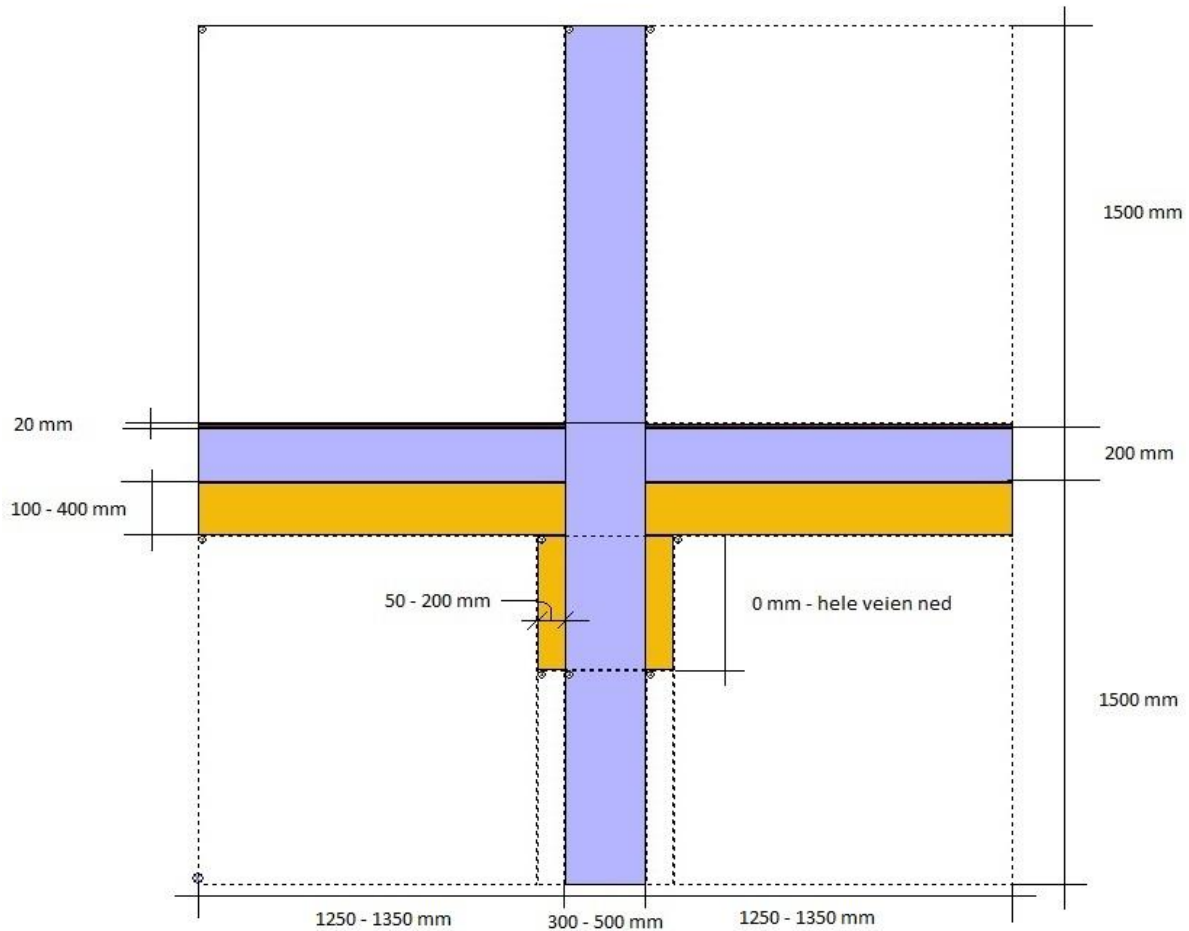
3.3.1. Generelt om detaljen

I prosjektrapport 25 er det gjort en tilsvarende simulering, men der er det ikke fokusert på isolasjon ned langs søylen på utvendig side. I denne oppgaven er det derfor ønsket å se hvilken innvirkning det kan ha å isolere deler av søylen eller ned langs hele, fremfor å ikke isolere søylen i det hele tatt.

Detaljen er bygd opp på samme måte som fra prosjektrapport 25 med varierende isolasjonstykkelser og søyledimensjoner. Tykkelsen på dekke vil være konstant på 200 mm i alle beregningene. Blant annet vil det være gjort beregninger for hver 100 mm til noen av tilfellene for å eventuelt se hvor det vil være størst reduksjon i kuldebroverdiene. For de øvrige beregningene er det gjort for hver 200 mm. Tabellen under viser hvilke forhold som endres underveis til hver av beregningen i tillegg øvrige betingelser som materialene er fastsatt.

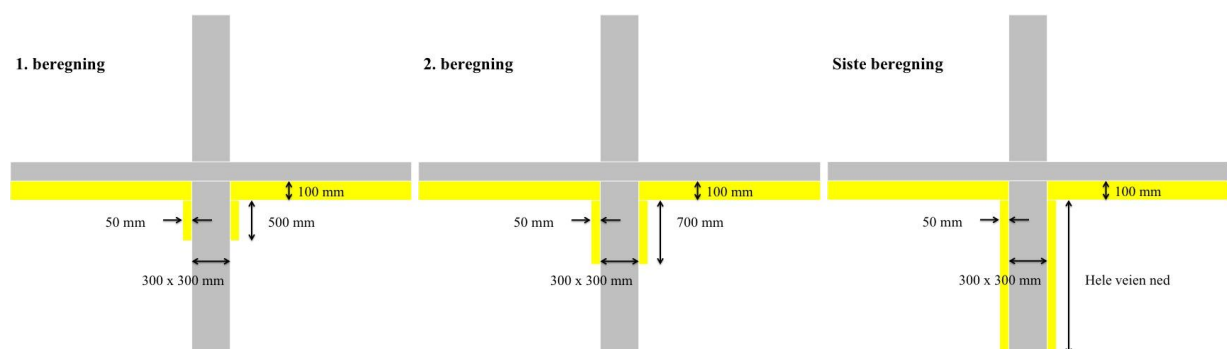
Tabell 5: Inndata og betingelser for beregning av punktkuldebroer.

Materialparametere	Tallverdi	Enhet	Isolasjonstykkelser langs søyle [mm]	Isolasjonstykkelse underkant dekke [mm]	Søyle-dimensjon [mm]
Betong λ	2,7	W/mK			
Betongtykkelse	200	mm	50	100	300 x 300
Isolasjon λ	0,033	W/mK	100	200	400 x 400
Gulvbelegg λ	0,3431	W/mK	150	300	500 x 500
R si	0,17	m ² K/W	200	400	
R se	0,04	m ² K/W	Dekke er 200 mm tykt på alle beregningene		
T inne	20	°C			
T ute	0	°C			



Bilde 16: Punktkuldebrodetalj fra HEAT3. Viser forhold som endres i beregningene.

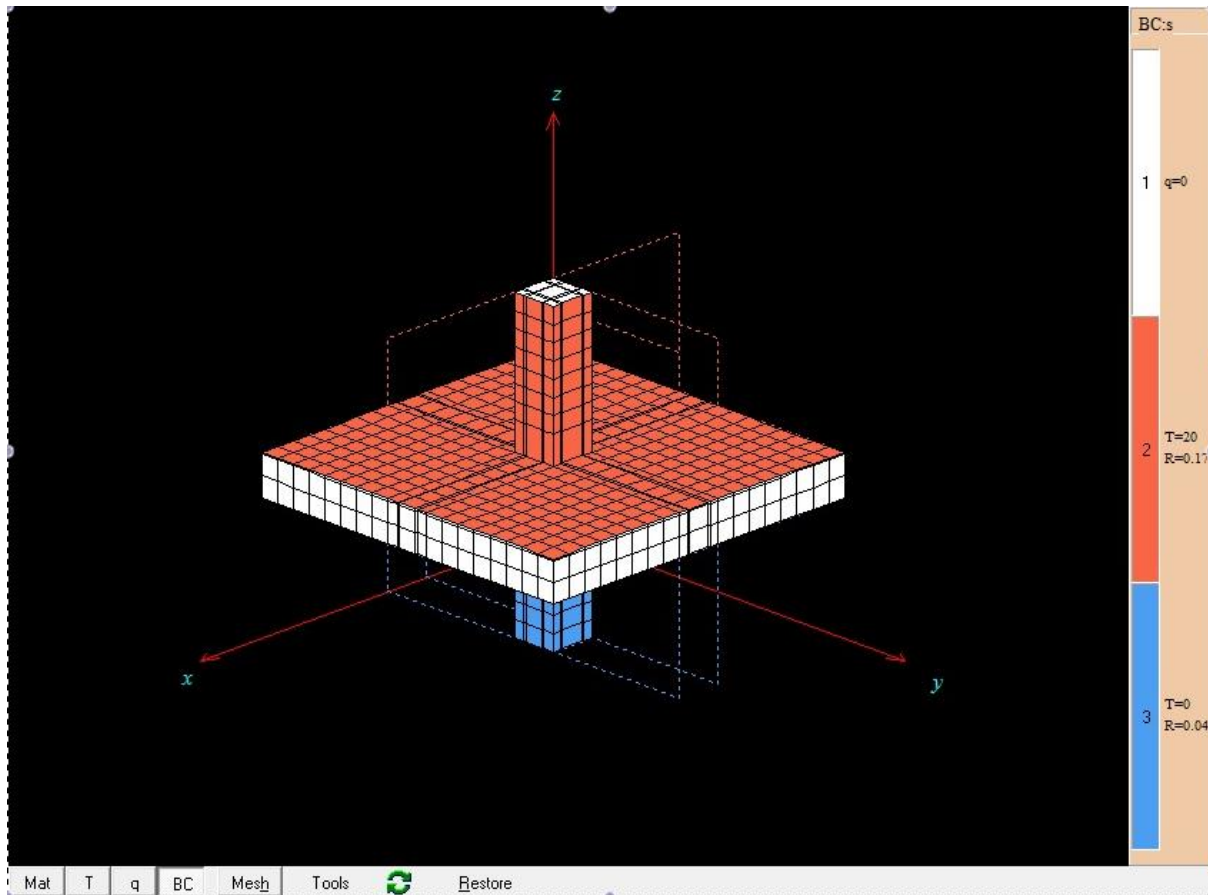
Til første beregning er det satt på 100 mm isolasjon på undersiden av dekke i tillegg til 50 mm isolasjon 500 mm ned langs søylen (1. beregning). Søyledimensjonen er da 300 x 300 mm. Neste beregning blir da å øke isolasjonslengden langs søylen og beholde samme isolasjonstykkelse (2. beregning). Slik fortsetter det til søylen er isolert hele veien ned (siste beregning). Etter at disse beregningene er utført blir så isolasjonstykkelsen på undersiden av dekke og isolasjonstykkelsen rundt søylen økt før samme prosedyre gjøres om igjen. Se under.



Bilde 17: Fremgangsmåte for beregning av kuldebroverdier.

3.3.2. Randbetingelser

Det er valgt å ha en utetemperatur på 0 °C og en innetemperatur på + 20 °C. Utvendig overgangsmotstand er satt til 0,04 m²K/W og innvendig overgangsmotstand til 0,17 m²K/W for vertikal varmestrøm nedover. (Edwardsen and Ramstad 2007)



Bilde 18: Randbetingelser for gjennomgående betongsøyle.

Fargene på bildet indikerer temperaturen på detaljen med tilhørende varmeovergangsmotstander. Margen til høyre på bildet viser dette.

3.3.3. Forenklinger

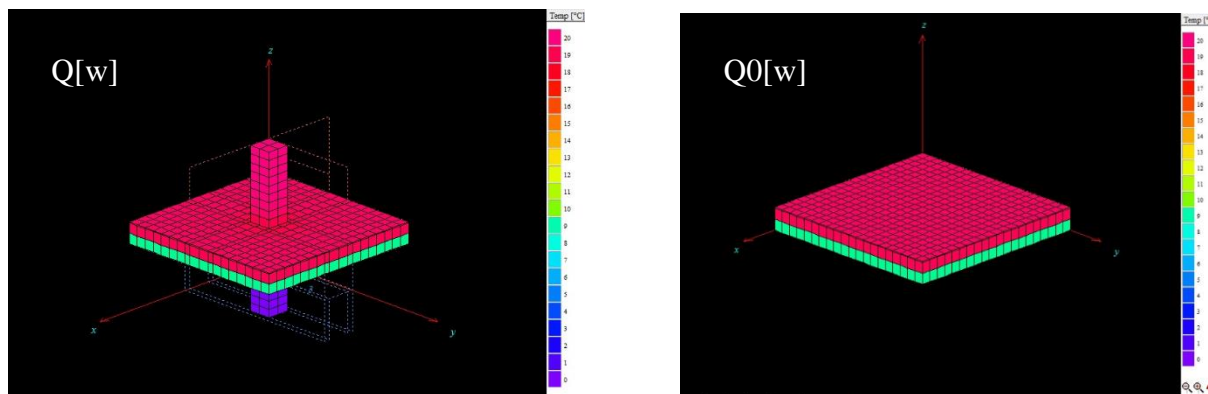
Det er valgt å lage kvadratiske søyler i HEAT3 selv om søyler stort sett er sirkulære. Dette fordi det ikke er mulig å lage sirkulære former i programmet. Festemidler til isolasjonen er også neglisjert ettersom de er antatt å utgjøre en svært liten andel av varmeovergangskoeffisienten til isolasjonssjiktet.

På lik linje med Steinar Grynning sitt eksempel er det heller ikke medregnet noen form for overflatebehandling på søylen.

3.3.4. Beregningene

HEAT3 gjør én beregning på hvor mye varmetap det totalt sett går gjennom detaljen. Det vil si at varmetapet som går gjennom dekke også vil bli inkludert. For å finne ut hvor mye som varmetap som vil gå gjennom søylegjennomføringen er det laget et dekke uten søyle i tillegg for å ta resultatet fra dekke med søylegjennomføring og trekke fra varmetapet fra kun dekke. På denne måten vil øvrig transmisjonsvarmetap ikke bli inkludert.

I Excel-regnearket er begge disse verdiene for varmetap skrevet opp som $Q[w]$ og $Q0[w]$. $Q[w]$ er varmetapet fra detaljen med søylegjennomføring, mens $Q0[w]$ er varmetapet fra kun dekke.

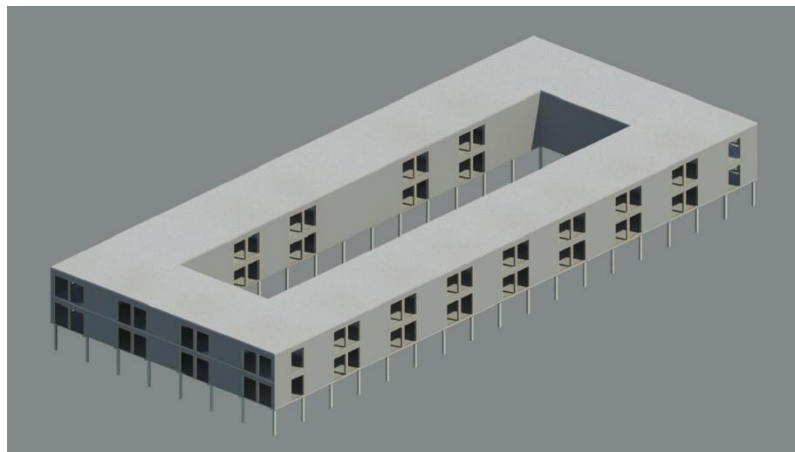


Bilde 19: Metode for å beregne varmetapet via søylegjennomføringen.

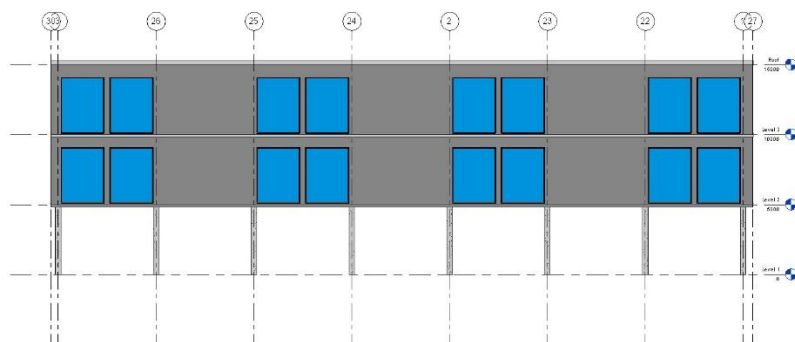
Alle beregningene er forutsatt at det er isolasjon på undersiden av dekke.

3.3.5. Eksempelbygget

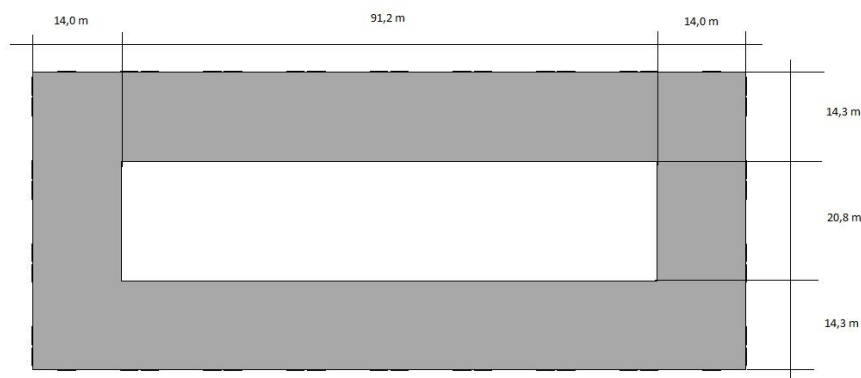
Det samme bygget som er brukt til kuldebroberegninger i forbindelse med vinduer benyttes også her. Det er brukt én verdi ut ifra regnearket "Punktkuldebroer, og denne er for tilfellet med 400 mm isolasjon under dekke, 50 mm isolasjon 500 mm ned langs en 400 x 400 mm søyle (Tabell 10 "Vedlegg" s. 30).



Bilde 20: Eksempelbygg tegnet i Revit.



Bilde 21: Fasade kortvegg. Viser etasjehøyder, 3 etg. á 5 m.



Bilde 22: Målsatt plantegning.

4. Metode

Dette kapitlet beskriver hvilke metodevalg som er benyttet for oppgaven og til hvilke formål metoden er ment til å finne svar på.

4.1. Litteraturstudie

Litteraturstudiet har vært grunnlaget for denne masteroppgaven. Det var det aller første utgangspunktet for å tilegne seg nok kunnskap om kuldebroer på forhånd, for å få mer ut av intervjuene med arkitektene og samtalene med fagpersonene. Det gav også et innblikk i hva slags fagstoff som finnes om temaet. Litteraturstudiet har blitt brukt kontinuerlig gjennom hele prosessen og har bestått av bøker, internett, masteroppgaver og andre artikler på nett, både norsk og engelsk. Som et resultat av å ha hatt tett kontakt med fagfolk underveis, har hjelpsomme fagpersoner oversendt relevante artikler og nyttig lesestoff. Dette er litteratur som disse fagpersonene også har benyttet i sitt arbeid om kuldebroer.

På grunn av tidsperspektivet har dette også satt begrensninger på variasjonen i litteratur. Allikevel har det blitt forsøkt å variere litteraturen så mye som mulig.

4.2. Simulering i HEAT3

Til beregning av punktkuldebroer har det blitt benyttet et program som heter HEAT3. HEAT3 er et 3D beregningsprogram av kuldebroer som Hjellnes Consult begynte å bruke høsten 2013. I utgangspunktet var det få som kjente til bruken av dette, så det ville være en vinn-vinn situasjon for både meg og firmaet. Steinar Grunning fra SINTEF Byggforsk benyttet også dette programmet når han skrev om punktkuldebroer i prosjektrapport 25. Noen råd og tips fikk jeg derfor av han før jeg begynte å bruke programmet.

4.3. Revit 2014

Eksempelbygget som har blitt beskrevet tidligere ble tegnet i Revit. Revit er et tegneverktøy som Hjellnes bruker aktivt.

4.4. Dybdeintervjuer

Dybdeintervjuene med arkitektkontorene er bygget på en kvalitativ undersøkelsesmetode. Ved bruk av denne intervjumetoden er formålet å oppmuntre *"[...] undersøkelsesobjektet til å formulere i egne ord erfaringer, følelser og holdninger som er relevante for problemstillingen."* (Brugård 2011) Intervjuene har vært anonyme i forsøk på å få ærlige svar av hvert enkelt intervjuobjekt. Alle intervjuene ble spilt inn på båndopptaker for å være mest mulig til stede med intervjuobjektet. I tillegg ble alle opptakene transkribert i etterkant. Disse er å finne som vedlegg.

Det ble utarbeidet en intervjuguide i forkant som ble benyttet til disse intervjuene. Dette er vanlig for ikke å gjøre samtalen formell som i tradisjonelle intervjuer. Intervjuguiden er ment for å gi retningslinjer for gjennomføringen og styringen av samtalen, og er å finne på side 1 under "Vedlegg."

Spørsmålene er utarbeidet sammen med fagpersoner på avdelingen for bygningsfysikk hos Hjellnes Consult og kontrollert av intern veileder på skolen. Det viste seg å være gjensidig engasjement fra alle intervjuobjektene rundt de spørsmålene som var utarbeidet.

Intervjuene varte fra 30 - 45 minutter, noe som også informantene var informert om på forhånd. Spørsmålene i intervjuguiden er forsøkt tilpasset dette tidsintervallet, og viste seg å fungere bra.

4.5. Samtale med fagpersoner

Samtalene har vært en tilnærmet bruk av kvalitativ metode. Ettersom ting har kommet opp underveis har det vært mulig å følge fagpersonene opp med flere spørsmål og tips. Samtalene har ikke fulgt strenge retningslinjer, men vært mer frittalende. For ikke å feilsitere noen av fagpersonene, er navn valgt å holde hemmelig. Dette har også vært ønsket av noen for ikke å få et negativt utfall fra forskjellige hold. Jeg har sett det helt elementært å være i tett kontakt med flere fagpersoner for å oppnå et best mulig resultat.

4.6. EndNote

EndNote har blitt brukt gjennom denne masterperioden til å henvise til kilder. Programmet har vært tilgjengelig på NMBU sine nettsider.

4.7. Styrker og svakheter ved metodevalg

Styrker

Oppgaven har tatt i bruk flere forskjellige metodevalg noe som kan anses som en styrke. Nettopp pga. at temaet berører flere i bransjen, noe som har fått frem forskjellige synspunkter blant de som har hjulpet til i denne oppgaven.

Alle samtaler og dybdeintervjuer ble tatt opp på lydbånd. Dette frigjorde meg fra å notere konstant under intervjuene og fikk meg heller til å kunne fokusere på kroppsspråk og holdninger om emnet. Ved bruk av denne intervjutypen vil ”[...] *problemstillinger som deltakerne kan være for sjenerte til å snakke om i en folkegruppe* [...]” forhåpentligvis komme frem. (Nielsen)

Jeg har også vært heldig å få sitte hos ekstern veileder Hjellnes Consult og jobbe med oppgaven min. Dette har ført til at det har vært korte veier og mye lettere å spørre om ting som har dukket opp underveis. Dette vil jeg anse som en styrke for oppgaven generelt, selv om det å sitte hos Hjellnes ikke på noen måte er et metodevalg.

Svakheter

Valget av intervjuobjekter ble forsøkt å gjøre med personer som har vært en del år i bransjen. Dette lyktes delvis. Et av intervjuobjektene kunne dessverre ikke stille og sendte derfor en annen representant med mindre erfaring, men som allikevel er kjent med temaet. Dette kan være en feilkilde uten å trekke en sikker beslutning.

Svakheten ved dybdeintervjuet er at det er svært ressurs- og tidkrevende å gjennomføre slike undersøkelser. Det tok flere uker før alle informantene hadde svart på forespørslene om de kunne stille til intervju eller ikke, og etter at intervjuene var fullført gjenstod det i tillegg en jobb med å transkribere dem. Resultatet ble riktignok bra, men det krever en del planlegging å gjennomføre en slik undersøkelse.

Utenom dette er tid og tilgjengelighet absolutt en feilkilde. Med mer tid tilgjengelig ville det blitt utført flere intervjuer. Ut ifra den tiden som var satt av til intervjuene kan også svarene informantene kom med ha blitt påvirket av dette.

En annen svakhet ved kvalitativ undersøkelsesmetode er at svarene ikke er like lett å generalisere. Utvalget av informanter er ikke stort nok til å kunne fastslå med større sikkerhet om dette gjelder for alle arkitekter.

Det er utover dette forsøkt å lage så lite ledende spørsmål som mulig. Det samme gjelder ja/nei spørsmål. Allikevel finnes det noen av disse, og det kan sees på som en svakhet.

5. Resultater

Resultatene er delt inn etter hvordan delene er satt opp. Det vil si at det er fem delkapitler. Blant annet er resultatet fra dybdeintervjuene og samtalen med fagpersoner en del av disse. Alle delene vil bli innledet med tilhørende problemstillinger.

5.1. Resultat fra byggets form og størrelse

Resultatene er delt inn i hvert sitt underkapittel. Følgende problemstillinger er forsøkt å finne svar på:

- Hvor stor innvirkning kan form ha å si på kuldebrovarmetapet, og hvor mye har størrelsen på bygget å si på om man klarer kravet til NKV eller ikke?

5.1.1. Byggets form

Resultatet viser at det er svært vanskelig å oppnå dagens krav til normalisert kuldebroverdi for alle fire byggene. Med kun utgangspunkt i formen og et tilnærmet likt bruksareal, klarer ingen av byggene å oppnå NKV på $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$. Se tabellen under.

Tabell 6: NKV for byggene ved forskjellige isolasjonstykkelser i veggene.

Total isolasjon i vegg (mm)	Normalisert kuldebroverdi ved bruk av flatt tak [$\text{W/m}^2\text{K}$]			
	Kvadratisk	Rektangulær	Vinkel	En etasje
300	0,061	0,064	0,067	0,082
350	0,051	0,053	0,055	0,066
400	0,049	0,051	0,053	0,064
450	0,051	0,053	0,055	0,067
500	0,053	0,055	0,058	0,070

Utrekningene viser at den laveste verdien å oppdrive for akkurat disse formene med tilhørende bestemte størrelser vil være $0,049 \text{ W/m}^2\text{K}$. Denne verdien gjelder for det kvadratiske bygget når det er 400 mm isolasjon i både vegg og i taket, i tillegg til at det er 50 mm isolasjon på ut-, inn- og underside av ringmuren. For øvrig vil også den kvadratiske formen alltid oppnå de laveste verdiene.

Ettersom det kvadratiske bygget har alle de laveste verdien, er det illustrativt vist en prosentvis forskjell på varmetapet via kuldebroene målt opp imot dette bygget. Tabellen under viser hvor mange prosent større NKV er for de øvrige byggene sammenliknet med det kvadratiske.

Tabell 7: Prosentvis større varmetap via kuldebroene sammenliknet med kvadratisk form på bygget.

Kvadratisk	Rektangulær	Vinkel	En etasje
0	5 %	10 %	34 %
0	4 %	8 %	29 %
0	4 %	8 %	31 %
0	4 %	8 %	31 %
0	6 %	10 %	34 %

Det viser seg at ved å ha en rektangulær form på bygget, så vil det være en 4 – 6 % større varmetap via kuldebroene sammenliknet med den kvadratiske formen. På lik linje er det 8 – 10 % og 29 – 34 % større varmetap via kuldebroene for hhv. et vinkelformet bygg og et en etasjes bygg. Disse prosentvise forskjellene i varmetap via kuldebroene gir en indikasjon om at det er nødvendig å tenke gjennom formen på bygget når husets design skal velges. Til sammenlikning mellom et kvadratisk bygg og et enetasjes bygg, kan form ha opptil 34 % innvirkning på transmisjonsvarmetapet som skjer via kuldebroene.

5.1.2. Byggets størrelse

Selv om kravet til NKV i dette tilfellet ikke er mulig å oppnå med de inndata som er benyttet, så er det ikke dermed sagt at det ikke går an å bygge passivhus med andre former. Økes derimot volumet av de fire forskjellige formene åtte ganger, vil kravet bli ganske lett å nå. Tabellen under viser NKV for byggene når dette er gjort.

Tabell 8: Nye verdier for NKV når volumet av byggene er forstørret åtte ganger.

Total isolasjon i vegg [mm]	Normalisert kuldebroverdi ved bruk av flatt tak [W/m ² K]			
	Kvadratisk	Rektangulær	Vinkel	En etasje
300	0,015	0,015	0,016	0,020
350	0,012	0,013	0,013	0,016
400	0,012	0,012	0,013	0,015
450	0,012	0,013	0,013	0,016
500	0,013	0,014	0,014	0,017

Verdiene i tabellen er nå godt under 0,03 W/m²K – kravet. Igjen er det viktig å bemerke at dette er verdier som ikke har inkludert kuldebroer i forbindelse med dører og vinduer. Neste steg til

beregning av NKV vil derfor være å inkludere disse. Tabellen under viser prosentvis forskjell mellom størrelsen på NKV sammenliknet med det kvadratiske bygget.

Tabell 9: Prosentvis større varmetap via kuldebroene sammenliknet med kvadratisk form på bygget.

Kvadratisk	Rektangulær	Vinkel	En etasje
0	0 %	7 %	33 %
0	8 %	8 %	33 %
0	0 %	8 %	25 %
0	8 %	8 %	33 %
0	8 %	8 %	31 %

Resultatet indikerer tydelig at det vil være energieffektivt å ha en kompakt bygningskropp som mulig for å redusere varmetapet via kuldebroene. I forhold til det å øke volumet av bygningen, vil også kuldebroene som relateres til formen på bygget bli mindre, og følgelig vil kravet til NKV bli lettere å nå.

Bakgrunnen for at det er lett å nå kravet til NKV når bygget blir større, er fordi at det er forholdsvis større ytterflater på et lite hus målt imot oppvarmet gulvareal enn det på lik linje er for et stort hus. Så lenge fasadearealet er lite sammenlignet med oppvarmet BRA kan også passivhuskrav for kuldebroer oppnås selv med ganske tynne vegger og mye glass i fasaden.

Dette vises tydelig hvis grunnflaten og antall etasjer i et hus øker, så vil oppvarmet BRA stige svært raskt. Fasadearealet og samlet kuldebrobidrag derimot øker mye saktere. (Husk på at kuldebroverdiene for etasjeskillere er svært lave). ”Småhus har lite volum i forhold til oppvarmet BRA, sammenliknet med fasadeareal, fordi de er små og har få etasjer. Av samme grunn er rammekrav relativt enkelt å nå for større bygg.” (Fagperson 2014)

5.2. Resultater fra kuldebroer i forbindelse med vinduet

Problemstilling:

- Hvor mye av kravet til NKV står vinduene alene for, og hva er bakgrunnen for endringen som for tiden pågår hos SINTEF Byggforsk om kuldebroer rundt vinduer?

5.2.1. Vinduets innvirkning på NKV

At kuldebroer rundt vinduene i et bygg kan utgjøre en stor andel av transmisjonsvarmetapet, er lett å se. Ettersom kuldebroverdiene for vinduets plassering i vegglivet varierer såpass (fra 0,01 til 0,05 W/mK) kan det utgjøre store forskjeller. Selve kuldebroverdien for vinduer er ikke like høy som kuldebroverdien for eksempelvis en sokkelløsning eller en gesims-detalj, men det som gjør denne andelen så dominerende i forhold til kuldebrovarmetapet, er at lengdene denne kuldebroverdien multipliseres med, kan være svært lang.

Så ut ifra hvor i vegglivet vinduet plasseres, kan kuldebrobidraget for dette bygget variere fra ca. 10 til 35 %. Det viser seg også at om vinduet plasseres minst gunstig, altså -42 mm ut fra veggen, vil ikke kravet til NKV på 0,03 W/m²K oppfylles (0,0326 W/m²K). Det er her forutsatt at vinduenes størrelser er på 3,1 x 4,0 m uten sprosser.

Tabell 10: Oversikt over kuldebroverdier ut ifra hvor i vegglivet vinduet plasseres. (Gustavsen, Thue et al. 2008)

Avstand fra utsiden av vindspærren (gipsplate) til utvendig kant av vinduskarm	Kuldebroverdi, Ψ (W/(mK))
42 (vinduet stikker ut)	0,05
0	0,02
35	0,01
85	0,02
140	0,03

Å ha mange små vinduer fremfor få store kan gi store variasjoner. Vinduene står alene for alt fra 10 til 17 % for hhv. et stort vindu og fire små vinduer av kuldebroandelen til NKV. Dette er når vinduet er plassert gunstigst i vegglivet (kuldebroverdi på 0,01 W/m²K). Med den minst gunstigste vindusplasseringen varierer kuldebrobidraget fra 34,9 til 51,8 % av NKV. Se tabell på neste side.

Tabell 11: Variasjoner i kuldebrobidrag til NKV.

Kuldebroverdi	Andel av kravet til NKV	
	Uten sprosser	Med sprosser
0,01	10,0 %	17,0 %
0,05	34,9 %	51,8 %

Dette viser en stor variasjon i andelen av NKV. Vinduets plassering kan derfor spille en stor rolle. Det er viktig å nevne at kravet til NKV på 0,03 W/m²K ikke ble innfridd ved den siste beregningen når det er fire små vinduer plassert minst gunstigst i vegglivet. NKV for et slikt tilfelle blir 0,044 W/m²K.

Enda flere beregninger og vindusvarianter kunne vært utført, men essensen viser at jo lengre omkretsen av vinduene blir, desto større blir kuldebrobidraget fra vinduene på NKV. Her er det helt klart mye man kan tenke på for å gjøre dette kuldebrobidraget så lite som mulig.

5.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer

Ut ifra samtalene med fagpersonene viser det seg å være diskusjon om hvordan man skal beregne kuldebroene rundt vinduet. Det som diskuteres er:

- Hvordan regner man inn effekten av foring og isolasjon i karmen?
- Hva skal tas med som en del av U-verdien til vinduet?
- Hva skal inn i kuldebroverdien?
- Hva er effekten av å snitte foringen oppover?

Det som fagpersonene har funnet ut er at hvis du setter grensen ved overkant av losholten og inkluderer foringen og karmisolasjonen i vinduet, så vil det gi en mer reell verdi. Det vil samsvare bedre med U-verdiene for vinduer og det vil også påvirke kuldebroverdien noe. Så når du hever foringen opp et stykke, kall det den nye metoden, så vil kuldebroverdien gå ned. *”På den andre siden kan det godt hende verdien går opp ved beregning på den gamle metoden. Det er ikke undersøkt, men kan være en forklaring av dette.”* (Fagperson 2014) Det betyr at hvis isolasjonen i karmen økes, så vil total varmestrøm senkes. Da vil det være avgjørende hvordan U-verdi for vinduet beregnes.

I dag er det noen produsenter som også lager pakkelsninger der foringsbehovet og eventuell isolasjon vil bli levert som en del av vinduet. Og da blir det stilt spørsmål om det skal håndteres kuldebroer da? Informanten sa at det de har funnet ut, er at de må være veldig klare på de kravene som vindusprodusentene leverer. At den U-verdien de får for vinduet sitt forutsetter at de foringene brukes på den måten som er beskrevet fra produsenten. Helt enkelt regner man U-verdien til vinduet som et snitt, også regner man effekten av foring og karmisolasjon inn i kuldebroverdien som et bidrag til en vanlig kuldebroverdi.

Grunnen til at SINTEF ikke har hatt noen anvisninger om kuldebroer i forbindelse med vinduer, er at det har pågått en del beregninger samtidig som det har vært litt usikkerhet rundt denne ”nye” metoden å regne kuldebroene på. Det kan være det som er grunnen.

Når det gjelder den laveste kuldebroen man kan oppnå vil man få den ved å sette vinduet midt i vegglivet. Men det er en god del andre problemer med å gjøre det på den måten. Da får man eksponert veldig mye av veggen på utsiden og det er vanskelig å få til fuktsiktsikring med bare et enkelt beslag. Det å sette vinduskarmen enten i flukt med vindsperre eller litt inntrukket, og da gjerne inntil 30-40 mm, viser seg å være en grei måte å gjøre det på uten at man må til med membranløsninger og slike ting.

Kuldebroverdien ved en plassering midt i vegglivet blir aldri null, men den vil ha sitt minimum der. Det har å gjøre med at det er tilnærmet lik eksponert vannrett overflate på hhv. inn- og utside av vinduet. *”Det er der man vil ha den geometriske kuldebroen i minimum, og det som går på materialbidraget her vil kunne forskyve det. Så det kan godt hende at minimum vil forskyve seg litt i en retning, og da sannsynligvis utover. Så for en vegg som eksempelvis er 250 mm tykk, vil 40 mm være temmelig optimalt.”* (Fagperson 2014)

Det som angår Hot-box målinger viser seg å ikke ha blitt brukt til beregning av kuldebroverdier rundt vinduene. I Hot-box målingene måles bare U-verdi for vinduet. Fagpersonene bruker ikke det til å måle en slags kuldebroverdi, ettersom det viser seg å være vanskelig å få til. Allikevel virker det lurt å kunne kontrollere målinger opp mot teoretiske beregninger. Å kunne få til dette ville tilført mer sikkerhet i forhold til å fastslå om den ”nye” metoden stemmer med praktiske målinger.

5.3. Resultater fra punktkuldebroer

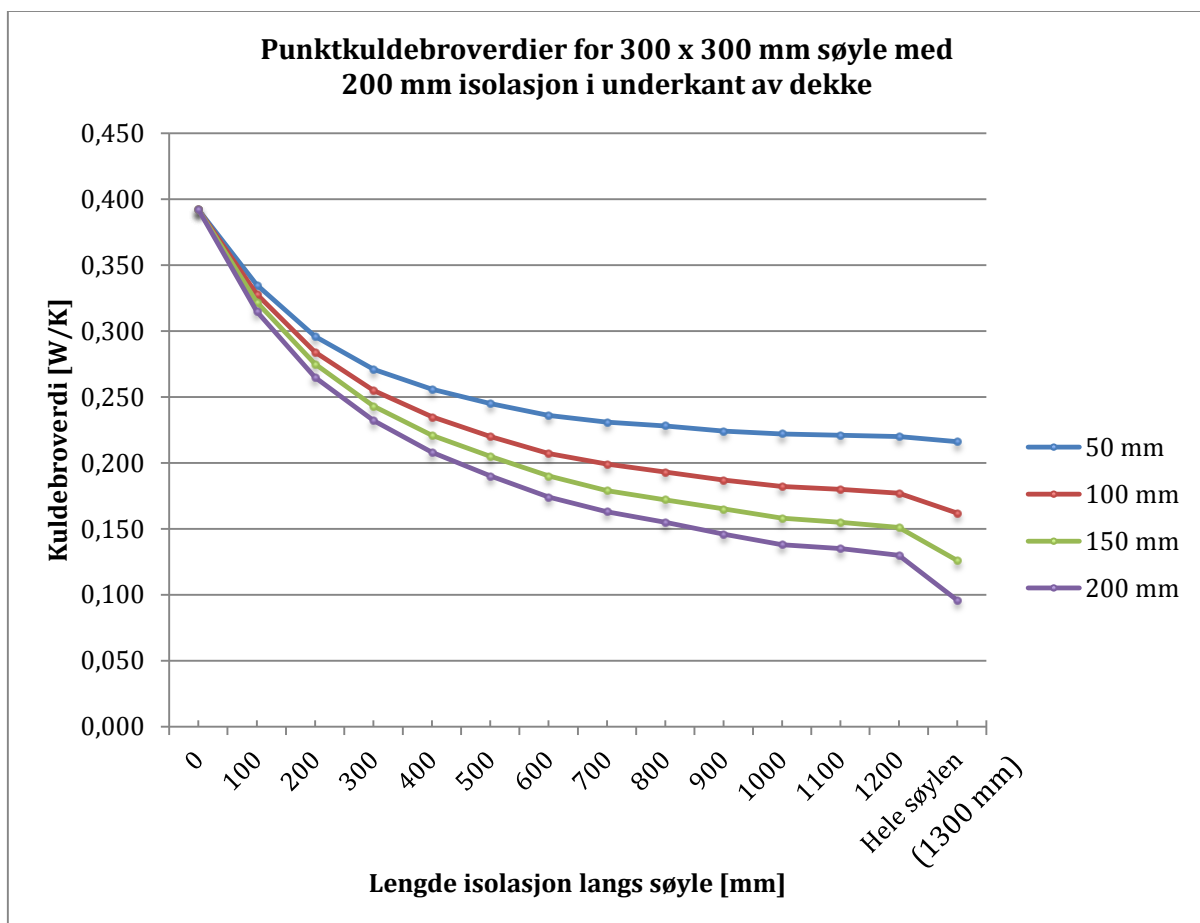
Problemstilling:

- Hvilken effekt på kuldebroverdien kan det kan ha å isolere kun deler av gjennomgående betongsøyler (punktkuldebroer) og hva vil bidraget av en slik løsning ha å si på kravet til NKV for et eksempelbygg.

5.3.1. Isolering langs søyle

Punktkuldebrognearket viser at det er svært effektivt å isolere kun deler av søylen. Allerede ved 100 mm isolasjon ned langs søylen oppnår man et vesentlig fall i kuldebroverdien og varmetapet gjennom detaljen.

Grafen under viser en oversikt over fall i kuldebroverdier ved å isolere en 300 x 300 mm betongsøyle for hver tiende cm ned langs søylen. De forskjellige fargene på strekene sier hvor tykk isolasjonen langs søylen er.



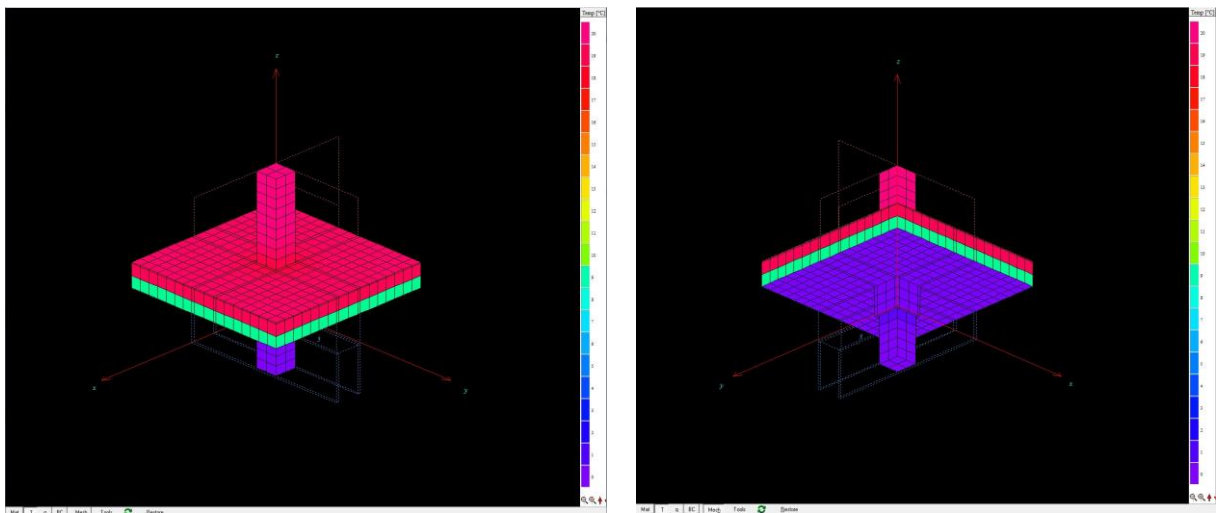
Graf 1: Oversikt over fall i kuldebroverdier ved isolering av en 300 x 300 mm gjennomgående betongsøyle.

Mer nøyaktig vil man ved å isolere 500 mm ned langs søylen med en isolasjonstykkelse på 50 mm oppnå en reduksjon i kuldebroverdien på 59,617 %. Ved å isolere hele søylen (1300 mm) derimot, vil reduksjonen være på 81,511 %. For tilsvarende isolasjonslengde, men med 100, 150 og 200 mm isolasjonstykkelse er disse verdiene satt inn i tabellen under.

Tabell 12: Prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs en 300 x 300 mm søyle og langs hele søylen, sammenliknet med en løsning uten søyleisolasjon.

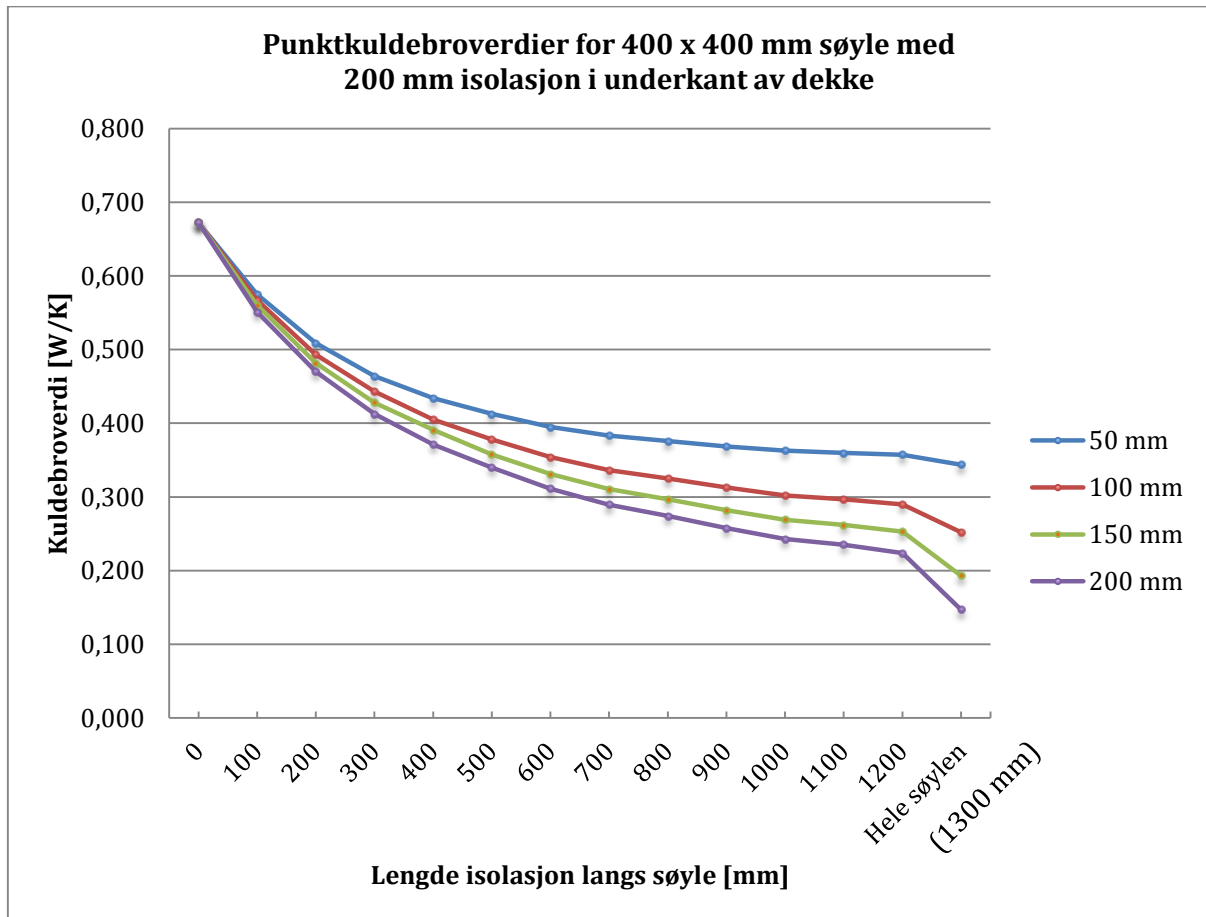
Isolasjonslengde	Prosentvis forbedring av kuldebroverdi			
	50 mm isolasjonstykkelse langs søyle	100 mm isolasjonstykkelse langs søyle	150 mm isolasjonstykkelse langs søyle	200 mm isolasjonstykkelse langs søyle
500 mm	59,617 %	77,924 %	91,447 %	105,671 %
Hele søylen	81,511 %	141,716 %	211,120 %	307,596 %

Bildene under viser overflatetemperaturer på detaljen når det er isolert 500 mm ned lang søylen.



Bilde 23: Overflatetemperatur på detalj ved + 20 grader inne og 0 grader ute.

På lik linje som tilfellet for en 300 x 300 mm betongsøyle viser denne grafen samme oversikt, men for en søyledimensjon på 400 x 400 mm. Med denne grafen følger også en tabell med tilhørende oversikt over prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs søylen og hele søylen (1300 mm).

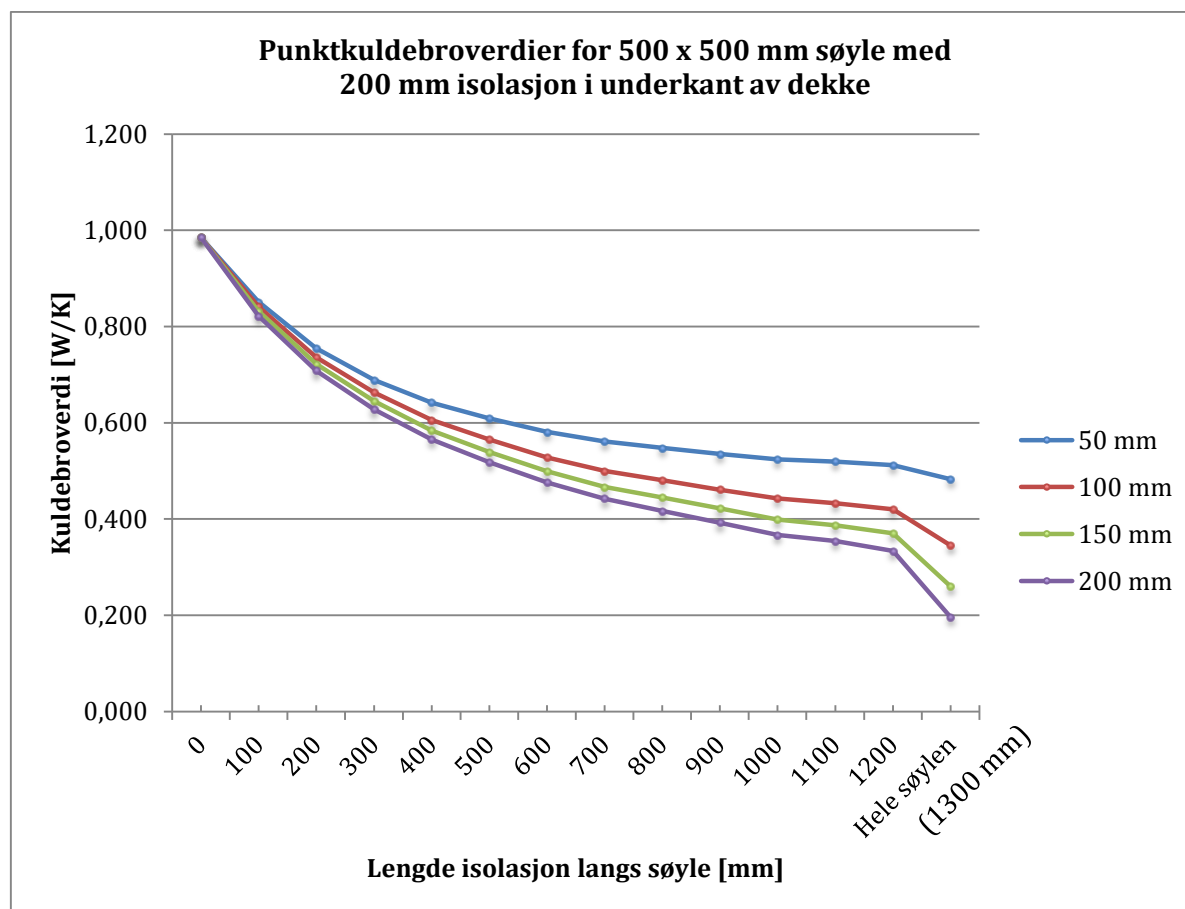


Graf 2: Oversikt over fall i kuldebroverdier ved isolering av en 400 x 400 mm gjennomgående betongsøyle.

Tabell 13: Prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs en 400 x 400 mm søyle og langs hele søylen, sammenliknet med en løsning uten søyleisolasjon.

Isolasjonslengde	Prosentvis forbedring av kuldebroverdi			
	50 mm isolasjonstykkelse langs søyle	100 mm isolasjonstykkelse langs søyle	150 mm isolasjonstykkelse langs søyle	200 mm isolasjonstykkelse langs søyle
500 mm	62,647 %	77,709 %	87,822 %	97,689 %
Hele søylen	95,332 %	166,739 %	248,276 %	356,905 %

Og for en søyledimensjon på 500 x 500 mm viste det seg å ha følgende fall i kuldebroverdiene.



Graf 3: Oversikt over fall i kuldebroverdier ved isolering av en 500 x 500 mm gjennomgående betongsøyle.

Tabell 14: Prosentvis reduksjon i kuldebroverdier ved å isolere 500 mm ned langs en 500 x 500 mm søyle og langs hele søylen, sammenliknet md en løsning uten søyleisolasjon.

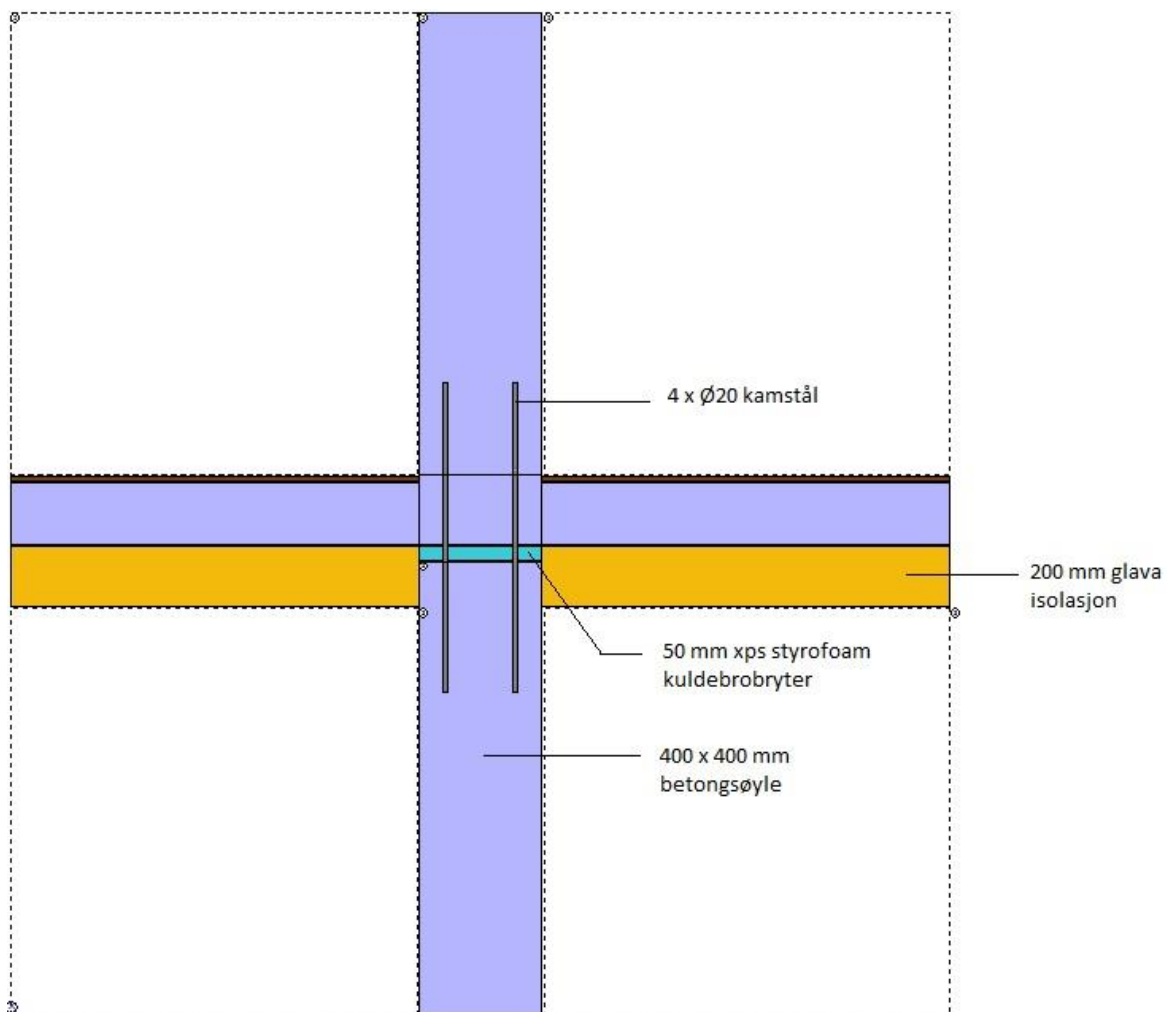
Isolasjonslengde	Prosentvis forbedring av kuldebroverdi			
	50 mm isolasjonstykkelse langs søyle	100 mm isolasjonstykkelse langs søyle	150 mm isolasjonstykkelse langs søyle	200 mm isolasjonstykkelse langs søyle
500 mm	61,569 %	74,374 %	82,536 %	89,931 %
Hele søylen	103,661 %	185,185 %	279,349 %	402,603 %

Disse tre grafene gir en tydelig indikasjon på at det vil være størst prosentvis fall i kuldebroverdiene de første 500 til 700 mm, også er det et brattere fall helt til slutt alt ettersom isolasjonstykkelsen øker når hele søylen isoleres. Mer detaljerte kuldebroverdier og en helhetlig oversikt over enda flere varianter er å finne bakerst i oppgaven under ”Vedlegg”.

Det ble også undersøkt overflatetemperaturer på varm side nede ved overgangen mellom betongsøylen og gulvet. Temperaturen her vil heller ikke være kritisk lav. Stort sett ligger

temperaturen på alt fra 18,4°C og opp til 19,6°C. Dette er såpass høye temperaturer at kondensproblematikk kan neglisjeres. Ville dette vært et problem skulle temperaturen være mye lavere slik at overflatetemperaturen ikke klarte å holde på fuktigheten på inneluften. Da kunne kondensering vært et problem her. Av samme grunn vil dette mest sannsynlig heller ikke ha noen innvirkning på komforten inne i bygget.

Til sammenlikning av denne typen løsning vil en søyle med 50 mm kuldebryter av XPS isolasjon (lambda-verdi: 0.037 W/mK) med gjennomgående armering ha en kuldebroverdi på 0,271 [W/K]. Det er en forbedring på 148 % fra å ikke ha denne kuldebryteren. Detaljen vises på bildet under.



Bilde 24: Betongsøyle med kuldebryter av XPS isolasjon og gjennomgående armering.

Denne kuldebroverdien er svært lav, og bryter opp varmestrømmen godt. Verdiene ut ifra regnearket er tatt videre til et eksempelbygg. Her er det sett hvilken innvirkning mange nok søylegjennomføringer kan ha å si for kravet til NKV.

5.3.2. Andelen av NKV for gjennomgående søyler på eksempelbygget

Ut ifra resultatene fra beregning av varmetapstallet for dette bygget, viser det seg at punktkuldebroene utgjør en stor andel av varmetapet som skjer via kuldebroene i bygget. For akkurat dette tilfellet vil tilnærmet 23 % av varmetapet via kuldebroene skje direkte ut fra søylegjennomføringene. Det er her valgt en løsning med 500 mm isolasjon ned langs søylen (400 x 400 mm) og en isolasjonstykkelse på 50 mm. Dette er en forbedring på 43,5 % ut ifra den verdien man ellers ville hatt ved å ikke isolere ned lang søylen. (Tabell 10 s. 30 under ”Vedlegg”) Uten isolasjonen ville varmetapet via kuldebroene for denne søyledimensjonen vært 30,1 %.

I forhold til transmisjonsvarmetapet så utgjør punktkuldebroene 1,55 % av dette. Tabellen under viser en oversikt over beregning av NKV for bygget. I dette tilfellet kom denne verdien på 0,0235 [W/m²K]. Det er godt under kravet på 0,03 [W/m²K].

Tabell 15: Beregning av NKV. Hentet fra Excel-filen "Varmetapstall".

Etasje	Variant	Referanse	d iso vegg [mm]	ψ [W/K]	[L] eller [stk]	$[\psi * L]$ eller $[\psi * \text{stk}]$	Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	Kommentar
3	Gesims tak/vegg	472.532 (332)	400	0,092	561,2	51,6		For 3. etasje
3	Etasjeskiller	472.308 (312)	400	0,043	561,2	24,1		
3	Innvendig hjørner	472.711 (31)	400	-0,061	20,0	-1,2		
3	Utvendig hjørner	472.711 (32)	400	0,032	20,0	0,6		
3	vinduer	471.017 (82)		0,010	908,8	9,1		
					NKV	84,3	0,021	
2	Overgang vegg/gulv	472.101 (422)	400	0,092	561,2	51,6		Bruker samme verdi som for gesims tak/vegg
2	Innvendig hjørner	472.711 (31)	400	-0,061	19,4	-1,2		
2	Utvendig hjørner	472.711 (32)	400	0,032	19,4	0,6		
2	vinduer	471.017 (82)		0,010	908,8	9,1		
2	Gjennomgående søyler	Regneark (Punktkuldebroer)		0,361	120	43,3		
					NKV	103,5	0,026	
					NKV	187,7	0,0235	For hele bygget

Tabellen på neste side viser en nærmere oversikt over det totale transmisjonsvarmetapet, H_D .

Tabell 16: Transmisjonsvarmetapet for bygget.

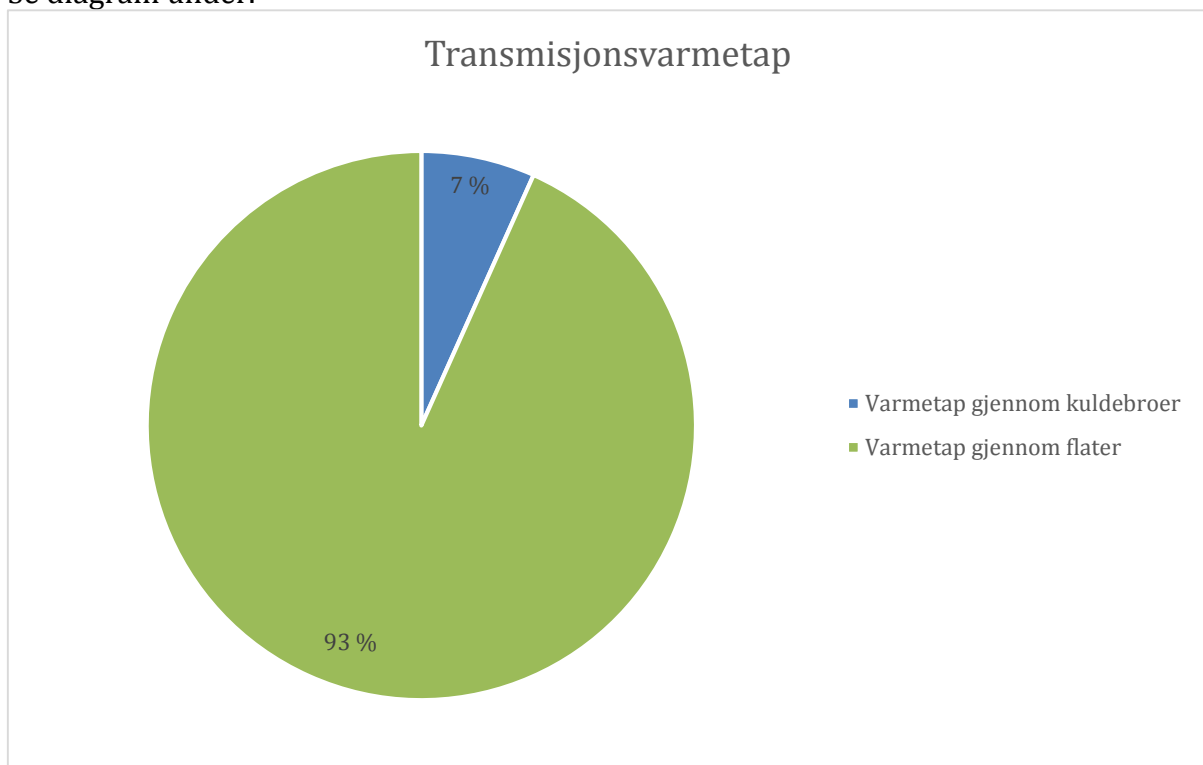
H_D 6 .1.1.1.1 (9)

Etasje	Detalj	U _i	A _i	Σ U*A	Σ Ψ*L	Beregnet H _D [W/K]
Alle	Vegg	0,12	5527,82	663,34		
Alle	Gulv	0,08	3991,52	319,32		
Alle	Vinduer/dører	0,80	1587,20	1269,76		
Alle	Tak	0,09	3991,52	359,24		
Sum				2611,66	187,75	2799,40

For dette bygget er det 187,75 W/K som forsvinner gjennom kuldebroene, mens 2611,66 W/K gjennom flatene. Det vil si at 6,8 % av transmisjonsvarmetapet er det kuldebroene som står for.

$$\frac{187,75}{2799,40} * 100 \% = 6,707 \approx 6,7 \%$$

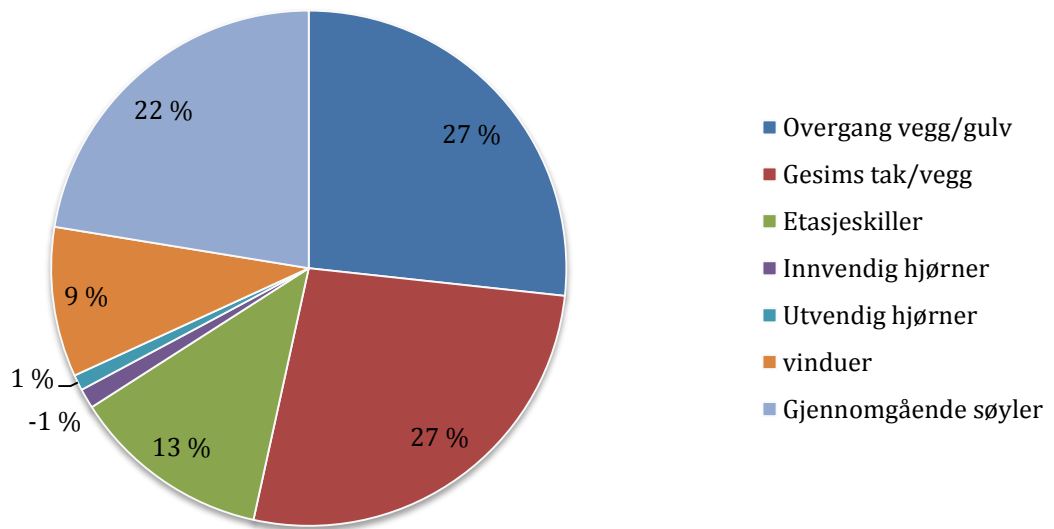
Se diagram under.



Bilde 25: Forskjellig andel av transmisjonsvarmetapet.

Bildet på neste side viser fordelingen ut ifra disse 7 % som kuldebroene står for.

Kuldebrofordeling



Bilde 26: Fordeling ut ifra andelen kuldebrovarmetap.

5.4. Dybdeintervjuene med arkitektkontorene

Resultatene fra dybdeintervjuene er delt inn i fire hovedpunkter. Disse hovedpunktene inneholder sammendrag fra spørsmålene og er delt inn etter hvilket emne spørsmålene omhandler. Svarene er tolket ut ifra informantenes synspunkter og erfaringer og vil fremstilles som én oppsummering av alle tre intervjuene. De transkriberte intervjuene fra hvert enkelt arkitektkontor ligger på side 3-13 under "Vedlegg". Ettersom svarene fra arkitektkontorene var såpass like, ble det derfor valgt å lage en helhetlig oppsummering av intervjuene fremfor å fokusere på hva hver enkelt informant sa.

Problemstillingen som ønskes besvart er:

- Er kuldebroer noe arkitekter har fokus på i dag når de designer og utformer bygg?

5.4.1. Nye krav – en utfordring?

Det er klar enighet blant informantene om at de nye kravene i dag ikke setter begrensninger eller gjør designprosessen mer krevende. Likevel kan det i visse tilfeller være utfordringer knyttet til krav om energieffektivitet. Intensjonen er at såre og ømfintlige områder skal avdekkes tidlig før detaljene regnes på og sendes ut til entreprenørene. Av den grunn viste det seg å være en gjensidig oppmerksomhet rettet rundt gode kuldebrøløsninger og energibesparelse generelt.

Når det gjelder føling med konsekvenser i designprosessen viste det seg at det er helt avgjørende å tenke nøye gjennom detaljer før de skal bygges. Den ene informanten sa blant annet at:

"Slik som jeg opplever det ønsker man gjerne å unngå og lage de vanskelige løsningene. Heller lage et helhetlig konsept som gjør at man unngår å detaljløse hver eneste lille detalj."

Ikke bare kan det være utfordringer koblet mot krav til energieffektivitet og det arkitektoniske, men det kan vel så ofte handle om konstruktive forhold. Som at det rett og slett kan være vanskelig å f. eks bære glasset så langt ute fra konstruksjonen.

5.4.2. Bygningsfysikk som eget fagfelt

Spørsmålene som inngår under dette punktet er blant annet hvordan informantene nå ser på at bygningsfysikk har blitt et eget fagfelt, om de hadde bygningsfysisk kompetanse selv på bygget og hvordan de stiller seg til å koble inn bygningsfysiker på et tidligere tidspunkt.

Under samtalene kom det frem at det lenge har vært behov for et eget spesialområde for bygningsfysikk. Dette har vært et område som i mange sammenhenger har falt mellom to stoler og hvor viktigheten av faget ikke har blitt belyst godt nok. Etter hvert som regelverket har blitt skjerpet, så vil også konsekvensene av å bomme bli veldig mye større. Det ble sagt at:

” Sannsynligheten for at du kan havne i en vanskelig situasjon er større fordi du har mange flere parametere som er styrt av forskriftene. Det gjør at dersom man skal opprettholde fremdriften i et prosjekt, så er det helt avgjørende at man får inn spesialkompetanse på en del områder som har til hensikt å løse et problem innenfor de rammene vi setter. ”

En av informantene mente derimot at ansvaret mellom de forskjellige partene ble pulverisert av å få et slikt nytt fagfelt. Dette fører igjen til mindre effektivitet i bransjen. Noen av informantene hadde et inntrykk av at bygningsfysikeren ofte havnet med å kun kontrollere arkitektens løsninger. Dette ble fulgt opp av flere med blant annet følgende:

” De får en mer kontrollfunksjon, i beste fall en veiledende funksjon. ”

På dette tidspunkt er det i dag ingen av arkitektkontorene som har egne bygningsfysikere ansatt hos seg, men det er derimot tekniske tegnere som står for detaljtegninger og det som kan relateres mot kuldebroer. Alle var derimot åpne om at de kan se for seg å skaffe denne kompetansen på sikt, ettersom det blir mer og mer vanlig å ha denne spesialkompetansen i eget hus. I mange tilfeller hender det at når informantene står ovenfor en kuldebrodetalj hvor de er usikre på om detaljen er god nok, hender det at de spør andre arkitekter eller tekniske tegnere om de har vært borti liknende detaljer før. Og da hender det ofte at de går videre med det som har blitt gjort i en tidligere anledning uten å kontrollere dette med en bygningsfysiker.

I forhold til å koble inn bygningsfysiker på et tidligere tidspunkt er det også en tydelig enighet om hva de føler er mest hensiktsmessig. Å koble inn bygningsfysiker i forprosjektet er helt essensielt. Allerede her avdekkes det en del detaljer og det vil uten tvil være hensiktsmessig for prosjektet å få inn bygningsfysiker på dette tidspunktet. Samtidig er også ambisjonsnivået for prosjektet avgjørende om det trengs å koble inn bygningsfysiker på et tidligere tidspunkt eller ikke. Det ble blant annet sagt av en informant at:

” Hvis det er et grunnleggende premiss om å bygge passivhus eller liknende, da vil jeg si at bygningsfysiker skal komme inn så snart man snakker om det konstruktive konseptet for bygningen. ”

Med andre ord kan det virke som at informantene, i visse sammenhenger, kan tenke seg at bygningsfysiker kommer inn på et tidligere tidspunkt, mens i andre ikke nødvendigvis vil det ikke være til like god hensikt.

5.4.3. Arkitektur

De nye kravene ser ikke ut til å være et hinder for å ivareta god arkitektur. Selvfølgelig endres arkitekturen på en eller annen måte, men byggestilen endrer seg også med tiden. I dag brukes det flere teknologiske løsninger som ikke hindrer arkitekturen, men informantene var enige i at det kunne være en designmessig utfordring.

I forhold til myndighetskrav som i større grad gjør arkitekturen mer utfordrende, så gjelder dette krav til universell utforming og tilgjengelighet. Dette gjelder spesielt eksisterende bebyggelse. Den ene informanten la vekt på at et problem i dag var at man blir lært hvordan man skal tegne en vegg. At grunnprinsippene i arkitekturen, det som kunne være mellom to faste stoffer eksempelvis inne i en vegg, ble visket bort. Så det er klart at arkitekturen ikke bare omhandler det estetiske.

Avslutningsvis ble det nevnt at arkitektene som oftest blir designmessig oppfostret med å prøve å unngå kuldebroer. Detaljerte løsninger er svært sjeldent gode, mye på grunn av at de er vanskelige å løse i praksis.

5.4.4. Strategi fremover

I forbindelse med å legge en strategi mot fremtidige krav til passivhus eller bedre, viser det seg at ikke alle tre informantene har like tydelige strategier. Noen har en strategi som går mer i retning av å tilegne seg ny kompetanse og være fremtidsrettet, mens en annen kanskje ikke har helt klart å lage en strategi grunnet store variasjoner i ambisjonsnivå fra prosjekt til prosjekt.

Allikevel var en ting klart. For å klare seg i dagens byggebransje er det helt grunnleggende for alle tre arkitektkontorene at de klarer å holde seg oppdatert og være kjent med de nye kravene. Det var tydelig enighet om at det var fornuftig å tenke på kuldebroer og få dette implementert allerede i designprosessen.

5.5. Samtale med fagpersoner

Svarene fra disse samtalene er satt sammen til én oppsummering. Det er kun deres tanker og ord som har blitt satt i sammenheng under, og ikke egne meninger. Også her er denne teksten delt inn i fire emner. Den transkriberte samtalen er lagt ved på side 14-18 under ”Vedlegg”. Ut ifra denne samtalen er det ønsket å finne ut av følgende problemstillinger:

- Er kuldebroer et problem i dag, og har kravet til NKV satt seg i bransjen?

5.5.1. Kuldebroer i sammenheng med totalt varmetap

Det viser seg å være veldig vanskelig å beslutte noen andelstall for kuldebroenes bidrag til det totale varmetapet i bygninger. Det vil være så store variasjoner at det blir umulig å gjøre en generell beslutning som vil inkludere alle typer bygg. For det finnes ingen generelle bygg. Det vil heller være mye mer hensiktsmessig å ta for seg enkelt detaljer og se hvilke verdier de gir. Ellers går det an å se på andelen i forhold til transmisjonsvarmetapet. I forhold til det totale varmetapet får man inn infiltrasjon og varmetapet via ventilasjon, transmisjonsvarmetapet og øvrig varmetap. Dette gir flere faktorer som gjør det vanskelig å regne på. Blant annet vil det relatere seg til bruken av bygningen, og den kan være svært forskjellig.

5.5.2. Kravet til NKV i dag

Det kan virke som kravet til småhus på 0,03 i dag er kunstig lavt. Det at sjablongverdien i NS 3031 (den laveste er 0,05 og gjelder bæresystem i tre) også avviker fra kravet (0,03 for f.eks. småhus i tre) tyder på at én av verdiene er stilt feil. Sjablongverdien virker å være mer realistiske basert på erfaring. Å oppnå NKV på 0,05 for småhus med bæresystem i tre, det viser seg å være relativt rimelig. For store bygg vil det derimot være en konservativ verdi å gi. Men igjen er det små rådgivere/byggmestere sjablongverdien i hovedsak er myntet på. Så ved bruk av sjablongverdien vil bygningens varmetap gjennom kuldebroer på papiret kunne bruke mer eller mindre energi enn i virkeligheten.

Informantene la også til at det kan være mulig at metoden til NKV for småhus vil bli justert, for det er ikke sikkert at dette er riktig måte å gjøre det på. I dag er det ikke gjort noen undersøkelser på dette, men på den andre siden har NKV begynt å etablere seg som et ganske velkjent begrep. Det vil være dumt å skape mer forvirring ved å ikke beholde denne metoden å gjøre det på. Eventuelle endringer kan derfor heller være å justere tallverdiene noe.

Løse spekulasjoner fra flere av informantene var blant annet at ettersom tallverdien til kravet er vanskelig å oppnå, vil dette også favorisere én måte å bygge på i praksis. I hvert fall for

beregning etter tiltaksmetoden, som er det enkleste å forholde seg til. De er der til en viss grad for å kunne brukes av litt mindre entreprenører eller byggmestere og de som typisk bygger småhus, hvor prosjektering og utførelse kanskje ikke er separat eller gjøres av forskjellige personer eller firmaer.

Informantene sa blant annet videre at de trodde det var mer vanlig å begynne med tiltaksmetoden for større bygg og sette opp et energibudsjett for å se om de forskjellige rammene er innenfor. Dette gir så rom for å omfordele i større grad etterpå om ikke alle rammene er tilfredsstillt.

Denne valgmuligheten kan også skape en del forvirring. Dagens krav er i og for seg klare, men ikke fremgangsmåten for å tilfredsstill dem. Ved å bruke akseptert dokumentasjon, er muligheten der for å benytte ikke - tilfredsstillende verdier som f. eks 0,05 for bæresystem i tre, eller 0,09 for bæresystem i betong, mur eller stål med 10 cm kuldebrobryter i fasaden.

5.5.3. Kuldebroer – et problem i dag?

Kuldebroer viser seg å ikke være et like stort problem i dag. Selvsagt finnes det enkelttilfeller hvor utsatte deler kan skape problemer, men oftest ikke. Hvis kuldebroene skal ha en påvirkning på inn klimaet eller på noen måte skape fukt- og overflatetemperaturproblemer, skal bygget være ganske uklokt konstruert. Gitt at alle krav til U – verdier og slike ting er oppfylt, vel å merke.

På den andre siden poengterte den ene informanten tydelig viktigheten av å få bevissthet rundt dette med kuldebroer. At kuldebroer er en del av varmetapet og en større og større andel av varmetapet ettersom resten blir bedre isolert, var viktig å vite. Det stilles i dag krav til at man skal vite ganske godt hva som skjer gjennom alle flatene, også er det veldig vagt formulert hvordan du skal forholde deg til det resterende. Det er ikke noe mer jobb å dokumentere kuldebroer enn det er å dokumentere flater.

”For det er en verdi du må finne og det er en størrelse, lengde eller flate du må multiplisere med. Men akkurat det å finne selve kuldebroverdien er litt mer vrient enn for enkle U-verdi beregninger.”

5.5.4. Kuldebroer ellers i Europa

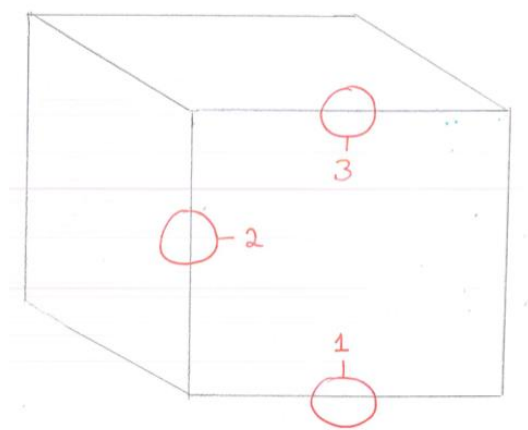
Ellers i Europa stilles det krav til kuldebroer på flere forskjellige måter. Noen stiller krav til en tallverdi som er basert på en normalisert kuldebroverdi eller et annet mål, der selve varmeeffekten inngår. Andre stiller krav til løsningen. I Belgia stilles det f. eks krav til å ha en viss tykkelse kuldebroisolasjon for ikke å ha for mye kontaktflate mellom godt ledende konstruksjonsdeler uten å bryte opp det med noen form for isolasjon. Da stilles det ikke krav til selve kuldebrovarmetapet, men så lenge dette er oppfylt på detaljnivå anses løsningen som god nok til at kuldebroer ikke vil være et problem. Så det er flere måter som kan benyttes, men for øyeblikket ikke gjort noen undersøkelser på hvilken metode som fungerer best.

6. Diskusjon

6.1. Byggets form og størrelse

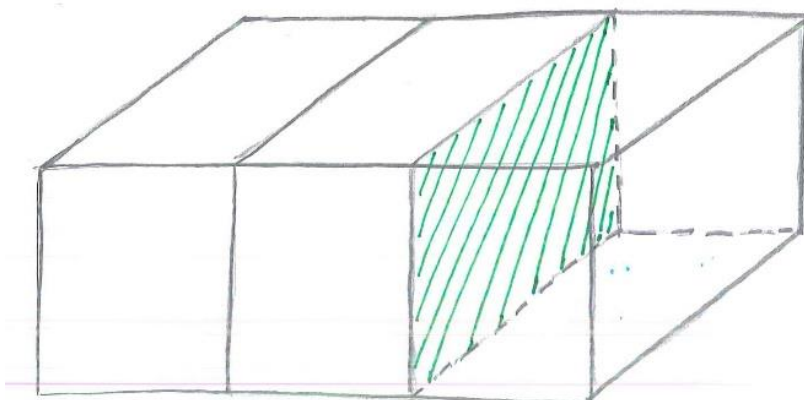
6.1.1. Byggets form

Byggets form inkluderer automatisk en rekke kuldebrodetaljer. Uansett vil det være overganger mellom vegg/gulv (1), vegg/vegg (2) og vegg/tak (3). Se bildet under. Etasjeskillere er også en kuldebrodetalj som kan gå igjen. Det vil derfor være hensiktsmessig å se på hvilke av disse detaljene som har den høyeste kuldebroverdien, og deretter hvor lange lengder denne kuldebroverdien skal multipliseres med. På denne måten kan man ut ifra størrelsen på kuldebroverdien forme bygget slik at NKV kan bli lavest mulig. Vinduer og dører er ikke tatt med ettersom disse vil nulle hverandre ut når byggene sammenliknes.



Bilde 27: Detaljer relatert til formen på bygget.

Det er samtidig viktig å ikke kun fokusere på kuldebroene når bygget skal designes. Det er også viktig å merke seg at en stor andel av transmisjonsvarmetapet går gjennom flatene. En kvadratisk form vil eksempelvis ha et mindre overflateareal enn noen av de andre formene. Betyr dette da at transmisjonsvarmetapet som går gjennom flatene også vil bli lavere for et kvadratisk formet bygg enn for noen av de andre tre formene? Ikke nødvendigvis! Bygningselementenes U – verdi er det som blir avgjørende. Bygget med én etasje har eksempelvis 25 % mindre veggareal, mens gulv og takarealet har en økning på 100 % sammenliknet med de tre andre formene. U – verdier for vegg er ofte høyere enn for gulv og tak. (Anda and Bjelland 2013) Det betyr at denne formen kan være mer hensiktsmessig totalt sett, med tanke på transmisjonsvarmetapet. Av samme grunn kan det å bygge rekkehus være energieffektivt da minimum én eller flere av flatene er i kontakt med én annen oppvarmet sone. Se bildet på neste side.



Bilde 28: Kontaktflate mellom to hus i eksempelvis et rekkehus.

Det er ikke vanskelig å bygge passivhus med forskjellige former, men det gir en del utfordringer. Formen henger veldig tett sammen med størrelsen på bygget. Mer om dette diskuteres under.

6.1.2. Byggets størrelse

Det viser seg å være veldig vanskelig å bygge små passivhus uansett byggemåte. Samtidig er det å bygge lite det mest energieffektive vi kan gjøre. Byggets størrelse har derfor en stor innvirkning på kuldebroene i en bygning. For selv om kuldebroene og transmisjonsvarmetapet øker med økende størrelse på bygget, vil NKV lettere kunne oppnås for et stort bygg så lenge bygningskroppen til en viss grad er kompakt. Med en kompakt bygningskropp menes da et bygg hvor vegg- og takflatearealer er lite i forhold til bygningens gulvareal.

“Å ha et nøkternt forhold til form og volum“, er også svært viktig.” (Michalsen 2013) Det finnes i dag en tommelfingerregel som går på forholdet mellom areal av klimaskjermen og innvendig oppvarmet volum av bygget, som gir noen faktorer. (Byggforsk, Rambøll et al. 2013)

Tommelfingerregel:

$$\frac{A}{V}, \quad \begin{array}{l} \text{Småhus} = \text{maks. } 0,80 \\ \text{Etasjebygg} = \text{maks. } 0,50 \end{array}$$

Det er da viktig at alle overflatene til klimaskjermen tas med, dvs. vegger, tak og gulv. For de fire første byggene (side 18) viser det seg at alle har for høye forholdstall. Å oppnå NKV for disse er heller ikke mulig med de valgte detaljene, så det er klart at form og volum har stor innvirkning. Tabellen under viser en oversikt over forholdstallene for de fire minste byggene.

Tabell 17: Forholdet mellom areal av klimaskjerm og innvendig oppvarmet volum. (Små eksempelbygg)

Små bygg	Kvadratisk	Rektangulært	Vinkel	En etasje
Overflateareal, A	320,0	328,0	342,0	400,0
Volum, V	384,0	385,2	384,0	384,0
A / V	0,833	0,852	0,891	1,042

Når størrelsen så økes for de fire byggene åtte ganger (side 20), viser det seg at forholdstallene begynner å ligge innenfor sine grenser. Nå vil disse byggene kategoriseres under etasjebygg som har et maks forholdstall på 0,5, og det klarer alle utenom bygget som nå er over to etasjer. Tabellen under viser de nøyaktige tallene på dette.

Tabell 18: Forholdet mellom areal av klimaskjerm og innvendig oppvarmet volum. (Store eksempelbygg)

Store bygg	Kvadratisk	Rektangulært	Vinkel	To etasjer
Overflateareal, A	1280,0	1313,6	1366,4	1600,0
Volum, V	3072,0	3081,6	3072,0	3072,0
A / V	0,417	0,426	0,445	0,521

Det viser seg at denne formelen er en fin indikasjon på å kunne klare kravet til NKV. Ut ifra de verdiene til NKV man fikk ved å forstørre bygget åtte ganger, klarte alle fire formene kravet lett. Allikevel er det usikkert å dra en slutning av dette når ikke vinduene er en del av beregningene til NKV for disse byggene. Så om faktoren for et etasjebygg er under 0,5 er det ikke dermed gitt at man klarer passivhuskravet til NKV på 0,03 W/m²K.

6.2. Kuldebroer i forbindelse med vinduer

6.2.1. Vinduets innvirkning på NKV

Det er mange forhold som er med på å påvirke kuldebroene i forbindelse med vinduet. Denne oppgaven har bare sett på betydningen av plassering av vinduet i vegglivet og effekten av å ha flere små vinduer fremfor få store. Utover disse forholdene er blant annet kvaliteten på innsetningsarbeidet en avgjørende faktor om kuldebroverdien faktisk blir den som er tiltenkt. Uten presisjon og kvalitet over arbeidet vil ikke detaljen fungere og dette kan føre til uheldige utfall.

I praksis er det ikke lett å definere hvilke faktorer som har mer betydning enn andre, men ofte kan det være et samspill av flere forhold. (Decheva 2012) Ut ifra kuldebrotabellen fra prosjektrapport 25, viser det seg på en 250 mm vegg at det vil være lavest kuldebroverdi når vinduet er plassert 35 mm inn i vegglivet. For en helt annen tykkelse kan denne avstanden være en helt annen ettersom varmen vil finne forskjellige veier gjennom veggen avhengig av vindusplassering. (Decheva 2012)

Vindustype har også mye å si for kuldebroene rundt vinduene. Åpningsmulighetene gir rom for å isolere rundt karmen på forskjellige måter. Et vindu som ikke kan åpnes vil eksempelvis gi mulighet for å isolere både på inn- og utside av karmen. Dette kan da gi en mer ”krevende” vei å gå for varmen, enn om det ikke var isolert. Vinduer man kan åpne begrenser derimot mulighetene for å isolere rundt karmen. Da vil det i stedet kun være muligheter for å isolere på én av sidene.

Utover vindustype har ”[...] *U-verdi til vinduet, bredde og høyde på karm og ramme*[...]” betydning for kuldebroverdien. (Decheva 2012) Karmbredden og høyden er avgjørende i forhold til hvordan varmestrømmen vil gå på undersiden av karmen. Så lenge karmen da har gode varmeisolerende egenskaper vil det bli en lengre vei å gå for varmen enn om den er dårlig isolert. U-verdien til vinduet relaterer seg til kuldebroer nettopp pga. dens isolerende evne. U-verdien til vinduet er et gjennomsnitt av U-verdien til vinduet inklusiv rammen. Med andre ord vil en lav U-verdi for vinduet være en viktig faktor for at kuldebroene rundt vinduet ikke skal ledes varmen lett ut.

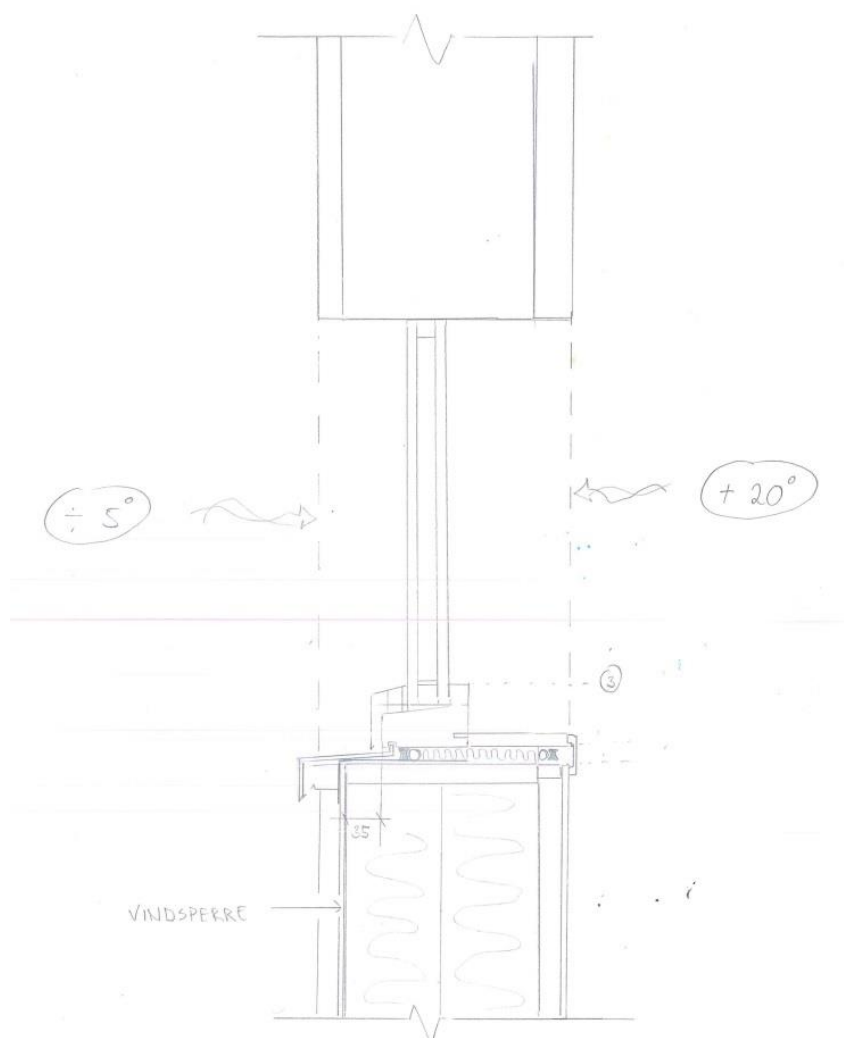
Selv om ikke dette er fokusert på i denne oppgaven, gir allikevel vindusplassering og vindusstørrelse en klar nok indikasjon på at det er mange forhold man burde tenke gjennom for å redusere varmetapet via kuldebroene rundt vinduer. Resultatet fra beregningene virker å være betryggende ettersom det i ble sagt på Norsk Bygningsfysikkdag noen år tilbake at vinduene alene kan stå ”[...] *for 20 til 100 % av kravet til normalisert kuldebroverdi for småhus*”, mens det for øvrige bygg kan utgjøre 10 til 60 %. I dette tilfellet er NKV for småhus 0,03 W/mK, mens det for øvrige bygg er 0,06 W/mK. (Arnesen 2009) Eksempelbygget som i denne oppgaven blir brukt, ser på andelen av NKV vinduene står for ut ifra passivhuskravet til NKV.

Det vil si at vinduene faktisk kan stå for mer enn 10 til 60 %. Det kan tenkes at andelen i forhold til $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ – kravet vil gå mer i retning av andelen for småhus.

6.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer

Forskningsarbeidet som for tiden foregår tyder på at fokuset på kuldebroer er et av flere arbeider som har høyt fokus hos SINTEF. Oppbyggingen av kuldebroatlasen er også et gjennomtenkt oppslagsverk med tanke på det å samle alt på et sted.

Det blir spennende å se om kuldebroverdien for vinduer nå vil bli lavere eller høyere ettersom foringen og karmisolasjonen i vinduet inkluderes til beregning av kuldebroer rundt vinduer. Sannsynligvis vil de bli lavere ettersom isolasjonen inkluderes.



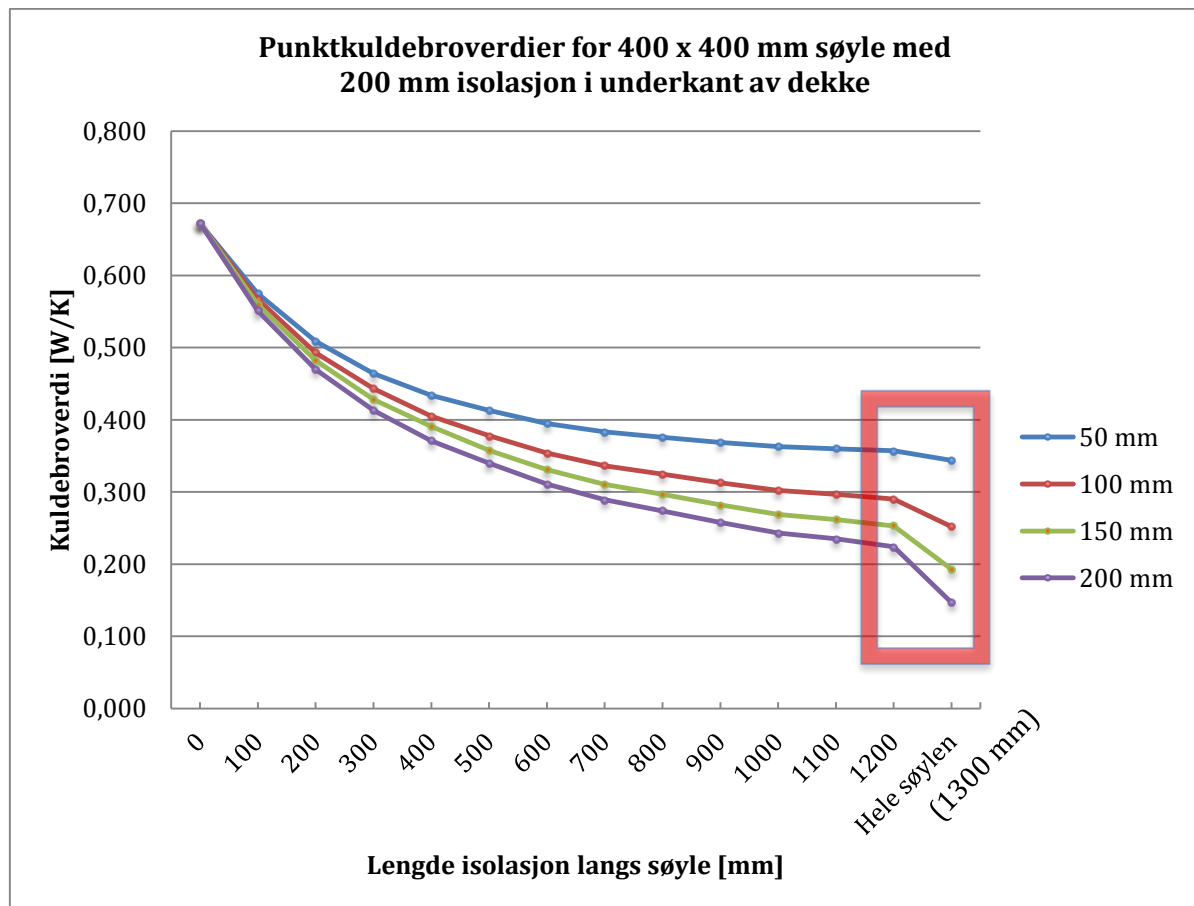
Bilde 29: Viser et snitt gjennom vinduet.

6.3. Punktkuldebroer

6.3.1. Isolering langs søyle

Undersøkelsen viser at ved isolering langs søylen i kombinasjon med isolasjon ellers under dekke vil utgjøre en vesentlig forskjell i kuldebroverdier.

Det er viktig å merke seg at jo større søylegjennomføringen blir, desto lengre burde man isolere ned langs søylen. Det er allikevel store forbedringer å bare isolere f. eks 500 mm ned, men kuldebroverdien har igjen større potensiale til å forbedres betraktelig ved å isolere hele lengden når søyledimensjonen økes. Dette viser også grafene under en ganske tydelig indikasjon på, at kuldebroverdien faller betraktelig ved isolering av hele søylen når søyledimensjonen øker. Se grafen under.



Graf 4: Økende fall i kuldebroverdier ved isolering av hele søylelengden.

Grunnen til dette økende fallet kan være at det er økende avkjølingsflate med økende søyledimensjon. Det betyr at det vil utgjøre mer for kuldebroverdien å isolere hele veien ned når søyledimensjonen øker.

Isolering ned langs søylen kan til en viss grad sammenliknes med isolering av dekkeforkant. Det vil være en stor forskjell å gå fra ingen isolasjon i forkant av dekke til bare litt. På denne måten vil ikke den godt ledende konstruksjonsdelen være i kontakt med utelufta. Det er det som vises ut av disse resultatene.

Viktig er det å nevne at det er en del arkitektoniske utfordringer knyttet til det å kun isolere deler av søylen. Det er ikke sikkert at arkitekten ønsker å sette ”leggvarmere” på søylene. En løsning kan derfor være å fore ned taket på undersiden av dekke slik at isolasjonen vil bli gjemt i dette rommet. Rørføringer, lys og slike ting har også en mulighet til å oppta resten av dette hulrommet. Dette er bare en mange løsninger for hvordan man kan skjule denne delen av søylen med isolasjon. Tanken er å gi større spillerom og åpne for flere valgmuligheter til reduksjon av kuldebroene i bygget.

Dette er samtidig et fint tiltak til besparelse av byggemateriale. Å få mest effekt ut av lite materiell. Kurvene viser at kuldebroverdiene avtar ettersom man isolerer lengre og lengre ned langs søylen. Det indikerer at det blir mindre og mindre å hente, hvert fall for isolasjonstykkelsene på 50 og 100 mm. Størst utbytte av isolasjonen får man ved å isolere de første 500 -700 mm. Ved bruk av 150 og 200 mm isolasjonstykkelse vil man derimot få mer effekt igjen mot slutten når man isolerer hele søylen.

Det er ikke sikkert at det er så vanlig å bruke 150 eller 200 mm isolasjonstykkelse rundt søylen. Mer realistiske isolasjonstykkelser vil være 50 og 100 mm.

6.3.2. Andelen av NKV for gjennomgående søyler på eksempelbygget

Dette bygget er bare et av mange tilfeller for punktkuldebroer. For dette bygget er det satt opp 120 søyler, og dette er et ganske stort antall. Men igjen finnes det også tilfeller hvor det har blitt benyttet svært mange søyler, noe som rettfærdiggjør designet på dette eksempelbygget.

Kuldebroverdien som er valgt for søylene er også svært lav. For dette bygget er det 400 mm isolasjon på undersiden av dekke. Det vil si at søylen automatisk vil ha 400 mm isolasjon ned langs søylen. Verre kuldebroverdier ville man eksempelvis fått med mindre isolasjon her. En halvering i isolasjonstykkelsen under dekke (200 mm) ville gitt en kuldebroverdi på **0,413** W/K. Isolasjonslengde blir da på til sammen 700 mm (200 mm fra isolasjonen under dekke + 500 mm isolasjon ned langs søylen). Tilsvarende vil en isolasjonslengde på 700 mm med 200 mm isolasjon under dekke (totalt 900 mm) gitt en kuldebroverdi på **0,383** W/K. Disse verdiene er begge dårligere enn verdien brukt for bygget. Dette ville utgjort ca. 1 % mer i varmetap gjennom punktkuldebroene for både **0,413** – verdien og **0,383** – verdien. Tabellen på neste side viser en oversikt over dette. Kolonnen til venstre hvor isolasjonslengdene ned langs søylen vises, beskriver lengden av isolasjon som er i tillegg til isolasjonen under dekke.

Tabell 19: Forskjell i kuldebroverdier ved forskjellige isolasjonstykkelser under dekke.

Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Isolasjonstykkelse under dekke	
	400	200
	Kuldebroverdier	
0	0,519	0,672
500	0,361	0,413
700	0,342	0,383

Resultatet viser også at andelen kuldebrovarmetap i forhold til flatevarmetap er ganske stort. Av den grunn kan det være grunn til å tro at det er mer å hente på flatevarmetapet enn på kuldebrovarmetapet. Hvis det er mulig å redusere veggtykkelsen og samtidig beholde samme eller bedre isolasjonseffekt, ville det vært til fordel for både kuldebroene og arealet i bygninger. Jo tynnere veggene er, desto lavere blir de geometriske kuldebroene. Men igjen er det viktig å ha kontroll på kuldebroene i et bygg ettersom disse kan føre til andre konsekvenser enn et økt varmetap.

6.4. Dybdeintervju med arkitektkontorer

Ut ifra det som ble sagt på intervjuene er kuldebroer noe alle informantene har fokus på når de tegner og designer bygg. I hvilken grad dette fokuset er reelt, er derimot usikkert. Å ha fokus på, kan være noe helt annet enn å prioritere kuldebroer høyt. Svarene informantene ga var derfor ikke overbevisende nok med tanke på om gode kuldebroer er noe som gjennomsyrrer alle prosjektene eller ikke. Igjen kommer dette veldig an på kompleksiteten av prosjektet.

Samtidig er det en grunn til at det fra 1.1.2013 har kommet inn obligatorisk uavhengig kontroll for blant annet bygningsfysikk for både prosjektering og utførelse. Selv om uavhengig kontroll for bygningsfysikk i stor grad dreier seg om å forhindre fuktskader, vil de som utfører kontrollen også ha fokus på å kontrollere detaljer for kuldebroer. Det blir spennende å se om det vil bli observert noen form for bedring i kuldebrodetaljer etter at denne kontrollen har fått satt seg skikkelig i byggebransjen.

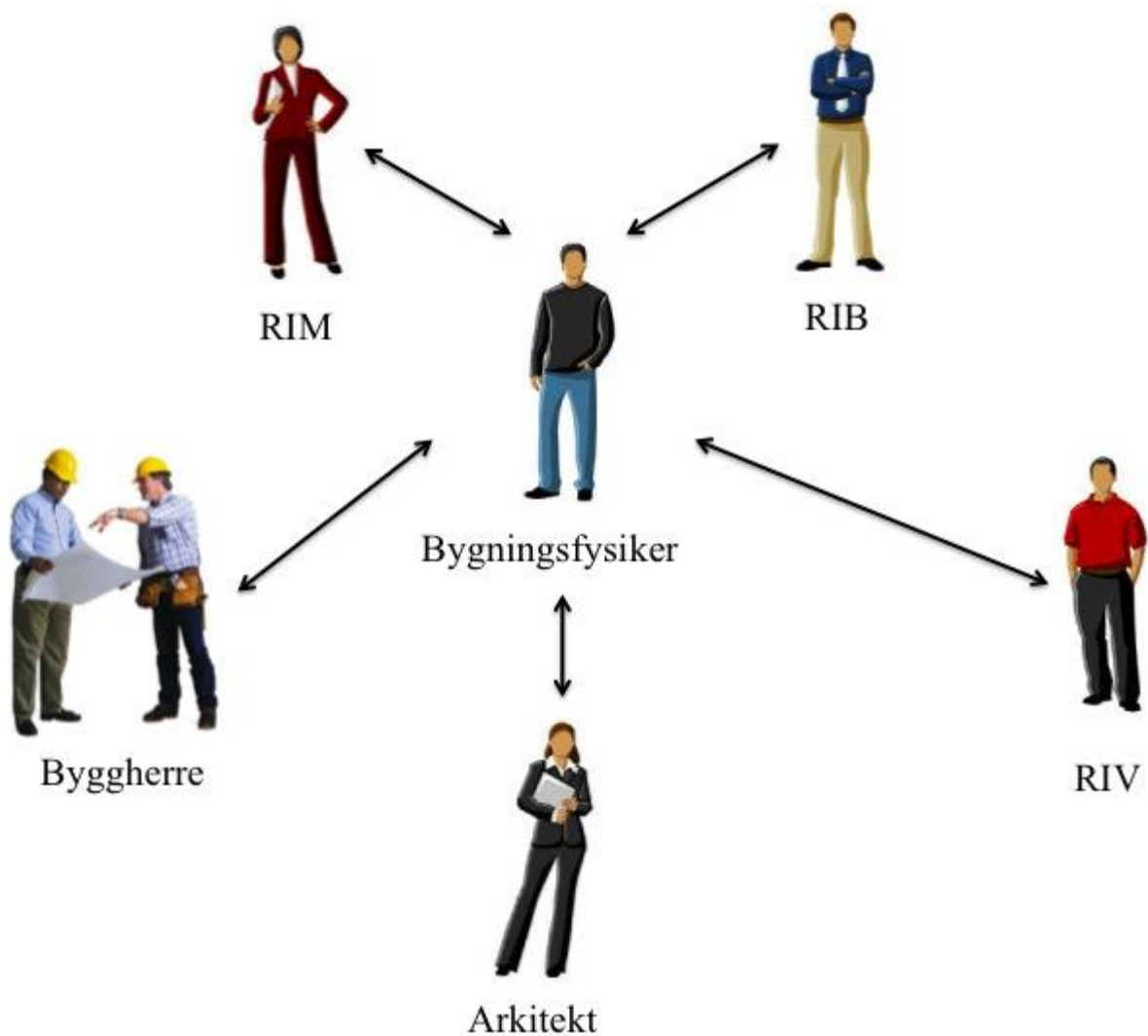
Kuldebroer er riktignok bare én del av den bygningsfysiske prosjekteringen, men inntrykket er at arkitekter bør få et høyere fokus på energibruk generelt. Ettersom arkitektene er helt ute i spissen og designer bygget, burde også de ha større kunnskap om hvilke parametere som spiller inn på energibruken. Dette vil fortsatt kreve at arkitekten benytter seg av fagfolkene rundt seg, men også at arkitekten må ha en helhetlig forståelse av design som er rettet mot energibruk i bygninger.

Når det gjelder bygningsfysikers rolle i dag, ble det også sagt at denne fungerte mer som en kontrollfunksjon fremfor et rådgivende funksjon. Grunnen til nettopp dette kan være at ingen av arkitektkontorene som her ble intervjuet har egne kompetente bygningsfysikere på huset, noe som betyr at de må kontakte bygningsfysiker for å få godkjenning av detaljløsningene deres før disse kan bygges. En annen mulig forklaring kan være at de ikke vet hva en bygningsfysiker kan bidra med utover å kontrollere detaljer. Uansett vil det være mer effektivt å inneha denne kompetansen på eget hus for å gjøre veiene kortere og prosessen mer effektiv. På denne måten vil ikke ansvaret pulveriseres, slik som det ble sagt.

Det kan hende at kuldebroer ikke er høyest prioritert, men at det er en del av prosjekteringen som må gjennomgås og forsøkt gjort slik at de ikke blir et problem. De holdningene og det som ble sagt under intervjuene var at kuldebroer stort sett var gjort på erfaringsmessig bakgrunn ved å høre med andre på kontoret. Det viser i de fleste tilfeller at det er svært vanskelig å fastslå noe generelt om kuldebroverdier til enkelte detaljer. En liten forandring i materialtype eller andre parametere, og kuldebroer kan bli helt forskjellig. På bakgrunn av dette kan det være grunn til å tro at arkitekter ofte burde samkjøre tettere med bygningsfysiker.

Hvis man heller får til et tett samarbeid mellom bygningsfysiker og arkitekt kan det hende at kuldebroer også blir bedre. Bygningsfysikers rolle kan utover dette være å sørge for at områder som omhandler dette fagfeltet ikke faller mellom to stoler. Og det kan være at bygningsfysiker også får en slags koordineringsrolle slik at han/hun blir et bindeledd mellom

ARK, RIB, RIM, RIV og kanskje også byggherre. Dette har det vært noen diskusjoner om, uten at det skal utdypes nærmere her.



Bilde 30: Bygningsfysiker (RIBfy) som et bindeledd mellom ARK, RIB, RIM, RIV og byggherre.

6.5. Samtale med fagpersoner

6.5.1. Er kuldebroer et problem i dag?

”Finnes stadig eksempler på store kuldebroer som kan føre til overflatekondens.”



Andre i bransjen

”Kuldebroer utgjør ingen bygningsfysiske problemer, men favoriserer én måte å bygge på.”



Fagpersoner

”Kuldebroer setter ingen begrensninger på arkitekturen.”



Arkitekter

Bilde 31: Forskjellige meninger om kuldebroer.

Litt overraskende var det at fagpersonene hevdet at kuldebroer i dag ikke utgjør noe problem. Etter en diskusjon med andre i bransjen hevdes det derimot at det stadig finnes eksempler på store kuldebroer som kan føre til overflatekondens. Det kan derfor være mulig at fagpersonen som sa dette hadde hovedfokus på ny bebyggelse, og ikke eksisterende. Generelt sett mener nok fagpersonene at kuldebroer ikke skal være et problem så lenge man bygger fornuftig og benytter godt gjennomtenkte kuldebroløsninger.

Dette med å dokumentere kuldebroene er veldig nytt i bransjen, men begynner å sette seg. Men to motstridende ytterpunkter er at fagpersonene sier at kuldebroer ikke blir et problem så lenge krav til U-verdier og slike ting er oppfylt. På den andre siden er arkitekten den som må forholde seg til salgbare flater fra utbyggeren. Det vil si at jo tykkere veggene blir, desto mindre salgbare flater blir det. Å ha tykke vegger fører også som regel til at solinnslippet blir redusert. Dessuten fører det til at de geometriske kuldebroene øker, og derav blir kuldebroene en større andel av varmetapet. I hvilken grad kuldebroer er et problem i dag, dreier det seg nok heller om at kravet til NKV setter begrensning på arkitekturen. Så lenge man følger én måte å bygge på med de isolasjonstykkelsene og bygningskomponentene med tilfredsstillende U-verdier, vil dette i stor grad sette føringer på hvordan man skal bygge. Arkitektene mener derimot at det ikke settes noen begrensninger på arkitekturen. Så hva skal man da tro?

Kan det tenkes at arkitektene ikke har høyt nok fokus på å kuldebroer i designprosessen, som videre fører til at bygningsfysiker som skal regne på kuldebroene oppdager at disse kan bli et

problem? Dette kan være én løsning. I såfall viser dette nyttigheten av et tett samarbeid mellom bygningsfysiker og arkitekt.

For å dra en parallell med utforming av bygget, antall vinduer og størrelser, kan det derfor være nyttig at bygningsfysiker gi føringer i designfasen som gir arkitekten parametere å forholde seg til. Dette må selvsagt ikke sette markante begrensninger på arkitekturen, men heller fungere som en veiledning underveis. På denne måten kan bygningsfysiker slippe å slite med kravet til NKV i for- og detaljprosjekteringen.

6.5.2. Har kravet til NKV satt seg i bransjen?

Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) inviterte 28. august 2013 til et innspillsmøte om nye energiregler for TEK 15. Her ble det blant annet lagt frem et forslag fra Rambøll om å fjerne punktet om NKV fra TEK. Dette møtte motstand fra flere aktører, blant annet Skanska som kom med følgende innspill: ”Krav kuldebroer bør opprettholdes.” (2013) Norconsult skrev også at de ønsket å beholde ”[...] minstekrav til kuldebroverdi.” (2013) Rambøll trakk så tilbake dette forslaget en periode senere. (2013) Det er indikasjoner om at kravet til NKV bør opprettholdes så lenge det ikke har kommet et bedre forslag til å håndtere kuldebroene i en bygning. Bransjen ser at fokus på kuldebroer i de senere år har ført til langt mer gjennomtenkte detaljer. Likevel er ikke tiden moden for å sløyfe kravet.

Fagpersonene sa også at det ikke er noe mer jobb å dokumentere kuldebroer enn det er å dokumentere flater, er grunn til å være skeptisk til. Praksis viser at det som regel er mer jobb da det som oftest er langt flere kuldebrovarianter enn U-verdi varianter. Å finne disse mengdene/lengdene, samt kuldebroverdiene, er mer tidkrevende enn for U-verdier. Det er riktig at arbeidsoppgaven er veldig lik, men mengden arbeid å gjøre kuldebroberegninger sammenliknet med U-verdi beregninger er svært forskjellig.

Det at sjablongverdiene i NS 3031 ikke klarer kravet til NKV er ikke synd, for da ville alle brukt disse verdiene og spart seg kreftene med å regne på kuldebroen. Som det ble nevnt tidligere i oppgaven var passivhus et konsept for småhus og bolighus generelt. Men det at verdien til NKV er såpass lav og urealistisk å oppnå tyder på at kravet er for strengt. Så dette gir byggherren et paradoks. Som nevnt tidligere finnes det i dag to måter å oppfylle kravene til energieffektivitet på. Velger man rammekravmetoden gir dette mulighet for omfordeling og da kan det tenkes at fokuset på kuldebroer faller litt bort. For velger man da å bruke en sjablongverdi fra NS 3031, selv om bygget legger mer varme i virkeligheten, vil ikke det ha noen energieffektiv effekt. Snarere vil det kun være et tall på papiret som sier at bygget er bedre enn det virkelig er. Kravet til NKV kan derfor tenkes å falle litt bort i form av at det er så vanskelig å oppnå. Skal NKV virkelig bli en kjent og velbrukt dokumentasjonsmetode er det avgjørende at kravet blir mulig å oppnå.

7. Konklusjoner

Konklusjonene er presentert en etter en ut ifra underproblemstillingene som er satt opp innledningsvis i oppgaven. Til slutt er hovedproblemstillingen besvart.

7.1. Byggets form og størrelse

Problemstilling:

- Hvor stor innvirkning kan form ha å si på kuldebrovarmetapet, og hvor mye har størrelsen på bygget å si på om man klarer kravet til NKV eller ikke?

7.1.1. Byggets form

Studiet viser at formen i stor grad kan være med på å øke kuldebrovarmetapet. Jo mer komplisert formen er desto flere kuldebrovarianter får man. Ut ifra de fire forskjellige formene, alle på 128 m², kan kuldebrovarmetapet øke med 34 % avhengig av hvilken form som velges. Av den grunn ligger det et stort potensiale i byggets form til å minke kuldebrovarmetapet.

7.1.2. Byggets størrelse

Byggets størrelse er svært avgjørende om man skal kunne klare kravet til NKV. Så lenge fasadearealet er lite sammenlignet med oppvarmet BRA kan også passivhuskravet for kuldebroer oppnås med ganske tynne vegger og mye glass i fasaden. Form og størrelse er to forhold som henger ganske tett sammen. Tommelfingerregelen for forholdet mellom areal av klimaskjermen og innvendig oppvarmet volum av bygget kan være en god indikasjon på om man klarer kravet til NKV eller ikke.

7.2. Kuldebroer i forbindelse med vinduer

Problemstilling:

- Hvor mye av kravet til NKV står vinduene alene for, og hva er bakgrunnen for endringen som for tiden pågår hos SINTEF Byggforsk om kuldebroer rundt vinduer?

7.2.1. Vinduets innvirkning på NKV

Resultatene viser at vinduene kan stå for en betydelig andel av kravet til NKV. For dette eksempelbygget kunne denne andelen variere fra 10 til ca. 45 % ut ifra de parameterne som endres. Dette viser seg å stemme godt overens med en presentasjon fra Norsk bygningsfysikkdag fra 2009, hvor det ble sagt at vinduene alene kan stå for 10 til 60 % av kravet til NKV for øvrige bygg.

7.2.2. Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer

Bakgrunnen for at SINTEF Byggforsk har trukket tilbake alle anvisninger om kuldebroer fra deres nettside er at det for tiden jobbes med en ny metode for å beregne kuldebroer rundt vinduer. Metoden går ut på at foringen i tillegg til isolasjonen i vinduslivet skal godskrives til fordel for kuldebroverdien.

7.3. Punktkuldebroer

Problemstilling:

- Hvilken effekt på kuldebroverdien kan det ha å isolere kun deler av gjennomgående betongsøyler (punktkuldebroer) og hva vil bidraget av en slik løsning ha å si på kravet til NKV for et eksempelbygg?

7.3.2. Isolering langs søyle

Resultatet viser at man kan redusere varmetapet gjennom kuldebroen betraktelig ved å isolere kun deler av søylen. Eksempelvis vil man kunne redusere kuldebroverdien med 77,7 % ved å isolere en 400 x 400 mm gjennomgående betongsøyle 500 mm ned langs søylen med en isolasjonstykkelse på 100 mm. Det er da forutsatt 200 mm isolasjon under dekke. For dette tilfellet vil man maksimalt kunne forminske varmetapet med 166,7 %, med det er ved å isolere langs hele søylen (1300 mm).

7.3.2. Andelen av NKV for gjennomgående søyler på eksempelbygget

Med mange nok gjennomgående søyler kan dette kuldebrobidraget utgjøre en stor andel av rammen på 0,03 W/m²K. Isolering langs søylen kan derfor være en god løsning om antallet blir betydelig stort.

7.4. Dybdeintervju med arkitektkontorer

Problemstilling:

- Er kuldebroer noe arkitekter har fokus på i dag når de designer og utformer bygg?

Av dybdeintervjuene er det vanskelig å fastslå noe helt sikkert og i hvilken grad arkitektene hadde et fokus på kuldebroer når de tegnet og utformet bygg. Temaet kuldebroer kan være veldig prosjektavhengig og ambisjonsnivået for det enkelte prosjekt spiller en viktig rolle. Generelt sett kan det derfor tenkes at arkitekter ikke har det høyeste fokuset på kuldebroer når de designer og utformer bygg.

7.5. Samtale med fagpersoner

Problemstilling:

- Er kuldebroer et problem i dag, og har kravet til NKV satt seg i bransjen?

I følge fagpersonene er ikke kuldebroer et problem i dag så lenge øvrige U-verdi og tetthetskrav til bygningskroppen er oppfylt. Det er allikevel viktig å skape bevissthet rundt kuldebroer for i enkelte tilfeller kan kuldebroene påvirke inneklimate og skape fukt- og overflatetemperaturproblemer. Samtidig som bygningskroppen blir bedre isolert vil også varmetapet via kuldebroene bli en større og større andel av transmisjonsvarmetapet.

Kravet til NKV virker også å ha satt seg godt i bransjen og vil ut ifra resultatene bli gjeldende i tiden fremover. Men det kan også stilles spørsmål ved om kravet til NKV for spesielt småhus er for strengt.

7.6. Hovedkonklusjon

Problemstilling:

- ❖ **Hva er erfaringene med bruk av normalisert kuldebroverdi som krav i dag?**

Ut ifra konklusjonene over er det grunn til å hevde at kravet til NKV i dag er kunstig lavt for småhus, mens det for øvrige bygg er relativt lett å nå. Sjablongverdiene i NS 3031 virker å være mer realistiske basert på erfaring. Kanskje disse også er litt for konservative med tanke på øvrige bygg, men for småhus viser det seg at disse verdiene stemmer mer overens med faktiske verdier.

8. Videre arbeid

Gjennom denne prosjektperioden har det dukket opp flere ideer til videre arbeid. Temaet knyttet til kuldebroer har fremdeles et potensiale til forbedring i likhet med hvordan arbeidet og fokuset rundt dette er praktisert i bransjen. For å legge frem dette ryddigst mulig, er forslag til videre arbeid delt inn etter oppgavens tre deler. Del 1 omhandler hvordan forskjellige kuldebrodetaljer har innvirkning på NKV. Del 2 tar for seg arkitektenes fokus på kuldebroer i designprosessen og del 3 har tatt for seg samtalen med fagpersoner om kravet til NKV. Til hver av disse delene vil det være presentert relevante forslag til videre arbeid.

Del 1: Kuldebroers innvirkning på NKV

De forholdene som i denne oppgaven er valgt å fokusere på, er noen av i alt mange forhold som har en innvirkning på kravet til NKV. Undersøkelsene som er gjort i sammenheng med punktkuldebroer kunne eksempelvis enda en gang bli tatt videre. Med de filene som er tilgjengelige fra denne oppgaven, kunne et eventuelt videre arbeid vært å undersøkt nærmere kondensproblematikken rundt en slik detalj. Det ville vært mer hensiktsmessig å undersøkt overflatetemperaturer med høyere temperaturforskjell mellom inne og ute. I store deler av Norge er det gjerne $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ute om vinteren over en lengre periode, og dette ville blitt sett på som et verre scenario enn med kun $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ute. Dette er kun spekulasjoner og må sjekkes opp om faktisk stemmer. Kan tenkes at det ikke er så kaldt over mange dager. HEAT3 – filene vil i hvert fall være tilgjengelige på vedlagt CD, så disse kan blitt brukt videre.

En rask kontrollberegning av søylegjennomføringen når temperaturforskjellen økes fra 20 til 30 , viser at kuldebroverdien holder seg uendret. Det betyr at varmetapet ikke øker når temperaturforskjellen forandres. Om dette også gjelder for overflatetemperaturer er ikke kontrollert, men nyttig å vite i forhold til kuldebroverdien og varmetapet.

Det finnes også en rekke andre detaljer som burde blitt studert nærmere. Ettersom det stadig kommer nye produkter og løsninger på markedet åpner det seg flere valgmuligheter. Som det også ble sagt på et av intervjuene med arkitektkontorene, finnes det i dag isolasjonsmaterialer som opptar betydelig mindre plass i vegger, tak eller gulv, men som dessverre ikke har fått sertifisering til å bli godkjent som et alternativ til tradisjonell glass- eller steinull. Om disse isolasjonsmaterialene vil få en slik sertifisering, er det også grunn til å tro at de geometriske kuldebroene i bygg ville blitt redusert. Nye detaljer ved bruk av andre isolasjonsmaterialer kunne derfor også vært spennende å kontrollert. På SINTEF Byggforsk sine hjemmesider står det i dag at ”Enova støtter utvikling av anvisninger i kuldebroatlasen.” (SINTEF 2013) Et tett samarbeid med Enova kunne derfor vært svært interessant og fått til.

Etter tips fra fagpersoner kom det også anbefalinger om at det ville vært en ide og sammenliknet flatevarmetap med kuldebrovarmetap i et større spekter. Å ta for seg tre konkrete bygg og sammenliknet disse to delene. Hvor stor andel av transmisjonsvarmetapet er det kuldebroene som står for? Og deretter se på effekten av å isolere bedre i vegger, tak og gulv i forhold til andelen i kuldebrovarmetap. Vedlagt ligger et regneark som heter «Varmetapstall». Dette dokumentet kan bli brukt til et slikt arbeid.

Del 2: Arkitektenes fokus på kuldebroer i designprosessen

Det viste seg å være vanskelig å anslå helt sikkert om arkitekter har et høyt fokus på kuldebroer jevnt over. For å ha undersøkt dette nærmere kunne det vært hensiktsmessig å ha innsyn i reelle prosjekter og sett nærmere på disse. Hvordan fokuset der har blitt ivaretatt ved valg av løsninger og design, kunne vært et forslag til problemstilling. Med mer tid kunne det også vært en idé og gjennomført flere intervjuer med flere arkitektkontorer for å gjøre undersøkelsen mer omfattende. Dette ville bidratt til å fastslå med større sannsynlighet om arkitekter har et høyt eller lavt fokus på kuldebroer i designprosessen.

Neste steg etter dette kunne vært å se nærmere på entreprenørens kvalitetssikringssystemer i forhold til kontroll av utførelse av kuldebrodetaljer. Hvilke systemer finnes for dette i dag? Videre kunne dette bli fulgt opp med å se hvordan uavhengig kontroll har fungert og fungerer. Vedlagt som siste dokument i denne oppgaven ligger det et transkribert intervju fra en samtale med en tidligere arkitekt som har gått over til entreprenørbransjen. Her ble det blant annet spurt om hvilke erfaringer de hadde med å kontrollere det bygningsfysiske på byggeplassen. Svaret herfra kunne da vært et utgangspunkt for en oppgave om et slikt tema.

Del 3: Kravet til NKV i dag

En kvantitativ undersøkelse kunne blitt foretatt hvor det eksempelvis kunne vært sendt ut en rekke enkle spørsmål om kravet til kuldebroer i dag. Ut ifra en slik undersøkelse ville man kunne kartlegge om kravet er noe folk i bransjen kjenner til, og om de er kjent med hvordan man kan oppnå kravet. Denne undersøkelsen ville da supplert resultatene fra denne oppgaven og generalisert i større grad om kravet til NKV har satt seg i bransjen.

Erfaringsmessig vil jeg på det sterkeste anbefale å ha en tett dialog med fagpersoner i bransjen jevnt over oppgaveperioden. Det finnes utrolig mange flinke folk der ute og de fleste stiller villig opp til samtaler og intervjuer. Et tips er å avtale møter i god tid. Dette er jeg ganske sikker på at vil gi oppgaven mer tyngde.

Lykke til!

9. Kilder

(2013). Innspill til TEK 15. Dokka, Tor Helge

Thyholt, Marit

Jensen, Ole Mangor

Wigenstad, Tore

Lassen, Niels. Oslo, Skanska Teknikk.

(2013). Presentasjoner fra innspillmøte om nye energiregler 2015. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK). Oslo, DiBK.

(2013). TEK 15 - innspill fra Norconsult. Hole, Ingrid

Havellen, Vidar

Skar, Sylvia. Oslo, Norconsult.

Anda, S. and A. S. H. Bjelland (2013). Fra passivhus til plusshus.

Arnesen, H. (2009). Trevinduer for moderne bygg. Norsk bygningsfysikkdag. S. Byggforsk.

AS, R. A. "Tangenten." from <http://www.ratioark.no/no/prosjekt/12>.

Bjøberg, S. (2011). "Høyere krav til energieffektivisering - Hva gjør vi med eksisterende bygningsmasse?" Innlegg ved NBEF Årsmøte mars 2011: 18.

Brugård, M. (2011). Prosesseierrollen i et alliansesamarbeid. Bergen, Norges handelshøyskole. **Master**.

Byggforsk, S. (2008). 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk, SINTEF Byggforsk.

Byggforsk, S. (2011). 471.023 Omfordeling av varmetap ved fravik av krav til energitiltak. Oslo, SINTEF Byggforsk.

Byggforsk, S. (2013). "472.304 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av betong." from <https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=4050>.

Byggforsk, S. and Rambøll (2013). Prosjektering av passivhus. Lavenergiprogrammet. Oslo, Lavenergiprogrammet.

Byggforsk, S., et al. (2013). Kurs i prosjektering av passivhus.

Decheva, L. M. (2012). Vinduer for energieffektive bygninger - Kuldebroer ved vindusinnsetting. Trondheim, NTNU. **Master**.

Edwardsen, K. I. and T. Ramstad (2007). Håndbok 53 Trehus. Oslo.

Fagperson (2014). Kudebroer rundt vinduer. M. Hoberg.

Grynning, S. (2006). Analyse av kuldebroproblematikk i flerfamiliehus. Trondheim, NTNU: 44.

Gullbrekken, L., et al. (2012). Geometriske kuldebroers innvirkning på normalisert kuldebroverdi. Passivhusnorden 2012. Trondheim, Passivhus Norden: 10.

Gustavsén, A. (2007). Kontroll med kuldebroer - kuldebroatlas. S. Byggforsk.

Gustavsén, A., et al. (2008). Kuldebroer – Beregning, kulde- broverdier og innvirkning på energibruk (Prosjektrapport 25). S. Byggforsk.

Hornes. "Energieffektive boliger: Passivhus." from <http://hordnes.info/2012/06/energieffektive-boliger-passivhus/>.

Kaupang, H. H. (2013). Kuldebroer i høyisolerte konstruksjoner. Norsk bygningsfysikkdag. S. Byggforsk. Trondheim, SINTEF Byggforsk.

Lavenergiprogrammet. "Krav til energieffektivitet i TEK 10." from <http://www.lavenergiprogrammet.no/lover-og-regler/krav-til-energieffektivitet-i-tek-10-article1698-146.html>.

Michalsen, B. G. (2013). Hva er et passivhus? Tekna.

Moen, R. A. (2009). Kremmertorget får 12-17 nye butikker. Østlendingen. Elverum.

Nielsen. "Dybdeintervjuer." from http://no.nielsen.com/products/crs_dybdeintervjuer.shtml.

Norconsult. "Bygningsfysikk." from <http://www.norconsult.no/?did=9053577>.

SINTEF, B. (2013). "Hvordan bruke kuldebroatlas." from <http://bks.byggforsk.no/PortalPage.aspx?pageid=30>.

Statsbygg (2000). Tiltak for å redusere energibruk i Statens bygninger. Oslo.

Utover disse kildene er det også blitt brukt en del muntlige kilder. I hovedsak vil dette være fra andre fagpersoner i bransjen og folk i Hjellnes Consult AS. Disse personene har selv ønsket å holde seg anonyme.

10. Vedlegg

Intervjuguide.....	s.1 - 2
Transkribert intervju med arkitektkontor 1.....	s.3 - 7
Transkribert intervju med arkitektkontor 2.....	s.8 - 10
Transkribert intervju med arkitektkontor 3.....	s.11 - 13
Samtale med fagpersoner.....	s.14 - 18
Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer.....	s.18 - 20
Punktkuldebrotabeller.....	s.21 - 35
Vedleggstabell 1: 300 x 300 mm søyle. 100 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1400 mm ned langs søylen.	21
Vedleggstabell 2: 300 x 300 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 50 - 100 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.	22
Vedleggstabell 3: 300 x 300 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 150 - 200 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.	23
Vedleggstabell 4: 300 x 300 mm søyle. 300 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1200 mm ned langs søylen.	24
Vedleggstabell 5: 300 x 300 mm søyle. 400 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1100 mm ned langs søylen.	25
Vedleggstabell 6: 400 x 400 mm søyle. 100 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1400 mm ned langs søylen.	26
Vedleggstabell 7: 400 x 400 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 50 - 100 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.	27
Vedleggstabell 8: 400 x 400 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 150 - 200 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.	28
Vedleggstabell 9: 400 x 400 mm søyle. 300 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1200 mm ned langs søylen.	29
Vedleggstabell 10: 400 x 400 mm søyle. 400 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1100 mm ned langs søylen.	30
Vedleggstabell 11: 500 x 500 mm søyle. 100 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1400 mm ned langs søylen.	31
Vedleggstabell 12: 500 x 500 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 50 - 100 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.	32
Vedleggstabell 13: 500 x 500 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 150 - 200 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.	33
Vedleggstabell 14: 500 x 500 mm søyle. 300 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1200 mm ned langs søylen.	34
Vedleggstabell 15: 500 x 500 mm søyle. 400 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1100 mm ned langs søylen.	35
Transkribert intervju med entreprenør.....	s.36 - 39
Excel - filer lagt ved på egen CD.....	s.40

INTERVJUGUIDE

Mitt navn er Martin Hoberg og jeg skriver for tiden masteroppgave ved NMBU i samarbeid med Hjellnes Consult. Oppgaven fokuserer på kuldebroer og deres innvirkning på varmetapet i bygninger. Videre ønsker jeg også å undersøke hvilket fokus arkitekter har på kuldebroer når de designer og utformer bygg. Undersøkelsen vil være anonym og foregå i ca. 30 min.

- 1) Klimaskallet har i dag strengere krav til energieffektivitet enn før. Gjør dette designprosessen mer krevende?
- 2) Byggets form kan ha stor innvirkning på varmetapet. Hvilken føling har dere med konsekvenser i designprosessen?

- Hvor tidlig i prosessen kommer fokuset på energieffektive løsninger?

- 3) Har dere laget noen strategi for å ivareta energikrav til passivhus, plusshus og lignende?

Om ja: Kan du fortelle om denne strategien?

Om nei: Hva tenker dere om å gjøre dette?

- Har dere støtt på noen problemer rundt vindusplassering, vindusareal, antall vinduer og lignende?

- Hvilket forhold har dere til de nye kravene?

- 4) Det er mange faktorer som har innvirkning på kuldebroer. Vinduets plassering i veggen, antall vinduer og størrelser er noen. Kommer energikrav ofte i konflikt med ønsket design?

- Hva med valg av sprosser i vinduene?

- 5) Hvilket fokus har dere på hva som skal være oppvarmet BRA?

- 6) På hvilket tidspunkt kobler dere inn bygningsfysiker i prosjektene deres?

- Har dere kompetansen på eget hus?

- Söker dere støtte underveis mens dere designer bygget?

- Söker dere hjelp til beregningskontroll?

- Hvordan ser dere på at bygningsfysikk nå har blitt et eget spesialfag på linje med f. eks brann og akustikk?

- Ønsker dere å bygge opp kompetanse selv eller leie inn hos andre?

7) Hvordan ser dere på å koble inn bla bygningsfysiker på et tidligere tidspunkt?

- Er det rom for dette i dag?

8) Har dere metoder for enkelt å kunne ta ut lengder og arealer fra modellen på? Dette kan være svært gunstig i forhold til beregning av f. eks NKV.

9) Kan man ivareta god arkitektur ved å designe passivhus standard eller bedre?

Arkitektkontor 1

Klimaskallet har i dag strengere krav til energieffektivitet enn før. Gjør dette designprosessen mer krevende?

Jeg sier nei, men min erfaring strekker seg tilbake til 2002/ 2003, så var det også relativt skjerpet klimaskall på den tiden også. Man kan si at konsekvensen, eller bevisstgjøringen rundt såre og ømfintlige områder, særlig i sokkeldetaljen og i dekkekant detaljen, så har konsekvensen vært at du går fra litt isolasjon til litt mer. Så den bevisstgjøringen tror jeg har foregått over tid som gjør at det er en del av verktøykassen nå som vi på en måte må blåse gjennom. Så det er vanskelig å si at det setter noen voldsomme begrensninger, men det er utfordrende. De punktene eller områdene avdekkes ganske tidlig. Så på et forprosjektstadiet og i fasen før dette sendes ut til entreprenørene, før de begynner å regne på det, så lager vi ofte prinsippdetaljer som viser og tar med seg de tingene der. Det er et element som vi har oppmerksomhet rundt.

Byggets form kan ha stor innvirkning på varmetapet. Hvilken føling har dere med konsekvenser i designprosessen?

Det er helt avgjørende å ta med seg de betraktningene tidlig inn i prosjektet. Særlig overgangen mellom inne og ute, hvis du ønsker å ha gjennomgående overflater, som visuelt skal fremstå som det samme, så er det en sånn bjelle som ringer. Du vet at du må håndtere noe i grensesnittet, og det grensesnittet, eller dersom du ikke tenker på det, er konsekvensene store. For entreprenøren er de ikke nødvendigvis så store, fordi dette her er et forskriftskrav. Du vil aldri få en entreprenør som utfører en sånn type detalj uten forskriftsmessige innsyn. Men for oss så kan det gi oss litt problemer. Det er en rekke forhold som henger seg på dersom du glipper eller ikke henger deg på. Det er derfor det er så viktig at de tingene blir håndtert. Om ikke bare håndtert, hvert fall at de er med i prosjektet på et tidlig stadium. I konkurranser tenker vi ikke på det annet enn at dette må løses dersom vi skal videre med det.

Har det blitt mindre av åpne arkitektkonkurranser med tiden?

Åpne arkitektkonkurranser blir det mindre og mindre av. De siste årene har det vært en trend om at det går i retning av å bli mindre av dette, men jeg tror alltid det vil være et behov for åpne konkurranser. Så det kan godt hende at dette er noe som har duppet den siste tiden.

Har dere laget noen strategi for å ivareta krav til passivhus og lignende?

Vi jobber kontinuerlig med en strategi som går mer i retning av å tilegne oss ny kompetanse. Vi er kompetansesugne. Og det er klart at det er et marked som det er veldig vanskelig å stå utenfor. Så jeg vil si at det er et krav egentlig. I og med at du forsøker å henge deg på der. Og

det inngår i strategien vår i forhold til at vi skal ivareta den kompetansen som markedet krever. Det er interessant å tilegne seg ny kunnskap.

Har dere støtt på problemer rundt dette med vindusplassering?

Ja, det er mange som er varsomme, og særlig entreprenørene. Men det som har blitt mer og mer vanlig nå, det er at du har egne bygningsfysikere som tiltransporteres en entrepriser og du har vindusleverandører som er mer og mer opptatt av å løse slike typer problemer. Vi har gjort mange prosjekter hvor glasset har vært i liv med utvendig kledning i en teglvegg. Bak teglen har du lufting og du har en murplate og du har x antall sjikt før du er tilbake igjen i klimaveggen. Det er klart at her ligger det et potensiale i forhold til det å håndtere kuldebroer, men dersom det er viktig for konseptet og viktig for prosjektet i vårt skjønn, å ha glasset i liv med utvendig kledning, så er både glassleverandøren og bygningsfysikeren opptatt å ivareta de funksjonelle kravene, ikke minst da til hensyn til å håndtere kuldebroer. Så lenge du har en bygningsfysiker som kan verifisere en prosjektering og at produsenten kan dokumentere disse her forskjellige verdiene, så tror jeg det handler vel så mye om det. Entreprenøren bryr seg lite om hvor i vegglivet vinduet er plassert, så lenge han leverer på spekk. Så lenge han leverer det produktet som er bestilt. Statistisk er det større sannsynlighet for å bomme når man kjører vinduet lengre ut, men det forutsetter at man går gjennom en liten sjekklister.

Kommer energikrav ofte i konflikt med ønsket design?

Jeg har enda til gode å dytte et vindu inn i veggen fordi man ikke klarer isolasjonskravet tilknyttet slike overganger. Da handler det vel så ofte om konstruktive forhold. At det rett og slett er vanskelig å bære et glass så langt ute fra stenderverket, eller fra konstruksjonen for øvrig.

Hva med valg av sprosser i vinduene?

Jeg regner med at dette da er bæreprofilene i glassene som må ivaretas av vindusleverandøren, og han må også levere på spekk. Så for oss så har vi noe som går på maksformat på glasset, men det er klart at når en entreprenør går til bestilling av et glassystem, så er det gitt en del egenskaper/forventninger til at det er spekket opp. Og de forventer at de får det som er spekket opp og det er deres ansvar å gjøre det. Men igjen så skal ikke det ha noen negative konsekvenser for oss, det faktum at et profil skal ivareta et krav.

Har dere noe fokus på hva som skal være oppvarmet BRA?

Det vil bli feil å si at vi har det. Vi prøver ikke å omprogrammere for å optimalisere et oppvarmet BRA. Det er stort sett gitt av romprogrammet og det er en del av bestillingen vår. Det er klart at der vi ser et potensiale til å luke ut en del areal som vi kanskje ikke trenger. Så lenge vi møter de samme kravene til oppvarming, så kan det tenkes at man kan gjøre disse innspillene, men det er ingen plass av vurderinger. Hvis vi får den servert så gjøres det, men det er ikke noe spesielt fokus på dette.

På hvilket tidspunkt kobler dere inn bygningsfysiker i prosjektene deres?

Det varierer veldig, men i de siste prosjektene jeg har gjennomført så har det endt opp i totalentrepriser, og i et par av disse har vi hatt samme oppdragsgiver og de engasjerer oss. Altså vi gjør et skisseprosjekt også engasjerer de oss til å gjøre et forprosjekt som skal munne ut et anbudsgrunnlag når da beskrivelsen blir sendt ut. I det forprosjektet så er allerede bygningsfysikeren inne og det er da vi fra en konkurranse eller et skisseprosjekt identifiserer en del detaljer som er viktig å håndtere i et forprosjekt, så gjør vi det i den fasen. Når man da kommer i totalentreprisen så er det mye som er gjort i forhold til det. Du kan optimalisere disse løsningene avhengig av hvilke leverandører de kontraherer osv.

Er det noen entreprisformer som dere arkitekter foretrekker?

Du har disse hovedentreprisen, generalentreprisene som i langt større grad er byggherrestyrt. Og da har du litt mer kontroll i større grad. For der blir entreprisen splittet opp og byggherren har kontroll på sine arkitekter på et eller annet. Vi har ennå til gode å bli offer for akkurat det å falle av underveis. Byggherren ønsker også, selv om han vil ha ut det her som en totalentreprise, å videreføre arkitekten som kjenner prosjektet og som representerer ofte også en kvalitetssikring i en totalentreprise. Det er et pre for entreprenørene også i manges øyne, så ofte så gir man uttrykk for i en utsendelse at man ønsker å videreføre arkitekten. Og i det tilfellet, du har ingen garanti for det, for da har du plutselig en entreprenør som sier at det her kan vi gjøre for halvparten av prisen til han andre, men det forutsetter at vi kjører vår egen arkitekt. Og det er ingen heldig situasjon, ikke for noen egentlig. For da leverer du det du forplikter deg til i en totalentreprise er funksjonen, og veldig lite er knyttet opp til kvaliteten. Og det er der entreprenøren har mulighet til å hente ut sin gevinst. Det er å optimalisere. Så lenge du har med byggherrer som står oppreist i akkurat det. Alternativet i den situasjonen kunne vært at, okay, vi aksepterer tilbudet, men vi legger på x antall kroner for å få med oss vår egen arkitekt. Dette er absolutt et diskusjonstema.

Har dere bygningsfysisk kompetanse på eget hus?

Ikke rene bygningsfysikere. Vi har arkitekter som dekker på en måte hele skalaen fra rene konkurransearkitekter og over til arkitekter som utelukkende sitter med 1:5 detaljer. Så du kan si at de arkitektene er hos oss vår spisskompetanse. Og det her er jo et forskriftskrav, så det er klart at stort sett så blir det ivaretatt, men det er en del situasjoner som kan falle litt mellom to stoler hvor gevinsten å ha tilknyttet en bygningsfysiker er verdifull.

Søker dere hjelp til beregningskontroll?

Det ligger ofte som en del av prosessen i et detaljprosjekt. Så måten vi benytter oss av bygningsfysikere på er da med relativt korte intervaller for å sikre at de detaljene som vi har verifisert som spesialdetaljer hele tiden blir kontrollert. I det prosjektet jeg holder på med nå i Tromsø, der har vi bygningsfysiker som går på timer. Oppgaven vår er å sørge for at de detaljene er sjekket ut med bygningsfysikeren.

Hvordan ser dere på at bygningsfysikk nå har blitt et eget spesialfag på lik linje med f. eks brann og akustikk?

Etter mitt skjønn så har det vært et behov for det. Det er vanskelig å si. Man klarte å bygge hus før. Det er klart at etter hvert som regelverket blir skjerpet så blir konsekvensene av å bomme veldig mye større. Sannsynligheten for at du kan havne i en litt vanskelig situasjon er større fordi du har mange flere parametere som er styrt av forskriftene som gjør at dersom man skal opprettholde fremdriften i et prosjekt så er det helt avgjørende at man får inn spesialkompetanse på en del områder som har til hensikt å løse et problem innenfor de rammene vi setter. Slik som utviklingen har vært så er det vanskelig å se for seg en situasjon hvor du ikke har bygningsfysiker i fremtiden. Det er jeg helt klar på.

Ønsker dere å bygge opp kompetanse her på huset fremover?

Det ser jeg ikke bort ifra. Det er stadig en tilbakevendende greie at å ha spesialkompetansen i eget hus, det blir mer og mer vanlig.

Hvordan ser dere på å koble inn bygningsfysiker på et tidligere tidspunkt?

Det er mulig å gjøre dette, men jeg tror at gevinsten av å gjøre dette ikke alltid kan være like stor. Det å koble inn bygningsfysiker i et forprosjekt det er for meg hvert fall et riktig tidspunkt. For det er der du begynner å avdekke spesialområder hvor den kompetansen er helt avgjørende. Det er så mange ting i skisseprosjektet, i oppstarten av prosjektet, det vi jobber med da er å passe inn volumer på en tomt. Hvordan skal dette forholde seg til eksisterende bebyggelse,

terrenget, organiseringen av de store bevegelsene. Hvor kommer du inn og hvor går du ut. De elementene der handler vel så mye om å forme et program. Og i den fasen har jeg vanskeligheter med å se at en bygningsfysiker kan komme med innspill. Det er helt sikkert mange interessante diskusjoner. Det er klart, kommer det opp sære tilfeller med noen ville utkrageringer osv., så er det klart at det kan være aktuelt å ta en liten fot i bakken. Men sånn generelt så tror jeg at en bygningsfysiker burde komme inn i forprosjektet, det vil være mer ideelt.

Har dere metoder for enkelt å kunne ta ut lengder og arealer fra modellen på?

For fem år siden tegnet vi ikke i Revit. Da tegnet vi ikke i 3D, men i 2D hele veien. 3D har blitt brukt til noen presentasjoner osv., men ikke mer enn det. Nå bruker vi utelukkende 3D. Og det er klart at der åpner det seg en del muligheter. For enkle uttak av arealer og lengder. Men med utgangspunkt i en IFC modell så er de fleste i stand til å ta ut informasjonen de trenger fra modellen. I de prosjektene som vi jobber med her så er det ofte sånn ”prosjekthotell på weben” som det til enhver tid ligger oppdaterte modeller på. Og det er for at sånne operasjoner skal bli så enkle som mulig.

Vi har ingen rutine for, eller det er veldig sjeldent vi har blitt bedt om å oppgi lengder av kuldebroer. Det er en sjeldent etterspurt vare. Arealer har vi hele tiden oversikt over, men det har ikke vært nødvendig for oss å utarbeide en metode for å generere de dataene.

Kan man ivareta god arkitektur ved å designe passivhus eller bedre?

Jeg er veldig motstander av å hevde at det vil gjøre det problematisk å skape god arkitektur. De som måtte mene det får bare gjøre det, men jeg mener ikke det.

Klimaskallet har i dag strengere krav til energieffektivitet enn før. Gjør dette designprosessen mer krevende?

Nei.

Byggets form kan ha stor innvirkning på varmetapet. Hvilken føling har dere med konsekvenser i designprosessen?

Det finnes to typer bygg. Det er de som man ønsker å gjøre noe arkitektonisk med. Ytterveggs konstruksjoner er fryktelig viktig, da tenker jeg på dekkeforkant i etasjeskillere. Dette pga. to faktorer. Den ene er netto- og bruttofaktor, som er at du enten har begrensning til BRA eller så har du byggelinjer som du skal følge. Entreprenøren vil bygge minst mulig med mest mulig salgbar flate.

Det er litt mer komplisert å tette alle kuldebroer, men du kjøper også mindre ferdig materiale. Hvis f.eks. dekkeforkanten er i kontakt med ytterflaten oppstår det kondensproblemer. Den tettingen har jeg hatt en god del diskusjoner med entreprenører om. Jeg blir faktisk litt mobbet her på huset fordi jeg er så opptatt av denne dekkeforkanten. Dekkeforkanten fordi RIB kommer inn tidlig, men det er også dette med salgbart areal.

Det andre punktet innenfor kuldebroer og moderne arkitektur. Det er biter av bygget som skyter fart oppover bygget pga. manglede over- og underisolasjon.

Når jeg ser konkurranseutkast her hvor du ser disse fine, slanke dekkelinjene som stikker ut, rister jeg på hodet. Det er ikke sjans å få dette til, og hvis de ønsker dette så affiserer det gesimslinjen og da er det regelrett et helvete ute og går. Det er fordi de glemmer dette med kuldebroer og ikke tar høyde for dette i en tidlig designfase.

Har dere laget noen strategi for å ivareta energikrav til passivhus, plusshus og lignende?

Ja, det kan du si. Det gjennomsyrrer alle prosjektene. Den eldre generasjonen har i hvert fall en tendens til å tenke veldig bærekraftig, og dette gjør at de ikke tenker bare bruk og kast. Den mentaliteten er dessverre borte for de fleste. 50 – 60 åringer nå, det er de siste.

Hvilket forhold har dere til de nye kravene?

Vi er et par paragrafer etter. Det er det vi lever av.

Det er mange faktorer som har innvirkning på kuldebroer. Vinduets plassering i veggen, antall vinduer og størrelser er noen. Kommer energikrav ofte i konflikt med ønsket design?

Nei. Det er en del parametere. Det er en del av designen en ting er utseende en annen er hvordan det fungerer.

”The space between the solids”. Et problem i dag er at man blir lært hvordan man skal tegne en vegg. Det er her noe av grunnprinsippene i arkitektur ligger, altså området inne i veggen.

Noe som også er veldig viktig er å tenke lys og rom. Det fantes noe som het 1 til 20 profiler før. Disse kunne man justere for å kunne få lyset til å skinne inn i rommet slik man ønsket. Så kommer vi til dette med dekkeforkant. Det har innvirkning.

Hva med valg av sprosser i vinduene?

De fleste vinduer er ikke sertifisert hvis du dytter dem utenfor vindspærren. Og når vinduet ikke lenger er sertifisert, er det ikke lenger noen garanti.

Vinduene er testet i forhold til forkant GU. Det samme med ytterdører. Så det er litt utfordrende. Så da må man regne etter tiltaksmetoden eller akseptere at det har en lavere verdi enn nødvendig.

Hvilket fokus har dere på hva som skal være oppvarmet BRA?

Det når man går inn får man en følelse. Det er ikke nice design and colours. Det er dette med lyset og den følelsen man får ved å komme inn i et rom. Det er en fornemmelse.

Har dere kompetansen på eget hus?

Vi besitter det. Vi har flere som er utdannet i utlandet og dette er tema fra dag en. Men vi har ingen rene bygningsfysikere.

Søker dere støtte underveis mens dere designer bygget?

Vi kobler inn bygningsfysiker når det trengs. Entreprenørene kan også koble inn bygningsfysiker hvis prosjektet trenger det, men så er det vi som må gjøre grunnarbeidet uansett. Dette er bare for kontrolldokumenter så det er ikke et så stort mysterie. Det blir mer arbeid for entreprenøren, men det blir mer stabilisering. Det er ikke bare - bare.

Det finnes isolasjoner ute i Europa som er nede i 2 cm og tilsvarer 20 cm isolasjon her i Norge. Den eneste grunnen til at det ikke er godkjent her i landet er fordi Sintef ikke har testet de. Det som er helt vanvittig er at de tre største prøveanstalter Tyskland, Nederland og Storbritannia tester disse tingene og de er i kontakt med hverandre. Samarbeider.

Det må være mer fornuft til å samarbeide noe med andre land. Se utover landegrensene. Også bygger man, når man snakker om miljø, hvis man kan bygge med mye mindre materialer ved å gjøre en liten endring, hvorfor gjør vi ikke dette da? Tenk hvor mye vi kunne spart.

Man ser ikke på samfunnseffekten.

Hvordan ser dere på at bygningsfysikk nå har blitt et eget spesialfag på linje med f. eks brann og akustikk?

Har du ikke hørt om arkitekt. Dere kommer inn bak fra og stjeler.

Ansvaret pulveriseres. Og for at ansvaret pulveriseres, så blir det mindre effektivitet i bransjen. Folk gidder ikke stille seg selv disse spørsmål. Jeg er jo en utlending, som du hører, og en ting vi ikke har i Norge, så vidt det er meg kjent, er bygningsfysikk. At du skal kjenne til de fysiske, kjemiske og biologiske egenskapene til materialene vi bygger i. Og hvordan disse virker sammen. Det er her jeg et inntrykk av at ikke er i pensum i Norge.

Derfor har man kommet med bygningsfysiker.

Har dere metoder for enkelt å kunne ta ut lengder og arealer fra modellen på? Dette kan være svært gunstig i forhold til beregning av f. eks NKV.

ArchiCad har denne muligheten til å lage lister. På hver av materialene har

Kan man ivareta god arkitektur ved å designe passivhus standard eller bedre?

Ja! Jeg kom over et vindu for leden. Og det vinduet ideal combi, dansk firma, dører og alt sammen. Hvis man kan spare masse byggematerialer blir det også billigere. Så ser det veldig fint ut. Så det er også en effekt på det. Når vi snakker om dette med total energieffekt kommer vi også inn på dette med dagslysfaktor. Og den går i konflikt med dagslysforholdet til et soverom. Hvor mye dagslys trenger man egentlig på et soverom? Du drar stort sett for gardiner når du er på soverommet.

Arkitektkontor 3

Klimaskallet har i dag strengere krav til energieffektivitet enn før. Gjør dette designprosessen mer krevende?

Det finner jo de prosjekter hvor, hva kan man si, helt grunnleggende parametere helt fra konkurransebasis. At de skal bygge et passivhus eller noe liknende. Og da må man faktisk tenke på det i designprosessen. Faktisk betyr det også noen ganger at man tegner et eller annet også skriver man i teksten at det har de og de kravene til passivhus. Men intensjonene er jo at man tar det med fra designprosessen. Og det prøver man også på.

Byggets form kan ha stor innvirkning på varmetapet. Hvilken føling har dere med konsekvenser i designprosessen?

Ja, det synes jeg. Jeg synes det er veldig viktig at hvis man har et prosjekt helt fra begynnelsen, om man snakker om passivhusstandard eller om det er noen andre kriterier som man ønsker å oppnå, om det er BREEAM eller andre ting. Da skal man ta det med fra begynnelsen og da kan det f. eks i designprosessen være at man, i forhold til byggets utforming helt fra konseptutvikling, som også er en del av det strukturelle og rent konstruktive, må gjøre noen vurderinger på om ting kan bli et problem eller ikke.

Slik som jeg opplever det, ønsker man gjerne å unngå å lage de vanskelige løsningene. Heller lage et helhetlig konsept som gjør at man unngår å detaljeløse hver eneste lille detalj.

Har dere laget noen strategi for å ivareta energikrav til passivhus, plusshus og lignende?

Nei. Det kommer veldig an på oppdrag til oppdrag. Men vi gjør oss noen erfaringer om hvordan vi kan få dette implementert fra starten av. For vi har opplevd å ha prosjekter som skal være passivhus og da er det vårt ansvar at det er implementert i prosjektet fra begynnelsen. Når man arbeider i et konkurranseprosjekt i en arkitektkonkurranse så ligger det noen ganger som en underliggende premiss, men det er kanskje ikke det som blir tatt mest hensyn til. Jeg tror det er noe som bør komme litt med tiden. Byggebransjen endrer seg jo langsomt. Det går helt sikkert an å lage en sjekklister man kan gå gjennom om vi har oppnådd det vi utbyggeren ønsker. Men det varierer veldig fra prosjekt til prosjekt så det er ikke like lett å lage en strategi.

Har dere støtt på noen problemer rundt vindusplassering, vindusareal, antall vinduer og lignende?

Det helt grunnleggende. Jo større og færre vinduer man lager, har man færre overganger. Dette med vinduer har veldig mye å gjøre med byggets uttrykk. Hvor vinduene skal plasseres i vegglivet og såne ting. Så det er selvsagt noe man jobber med og noe man bør være bevisst

om. Men nå blir det mer til at vi skyver ansvaret for bygningsfysikken over til en ingeniør som regner på dette fordi det begynner å bli så tungt. Vi har vanskeligheter med å dokumentere alle løsningene våre her. Kuldebroeregninger ligger litt utenfor hva vi kan gjøre her.

Hvilket forhold har dere til de nye kravene?

Jeg synes vi har et ganske godt forhold til de nye kravene. I forhold til nybygg og slike ting synes jeg det er helt grunnleggende å tenke på kuldebroer og energibesparing. Det gjelder også for rehabiliteringsprosjekter, å få pakket bygget godt nok inn og ikke ha noen eksponerte godt ledende overflater mot det fri. Det er et godt prinsipp fra designprosessen å ta hensyn til kuldebroer!

Det er mange faktorer som har innvirkning på kuldebroer. Vinduets plassering i veggen, antall vinduer og størrelser er noen. Kommer energikrav ofte i konflikt med ønsket design?

Nei, det synes jeg ikke. Men dokumentasjonskrav kan noen ganger være vanskelige. Det kan være ekstremt mye dokumentasjon, eksempelvis om man skal søke støtte fra ENOVA og såne ting, så må man dokumentere til dem, og hvis man skal gjøre energiberegning etter rammemetoden så må man finne kuldebroverdien for alle detaljene og de må jo selvfølgelig dokumenteres. De nye kravene åpner for ekstremt mye dokumentasjon. Og det gjør man litt mindre fri.

Hvilket fokus har dere på hva som skal være oppvarmet BRA?

Jeg har ennå ikke vært i tilfeller hvor det har vært et fokus. Det vil jeg ikke si.

Har dere kompetansen på eget hus?

Nei, vi har ingen bygningsfysiker hos oss. Vi har bygningsfysisk prosjekteringsansvar til et visst nivå der vi føler oss komfortable

Hvordan ser dere på at bygningsfysikk nå har blitt et eget spesialfag på linje med f. eks brann og akustikk?

Jeg synes ofte at vi som arkitekter, vi som er innom det å komme opp med løsninger og slike ting, at når vi kommer i kontakt med en bygningsfysiker blir han eller hennes jobb mer å kontrollere våre løsninger. De får en mer kontrollfunksjon, i beste tilfellet en veiledende funksjon. Men et samarbeid om å finne opp gode løsninger. I siste ende får kanskje bygningsfysikeren bare en kontrollerende funksjon. Og da håper jeg vi i fremtiden ser at det fungerer et bedre samspill. Jeg synes det er synd om bygningsfysiker bare får en kontrollerende funksjon.

Ønsker dere å bygge opp kompetanse selv eller leie inn hos andre?

Ja, det er mulig. Vi har i dag en eller to tekniske tegnere som tar seg av ganske mye. Vi har tidligere hatt en RIB på kontoret, men det er ikke nødvendigvis den optimale kompetansen vi trenger.

Hvordan ser dere på å koble inn bla bygningsfysiker på et tidligere tidspunkt?

Det kommer veldig an på hva slags prosjekt det er snakk om. Hvis det er et grunnleggende premiss om å bygge et passivhus eller noe sånt. Da vil jeg si at bygningsfysiker skal komme inn så snart man snakker om det konstruktive konseptet for bygningen.

Har dere metoder for enkelt å kunne ta ut lengder og arealer fra modellen på? Dette kan være svært gunstig i forhold til beregning av f. eks NKV.

Vi lager jo BIM modeller og der er det relativt enkelt å ta ut mål. Uansett når man jobber i en DAK – modell kan det oppstå noen misforståelser. Man har ingen kontroll på om noe i modellen kan være feil. Å hente ut glassarealer og sånne ting, er dette veldig enkelt. Vi bruker også et Excel ark fra SINTEF.

Kan man ivareta god arkitektur ved å designe passivhus standard eller bedre?

Jeg synes ikke det er mest førende. Det største negative utslaget for arkitekturen. Selvfølgelig endres arkitekturen på en eller annen måte. Ser man historisk på det, 60-tallet, med store vinduer osv. (dansk) så kom man over på 80-tallet med mindre vinduer og andre typer bygg. Jeg synes egentlig at vi går på mer teknologiske løsninger i dag, som ikke hindrer arkitekturen. Men det er en designmessig utfordring. Det er en teknikk på sånne ting, men det har ikke noe å gjøre med klimaskjermen.

Hvis jeg kan si noe om myndighetskrav som i høyere grad prøver å gjøre arkitekturen mer utfordrende så er det nok heller slike ting som kravene til universell utforming og krav om tilgjengelighet. Selvfølgelig vil det være politisk ukorrekt å si at vi ikke skal bygge handicap-tilpassede bygninger. Selvfølgelig skal vi det. Men det kan ofte bli utfordrende i forhold til eksisterende bebyggelse. Men i bunn og grunn tror jeg vi klarer å få til den gode arkitekturen.

Jeg synes at vi designmessig oppfostres med å prøve å unngå kuldebroer fordi det er vanskelig å løse de veldig detaljerte løsningene.

Samtale med fagpersoner

Jeg har lest i prosjektrapport 25 at kuldebroers innvirkning på varmetapet kan variere en god del. For vinduer viser eksempelet deres at kuldebroens bidrag til varmetapet varierer fra 3 til 14%, mens kuldebroene som vil fremkomme i forbindelse med gulv på grunn kan stå for hele 20% av varmetapet. Har dere grovestimert noen andelstall for kuldebroenes bidrag til det totale varmetapet i bygninger?

Det eneste som er gjort er å ha sett på innvirkningen på de geometriske kuldebroene.

Det er så store variasjoner at det er vanskelig å si noe om. Men det du kunne f. eks sagt nå er hva har kuldebro i ringmur eller fundament, hjørner og tak å si? Og da har du en skoeste av bygget ditt og du kan si noe om det. Vinduer er en kjempestor del av kuldebrovarmetapet og det er så store variasjoner i størrelser, fasonger og annet. Det er enklere å se på andelen i forhold til transmisjonsvarmetapet, men når du får inn infiltrasjon og varmetapet via ventilasjon og alt dette, så er det flere faktorer som gjør det vanskelig å beregne. Man får flere og flere varianter som gjør det vanskelig å bestemme en andel av. Det er mer fornuftig tenker jeg å relatere dette til transmisjonsvarmetapet, at du kanskje kan si noe om fordelingen mellom tapet gjennom flater og kuldebroer. Det er nok enklere. For det relaterer seg ikke til bruken av bygningen. Det er bare en ren konstant verdi, så skal du finne ut i antall watt så må du inn med temperaturforskjeller og størrelser og sånn. Men størrelsene har du jo så du vil kunne få ut dette her i w/K, så må du se på temperaturforskjell. Men det vil være enklere.

Det blir vanskelig å se på andelen av det totale varmetapet pga. så mange faktorer.

Om nei: Hvor mye tror du dette kan være snakk om?

Hva med andelen i forhold til transmisjonsvarmetapet?

Som du nevnte under årets bygningsfysikkdag, at sjablongverdien i NS3031 (den laveste er 0,05 og gjelder bæresystem i tre) også avviker fra kravet (0,03 for f.eks. småhus i tre) tyder på at én av verdiene er stilt feil. Hva tenker du om fremtidig krav i forhold til kuldebroer?

Jeg tror sjablongverdiene i NS 3031 er mer realistiske. Det er kravet til småhus som jeg tror er kunstig lavt, og ikke de andre. å oppnå NKV på 0,05 for et bygg med bæresystem i tre det er relativt rimelig. Og det vil være, kanskje det også er litt snilt når bygningene blir små, men for store bygg er det en relativt grei konservativ verdi å gi. De standardverdiene er nok relativt fornuftig satt basert på erfaring, men det er de kravene som er stilt i forskriftene som kanskje ikke er like godt begrunnet.

Hva tenker du om nye krav i forhold til NKV?

Det kan være en mulighet at kravet for småhus blir justert, og det kan også spørres om det å stille krav til NKV er riktig måte å gjøre det på. Det er ikke sikkert. Det er ikke noe vi har gjort noen analyser på. Nå begynner NKV å etablere seg som et ganske velkjent begrep, så det kan godt hende at man skal holde på det og fortsatt bruke NKV og varmetapstall, som da er samlet varmetap normalisert på samme måte, men akkurat tallverdien vet jeg ikke. Det å stille 0,03 til småhus er vanskelig og nesten umulig å nå i tre og helt umulig i mur og betong. Og man bygger jo gjerne passivhus i mur og betong ellers i Europa. Og det er ingen grunn til at kravet skal, slik det er stilt i dag er det også konkurransevridende. Fordi det er så strengt at det favoriserer en måte å bygge på i praksis. Dette er litt løse spekulasjoner fra meg og det er ikke noe jeg har satt meg grundig ned i.

På hvilken måte er kuldebroer et problem i dag? Klarer vi å bygge gode nok bygg?

Ja, det vil jeg si. Det er mye vilje. Du skal bygge ganske dårlig før kuldebroene virkelig begynner å få en påvirkning på inneklimate og at du får et stort problem med fukt og overflatetemperaturer og sånn ting. Da skal du bygge ganske uklokt. Så det er ikke vanskelig å komme seg bort fra det. Det blir på en måte gitt at alle de andre ting er oppfylt. Du har oppfylt kravene til u-verdier og sånn ting. Har du tynne vegger så kan du f. eks også ha uisolerte dekkeforanker i betong og du vil sannsynligvis komme deg unna greit, men det har også litt med at oppvarmingsbehovet blir såpass stort at du ikke får samme effekten

Det er vel også et kostnadsspørsmål i bunn og grunn. Kostnad og litt vilje. For det er ikke så gammelt dette med kuldebroer. I form av det å dokumentere det. Så det er kanskje det som er det nyeste. I noen bygg, leiligheter eller utsatte deler av et bygg kan kuldebroer være et problem, men oftest ikke.

Har du noen formening om hvilken måte kravene til energieffektivitet bør oppfylles på, tiltaksmetoden eller rammemetoden?

Mitt inntrykk er at alle begynner med tiltaksmetoden og setter opp et energibudsjett. Så ser du om det er innenfor og da kan du evt. Vurdere å dokumentere etter rammekrav og da omfordele i større grad etterpå. Praksis er det mitt inntrykk i dag, på større bygg. I hovedsak på større bygg. At du da dokumenterer etter rammekrav og da har større mulighet for omfordeling. Tiltakskravene er de enkleste å forholde seg til. De er der til en viss grad for å kunne brukes av litt mindre entreprenører eller byggmestere og han som typisk bygger småhus og hvor prosjektering og utførelse kanskje ikke er separat eller gjøres av forskjellige personer eller firmaer

Har du noen formening om hvor mye man skal finpusse på kuldebroer i forhold til det totale energiregnskapet? Har du igjen for å sitte å "finberegne" på dette?

Om vi har noe igjen for det tror jeg ikke. Det som det er lagt opp til i dag er at du skal dokumentere det, men allikevel ikke dokumentere det. Og det er en del forvirring. Det er ikke klare krav. Eller kravene er i og for seg klare, men det er ikke klart hvordan man skal gå frem for å tilfredsstille dem. Og ved å bruke akseptert dokumentasjon kan du velge noe som ikke tilfredsstiller dem. Jeg tror ikke det skjer noe av den grunn, for å si den på den måten. Det viktige tenker jeg, er å få bevissthet rundt dette. At kuldebroer er en del av varmetapet og en større og større andel av varmetapet ettersom resten blir bedre isolert. Og da må du rett og slett bare vite hva du gjør. La oss si at det utgjør, dette har jeg ikke regnet på så dette blir fritt valgte tall, la oss si en tredel til halvparten av transmisjonsvarmetapet så er det klart at det er en ganske stor andel. Det stilles krav til at du skal vite ganske godt hva som skjer gjennom alle flatene. Også er det egentlig veldig løselig formulert hvordan du skal forholde deg til det resterende. Når det er en så stor andel av det så er det litt uheldig. Da må man heller finne en måte å si hva er det vi faktisk stiller krav til og det er ikke noe mer jobb å dokumentere kuldebroer enn det er å dokumentere flater egentlig. For det er en verdi du må finne og det er en størrelse, lengde eller flate du må multiplisere med og ferdig snakket. Men akkurat det å finne selve kuldebroverdien er litt mer tricky enn for enkle u-verdi beregninger da.

Vet dere om det er vanlig å neglisjere punktkuldebroene til beregning av NKV?

Det kan være en viktig del å ta med. Vi har ikke regnet på så mye punktkuldebroer, og det har ikke vært viet så mye oppmerksomhet rundt dette. Noen av de kan bli betydelige i størrelse. Vi har gjort noe arbeid på det nå rett før jul. Der er det regnet verdier for søyler blant annet. Og videre med de verdiene har vi ikke gjort noen betraktninger av hvor stor andel punktkuldebroer utgjør sammenliknet med resten av kuldebrovarmetapet. Og det er igjen en sånn øvelse som er litt fåfengt til å gjøre for å fastslå noe generelt. For jeg tror ikke det finnes noe generelt. Da må du på en måte ha et generelt bygg med så og så mange søyler, men det er ikke så fornuftig å bruke tid på tenker jeg.

Regnestykket der er egentlig ganske enkelt. En betongsøyle er en sånn motorvei for varme rett opp. Selv 5 cm isolasjon rundt søylen en meter eller halvannen vil gjøre underverker for kuldebroverdien. Det er også det du ser når du isolerer dekkeforkant. At det vil være en ganske tilsvarende variant. Å ha betongdekke med bindingsverk i tre eller en ikke godt ledende konstruksjonsdel i ytterveggen så er det kjempeforskjell å gå fra null til bare litt isolasjon i forkant. Noe tilsvarende vil jeg gjette at du får ved å isolere søyler.

Hva er det nyeste på kuldebrofronten?

Det er ikke så mye nytt. Det er ganske klart definert hvordan man skal regne kuldebroer. I den grad man skal snakke om noe som er nytt så er det hvordan man stiller krav på. Og det gjøres ganske forskjellig rundt om i Europa. Så noen stiller krav til en tallverdi som er basert på en normalisert kuldebroverdi eller et annet mål der, kan du si, watt inngår eller selve varmeeffekten inngår. Andre stiller krav til løsningen, Belgia f. eks, hvor det stilles krav til at du skal ha minst så og så mye kuldebroisolasjon. At du kan ikke ha for mye kontaktflate mellom godt ledende konstruksjonsdeler uten å bryte opp det med noen form for isolasjon, kuldebroisolasjon. Også stiller de ikke krav til selve kuldebrovarmetapet. Men så lenge du har oppfylt disse tingene på detaljnivå, da anses løsningen som god nok til at kuldebroer ikke er et problem.

Jeg: da kommer det heller an på den som skal utføre detaljen.

Ja, det kan du godt si. På mange måter er kravet veldig enkelt stilt, men på andre måter er det ikke så enkelt stilt. Du skal gjøre en vurdering på tykkelsen av de ulike tilstøtende flatene, også er det noe minste og største tykkelse som inngår og hvor mye isolasjon du skal ha. Så det stiller jo krav til at det tegnes slik og at det utføres slik. Så får du på en måte ikke en formel som er kravet, og det er egentlig et litt abstrakt krav i forhold til å skulle stille krav til en verdi du regner ut eller gjøre det på en annen måte, men de har valgt å gjøre det på den måten. Det er en ganske grei og enkelt måte å gjøre det på, men jeg vet ikke hvor godt det fungerer, om de er fornøyd med den løsningen eller ikke.

Hva jobber dere med om dagen i forhold til kuldebroer? Ikke besvart

Kuldebroatlasets, er det noe som fortløpende blir oppdatert med nye detaljer ettersom de blir kontrollert og godkjent?

Det er meningen. Planen er å utvide videre. Jeg fikk akkurat et tips til det med søylen. Så vi har en plan. I hvert fall de detaljene som er viktige, som er i bruk.

Beregner dere kuldebroverdier på oppdrag?

Det kan vi også gjøre, men det er ikke det vi gjør mest av eller i og for seg skal gjøre mest av. Men vi kan gjøre det som et dokumentasjonsoppdrag.

Er det klare nok grensesnitt i forhold til bygningsfysikken i dag?

Jeg kan svare ut ifra den anvisningen vi hadde nå nettopp. Det kom to anvisninger nå til jul, en som var generelt om passivhus og en som var spesielt i forhold til dokumentasjon. Og der har vi satt opp en tabell hvor vi forsøker å beskrive rollene for å ivareta passivhuskravene i prosjektene. De som skrev dette, sa at det er mange som kan ha rollen, men det er veldig viktig å definere hvem som har rollen.

Det er ansvarlig søker som står ansvarlig for å dekke alle områder med ansvar. Og det som ikke dekkes opp sitter søker med selv. Kort fortalt. Ansvarlig søker eller arkitekten ofte vil da kalle inn rådgivere til å prosjektere og planlegge de ulike områdene. Gjøre vurderinger. Og der er det naturlig, hvis du ikke kan gjøre det selv, må du få noen andre til å gjøre det. Da vil det være naturlig at f. eks du har en rådgiver i bygningsfysikk som også tar det ansvarsområdet. Det er mine tanker da. Akkurat hvordan dette løses eller fungerer i praksis vet jeg ikke, men inntrykket mitt er at der store rådgiverselskaper går inn for å gjøre prosjekteringen av et helt bygg så dekker de opp det man trenger av ansvar og med sine rådgivere på ulike fagfelt.

Samtale med fagpersoner om kuldebroer rundt vinduer

Hvordan regner man på kuldebroer rundt vinduer?

Når du regner på kuldebroer så har det med varmestrøm å gjøre. Du hopper over all konveksjon, lufttransport, og du har ingen varmetransport som går via konveksjon. Ren transmisjon. Eller konduksjon, varmeledning. Så det du sier når du regner kuldebroer er at du har 20 grader, det er omgivelsestemperaturen på inn- og utside, også har du en overgangsmotstand, også en varmeledningsevne gjennom veggen, så får du en ny varmeovergangsmotstand på utsiden. Og da er det en ren konduksjonslikning, varmeledning. Og luft eller ikke luft, du kan ha vakuum på begge sidene, det vil fungere like bra fordi det er snakk om en omgivelsestemperatur og en overgangsmotstand. Eller det er bare snakk om varmemotstand.

Hvis varme skal forplante seg ned på en vannrett overflate er overgangsmotstanden høy. Fordi varmen har en tendens til å stige opp og tilsvarende vil den være lavere for en vegg i topp kant, for der kommer det ny varme stadig vekk opp til. Så den pilen som går på undersiden av karmen og ut, det er varmestrøm. Når du eksponerer den innvendige overflaten, så vil den være varm. Og mye varme går inn i veggen langs den loddrette flaten, men også ned gjennom karmen. Også ledes det i veggen. På utsiden vil du da få en flate hvor det ledes ut alt sammen.

Hvordan man regner kuldebroverdi for vindu, det er det litt diskusjon om, hvor du setter grensene. Og om dette med karm og foring, om det skal være en del av vinduet eller om det skal være en del av veggen.

En del har du sagt at grensen settes til underside karm og at foring og isolasjon i karm tas bort og du regner kuldebro for karmen, rammen og glasset. Også regner du veggen opp til overkant av losholt.

Men så har noen sett at hvis du setter grensen ved overkant av losholten og inkluderer foringen og karmisolasjonen i vinduet, så vil det gi en mer reell verdi. Det vil samsvare bedre med de U-verdiene du får for vinduer og det vil også påvirke kuldebroverdien noe. Så når du hever foringen opp et stykke, kall det den nye metoden, så vil kuldebroverdien gå ned. Men det kan godt hende den går opp hvis du regner på den gamle metoden, for å si den på den måten. Det har jeg ikke undersøkt. Men det kan være en forklaring av det. Og i bunn og grunn så er, hvis du øker isolasjonen i karmen, så vil du senke total varmestrøm. Det er det som vil skje. Og da er det hvordan du beregner U-verdi for vinduet som vil være avgjørende. For det totale varmetapet er det samme. Kuldebroverdien er bare relativ i forhold.

Hvor i vegglivet er det mest gunstig å plassere vinduet for å få lavest kuldebroverdi?

Den aller laveste kuldebroverdien får du ved å sette vinduet midt i vegglivet. Men det er en god del andre problemer med å gjøre det på den måten. For da får du eksponert veldig mye av veggen på utsiden og det er vanskelig å få til fuktsikring med bare et enkelt beslag. Det å sette vinduskarmen enten i flukt med vindspærre eller litt inntrukket, og da sier man gjerne inntil 30-40 mm, er på en måte greit for å få gjort det du skal ellers må du til med membranløsninger og sånn.

Kuldebroverdien blir aldri null, men den vil ha sitt minimum der. Og det har å gjøre med at man har tilnærmet lik eksponert vannrett overflate på hhv inn- og utside av vinduet. Det er der du vil ha den geometriske kuldebroen i minimum, og det som går på materialbidraget her vil kunne forskyve det. Så det kan godt hende at minimum vil forskyve seg litt i en retning, sannsynligvis utover, så for en viss veggtykkelse er nok det å plassere den 35-40 mm inn det optimale.

Når du har mindre eksponert ytterflate utvendig har du også større eksponert varm overflate innvendig. Poenget er at de to flatene bør være relativt like, og det gir da en lav kuldebroverdi. Så for en vegg som er 250 mm tykk, så vil 40 mm være temmelig optimalt.

Hva er Bakgrunnen for at SINTEF Byggforsk har trukket tilbake anvisningene sine om kuldebroer i forbindelse med vinduer?

Grunnen til at SINTEF ikke har hatt noen anvisninger om kuldebroer i forbindelse med vinduer er at det har pågått en del beregninger samtidig som det har vært litt usikkerhet rundt denne ”nye” metoden å regne kuldebroene på. Jeg har ikke vært så involvert i dette arbeidet, men mye kan tyde på at det er det som er grunnen.

Ønsker dere å få Hot-box målinger til å stemme overens med beregninger?

Hot-box målinger har ikke blitt brukt til beregning av kuldebroverdier rundt vinduene. I Hot-box målingene måler man bare U-verdi for vinduet. Vi bruker ikke det til å måle en slags kuldebroverdi. Det ville vært vanskelig å få til.

Vedleggstabell 1: 300 x 300 mm søyle. 100 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1400 mm ned langs søylen.

100 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 300 x 300 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	62,156	53,370	0,439	18,992	0	18,570
500	58,295	53,370	0,246	18,992	78,396	18,599
700	57,964	53,370	0,230	18,992	91,249	18,601
900	57,815	53,370	0,222	18,992	97,660	18,602
1400 (Hele søylen)	57,605	53,370	0,212	18,992	107,462	18,603
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	62,156	53,370	0,439	18,992	0	18,570
500	57,542	53,370	0,209	18,992	110,594	18,604
700	57,051	53,370	0,184	18,992	138,685	18,607
900	56,773	53,370	0,170	18,992	158,184	18,608
1400 (Hele søylen)	56,227	53,370	0,143	18,992	207,525	18,612
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	62,156	53,370	0,439	18,992	0	18,570
500	56,981	53,370	0,181	18,992	143,312	18,608
700	56,407	53,370	0,152	18,992	189,299	18,611
900	56,063	53,370	0,135	18,992	226,253	18,613
1400 (Hele søylen)	55,22	53,370	0,093	18,992	374,919	18,618
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	62,156	53,370	0,439	18,992	0	18,570
500	56,404	53,370	0,152	18,992	189,585	18,612
700	55,777	53,370	0,120	18,992	265,019	18,616
900	55,389	53,370	0,101	18,992	335,166	18,619
1400 (Hele søylen)	54,304	53,370	0,047	18,992	840,685	18,625

Vedleggstabell 2: 300 x 300 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 50 - 100 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.

200 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 300 x 300 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	35,946	28,112	0,392	19,469	0	19,223
100	34,808	28,112	0,335	19,469	16,925	19,236
200	34,039	28,112	0,296	19,469	32,175	19,241
300	33,536	28,112	0,271	19,469	44,432	19,244
400	33,226	28,112	0,256	19,469	53,187	19,246
500	33,020	28,112	0,245	19,469	59,617	19,247
600	32,839	28,112	0,236	19,469	65,729	19,248
700	32,731	28,112	0,231	19,469	69,604	19,249
800	32,668	28,112	0,228	19,469	71,949	19,249
900	32,600	28,112	0,224	19,469	74,554	19,250
1000	32,556	28,112	0,222	19,469	76,283	19,250
1100	32,531	28,112	0,221	19,469	77,280	19,250
1200	32,512	28,112	0,220	19,469	78,045	19,250
1300 (Hele søylen)	32,428	28,112	0,216	19,469	81,511	19,251
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	35,946	28,112	0,392	19,469	0	19,223
100	34,672	28,112	0,328	19,469	19,421	19,237
200	33,799	28,112	0,284	19,469	37,753	19,242
300	33,213	28,112	0,255	19,469	53,578	19,246
400	32,802	28,112	0,235	19,469	67,036	19,249
500	32,515	28,112	0,220	19,469	77,924	19,25
600	32,261	28,112	0,207	19,469	88,817	19,252
700	32,082	28,112	0,199	19,469	97,330	19,253
800	31,967	28,112	0,193	19,469	103,217	19,254
900	31,849	28,112	0,187	19,469	109,633	19,255
1000	31,751	28,112	0,182	19,469	115,279	19,255
1100	31,703	28,112	0,180	19,469	118,157	19,256
1200	31,648	28,112	0,177	19,469	121,550	19,256
1300 (Hele søylen)	31,353	28,112	0,162	19,469	141,716	19,258

Vedleggstabell 3: 300 x 300 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 150 - 200 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.

200 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	35,946	28,112	0,392	19,469	0	19,223
100	34,552	28,112	0,322	19,469	21,646	19,238
200	33,614	28,112	0,275	19,469	42,385	19,244
300	32,98	28,112	0,243	19,469	60,929	19,248
400	32,528	28,112	0,221	19,469	77,400	19,251
500	32,204	28,112	0,205	19,469	91,447	19,253
600	31,910	28,112	0,190	19,469	106,266	19,255
700	31,696	28,112	0,179	19,469	118,583	19,256
800	31,553	28,112	0,172	19,469	127,666	19,257
900	31,404	28,112	0,165	19,469	137,971	19,258
1000	31,273	28,112	0,158	19,469	147,833	19,259
1100	31,207	28,112	0,155	19,469	153,118	19,259
1200	31,127	28,112	0,151	19,469	159,834	19,260
1300 (Hele søylen)	30,630	28,112	0,126	19,469	211,120	19,263
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	35,946	28,112	0,392	19,469	0	19,223
100	34,415	28,112	0,315	19,469	24,290	19,239
200	33,417	28,112	0,265	19,469	47,672	19,245
300	32,743	28,112	0,232	19,469	69,164	19,250
400	32,268	28,112	0,208	19,469	88,499	19,254
500	31,921	28,112	0,190	19,469	105,671	19,255
600	31,601	28,112	0,174	19,469	124,534	19,257
700	31,365	28,112	0,163	19,469	140,824	19,259
800	31,204	28,112	0,155	19,469	153,364	19,260
900	31,034	28,112	0,146	19,469	168,104	19,261
1000	30,881	28,112	0,138	19,469	182,918	19,262
1100	30,802	28,112	0,135	19,469	191,227	19,262
1200	30,704	28,112	0,130	19,469	202,238	19,263
1300 (Hele søylen)	30,034	28,112	0,096	19,469	307,596	19,267

Vedleggstabell 4: 300 x 300 mm søyle. 300 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1200 mm ned langs søylen.

300 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 300 x 300 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	25,888	19,081	0,340	19,64	0	19,462
500	23,656	19,081	0,229	19,640	48,787	19,481
700	23,434	19,081	0,218	19,640	56,375	19,482
900	23,303	19,081	0,211	19,640	61,227	19,483
1200 (Hele søylen)	23,153	19,081	0,204	19,640	67,166	19,484
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	25,888	19,081	0,340	19,640	0	19,462
500	23,269	19,081	0,209	19,640	62,536	19,484
700	22,930	19,081	0,192	19,640	76,851	19,486
900	22,694	19,081	0,181	19,640	88,403	19,487
1200 (Hele søylen)	22,254	19,081	0,159	19,640	114,529	19,490
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	25,888	19,081	0,340	19,640	0	19,462
500	23,049	19,081	0,198	19,640	71,547	19,485
700	22,649	19,081	0,178	19,640	90,779	19,488
900	22,350	19,081	0,163	19,640	108,229	19,490
1200 (Hele søylen)	21,659	19,081	0,129	19,640	164,042	19,494
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	25,888	19,081	0,340	19,640	0	19,462
500	22,863	19,081	0,189	19,640	79,984	19,487
700	22,425	19,081	0,167	19,640	103,559	19,490
900	22,084	19,081	0,150	19,640	126,673	19,492
1200 (Hele søylen)	21,187	19,081	0,105	19,640	223,219	19,498

Vedleggstabell 5: 300 x 300 mm søyle. 400 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1100 mm ned langs søylen.

400 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 300 x 300 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	20,442	14,442	0,300	19,727	0	19,586
500	18,714	14,442	0,214	19,727	40,449	19,602
700	18,536	14,442	0,205	19,727	46,556	19,603
900	18,441	14,442	0,200	19,727	50,038	19,603
1100 (Hele søylen)	18,286	14,442	0,192	19,727	56,087	19,604
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	20,442	14,442	0,300	19,727	0	19,586
500	18,397	14,442	0,198	19,727	51,707	19,604
700	18,119	14,442	0,184	19,727	63,177	19,606
900	17,943	14,442	0,175	19,727	71,380	19,607
1100 (Hele søylen)	17,511	14,442	0,153	19,727	95,503	19,610
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	20,442	14,442	0,300	19,727	0	19,586
500	18,223	14,442	0,189	19,727	58,688	19,605
700	17,892	14,442	0,173	19,727	73,913	19,607
900	17,668	14,442	0,161	19,727	85,989	19,609
1100 (Hele søylen)	16,998	14,442	0,128	19,727	134,742	19,613
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	20,442	14,442	0,300	19,727	0	19,586
500	18,084	14,442	0,182	19,727	64,745	19,606
700	17,718	14,442	0,164	19,727	83,150	19,609
900	17,462	14,442	0,151	19,727	98,675	19,610
1100 (Hele søylen)	16,597	14,442	0,108	19,727	178,422	19,616

Vedleggstabell 6: 400 x 400 mm søyle. 100 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1400 mm ned langs søylen.

100 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 400 x 400 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	68,343	53,370	0,749	18,992	0	18,527
500	61,634	53,370	0,413	18,992	81,183	18,574
700	60,962	53,370	0,380	18,992	97,221	18,579
900	60,609	53,370	0,362	18,992	106,838	18,581
1400 (Hele søylen)	60,059	53,370	0,334	18,992	123,845	18,585
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	68,343	53,370	0,749	18,992	0	18,527
500	60,622	53,370	0,363	18,992	106,467	18,581
700	59,696	53,370	0,316	18,992	136,690	18,588
900	59,141	53,370	0,289	18,992	159,452	18,591
1400 (Hele søylen)	57,820	53,370	0,223	18,992	236,472	18,601
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	68,343	53,370	0,749	18,992	0	18,527
500	59,918	53,370	0,327	18,992	128,665	18,587
700	58,867	53,370	0,275	18,992	172,385	18,595
900	58,208	53,370	0,242	18,992	209,487	18,599
1400 (Hele søylen)	56,290	53,370	0,146	18,992	412,774	18,613
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	68,343	53,370	0,749	18,992	0	18,527
500	59,221	53,370	0,293	18,992	155,905	18,594
700	58,093	53,370	0,236	18,992	217,023	18,602
900	57,368	53,370	0,200	18,992	274,512	18,607
1400 (Hele søylen)	54,991	53,370	0,081	18,992	823,689	18,624

Vedleggstabell 7: 400 x 400 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 50 - 100 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.

200 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 400 x 400 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	41,545	28,112	0,672	19,469	0	19,182
100	39,620	28,112	0,575	19,469	16,727	19,196
200	38,285	28,112	0,509	19,469	32,046	19,206
300	37,392	28,112	0,464	19,469	44,752	19,213
400	36,784	28,112	0,434	19,469	54,901	19,217
500	36,371	28,112	0,413	19,469	62,647	19,220
600	36,015	28,112	0,395	19,469	69,973	19,223
700	35,777	28,112	0,383	19,469	75,251	19,224
800	35,630	28,112	0,376	19,469	78,678	19,225
900	35,482	28,112	0,369	19,469	82,266	19,226
1000	35,368	28,112	0,363	19,469	85,130	19,227
1100	35,311	28,112	0,360	19,469	86,595	19,228
1200	35,252	28,112	0,357	19,469	88,137	19,228
1300 (Hele søylen)	34,989	28,112	0,344	19,469	95,332	19,230
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	41,545	28,112	0,672	19,469	0	19,182
100	39,454	28,112	0,567	19,469	18,519	19,197
200	37,976	28,112	0,493	19,469	36,308	19,208
300	36,964	28,112	0,443	19,469	51,693	19,216
400	36,208	28,112	0,405	19,469	65,921	19,221
500	35,671	28,112	0,378	19,469	77,709	19,225
600	35,196	28,112	0,354	19,469	89,625	19,229
700	34,842	28,112	0,337	19,469	99,599	19,231
800	34,607	28,112	0,325	19,469	106,821	19,233
900	34,37	28,112	0,313	19,469	114,653	19,235
1000	34,155	28,112	0,302	19,469	122,290	19,236
1100	34,05	28,112	0,297	19,469	126,221	19,237
1200	33,916	28,112	0,290	19,469	131,444	19,238
1300 (Hele søylen)	33,148	28,112	0,252	19,469	166,739	19,244

Vedleggstabell 8: 400 x 400 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 150 - 200 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.

200 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	41,545	28,112	0,672	19,469	0	19,182
100	39,307	28,112	0,560	19,469	19,991	19,199
200	37,747	28,112	0,482	19,469	39,419	19,21
300	36,671	28,112	0,428	19,469	56,946	19,218
400	35,926	28,112	0,391	19,469	71,909	19,224
500	35,264	28,112	0,358	19,469	87,822	19,228
600	34,731	28,112	0,331	19,469	102,946	19,232
700	34,322	28,112	0,311	19,469	116,312	19,235
800	34,042	28,112	0,297	19,469	126,526	19,237
900	33,755	28,112	0,282	19,469	138,047	19,24
1000	33,484	28,112	0,269	19,469	150,056	19,242
1100	33,349	28,112	0,262	19,469	156,502	19,243
1200	33,167	28,112	0,253	19,469	165,737	19,244
1300 (Hele søylen)	31,969	28,112	0,193	19,469	248,276	19,253
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	41,545	28,112	0,672	19,469	0	19,182
100	39,138	28,112	0,551	19,469	21,830	19,201
200	37,506	28,112	0,470	19,469	42,996	19,213
300	36,380	28,112	0,413	19,469	62,470	19,222
400	35,531	28,112	0,371	19,469	81,062	19,228
500	34,907	28,112	0,340	19,469	97,689	19,232
600	34,338	28,112	0,311	19,469	115,757	19,236
700	33,897	28,112	0,289	19,469	132,204	19,240
800	33,588	28,112	0,274	19,469	145,307	19,242
900	33,270	28,112	0,258	19,469	160,430	19,244
1000	32,964	28,112	0,243	19,469	176,855	19,246
1100	32,807	28,112	0,235	19,469	186,113	19,248
1200	32,592	28,112	0,224	19,469	199,844	19,249
1300 (Hele søylen)	31,052	28,112	0,147	19,469	356,905	19,260

Vedleggstabell 9: 400 x 400 mm søyle. 300 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1200 mm ned langs søylen.

300 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 400 x 400 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	30,814	19,081	0,587	19,640	0	19,424
500	26,811	19,081	0,387	19,640	51,785	19,452
700	26,346	19,081	0,363	19,640	61,500	19,456
900	26,048	19,081	0,348	19,640	68,408	19,458
1200 (Hele søylen)	25,614	19,081	0,327	19,640	79,596	19,461
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	30,814	19,081	0,587	19,640	0	19,424
500	26,263	19,081	0,359	19,640	63,367	19,459
700	25,607	19,081	0,326	19,640	79,789	19,464
900	25,12	19,081	0,302	19,640	94,287	19,468
1200 (Hele søylen)	24,026	19,081	0,247	19,640	137,27	19,476
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	30,814	19,081	0,587	19,640	0	19,424
500	26,034	19,081	0,348	19,640	68,747	19,461
700	25,288	19,081	0,31	19,640	89,029	19,467
900	24,63	19,081	0,277	19,640	111,444	19,471
1200 (Hele søylen)	23,021	19,081	0,197	19,640	197,792	19,484
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	30,814	19,081	0,587	19,640	0	19,424
500	25,727	19,081	0,332	19,640	76,542	19,464
700	24,921	19,081	0,292	19,640	100,908	19,470
900	24,268	19,081	0,259	19,640	126,200	19,475
1200 (Hele søylen)	22,263	19,081	0,159	19,640	268,73	19,490

Vedleggstabell 10: 400 x 400 mm søyle. 400 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1100 mm ned langs søylen.

400 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 400 x 400 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	24,817	14,442	0,519	19,727	0	19,552
500	21,669	14,442	0,361	19,727	43,559	19,577
700	21,289	14,442	0,342	19,727	51,526	19,580
900	21,067	14,442	0,331	19,727	56,604	19,581
1100 (Hele søylen)	20,629	14,442	0,309	19,727	67,690	19,585
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	24,817	14,442	0,519	19,727	0	19,552
500	21,215	14,442	0,339	19,727	53,182	19,58
700	20,668	14,442	0,311	19,727	66,64	19,584
900	20,298	14,442	0,293	19,727	77,169	19,587
1100 (Hele søylen)	19,232	14,442	0,240	19,727	116,597	19,595
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	24,817	14,442	0,519	19,727	0	19,552
500	20,976	14,442	0,327	19,727	58,785	19,582
700	20,347	14,442	0,295	19,727	75,699	19,587
900	19,896	14,442	0,273	19,727	90,227	19,59
1100 (Hele søylen)	18,343	14,442	0,195	19,727	165,957	19,602
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	24,817	14,442	0,519	19,727	0	19,552
500	20,789	14,442	0,317	19,727	63,463	19,584
700	20,109	14,442	0,283	19,727	83,077	19,589
900	19,605	14,442	0,258	19,727	100,949	19,593
1100 (Hele søylen)	17,679	14,442	0,162	19,727	220,513	19,608

Vedleggstabell 11: 500 x 500 mm søyle. 100 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1400 mm ned langs søylen.

100 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 500 x 500 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	75,058	53,370	1,084	18,992	0	18,462
500	65,519	53,370	0,607	18,992	78,517	18,541
700	64,432	53,370	0,553	18,992	96,059	18,55
900	63,825	53,370	0,523	18,992	107,441	18,554
1400 (Hele søylen)	62,697	53,370	0,466	18,992	132,529	18,563
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	75,058	53,370	1,084	18,992	0	18,462
500	64,254	53,370	0,544	18,992	99,265	18,552
700	62,818	53,370	0,472	18,992	129,551	18,563
900	61,922	53,370	0,428	18,992	153,601	18,57
1400 (Hele søylen)	59,441	53,370	0,304	18,992	257,239	18,589
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	75,058	53,370	1,084	18,992	0	18,462
500	63,406	53,370	0,502	18,992	116,102	18,558
700	61,806	53,370	0,422	18,992	157,089	18,571
900	60,766	53,370	0,370	18,992	193,24	18,579
1400 (Hele søylen)	57,306	53,370	0,197	18,992	451,016	18,607
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	75,058	53,370	1,084	18,992	0	18,462
500	62,602	53,370	0,462	18,992	134,922	18,567
700	60,901	53,370	0,377	18,992	187,983	18,58
900	59,773	53,370	0,320	18,992	238,716	18,59
1400 (Hele søylen)	55,590	53,370	0,111	18,992	876,937	18,623

Vedleggstabell 12: 500 x 500 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 50 - 100 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.

200 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 500 x 500 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	χ [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	47,804	28,112	0,985	19,469	0	19,119
100	45,134	28,112	0,851	19,469	15,686	19,145
200	43,215	28,112	0,755	19,469	30,385	19,161
300	41,900	28,112	0,689	19,469	42,82	19,171
400	40,958	28,112	0,642	19,469	53,293	19,179
500	40,300	28,112	0,609	19,469	61,569	19,184
600	39,732	28,112	0,581	19,469	69,466	19,189
700	39,330	28,112	0,561	19,469	75,539	19,192
800	39,071	28,112	0,548	19,469	79,688	19,194
900	38,814	28,112	0,535	19,469	84,003	19,196
1000	38,597	28,112	0,524	19,469	87,811	19,198
1100	38,487	28,112	0,519	19,469	89,802	19,199
1200	38,356	28,112	0,512	19,469	92,23	19,200
1300 (Hele søylen)	37,781	28,112	0,483	19,469	103,661	19,205
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	χ [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	47,804	28,112	0,985	19,469	0	19,119
100	44,933	28,112	0,841	19,469	17,068	19,148
200	42,834	28,112	0,736	19,469	33,759	19,165
300	41,364	28,112	0,663	19,469	48,596	19,177
400	40,229	28,112	0,606	19,469	62,515	19,186
500	39,405	28,112	0,565	19,469	74,374	19,192
600	38,677	28,112	0,528	19,469	86,389	19,198
700	38,112	28,112	0,500	19,469	96,920	19,203
800	37,725	28,112	0,481	19,469	104,848	19,206
900	37,336	28,112	0,461	19,469	113,487	19,209
1000	36,966	28,112	0,443	19,469	122,408	19,212
1100	36,774	28,112	0,433	19,469	127,338	19,213
1200	36,509	28,112	0,420	19,469	134,512	19,215
1300 (Hele søylen)	35,017	28,112	0,345	19,469	185,185	19,227

Vedleggstabell 13: 500 x 500 mm søyle. 200 mm isolasjon under dekke. 150 - 200 mm isolasjon 0 - 1300 mm ned langs søylen.

200 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	47,804	28,112	0,985	19,469	0	19,119
100	44,752	28,112	0,832	19,469	18,341	19,145
200	42,555	28,112	0,722	19,469	36,343	19,164
300	41,005	28,112	0,645	19,469	52,734	19,177
400	39,795	28,112	0,584	19,469	68,553	19,187
500	38,9	28,112	0,539	19,469	82,536	19,194
600	38,094	28,112	0,499	19,469	97,275	19,201
700	37,454	28,112	0,467	19,469	110,79	19,206
800	37,008	28,112	0,445	19,469	121,358	19,21
900	36,55	28,112	0,422	19,469	133,373	19,214
1000	36,099	28,112	0,399	19,469	146,551	19,217
1100	35,859	28,112	0,387	19,469	154,189	19,22
1200	35,514	28,112	0,370	19,469	166,036	19,222
1300 (Hele søylen)	33,303	28,112	0,260	19,469	279,349	19,241
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	47,804	28,112	0,985	19,469	0	19,119
100	44,561	28,112	0,822	19,469	19,715	19,147
200	42,280	28,112	0,708	19,469	38,989	19,167
300	40,671	28,112	0,628	19,469	56,796	19,180
400	39,416	28,112	0,565	19,469	74,204	19,191
500	38,480	28,112	0,518	19,469	89,931	19,199
600	37,629	28,112	0,476	19,469	106,914	19,206
700	36,946	28,112	0,442	19,469	122,911	19,211
800	36,461	28,112	0,417	19,469	135,861	19,216
900	35,959	28,112	0,392	19,469	150,949	19,220
1000	35,458	28,112	0,367	19,469	168,064	19,224
1100	35,186	28,112	0,354	19,469	178,372	19,226
1200	34,789	28,112	0,334	19,469	194,923	19,230
1300 (Hele søylen)	32,030	28,112	0,196	19,469	402,603	19,253

Vedleggstabell 14: 500 x 500 mm søyle. 300 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1200 mm ned langs søylen.

300 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 500 x 500 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	36,432	19,081	0,868	19,640	0	19,367
500	30,538	19,081	0,573	19,640	51,445	19,420
700	29,768	19,081	0,534	19,640	62,356	19,427
900	29,238	19,081	0,508	19,640	70,828	19,431
1200 (Hele søylen)	28,318	19,081	0,462	19,640	87,842	19,439
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	36,432	19,081	0,868	19,640	0	19,367
500	29,829	19,081	0,537	19,640	61,435	19,427
700	28,791	19,081	0,486	19,640	78,692	19,435
900	27,981	19,081	0,445	19,640	94,955	19,442
1200 (Hele søylen)	25,887	19,081	0,340	19,640	154,937	19,459
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	36,432	19,081	0,868	19,640	0	19,367
500	29,456	19,081	0,519	19,640	67,239	19,427
700	28,293	19,081	0,461	19,640	88,352	19,437
900	27,341	19,081	0,413	19,640	110,061	19,446
1200 (Hele søylen)	24,394	19,081	0,266	19,640	226,576	19,471
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	36,432	19,081	0,868	19,640	0	19,367
500	29,168	19,081	0,504	19,640	72,013	19,431
700	27,93	19,081	0,442	19,640	96,079	19,441
900	26,889	19,081	0,390	19,640	122,221	19,450
1200 (Hele søylen)	23,316	19,081	0,212	19,640	309,705	19,481

Vedleggstabell 15: 500 x 500 mm søyle. 400 mm isolasjon under dekke. 50 - 200 mm isolasjon 0 - 1100 mm ned langs søylen.

400 mm isolasjonstykkelse underkant dekke						
Søyledimensjon 500 x 500 mm						
50 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	29,886	14,442	0,772	19,727	0	19,500
500	25,184	14,442	0,537	19,727	43,772	19,544
700	24,542	14,442	0,505	19,727	52,911	19,549
900	24,133	14,442	0,485	19,727	59,364	19,553
1100 (Hele søylen)	23,221	14,442	0,439	19,727	75,920	19,560
100 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	29,886	14,442	0,772	19,727	0	19,500
500	24,586	14,442	0,507	19,727	52,248	19,549
700	23,708	14,442	0,463	19,727	66,674	19,557
900	23,069	14,442	0,431	19,727	79,019	19,562
1100 (Hele søylen)	21,046	14,442	0,330	19,727	133,858	19,579
150 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	29,886	14,442	0,772	19,727	0	19,500
500	24,280	14,442	0,492	19,727	56,983	19,549
700	23,287	14,442	0,442	19,727	74,607	19,558
900	22,530	14,442	0,404	19,727	90,950	19,565
1100 (Hele søylen)	19,703	14,442	0,263	19,727	193,556	19,589
200 mm isolasjonstykkelse langs søyle						Temperaturer med søyle
Isolasjonslengde langs søyle [mm]	Q[W]	Q0[W]	X [W/K]	T0 [°C]	Prosentvis endring [%]	T _{min} [°C]
0	29,886	14,442	0,772	19,727	0	19,500
500	24,054	14,442	0,481	19,727	60,674	19,552
700	22,994	14,442	0,428	19,727	80,589	19,561
900	22,164	14,442	0,386	19,727	100,000	19,568
1100 (Hele søylen)	18,746	14,442	0,215	19,727	258,829	19,598

Intervju med entreprenør

Hva fikk deg til å gå over til et entreprenørfirma/ utbygger-siden?

Det har ingen ting med at jeg ikke likte å jobbe på et arkitektkontor å gjøre. Jeg synes det var spennende også, men det går mer på det at jeg ville ”zoome” litt ut. Å jobbe i en prosjekteringsgruppe som arkitekt gjør at man ikke har mulighet til å jobbe med så mye annet enn seg selv og sitt. Man blir tvunget til å ha skylapper, selv om man gjerne ikke ønsker det. Det gjorde at jeg ønsket å blande meg inn i litt flere fag og jobbe mer tverrfaglig. Så da merket jeg at jeg ville jobbe mer med prosjektstyring. En koordinerende rolle, enn å sitte med meg og mitt. Jeg var ikke så komfortabel i den rollen.

Nå har jeg lest at på deres hjemmeside står det mye om at dere bygger gode hus som er 25% bedre enn TEK10 krav. Hvilket fokus har dere på kuldebroer inn i det her?

Vi jobber med å standardisere prosjekteringen også. Vi bruker på en måte sånn s practice, sånn at man kan ikke uten videre i et prosjekt bestemme seg for en detalj som ikke følger en prosjekteringsanvisning. Så det er ivaretatt i en prosjekteringsanvisning. Detaljene skal være bestemt og vedtatt at de er gode nok. Det er ikke mye rom for å avvike fra akkurat de tingene der. Da må man dokumentere det på andre måter at detaljen er god nok.

Har dere egne bygningsfysikere i firmaet?

Jeg er usikker på om vi har egne bygningsfysikere, men vi har en dedikert person som jobber med energiberegninger. Han jobber da med SIMIEN. Bygger opp SIMIEN- modeller og beregner kuldebroverdier og sånne ting. Men vi bruker også eksterne. Så det som vi har internt blir på en måte også litt i prosessen for å sjekke at ting er godt nok underveis.

Har dere egne arkitekter som tegner og designer byggene deres?

Vi har en prosjekteringsavdeling, men det består mest av prosjekteringsledere. Også er det i tillegg noen arkitekter, og det er noe vi har som egen produksjon, men det aller meste utvikler vi i samarbeid med eksterne arkitekter. Vi bruker f. Eks også interne arkitekter for granskning. Granske prosjektet internt. Før vi legger ut prosjektet for salg, før man ferdigstiller forprosjekt, i to forskjellige faser, så har vi en intern granskning hvor det da er interne arkitekter og interne fra produksjon som setter seg ned og bruker litt tid på å gå gjennom prosjektet. Personer som da ikke har vært med på prosjektet fra før. Også går de gjennom så møtes hele gruppa og da kommer de med forslag til forbedringer. Denne prosessen har jeg og vært med på.

Hvordan forholder dere dere til nye krav?

Akkurat nå er det slik at vi bygger lavenergibygger. Jeg er usikker på hva som skjer i neste omgang, men det er noe vi snakker om her og har interesse for å reise disse spørsmålene. Hva skjer når TEK15 kommer osv.? Vi vet jo ennå ikke hvordan den kommer til å se ut, så da må vi på en måte vurdere om vi skal være 25% bedre enn den også? Sånn som nå ligger vi litt i forkant og det er noe vi også ønsker.

Er det gode nok KS systemer i dag for å kunne kontrollere bygningsfysikken tilstrekkelig på byggeplassen?

Jeg føler egentlig at vi har gode nok rutiner. Gode nok systemer for dette. Men det er også opp til personen som skal følge opp. Det kan selvfølgelig skje menneskelige svikter, men systemene synes jeg er der. Men det holder ikke bare med et system, man er også avhengig av personene som følger opp også. Jeg tro ikke vi er så aller verst. Vi gjør lufttettingsprøver og det som kreves, så vi har på en måte lagt en strategi for å kontrollere bygningsfysikken.

Har dere lagt noen strategi for dette?

Har dere fokus på enkle løsninger?

Vi jobber jo med Lean Construction, så vi ønsker hele tiden å jobbe med forbedringsforslagene hele veien. Det er dit man vil. JM er jo også et veldig stort svensk firma så vi blir veldig mye styrt ifra Sverige også hvor de er enda bedre enn oss på dette. For de har jobbet mye lenger med dette enn oss. Nå har ikke jeg et kjempegrunnlag for å svare på dette spørsmålet.

Kan du fortelle litt om deres fokus på kvalitet?

Vi prøver å ha lik byggemetode fra prosjekt til prosjekt. Sånn at det er de samme systemene. Ting går veldig systematisk. Så vil det innimellom være at man søker om avvik for å gjøre noe som er litt annerledes og da blir det litt mer komplisert igjen kanskje.

Når du jobbet som arkitekt, var det da alltid like klart hvem som skulle gjøre hva rettet mot bygningsfysikken? Da tenker jeg på grensesnittproblematikken som har pågått.

Jeg synes ikke det var så veldig lett egentlig. Men det der krever også et godt lederskap. At den som er prosjekteringsleder klarer å sette ut rollene på en god måte. Og det er egentlig der det ligger. For man har en mengde folk som har vært sitt fagområde så er det lett for at et kan bli mye rot. Så grunnen til at jeg synes det var vanskelig var rett og slett det, at det ikke var gode nok prosjekteringsledere.

Jeg synes også at på energiområde er det veldig vaklende. Hvem som egentlig gjør hva. Hver rådgiver har hver sin energirådgiver og da blir det fort surr når det ikke finnes noen til å dele ut oppgavene.

Jobber du fortsatt litt som arkitekt? Hvilket fokus har du som arkitekt på kuldebroer når du tegner og designet bygg?

Jeg har jo bakgrunn fra energibruk – linja, så jeg har jo egentlig veldig stor interesse for det her. Men jeg vil ikke si at, det kan ha noe med byggene som jeg jobbet med ikke har vært så skinnsykt krevende heller. Det er bare å passe på at man har nok påføring. Jeg har ikke gått sånn fryktelig ned i detalj i prosjektene og det er j fordi man ikke har anledning til det. Det er ikke det man har timer til. Men jeg har interesse for dette.

I hvilken grad legges det vekt på bygningsfysiker i prosjektene deres?

Vi går etter prinsippet om s practice. Vi lager detaljer for typisk vanskelige møter, også bruker vi de om igjen. Så vi slipper på en måte å finne opp kruttet hver gang. Og kommer det noe som ikke er godt nok må man foreslå en bedre løsning. Dette må da gå gjennom ”mølla”, så kanskje det blir endret.

Er dette noe dere anser som en viktig del av prosessen?

Har dere egne bygningsfysikere i firmaet?

Jeg tror det er litt sånn både og. Det kan være fint å ha de med på laget. Samtidig hvis man jobber med bygningsfysikk, så tro jeg at man er en bedre bygningsfysiker hvis man jobber i et fagmiljø sammen med andre bygningsfysikere. Og da er det kanskje bedre å leie inn tjenesten fra en konsulent, kanskje i en rammeavtale, for da får man løsninger fra et miljø fremfor å jobbe her, som kanskje den eneste bygningsfysikeren som skal prøve å lære opp alle.

Ser du noen grep som kan gjøres for å unngå feil bygningsfysisk prosjektering i dag?

Det måtte være å ha med bygningsfysiker i granskningen. Man kan også ta med det som et ledd. Nå går det mer på planløsninger, utnyttelse også litt på konstruksjon, men ikke så mye på bygningsfysikk. Så hvis man ser på bygningsfysikken her. Men dette kommer også litt ned på detaljnivå igjen. Så da blir det et spørsmål, hva kommer først? Fordi ofte så har vi ikke detaljer klare for gransk, for da er det på en måte for seint å endre på dette. Men jeg tror det kan være gunstig å få inn en bygningsfysiker i prosjekteringsgruppa. Nå har vi ofte ikke det for det er gjerne en arkitekt og en RIB konstruksjon.

Det største spørsmålet for oss er jo, nå som vi har lavenergibygger som er 25% bedre enn TEK10, hva er liksom vårt neste hopp. Det er jeg litt nysgjerrig på selv. Da må du snakke med noen som er litt høyere opp enn meg.

Excel-filer



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no