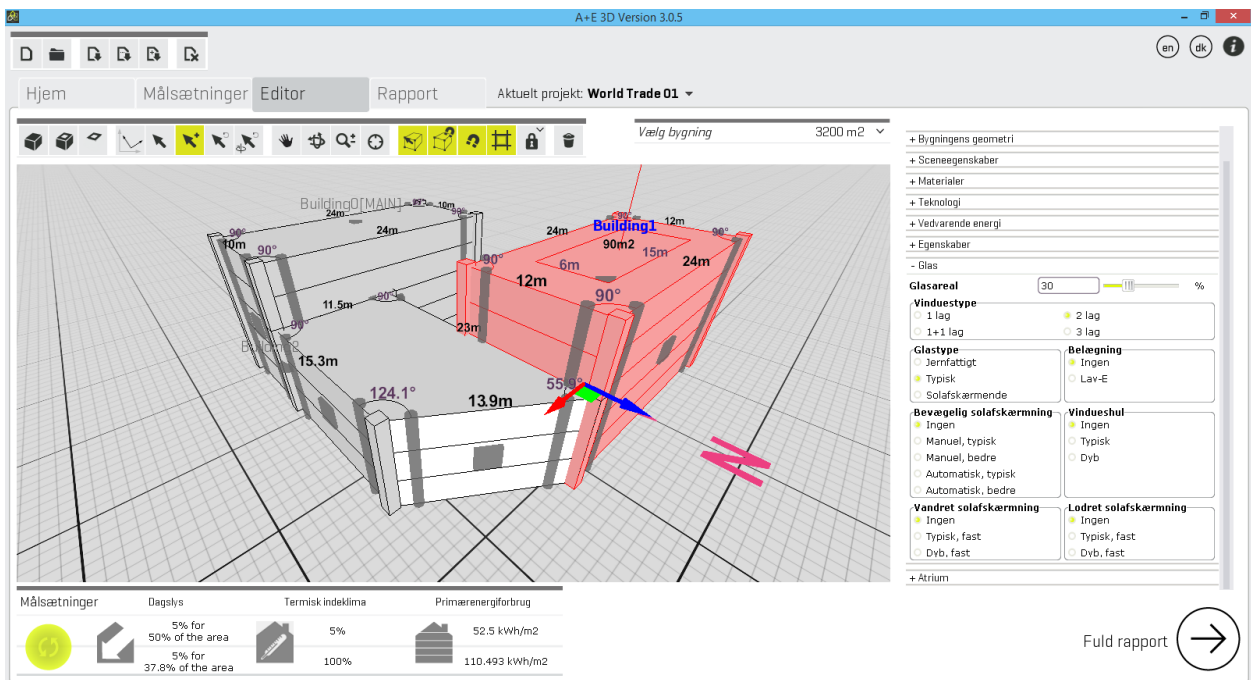


Dato 2018-05-04  
Sagsnr. 14002  
Ref. HS/-  
Arkiv 02/02

## ELFORSK Projekt 346-026 – A+E:3D - Slutrapport

A+E:3D Digitalt værktøj for arkitektonisk energioptimering og – renovering i de tidlige designfaser. Metodeudvikling / Kommunikation, coaching, undervisning og udbredelse.



### Projektdeltagere

henrik-innovation ApS  
Statens Byggeforskningsinstitut/Aalborg Universitet  
Interactive Lab Produktion  
Henning Larsen Architects  
VGLCPH, Vibeke Grupe Larsen  
Akademisk Arkitektforening

## Indledning

Projektet markerer 3. fase af et længere forløb omkring udviklingen af det digitale analyseværktøj A+E:3D, udviklet med støtte fra ELFORSK i to tidligere projekter.

Kort beskrevet bestod de tidligere aktiviteter af følgende A+E:3D version 1.0 udkom i efteråret 2011. A+E:3D version 1.0 kan håndtere enkle bygningsgeometrier dvs. firkantede bygningsformer, og er et beregningsprogram, hvor arkitekter og andre rådgivere via et overskueligt og let tilgængeligt interface kan beregne energiforbrug, dagslysforskel og indeklimaforhold på sådanne 3D skitsemønstre af bygninger. A+E:3D 1.0 indeholder et simpelt feedback system, som løbende vil foreslå brugeren energioptimerende tiltag i parameterindstillingerne. Systemet er bygget på en simpel matrix, som indeholder et begrænset antal anbefalinger og har en lineær struktur.

A+E:3D version 2.0 blev frigivet primo 2013. Det nyskabende i A+E:3D version 2.0 var at brugeren skulle kunne teste mere komplekse volumenmodeller op imod BE10, på et meget tidligt tidspunkt i skitseringsfasen, og at brugerinterfacet skulle blive mere intuitivt og visuelt. Samtidig var det meningen, at beregningsparametrene skulle forenkles, så der kunne angives et fast sæt værdier, til at vælge imellem (f.eks. dagslysoptimerede / typiske / solafskærmede vinduer).

A+E:3D version 2.0 skulle indeholde alle tilgængelige beregningsparametre fra Be10 + zoner + atrier (som i dag er meget komplicerede at beregne i BE10), og A+E:3D version 2.0 ville gøre det muligt for brugerne at arbejde med rektangulære og kvadratiske bygninger med atrier, som kan konfigureres i adskillige kombinationer. Det var planen at A+E:3D version 2.1 udgives primo 2014. 2.1 samler op på konstaterede fejl i beregningsmetoder fra version 2.0 og tilføjer ydermere den funktionalitet, at strategiske modeller for energirenovering af eksisterende bygninger kan testes i A+E:3D version 2.1.

I fase 3 af projektet, som det aktuelle projekt omfatter, var fokus at implementere mulighederne for at kunne lave renoveringsanalyser, samt bidrage til udbredelsen af værktøjet gennem information og undervisning.

## Projektforløb

Projektteamet fokuserede i første del af projektperioden på at få indført den funktionalitet, som er nødvendig for effektivt at kunne håndtere renoverings-scenarier i AplusE. Det har især handlet om at justere beregningernes parametre, så det blev muligt at lave referencesituationer med U-værdier, infiltration etc. som svarer til "før-situationen", f.eks. U-værdier som er dårligere end det aktuelle bygningsreglement, men som kunne forekomme i bygninger som står over for renovering.

Sammen med indførelsen af en udvidelse af disse parameter-intervaller blev det muligt at gennemføre en gennemgribende opstramning af grafik, beregningsflow, udvidelse af grafiske muligheder ved opbygning af modeller mv. Dette var vigtigt for at kunne lave en smidig inddatering af renoveringscases, hvor mange elementer typisk skal kombineres til en model for før-situationen.

Ved en workshop med helt nye og let øvede brugere var det muligt at lave en god test af funktionalitet og brugernes intuitive brug af inddateringsmulighederne. Resultatet heraf var overvejende positivt, og alle brugere kom meget hurtigt i gang med at lave konkrete modeller og beregninger.

Imidlertid blev der også identificeret en række model-situationer, som gav en række ikke systematiske fejl og i en række situationer var der også beregningsresultater, som var behæftet med fejl. På baggrund heraf blev der i løbet af sommeren gennemført systematiske simuleringer af en række reference-modeller udvidede testkørsler og benchmarking mod BE10 og BSim, hvorved en række fejl og uhensigtsmæssigheder blev identificeret, og der har efterfølgende været arbejdet intensivt med retning af fejl og justering af grafik m.v. I forløbet lykkedes det at finde en række modelkombinationer, som førte til identifikation af nogle af fejlene, men samtidig kunne det også konstateres at der var store uløste problemer i

beregningerne, hvor geometriske former sammensættes. Det førte til beregning med afrundede meget små eller store tal og det var ikke muligt at inddæmme det i modellen, så beregningerne blev stabile. Selv i meget enkle modeller kunne der være situationer, hvor den bagvedliggende geometriske algoritme til opdeling af bygningen i 5 zoner gav anledning til fejl – nogle så store at der åbenlyst var en fejl, men værre mindre fejl, som fik resultatet til at virke plausibelt, men som ved kontrol viste sig at være forkert.

Det blev ydet en stor indsats hos alle involverede, men trods tidsfristforlængelse og lange forløb med fejlrettelser kunne det konstateres ved sommeren 2017 at modellen stadig ikke havde nået et niveau, som var tilstrækkeligt præcist og kunne anvendes til praktisk brug blandt arkitekter og ingeniører.

Det har ikke været mulig for projektgruppen inden for tid- og budgetrammen at få værktøjet til at regne tilstrækkeligt præcist, og det vurderes, at det vil kræve en uforholdsmæssig stor ekstra indsats at fejlrrette værktøjet og gøre det egnet til lancering. På flere områder er tiden løbet fra værktøjet under dette forløb. Bygningsdesign-teams anvender i stigende grad andre forskellige værktøjer, som betjener sig af parametriske modeller og/eller er overbygninger af BIM-værktøjer, hvor det geometriske grundlag bearbejdes i modeller, som kan tages med videre i det videre design. I A+E:3D blev det meget tidligt i forløbet fravalgt at lave en sådan programmeringsmæssig indsats. Forestiller mig sig at A+E:3D skulle startes op som et nyt projekt i 2018, ville der være helt andre muligheder for at kunne lave interfaces med de beregningsmodeller og BIM-værktøjer der findes på markedet nu, så A+E:3D blev en udvidelse af disse værktøjer.

Det blev på denne baggrund besluttet at lukke A+E:3D projektet ned.

Der i A+E:3D projektet opbygget megen viden omkring opstilling, optimering og pædagogisk forklaring af parametre og metodik i BE15-beregninger, og denne viden vil være interessant for målgruppen at få adgang til også selv om selve A+E:3D modellen ikke bliver tilgængelig.

I valg af parametre i A+E:3D-modellen er der gjort meget ud af at forklare og hjælpe brugeren til at vælge korrekte værdier på beregningsparametre og til at illustrere hvad pt. bedste værdier kunne være for de forskellige parametre. Det gælder f.eks. U-værdi og optiske parametre for vinduer, varmesolering, effektivitet af ventilationsanlæg mv.

Samme parametre anvendes som nævnt også i BeREAL-modellen og viden og information i A+E:3D modellen vil således kunne overføres og suppleres i BeREAL. Ud over selve afgrænsningen og hjælp til parametervalg, er der meget viden vedr. den samlede optimering af energi- og indeklima-designs fra A+E:3D-modellen, som vil være relevant at overføre til BeREAL-hjælpetekster.

Ved at koordinere videnformidlingen fra A+E:3D med BeREAL-projektet, sikres at mest mulig viden fra A+E:3D-projektet kommer ud til brugerne, selv om selve simuleringssmodellen fra A+E:3D ikke udbredes. Parallelt hermed undersøges om en meget forenklet udgave af A+E:3D-modellen kunne være interessant at udvikle og distribuere i et efterfølgende projekt. Dette uddybes senere i denne rapport.

## 2. Vurdering af mulighed for lancering af en forenklet A+E:3D-model

For at undersøge om der kunne være mulighed for at lave en forenklet A+E:3D model på baggrund af det nuværende stade af modellen, er der opstillet en liste over de forenklinger, som ville være nødvendige, for at kunne minimere risikoen for fejleregninger:

- reduktion af værktøjet til ikke at inkludere sammensatte geometrier. Derved ville beregninger på f.eks. U- eller L-formede bygninger skulle laves af to omgange. Værktøjet skulle således regne på en shoe-box model, dog med opdeling i zoner for hver orientering.
- evt. atrier i bygningen skulle begrænses til en fast geometri med central placering
- eksterne skyggegivere vil ikke kunne indregnes

- brugerfladen skulle forenkles så menupunkter, mouse-overs osv. afspejler den forenklede model.

Ved gennemgang af modellen giver ovenstående forenklinger nogle muligheder for at øge beregningsnøjagtigheden – og modellen ville stort set svare til version 1 af modellen, hvor det kun var muligt at lave en meget enkel geometri. Imidlertid har koden ændret sig meget siden version 1 og selv om mulighederne for sammensatte geometrier blokeres i brugerinterfacet, vil algoritmerne stadig indeholde datastrukturer og formler, som giver de samme risici for fejl, som ved den avancerede model.

Det vurderes derfor at det vil kræve et stort programmerings-arbejde at ændre dette – og måske i praksis næsten lige så meget som at starte koden forfra, og så bør overvejelserne om integration af A+E:3D-ideerne i andre værktøjer tages op til fornyet overvejelse.

Ud over ovenstående tekniske aspekter er der også det anvendelsesmæssige aspekt og den nytte, som brugerne har givet udtryk for at værktøjet kunne have. Et væsentligt synspunkt hos brugerne igennem alle faser af modeludviklingen af A+E:3D har været, at værktøjet kun vil have sin berettigelse, hvis det er muligt at lave geometriske modeller, som afspejler det byggeri man arbejder med og detaljerer allerede i de tidlige faser. Dette har især været synspunktet hos arkitekterne blandt brugerne, hvor ingeniørerne til en vis grad godt kunne abstrahere fra dette og lave repræsentative udsnit af bygningen som en forenklet model kunne bruges på. Disse to modsatrettede kræfter er desværre også det, som gør det meget vanskeligt at finde den balance, som ville gøre værktøjet attraktivt for en målgruppe for både arkitekter og ingeniører.

Arkitekterne kan ikke forventes at stille sig tilfreds med det meget forenklede værktøj, idet det ikke ville have de geometriske variationsmuligheder og tilhørende analyse af konsekvensen – f.eks. ændring af atrium-placering, skyggeeffekter fra sammensatte byggerier osv. Ingeniørerne vil til gengæld sammenligne en meget forenklet udgave af A+E:3D med en direkte brug af BE15 (BE18) – som vil skulle afleveres som en del af myndighedsbehandlingen under alle omstændigheder for byggesagen. I den sammenhæng vil det desuden være mere attraktivt for ingeniørerne at lave en traditionel BE18 beregning, men kombinere det med anvendelsen af BeReal-værktøjet, som samtidig ville give et langt bedre billede af det faktisk forventede energiforbrug i bygningen, som er relevant i diskussionen med bygherren fra de tidligste faser.

Konklusionen på undersøgelsen af mulighederne for at justere A+E:3D til en meget forenklet model er derfor, at det ikke kan anbefales på det grundlag, der foreligger.

### **3. Sammenfatning af resultater for brug i BeReal (og andre energioptimeringer af byggeri)**

En af de store udfordringer i BeReal-modellens muligheder for at lave en følsomhedsanalyse og optimering af det byggeri som analyseres er, at det kræver en del erfaring med denne type beregninger for systematisk at kunne justere de forskellige parametre, som samlet fører frem til et reduceret energiforbrug.

Eksempel: I BeREAL identificeres de 10 mest følsomme parametre for en given bygnings el- og varmemeforbrug. Ved at integrere viden fra A+E 3D projektet i forhold til dette top 10 resultat, kan man i høj grad hjælpe BeREAL-brugerne med konkret viden om, hvordan man håndterer et sådant resultat og ikke mindst metodikken i at kunne optimere et givet byggeri, som simuleres i BeReal.

I udviklingen af A+E:3D har teamet lagt mange kræfter i analysen af de trin som designteamet gennemgår i arbejdet med energi- og indeklima i de tidligste designfaser, hvilket har dannet grundlag for de første udgaver af A+E:3D og i fokus i det aktuelle projekt på mulighederne for at kunne beregne renoveringsscenarier.

Kort fortalt er tankegangen i A+E:3D, at man definerer sine målsætninger på hhv. energi, dagslys og komfort og derefter gennem editoren opbygger sin model, sætter alle nøgleparametre for de bygningsfysiske forhold, som påvirker de tre parametre og med det samme kan aflæse ændringerne det giver når man ændrer parametre, f.eks. isoleringsniveau,

mængden og arten af glas i facaden osv. Den samlede rapport kan man derefter få i modellens sidste menupunkt.

Beregningsflowet i BeReal tager et tættere afsæt i beregningsflowet i BE15. Resultatet som beregningerne leder hen imod er fokuseret på beregning af energiramme og evt. yderligere overholdelse af lavenergi-kriterierne i bygningsreglementet, mens dagslys og indeklima kun indirekte fremgår.

### 3.1 Daglysudnyttelse

I A+E:3D følges principperne fra integreret energidesign, hvor dagslystilgængeligheden prioriteres som det første, idet hele bygningens grundlæggende formgivning vil være afgørende for tilgængeligheden af dagslys i byggeriet. Vindueshuller, skygger og rumgeometri er afgørende og ofte opstår der et dilemma mellem de termiske krav til vinduet (U-værdi og samlet varmetab.) og det lysindfald man ønsker. Her er det vigtigt at man for det aktuelle byggeri definerer minimum daglysmængden, som kræves i forhold til bygningsreglementet og finder de tilsvarende termiske krav. Derefter undersøges følsomheden ved forøget daglysudnyttelse under løbende justering af de termiske egenskaber for vinduet – op til et niveau, hvor de termiske krav til varmeisolering bliver for store i forhold til det aktuelle byggeri.

Tilsvarende undersøges mulighederne for gennem solafskærmnings tiltag at tillade større vinduesarealer op til et niveau, hvor kravene til overholdelse af temperaturkrav udløser aktiv køling i større omfang.

Oftentimes vil disse analyser vise et større spænd af variationsmuligheder i byggeriet end strategier, som udelukkende fokuserer på minimering af vinduesareal og lige netop overholdelse af bygningsreglementets krav.

### 3.2 Ventilation og evt. køling

Næste trin i analysen vedrører tilvejebringelse af ventilation, som i de fleste byggerier tjener to formål. Sikre en god og behagelig luftkvalitet, hvor CO<sub>2</sub>-niveau holdes passende lavt, samt sikring af det termiske indeklima, så overskudsvarme fjernes (og om muligt varmegenvindes). I A+E:3D metodikken fokuseres på videst mulige udnyttelse af bygningens passive egenskaber (reduktion af intern varmelast, udnytte termisk masse, der kan bidrage til at udjævne temperatursvingninger, sikre størst mulige rumvolumen, så vækst i CO<sub>2</sub>-indhold sker relativt langsomt mv.).

I BeReal-modellen kan en række af disse egenskaber relativt nemt testes, og i modsætning til dagslysforholdene, hvor geometrien er den altovervejende drivende parameter, er der langt flere muligheder for at kombinere forskellige tekniske løsninger til at skabe et godt indeklima med et lavt energiforbrug. I den enkelte bygning er det kombinationen af parametre, som er afgørende og det er derfor meget vigtigt at brugeren gør sig klart om de parametre, som indtastes er reelle forudsætninger eller "bedste bud". Håndteringen af max/min-værdier i BeReal er her en stor fordel idet det er nemt at teste hvor de største følsomheder i den aktuelle model findes.

I arbejdet med optimering bør størst mulig udnyttelse af de passive egenskaber prioriteres. Er det muligt at udnytte termisk masse f.eks. gennem lofts løsninger som bidrager til at eksponere et evt. betondæk, udluftningsstrategi i områder der ikke er plaget af ekstern støj eller er følsom for træk, kan der skabes luftforbindelser til atrier eller andre zoner som kan bidrage til at skabe et naturligt drivtryk for naturlig ventilation? Er det muligt gennem åbninger i klimaskærmen at skabe en passiv natventilation om sommeren til bortventilering af overskudsvarme? etc.

Når alle mulighederne for at udnytte de passive egenskaber er maksimeret suppleres med de mekaniske tiltag, som også kan optimeres omkring anlægstørrelse, driftsstrategi med fokus på energiforbrug osv. Endelig kan der kombineres med mekanisk køling i særligt udsatte områder, hvor det enten ikke er muligt eller giver for store luftskifter hvis overskudsvarme skal bortventileres.

Rækkefølgen i ovenstående systematik er generelt anvendelig, men arbejdet med et konkret projekt, er det ofte nødvendigt at gennemgå sekvensen flere gange. F.eks. kan omfanget af

ventilations- og køletiltag vise sig for store, så det er nødvendigt at vende tilbage til optimering og placering af vinduer. I flere bygninger er der således prioriteret store glasarealer, med det resultat at solafskærmning i lange perioder er nødt til at være rullet for, så brugerne reelt ikke får oplevelsen af bedre dagslysforhold og arbejder under mere kunstlys end et facadedesign med mindre glas ville have givet.

Her er tankegangen fra A+E:3D nyttig at vende tilbage til, idet netop den parallelle opstilling af målsætninger for daglys, indeklima og energi ved projektets/beregningernes start er vigtig for at fastholde både arkitekt- og ingeniør på helhedstænkningen i arbejdet med bygningen.

I bilag 1 er erfaringerne og anbefalinger fra A+E:3D omsat til hjælpepetekster, som direkte kan anvendes i BeReal-vejledningstekst og dokumentation. I forbindelse med det videre arbejde med BeReal, vil flere aspekter af optimeringsmetodikken beskrevet i ovenstående blive overført.

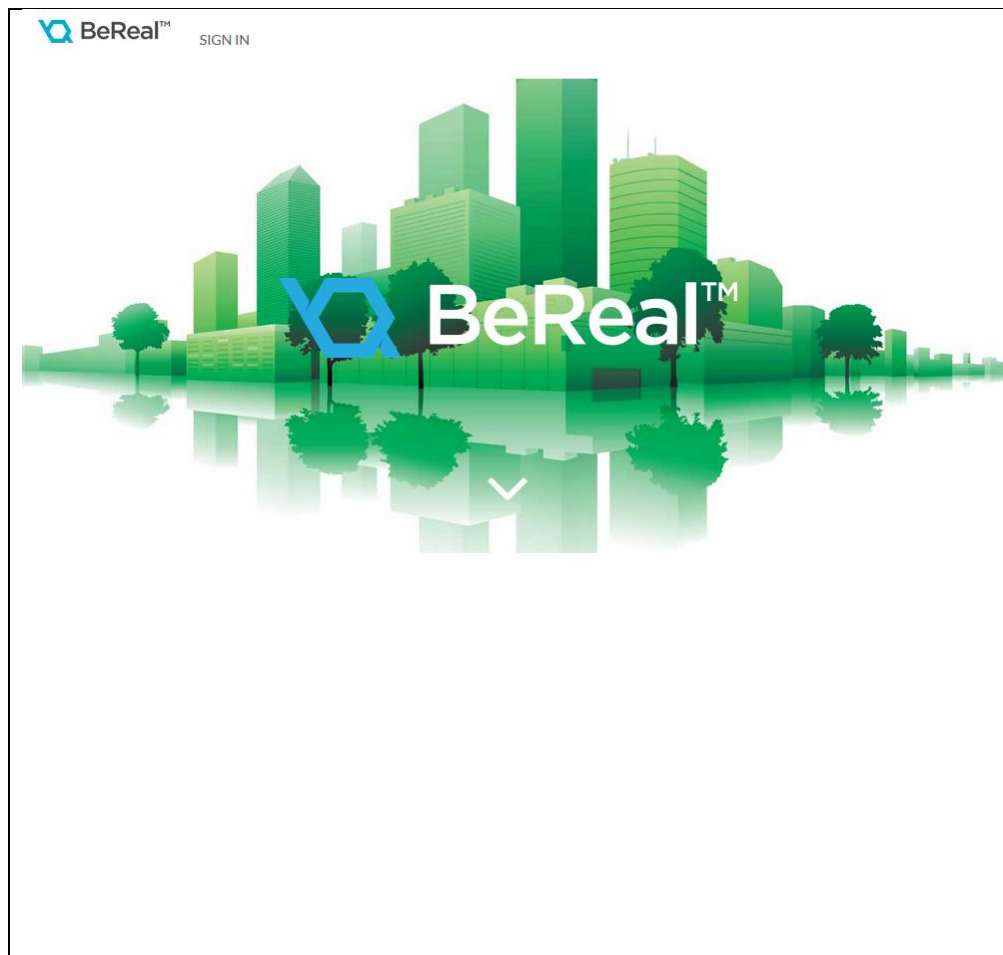
Bilag: 1: Sammenfatning af A+E:3D erfaringerne til hjælpepetekst for BeReal

Henrik Sørensen  
direktør, eMBA, civilingeniør

henik-innovation ApS, CVR 25044045  
Hasselvej 9, DK-4000 Roskilde  
T: 2554 4014  
E: [hs@henrik-innovation.dk](mailto:hs@henrik-innovation.dk)  
W: [www.henrik-innovation.dk](http://www.henrik-innovation.dk)

## Bilag 1: BeReal – hjælpetekst

2017-10-14/HS



### Velkommen til BeReal.

Beregningerne i BeReal hjælper dig til at omsætte en standard BE15-beregningen til et realistisk bud på det reelle energiforbrug for din bygning. Du kan bruge BeReal på to måder. Enten som værktøj til at forudsige en bygnings energiforbrug og eller til validering af en bygnings energiforbrug baseret på faktisk registrerede energiforbrug.

Forskellen mellem en BE15- og BeReal-beregningen består primært af måden man angiver parametre og forudsætninger på. I BE15 angives et absolut tal mens BeReal anvender et absolut tal, som afspejler den reelle brug af bygningen og en minimum- og maksimumværdi, som den pågældende parameter forventes at ligge inden for, og ikke de standard-værdier, som BE15-beregningen kræver. Mens en BE15-beregning giver et absolut tal for det "standard"-energiforbruget, giver en BeReal beregning et interval inden for hvilket bygningens reelle energiforbrug forventes at ligge med 95% sandsynlighed.

For at hjælpe brugeren til angivelse af mere realistiske data i BeReal-beregningen er der opstillet en række templates med Forslag til BeReal-parametre for børnehaver og kontorer og flere templates forventes udviklet i fremtiden. Disse templates er baseret på en række konkrete målinger af realiseret energiforbrug, setpunkter mv.. De foreslåede setpunkter i disse templates og intervallerne for parametrene giver et godt udgangspunkt for arbejdet med disse bygningstyper og de parametre, som brugeren skal have særlig fokus på ved beregninger med BeReal.

BeReal kan anvendes til to typer af beregninger:

Analyse-beregninger, som tager afsæt i realiseret byggeri, hvor energiforbruget er kendt og beregningen ønskes gennemført for at undersøge om resultatet ser sandsynligt ud for et bestemt vejrdatasæt.

Forecast-beregninger, som tager afsæt i en BE15-beregning og giver et realistisk bud på det forventede energiforbrug jf. ovenstående.

The screenshot shows the BeReal web application interface. At the top, there is a navigation bar with the BeReal logo, 'Projekter', 'Log ud', and a dropdown menu showing 'Eksempel'. Below the navigation bar are three tabs: 'Generel', 'Input', and 'Forecast'. The main content area is divided into two columns. The left column, titled 'Projekt detaljer', contains a form with the following fields: 'Navn' (Eksempel), 'Adresse' (Flaesketorvet 26), 'Postnummer' (1711), 'By' (København V), 'Type' (Forecast), and 'BeREAL parametre' (Kontor). The right column, titled 'Projekt filer', shows a 'Be15 XML' file. Below the file name, it says 'Nuværende Eksempel\_v6b\_Administration.bexml - 16.10.2017 01:47 fil'. There is a 'Vælg ny fil' button with a 'VÆLG' sub-button. A red warning message states 'Du skal trykke på Gem efter at du har valgt de nye filer'. At the bottom right, there are two buttons: 'SLET PROJEKT' and 'GEM'.

### Brugen af BeReal

Udgangspunktet for alle BeReal beregninger er en Be15-beregning.

Når et nyt projektoprettes registreres først stamdata for projektet (navn, adresse osv.). I menuen angives om der ønskes udført en "Analyse" eller en "Forecast"-beregning. Ønskes en Analyse, uploades en BE15 XML-fil og der vælges et vejrdata-år eller uploades en fil i samme format f.eks. fra konkret måling ved bygningen.

Ønskes en "Forecast"-beregning uploades kun en BE15 XML-fil, og modellen undersøges for en lang række vejrdatasæt, så følsomheden for vejrdata synliggøres.

Hvis man ikke uploader en XML-fil anvendes en dummy-fil, som derefter tilrettes for at give en referenceberegning i BeReal.



The screenshot shows the BeReal software interface. At the top, there is a navigation bar with the BeReal logo, 'Projekter', 'Log ud', and a dropdown menu set to 'Eksempel'. Below this is a tabbed interface with 'Generel', 'Input', and 'Forecast' tabs. The 'Input' tab is active, showing a table of parameters. To the right of the table are two buttons: 'GEM' and 'GÅ TIL FORECAST'. The table has columns for 'Be15', 'BeREAL', 'Lav', and 'Høj', and rows for various parameters like 'Opvarmet etageareal, m2', 'Opvarmning setpunkt, C', etc.

	Be15	BeREAL	Lav	Høj
1.1 Opvarmet etageareal, m2	651,2000	646,2000	631,2000	671,2000
1.2 Opvarmning setpunkt, C	20,0000	21,0000	20,0000	23,0000
1.3 Ønsket temperatur, C	23,0000	23,0000	23,0000	23,0000
1.4 Nat. temp. setpunkt, C	24,0000	24,0000	24,0000	24,0000
1.5 Køling setpunkt, C	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
1.6 Varmekapacitet, Wh/K m2	120,0000	52,8000	39,6000	66,0000

I input-delen er der mulighed for at kontrollere og evt. korrigere data fra den indlæste BE15 XML-fil. Dernæst angives tilsvarende værdi for BeReal, som skal være den mest sandsynlige virkelige værdi for bygningen i normal drift. F.eks. setpunktstemperaturen for opvarmning, som standard i BE15-beregningen angives til 20 grader, mens den i praksis, især i boliger, ofte er ca. 22 grader. For det aktuelle projekt kan man derefter angive hvor meget usikkerhed i BeReal-beregningen der ligger på denne parameter og en min./max.-værdi på f.eks. 20/23 kan angives. Usikkerheden, der tillægges de enkelte parametre, bør i videst mulige omfang tage afsæt i den konkrete bygning, bygherre, brugere etc. Omvendt bør der ved bygninger, hvor den fremtidige lejer måske ikke kendes angives en vis usikkerhed på alle parametre, som har med brugeradfærd at gøre (benyttelsestid, intern varmelast osv.), så denne usikkerhed kommer med i BeReal resultatet.

Ud for alle parametre er der i en "kommentar"-ikon, hvor ændringer kan noteres og gemmes sammen med filen. Her kan grundværdi og variationerne f.eks. noteres, så variationer i parametre nemmere kan spores, når der laves parametervariationer.

Til hjælp for fastsættelse af realistiske værdier, kan inspiration bl.a. findes i Branchevejledningen for Energiberegninger og i Håndbog for Energikonsulenter, - hvor sidstnævnte dog også indeholder en lang række standard-værdier og forudsætninger for energimærkning, hvor disse er mere velegnede til at kontrollere data anvendt til BE15-beregningen.

Når inddata er angivet gås videre til Forecast og beregningen starter.

BeReal™
Projekter
Log ud
Eksempel

Energibehov til varme og el			
#	BE15	BEREAL	BEREAL STD. AFGVIGELSE
<b>VARMEBEHOV</b>			
Rumopvarmning	24,91	32,86	2,76
Varmt brugsvand	6,50	6,47	0,52
Vejrforhold, varme	-	-	5,05
<b>Samlet varmebehov</b>	<b>31,41</b>	<b>39,33</b>	<b>6,57</b>
<b>ELBEHOV</b>			
Ventilation (el)	4,31	4,22	0,12
Belysning (el)	7,73	7,79	0,56
Pumper, varme (el)	0,19	0,22	0,01
Pumpe, VBV (el)	0,04	0,03	0,00
Varmepumpe (el)	0,00	0,00	0,00
Kølebehov (el)	0,00	0,00	0,00
Andet el	0,00	0,00	0,01
Vejrforhold, el	-	-	1,44
<b>Samlet elbehov</b>	<b>12,27</b>	<b>12,26</b>	<b>2,73</b>

**Total primær energi jf. Be15 (ekskl. overtemperaturer)**

<b>BR15</b>
<b>Total primær energi:</b> 62,1 kWh/m2 pr. år
<b>Total primær energi (fjernvarme):</b> 55,8 kWh/m2 pr. år
<b>Bygningsklasse 2020</b>
<b>Total primær energi:</b> 53,5 kWh/m2 pr. år
<b>Total primær energi (fjernvarme):</b> 40,9 kWh/m2 pr. år

**Energibudget**

Sandsynlighed	84%	97%	99,50%
Varmebehov	45,90	52,46	59,03
Elbehov	14,99	17,71	20,44

Denne tabel indeholder den øvre grænse for det forventede faktiske energibehov ved forskellige konfidensintervaller. De beregnede energibehov til varme og el er angivet UDEN brug af primærenergifaktorer. Som sådan kan

### Hvordan bruges resultaterne

Når BeReal beregningen er gennemført vises de mest sandsynlige energiforbrug inden for hver parameter som også fremkommer af BE15-beregninger og samtidig vises den usikkerhed, som hver af parametrene er behæftet med som følge af angivelse af max-min-middel værdierne for hver af de indgående parametre. I resultatet vises også hvilke parametre, som er mest følsomme for det samlede energiforbrug som beregnes af modellen.

I første del af tabellen vises BE15-værdien og BeReal-værdien med angivelse af en standardafvigelse. Standardafvigelsen angiver hvor meget resultatet spreder sig fra middelværdien og den kan også aflæses på stolpediagrammet nedenfor, hvor størrelsen af intervallet angivet med den sorte markering med en max.- og en min.-værdi er lige med standardafvigelsen.

I tabellen til højre er angivet det sandsynlige energiforbrug i en række konfidensintervaller. Tallene er de reelle energiforbrug og ikke de vægtede som det ellers angives i BE15-beregninger, hvor el-forbrug vægtes med en faktor i forhold til varmeforbrug.

### Top 10 mest følsomme parametre - varmebehov

#	Parameter	Variance (Spredning2)
1	1.2 Opvarmning setpunkt, C - Eksempel: Administrationsbygning	57,56
2	10.1 Gennemsnit for bygningen, liter/år pr. M2-etageareal - Varmt brugsvand	31,05
3	6.4 Naturlig ventilation (vinter), l/s m2 - Kontorer	28,48
4	2.2 U-værdi, W/m2K - Tag 350 mm isol	27,21
5	4.2 U-værd, W/m2K - Vinduer mod nord	26,44
6	2.2 U-værdi, W/m2K - Terrændæk 370 mm isol	26,38
7	6.2 Mekanisk ventilation (vinter), l/s m2 - Kantine	26,31
8	4.2 U-værd, W/m2K - Vinduer mod syd	26,31
9	6.2 Mekanisk ventilation (vinter), l/s m2 - Toiletter	26,25
10	6.4 Naturlig ventilation (vinter), l/s m2 - Gang og reception	26,15

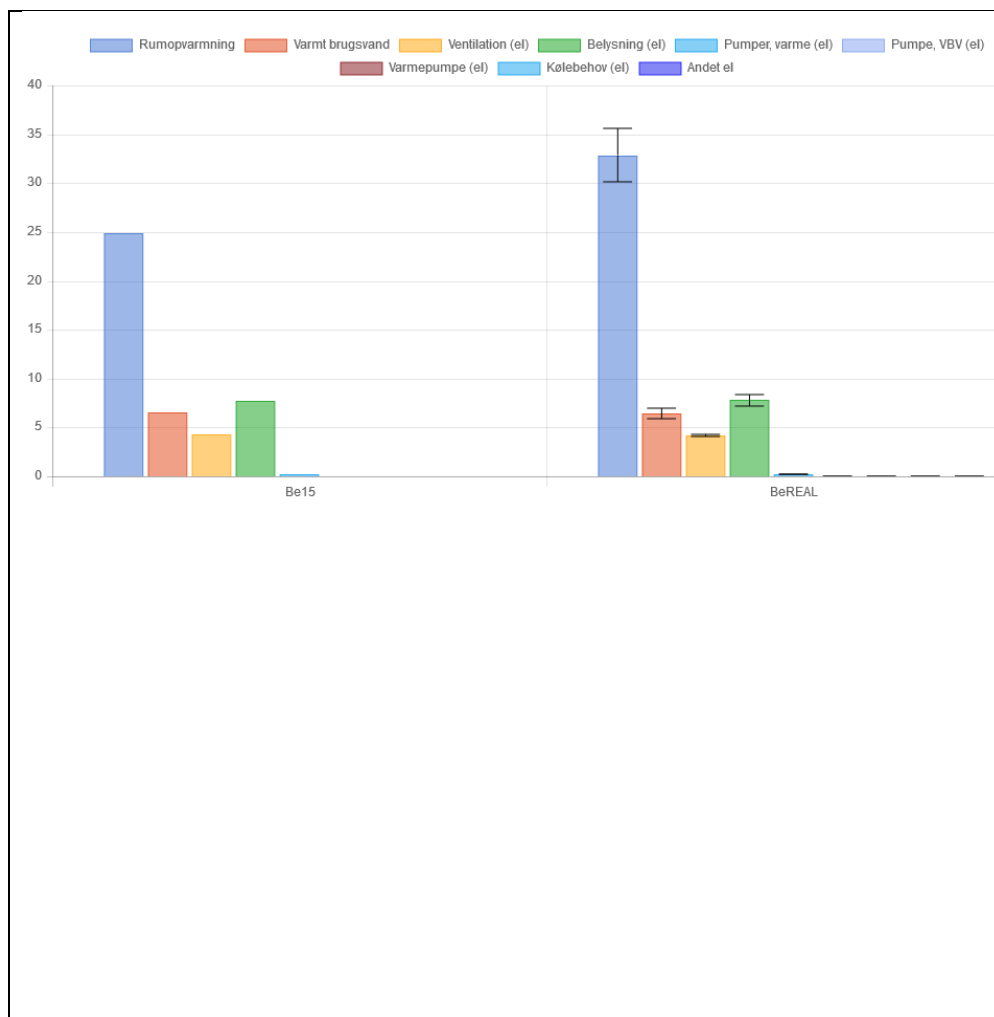
### Top 10 mest følsomme parametre - elbehov

#	Parameter	Variance (Spredning2)
1	1.7 Normal brugstid, timer/uge - Eksempel: Administrationsbygning	3,45
2	8.2 Almen inst., W/m2 - Kontorer mv. langs bagvæg	3,03
3	8.5 Benyttelsesfaktor (Fo), - - Kontorer mv. langs bagvæg	2,76
4	8.6 Arbejdsbelysning, W/m2 - Kontorer mv. langs facade (2,5 m ind)	2,39
5	8.6 Arbejdsbelysning, W/m2 - Kontorer mv. langs bagvæg	2,36
6	8.2 Almen inst., W/m2 - Gangareal	2,30
7	8.2 Almen inst., W/m2 - Kontorer mv. langs facade (2,5 m ind)	2,28
8	8.5 Benyttelsesfaktor (Fo), - - Gangareal	2,25
9	8.5 Benyttelsesfaktor (Fo), - - Kontorer mv. langs facade (2,5 m ind)	2,23
10	8.6 Arbejdsbelysning, W/m2 - Gangareal	2,21

### De mest følsomme parametre

I tabellen nedenfor vises for hhv. varme og el, hvilke parametre, som isoleret set bidrager til størst varians i resultatet for det samlede varme- og el-forbrug. Tallene i tabellerne her skal ses relativt i forhold til hinanden og kan ikke sammenlignes direkte med standard-afgivelsestallene for energiforbruget oven for.

Hvis man ønsker at ændre parametrene som bidrager mest til spredningen på energiforbruget, kan man klikke direkte på titlen på den pågældende parameter og man føres til input-arket. Når man har ændret værdien køres beregningen på ny for at få reviderede resultater.



Ønskes spredningen indsnævret er det således usikkerheden på disse parametre, som skal reduceres for at indsnævre intervallet for det forventede energiforbrug. Inden intervallerne generelt reduceres for disse parametre er det imidlertid vigtigt at se tilbage og undersøge grunden til at disse parametre i første omgang blev angivet med et vist spænd mellem max- og min-værdier. Det kan f.eks. være usikkerheden omkring den fremtidige anvendelse af bygningen eller hvilke interne varmelaster, der reelt findes i bygningen og variationen i brugsmønstre. Hvis der ikke er yderligere argumenter for at indsnævre intervallerne er det spændet i energiforbrug et vigtigt resultat til bygherren, idet denne usikkerhed dermed angiver det spænd, som må forventes i praksis. Kommer bygningen efterfølgende ud med energiforbrug, som ligger væsentligt uden for dette interval, er der grund til at undersøge, om der sker uhensigtsmæssige energiforbrug i bygningen (tab, forkerte setpunkter, driftstider etc.) eller om forudsætningerne har ændret sig f.eks. på den interne varmelast og lign.

Ud over usikkerheden på de enkelte parametre, som kilde til et vist spænd i det samlede resultat, bør følsomheden for klimadata granskes. I de nederste tabeller på resultat-siden er angivet år for år, hvordan modellens nøgletal ser ud, i forhold til vejrdata for det konkrete år. Hvis dette giver anledning til særligt store udsving i det samlede energiforbrug, kan det f.eks. være tegn på at bygningens klimaskærm er for dårlig, at varmegenvinding, udluftning eller infiltration er uhensigtsmæssige og bør forbedres. Omvendt vil lille følsomhed over for variationer i klimaet indikere en velisoleret klimaskærm og et gennemgående robust design af bygningen.

I optimeringen af bygningen kan det være fristende at minimere usikkerheden for det fremtidige energiforbrug mest muligt, men det bør ikke i sig selv være et mål. Lige så vigtigt er det at arbejde med modellen og forstå hvilke parametre, som for det aktuelle projekt er det mest følsomme og gennem designændringer eller forbedret kvalitet arbejde hen et samlet lavere energiforbrug. Alt andet lige bliver den samlede usikkerhed i absolutte tal derved mindre og dermed bliver usikkerheden på forbruget i absolutte tal også tilsvarende mindre.

