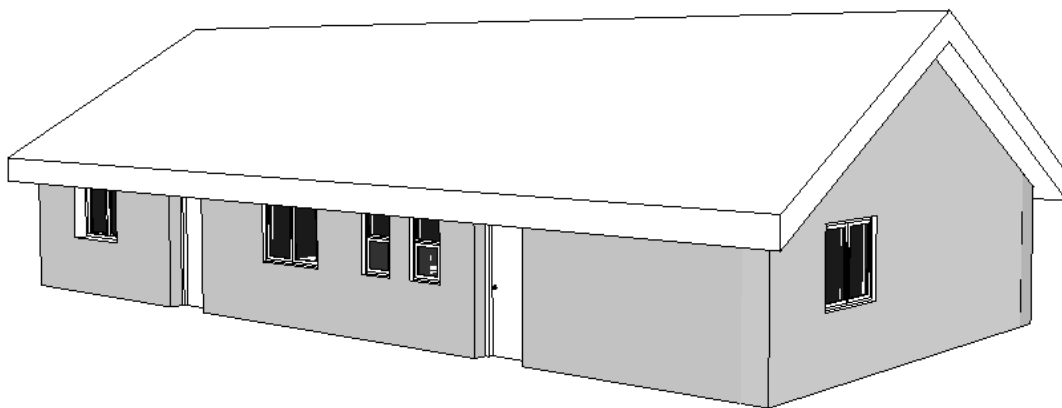


Det digitale byggeri

Del 2: praksis og udførelse



Undervisningsmateriale til Tekniske Designere

udarbejdet af

Selandia-CEU, Odense Tekniske Skole og Roskilde Tekniske Skole,

Juni 2007 - April 2008



Indholdsfortegnelse

Formål med dette mikroprojekt	3
CAD-Værktøjer	3
Krav til huset	4
Funktion	4
Opvarmning.....	5
Energiklasse.....	5
Ventilation	5
Krav til placering.....	5
Lokalplan	6
Definer grundlæggende konstruktionselementer	7
Materialevalg	7
Rørføringer	7
Fundament	8
Terrændæk	9
Ydervægge.....	11
Formuren.....	13
Bagmuren.....	13
Isolering.....	14
Tag	14
Vinduer	14
Døre	14
Skillevægge.....	15
Indretning	16
Visualiseringen	17



Formål med dette undervisningsmateriale

Materialet er lavet til undervisnings- og efteruddannelsesbrug for tekniske designere. Det er bygget op i to dele:

- Det digitale byggeri: teori og baggrund
- Det digitale byggeri: praksis og udførelse

I denne del gennemgås opbygningen af et énfamilieshus som et eksempel på hvordan en konstruktionsproces kan se ud, hvis det skal overholde kravene til det digitale byggeri (DDB). Der er imidlertid også medtaget emner der ikke er omfattet af DDB.

I den anden del forklares hensigten med, og baggrunden for det digitale byggeri lidt mere grundigt.

Det er meningen at materialet skal kunne bruges som en reference når eleverne selv skal til at konstruere jvf. reglerne for DDB.

Det er vigtigt at bemærke at énfamilieshuse normalt ikke konstrueres ud fra reglerne om DDB. Det er indtil videre kun i større offentlige byggerier at der stilles krav om at principperne fra DDB overholdes. Imidlertid kan materialet holdes nede på et overskueligt plan, hvis det "kun" er et énfamilieshus der gennemgås.

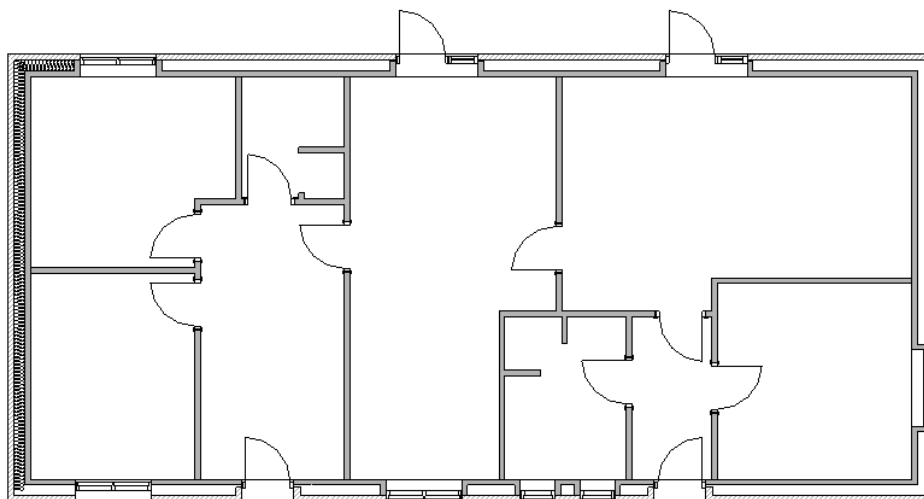
CAD-Værktøjer

I dette projekt har vi brugt Autodesk Revit MEP til at konstruere huset i. Revit serien er Autodesk's bud på programmer der kan håndtere kravene til DDB. Det samme kan Autodesk's AutoCAD MEP 2008, ligesom Tekla Structures også skulle kunne håndtere kravene fra DDB.

Til visualiseringen er brugt 3D studio MAX.

Krav til huset

Dette materiale tager som sagt udgangspunkt i projekteringen af et énfamilieshus jvf. reglerne til det digitale byggeri.



Figur 1: Oplæg til plantegning for huset

Funktion

Der skal være plads til 2 voksne og 2 børn. Der skal i huset være følgende rum: 1 voksensoveværelse, 2 børneværelser, 2 toiletter/bad, 1 køkken alrum, 1 stue, 1 bryggers, 1 entré

Billedet herunder viser et skærbillede fra Revit MEP. Programmet holder selv styr på antallet af rum og deres størrelse, samt deres placering på etage.

Rumskema			
Rumnummer	Anvendelse	Areal	Etage
1	Bryggers	12 m ²	(02) Stue, terræn
2	Køkken/Al	23 m ²	(02) Stue, terræn
3	Stue	23 m ²	(02) Stue, terræn
4	Soveværelse	12 m ²	(02) Stue, terræn
5	Entré	4 m ²	(02) Stue, terræn
6	Badeværelse	6 m ²	(02) Stue, terræn
7	Værelse	11 m ²	(02) Stue, terræn
8	Værelse	10 m ²	(02) Stue, terræn
9	Toilet	4 m ²	(02) Stue, terræn
		105 m ²	

Figur 2: Rumskema fra Revit



Opvarmning

Vi tager udgangspunkt i, at huset skal have gulvvarme i alle rum, og at energikilden er fjernvarme. Andre steder kunne der være tale om naturgas og oliefyr.

Energiklasse

Et byggeri kan klassificeres som almindeligt energirigtigt, eller lav-energi klasse 1 eller 2. Valget af energiklasse har indflydelse på alle udvendige elementer som murene, tag, døre og vinduer.

I dette tilfælde vælger vi huset skal være almindeligt energirigtigt.

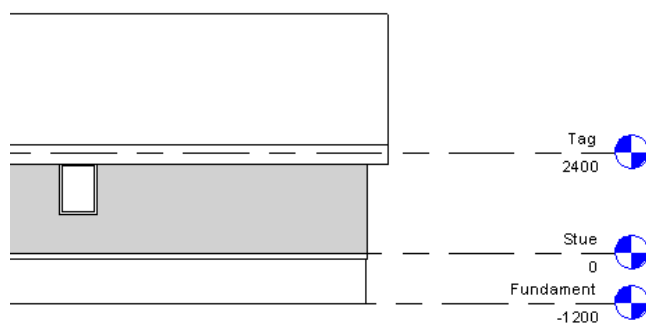
Ventilation

Ventilation bliver et større og større krav i byggeriet, fordi husene bliver stadig tættere. Det forøger risikoen for råd og svamp, fordi fugten ikke bliver ledt ud. Problemet kan løses med mekanisk og/eller naturlig ventilation. I dette projekt inddrager vi ikke ventilationen.

Krav til placering

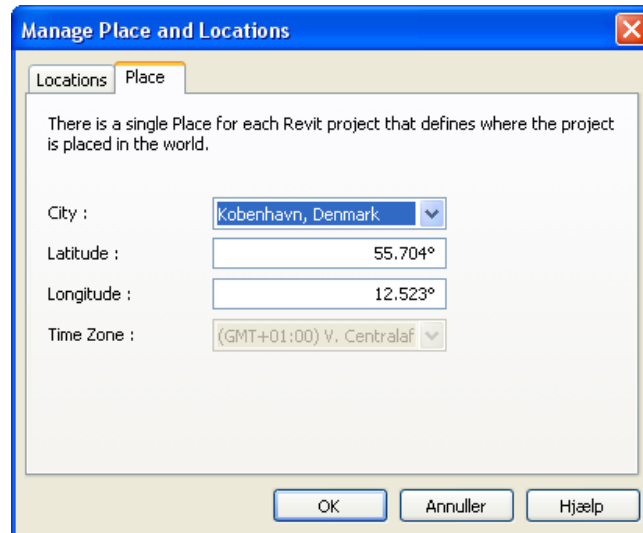
Hvor skal huset ligge på grunden? Der er mange hensyn der skal tages, når dette spørgsmål skal besvares. Bygherren skal selv tage stilling til praktiske hensyn som fx solindfald, læ for vinden, eksisterende beplantning på grunden. Derudover stilles der mange krav fra bl.a. SBI anvisningerne om bygningsreglementet. Det er krav som sikkerhedsafstande mht. brandspredning, vandafløb, naboers (og egne) muligheder for at kigge ind gennem vinduerne, osv. Mange af kravene relaterer sig til bygningens højde ift. afstanden fra skellet.

I det hele taget skal bygningen selvfølgelig placeres i den rigtige højde, eller som det hedder i bygningsterminologien, kote. Niveauer for fundament, etager og tag fastsættes. Dette parcelhus skal kun have én etage.



Figur 3: Definition af Levels (koter)

DDB stiller krav til at bygningens placering skal dokumenteres i CAD-systemet. Her er huset placeret i København.



Figur 4: Placeringen af huset er angivet til at være i København

Lokalplan

For næsten alle områder i Danmark findes der en lokalplan. Lokalplanen kan have indflydelse på udformningen og placeringen af huset. Der kan være fx begrænsninger ift. fleretages byggeri, der kan være specielle krav til energiklasse, der kan være krav til materialevalg, overfladebehandling og farve.

I dette projekt er der ingen specielle krav fra lokalplanen.



Definer grundlæggende konstruktionselementer

De moderne CAD-systemer arbejder med intelligente objekter. Der er derfor en masse valg der skal foretages når der skal defineres fundamenter, ydervægge, indervægge, gulv og tag. Hvilket materiale skal det laves af, i hvilke dimensioner, hvordan er isoleringsevne, brandforhold og pris? Hvordan skal det vedligeholdes? Generelt skal alle disse ting defineres før man begynder at tegne. Hvis man ombe-slutter sig undervejs kan informationerne selvfølgelig ændres igen.

Materialevalg

Indenfor rammerne af lokalplanen og SBI byggeanvisning, er det bygherren selv der vælger hvilke materialer han/hun vil anvende. Konstruktionen af selve huset er afhængig af materialevalget. Der er stor forskel på opbygningen af et træhus, henh. et murstenshus eller et hus opbygget i færdigfabrikerede elementer. Hvis der skal første-sal på huset, eller tagkonstruktionen skal være speciel, stiller dette også krav til materialevalget.

Dette hus skal som sagt være et et-plans parcelhus, med murede ydervægge og indervægge af beton. Taget skal være et teglstens saddeltag uden valm¹ med en 30 graders taghældning. I gavlene går yder- og indervæggene helt op til kip. Der skal være 400 mm. ud-hæng.

Rørføringer

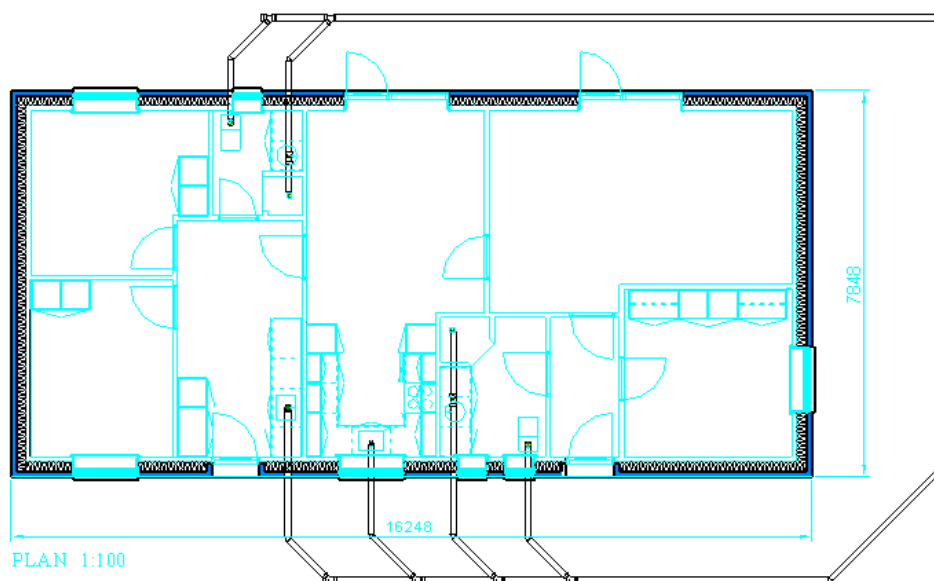
Der skal tages stilling til hvor og hvordan spildevandsledninger, el, brugsvand og fjernvarme/varmetilførsel skal føres ind i huset. Normalt føres disse ting ind på grunden, når dennes byggemodnes. Men rør og ledninger skal så føres under/gennem fundamentet og op gennem terrændækket så de kan tages i brug de rigtige steder.

¹ Tag med valm:

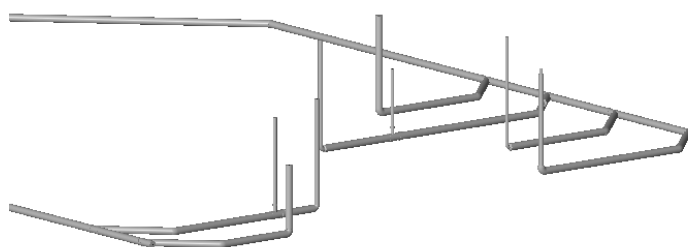


Tag uden valm:





Figur 5: Plantegning af spildevandssystem



Figur 6: 3D-tegning af spildevandssystem

Fundament

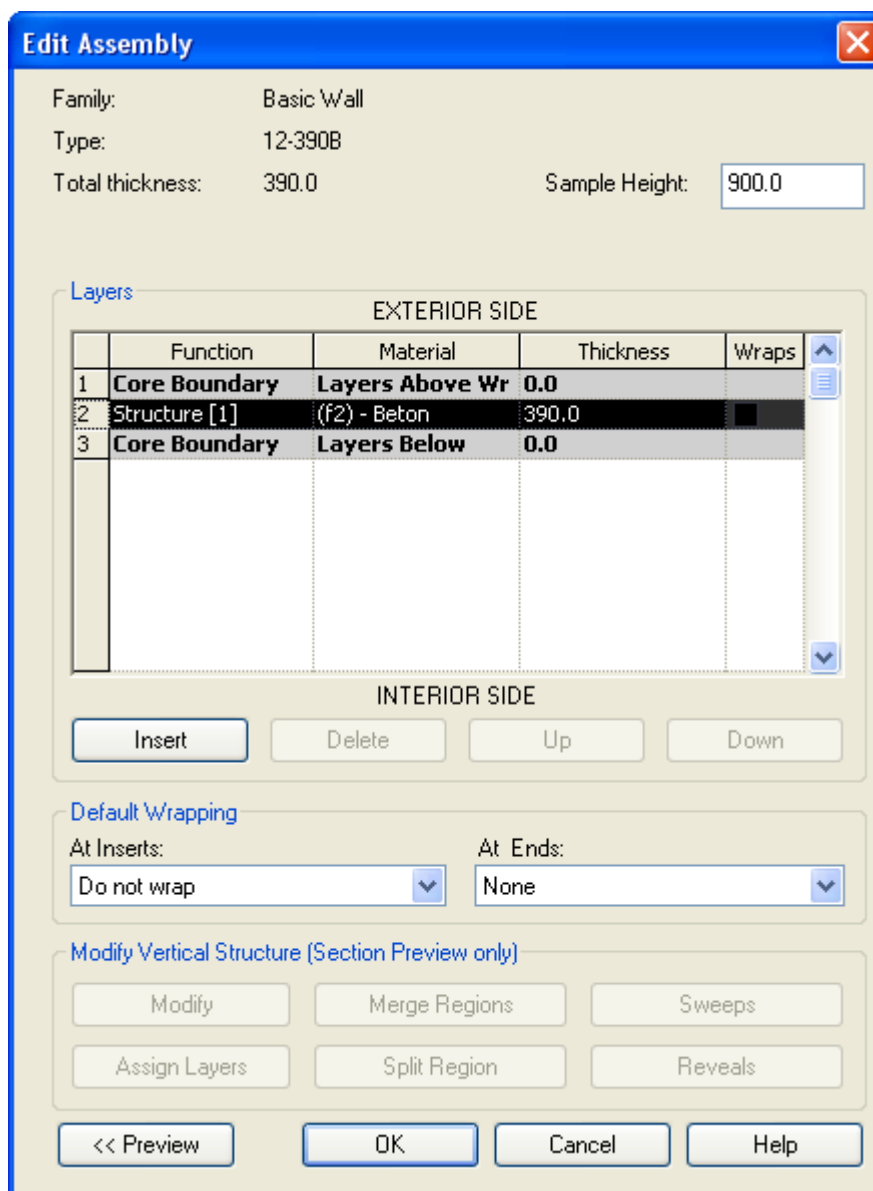
Fundamentets dybde er jo allerede fastlagt i "bygningens højder". Men tykkelsen skal defineres, og der kan være forskel på kravene til betonens styrke. Informationer om betonens type og styrke skal således vedhæftes det intelligente objekt "Fundament" i den pågældende tegning.

Fundamentets tykkelse defineres ligeledes i selve objektet, og ikke i tegningen.

Fundamentet sikrer at huset kan stå sikkert og stabilt gennem dets levetid. Der er derfor helt nødvendigt at fundamentet står på et stabilt grundlag. For at sikre dette laver man jordbundsundersøgelser der viser hvor stabil undergrunden er. Som oftest kan man nøjes med at grave ned til frostfrit dybde på 900 mm,

Materialet til fundamenter hedder beton 4 (til betondæk beton 16)

Der kan også være behov for fundamenter indenfor yderfundamentet. Her kan man nøjes med at grave 300 mm. ned.



Edit Assembly

Family: Basic Wall
 Type: 12-390B
 Total thickness: 390.0
 Sample Height: 900.0

Layers

	Function	Material	Thickness	Wraps
1	Core Boundary	Layers Above Wr	0.0	
2	Structure [1]	(f2) - Beton	390.0	
3	Core Boundary	Layers Below	0.0	

EXTERIOR SIDE

INTERIOR SIDE

Insert Delete Up Down

Default Wrapping

At Inserts: Do not wrap
 At Ends: None

Modify Vertical Structure (Section Preview only)

Modify Merge Regions Sweeps
 Assign Layers Split Region Reveals

<< Preview OK Cancel Help

Figur 7: Fundamentet defineret til en tykkelse på 390 og en dybde på 900 mm.

Terrændæk

For at sikre et fast underlag for gulvene i huset skal der støbes et terrændæk. Det består af flere lag. Nederst starter man med et kapilarbrydende lag, der forhindrer fugten i at stige op i huset. Dette lag kan bestå af forskellige materialer, som stampet grus, småsten o.l. l

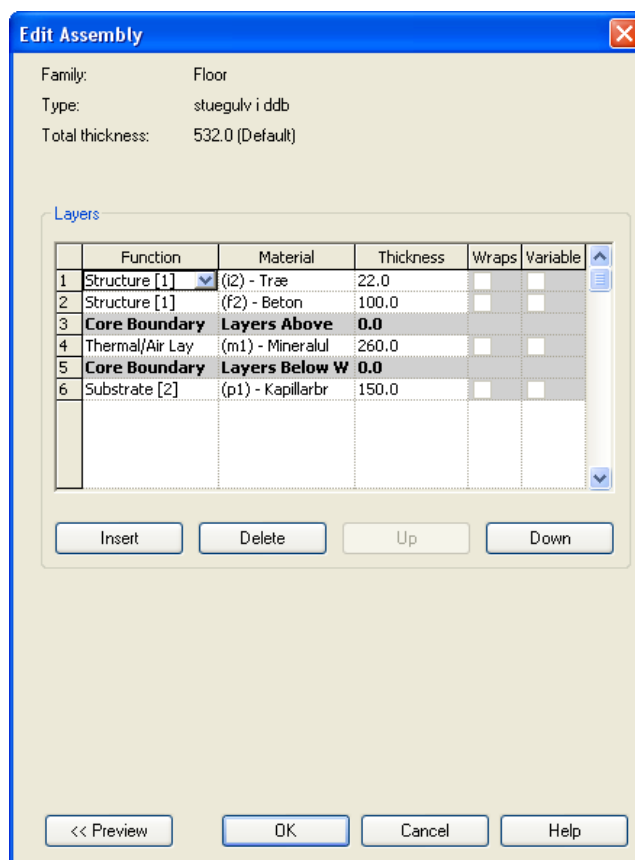
dette hus bruger vi legasten i en lagtykkelse på 150 mm. Legasten har den fordel at det samtidigt isolerer.

Som isolering anvender vi her 260 mm. støbeblats. Oven på dette bruges et 100 mm. betonlag med et rionet ilagt. Rionettet er et net af tynde stålstænger der forhindrer at betonen knækker og sprækker. Hvis man ønsker gulvvarme i huset eller i nogle af rummene sættes gulvvarmerørene fast til rionettet inden man støber. Ligeledes skal afløb, vandtilgang til brugsvand og radiatorer, samt el-ledninger placeres inden der støbes.

Radon er en naturligt forekommende radioaktiv luftart, som dannes af radium, der findes overalt i jorden. På grund af utætheder i fundament og gulvkonstruktion kan radon trænge ind i vore boliger. Der skal sikres mod at radon siver op igennem tilslutninger, fuger o.l.

Alt efter hvilken gulvbelægning man vil lægge skal der laves et afretningslag ovenpå betondækket. Dette gælder som regel hvis der er tale om vådrum, hvor der skal være gulvafløb. Der laves som regel også en afretningslag hvis der skal lægges fliser eller klinker.

Desuden skal der være en fugtspærre som gør at fugten ikke trækker fra terrændækket op i gulvkonstruktionen.

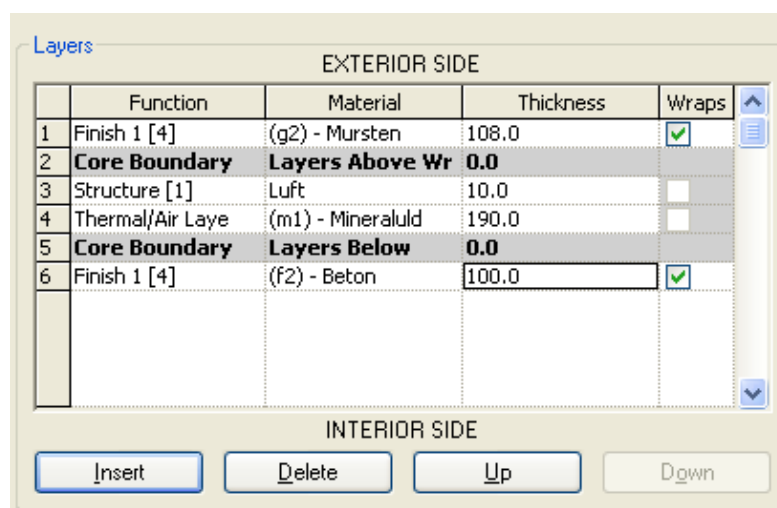


Figur 8: Terrændækket defineret med 150 mm kapilarbrydende, 260 mm mineraluld, 100 mm. beton og 22 mm. gulvbrædder

Ydervægge

En ydervæg består som bekendt af mange "lag". En typisk ydervæg til et parcelhus består således af et yderlag af fx mursten (formur), et luftlag, et isoleringslag, fx rockwool, og et inderlag (bagmur) fx af beton. Alle disse lag skal defineres i CAD-systemet, således at man hele tiden har en komplet fortegnelse over hvilke materialer der skal bruges i hvilket omfang. I fig. 2 og 3 ses et eksempel på hvordan en ydervæg kan defineres i et CAD-system. I fig. 2 defineres selve materialerne samt deres tykkelse. I fig. 3 kan der defineres yderligere data omkring muren. Udover de på figuren nævnte data, kan der vedhæftes andre, fx data omkring u-værdier².

Når man begynder tegnearbejdet, er det således kun væggenes længder og højder der skal defineres.



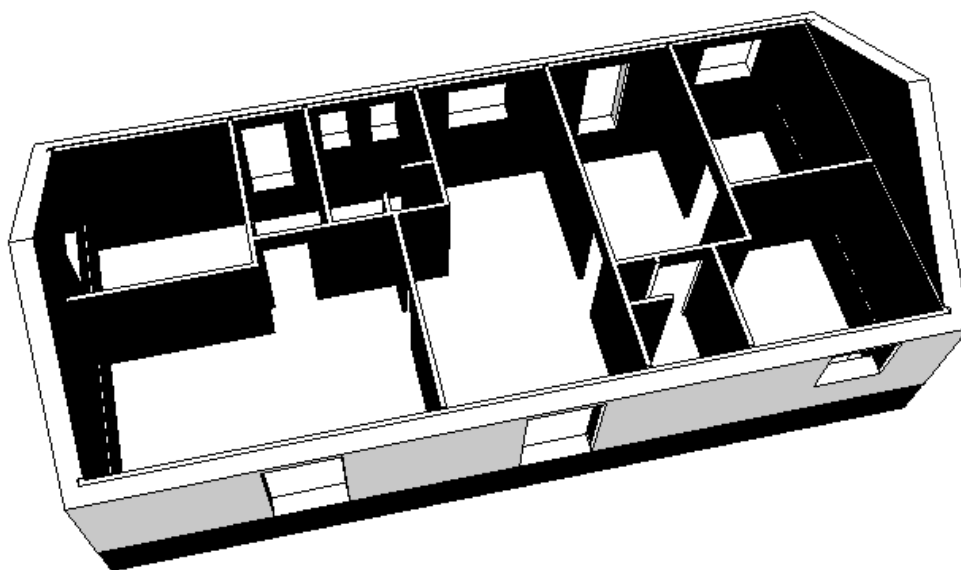
	Function	Material	Thickness	Wraps
1	Finish 1 [4]	(g2) - Mursten	108.0	☒
2	Core Boundary	Layers Above Wr	0.0	
3	Structure [1]	Luft	10.0	☐
4	Thermal/Air Laye	(m1) - Mineraluld	190.0	☐
5	Core Boundary	Layers Below	0.0	
6	Finish 1 [4]	(f2) - Beton	100.0	☒

INTERIOR SIDE

Insert Delete Up Down

Figur 9: Elementer i en ydervæg

² U-værdien angiver, hvor stor en varmemængde, målt i Wh, der i løbet af en time strømmer gennem 1 m² af konstruktionen, når temperaturforskellen mellem den indvendige og den udvendige side er 1°C.



Figur 10: Perspektiv på huset

Type Properties

Family: System Family: Basic Wall Load...

Type: 21-408MIB-108-190-100 Duplicate... Rename...

Type Parameters:

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Wrapping at Inserts	Interior Hvordan skal afslutninger mod
Wrapping at Ends	Exterior vinduer og døre laves?
Width	408.0
Wall Function	Exterior Hvilken funktion har muren?
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Identity Data	
Keynote	
Model	Diverse oplysninger om model, type, leverandør, osv.
Manufacturer	
Type Comments	
URL	Evt. hjemmeside
Description	Beskrivelse
Assembly Description	
Assembly Code	Samlingskode
Type Mark	Typemærke
Fire Rating	Brandmærkning
Cost	Pris

<< Preview OK Cancel Apply

Figur 11: Andre data omkring ydermuren

Formuren

Formuren kan være bygget af forskellige materialer, som fx træ, beton eller tegl. Som oftest er det bagmuren der er bærende (dvs. bærer taget), så formurens vigtigste funktion er at kunne modstå klimaet, samt have en pæn og vedligeholdelsesvenlig overflade.

Der skal være mulighed for ventilation, så fugten fra det isolerende lag ledes ud i den fri luft.

Bagmuren

Bagmuren kan være tunge (bestående af mursten, beton, tungere lecabeton (letklinkerbeton)), eller lette (bestående af gips eller træ). De kan være bærende eller ikke-bærende. Yderligere skal der tages stilling til om det skal være tungt eller let tag. Tunge tage fx kan være teglstenstag eller betontagsten, lette tage fx eternit- eller stålplader. Dette tag skal som tidligere beskrevet være teglsten.

Indervæggene i dette projekt skal være lavet af beton.

Vægskema							
Model	Structural Usage	Area	Length	Width	Volume	Cost	Pris
Fundament	Bearing	17 m ²	15838	390	6.65 m ³	280.00	4771
Fundament	Bearing	8 m ²	7438	390	3.05 m ³	280.00	2187
Fundament	Bearing	17 m ²	15838	390	6.49 m ³	280.00	4656
Fundament	Bearing	7 m ²	7438	390	2.89 m ³	280.00	2072
Skillevæg	Non-bearing	7 m ²	3130	100	0.71 m ³	200.00	1411
Skillevæg	Non-bearing	5 m ²	2388	100	0.55 m ³	200.00	1097
Skillevæg	Non-bearing	2 m ²	720	100	0.18 m ³	200.00	353
Skillevæg	Non-bearing	8 m ²	5060	100	0.81 m ³	200.00	1617
Skillevæg	Non-bearing	3 m ²	1900	100	0.26 m ³	200.00	512
Skillevæg	Non-bearing	15 m ²	7448	100	1.54 m ³	200.00	3084
Skillevæg	Non-bearing	8 m ²	4360	100	0.82 m ³	200.00	1644
Skillevæg	Non-bearing	7 m ²	3730	100	0.73 m ³	200.00	1458
Skillevæg	Non-bearing	7 m ²	3088	100	0.70 m ³	200.00	1391
Skillevæg	Non-bearing	9 m ²	3658	100	0.86 m ³	200.00	1719
Skillevæg	Non-bearing	7 m ²	3674	100	0.65 m ³	200.00	1308
Skillevæg	Non-bearing	5 m ²	3088	100	0.51 m ³	200.00	1021
Skillevæg	Non-bearing	1 m ²	510	100	0.11 m ³	200.00	225
Skillevæg	Non-bearing	2 m ²	675	100	0.15 m ³	200.00	306
Skillevæg	Non-bearing	2 m ²	850	100	0.20 m ³	200.00	392
Skillevæg	Non-bearing	0 m ²	150	100	0.02 m ³	200.00	49
Ydervæg	Bearing	31 m ²	15848	400	12.08 m ³	450.00	13982
Ydervæg	Bearing	24 m ²	7448	400	9.48 m ³	450.00	10727
Ydervæg	Bearing	29 m ²	15848	400	11.40 m ³	450.00	13201
Ydervæg	Bearing	24 m ²	7448	400	9.72 m ³	450.00	10997

Figur 12: Vægskema - Revit kan selv beregne prisen ud fra antallet af kvadratmeter (kvadratmeterpriserne er fiktive)



Isolering

Den oftest forekommende isolering er af mineraluld, som er let, modstandsdygtigt over for fugt, brandhæmmende, og selvfølgelig, isolerende. Isoleringen skal have en tykkelse på 190 mm for at huset kan defineres som værende almindeligt energirigtigt.

Tag

Tage kan udformes på vidt forskellige måder. I dette projekt har vi som tidligere nævnt valgt et teglstens saddeltag uden valm med en 30 graders taghældning. Teglstenstage er defineret som tunge tage, der stiller nogle krav til husets konstruktion (se afsnittet om bagmuren).

Taget er konstrueret med gitterspær. Det er isoleret med mineraluld 360 mm.

Udover selv tagkonstruktionen skal der tænkes på vandafledningen, såsom tagrender og nedløbsrør.

Vinduer

I dette projekt er brugt to forskellige typer vinduer. I den beskrivende mængdefortegnelse herunder kan ses hvilke. Listen er linket til selve tegningen, så hvis vinduesstørrelser eller antal bliver ændret i den, bliver de også ændret i mængdefortegnelsen

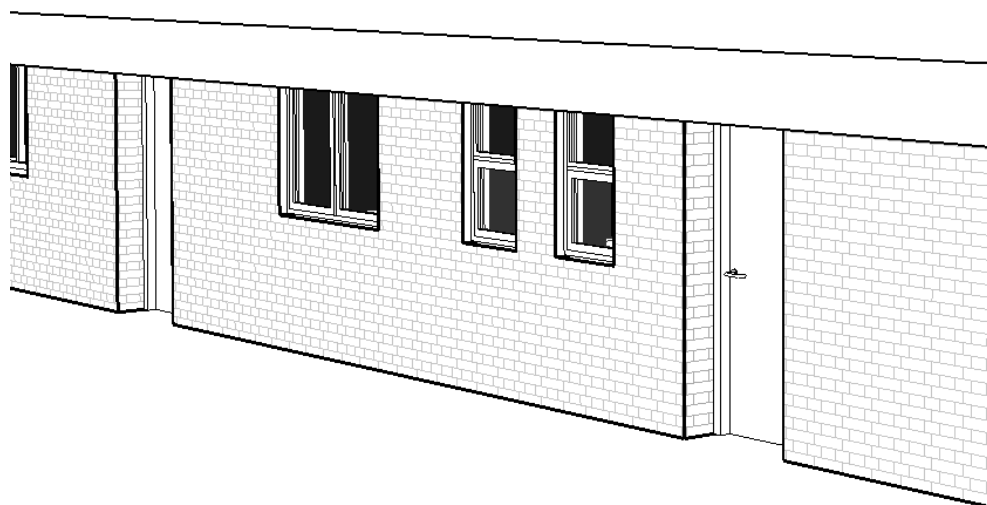
Vinduesskema					
Vinduesnummer	Højde	Bredde	Brystningshøjde	Vinduestype betegnelse	Revit Family
84	1128	1308	994	1308 x 1128 mm	DAN_Sidehængt vindue 2-fløjet (V)
84	1128	1308	994	1308 x 1128 mm	DAN_Sidehængt vindue 2-fløjet (V)
84	1128	1308	994	1308 x 1128 mm	DAN_Sidehængt vindue 2-fløjet (V)
84	1128	1308	994	1308 x 1128 mm	DAN_Sidehængt vindue 2-fløjet (V)
85	1128	588	994	588 x 1128 mm	DAN_Topstyret med fast felt
85	1128	588	994	588 x 1128 mm	DAN_Topstyret med fast felt

Figur 13: Vinduesskemaer med mål og typebetegnelser for de forskellige vinduer

Ift. DDB skal der være DBK koder (se teoridelen) på alle elementer i BIM'en (Bygningsinformationsmodellen). Det er meningen at Revit på sigt selv skal generere disse DBK koder når man sætter objekter ind i bygningen, men så vidt er det i skrivende stund ikke

Døre

Selvom der er krav om at bygningen skal konstrueres i 3D ift. DDB, er det ikke hensigtsmæssigt at enhver detalje modelleres i 3D. Fx vil man normalt ikke begynde at tegne dørhængsler og dele til låsen i 3D. I så fald ville tegningsfilerne komme til at fylde alt for meget.



Figur 14: Perspektivview med døre og vinduer

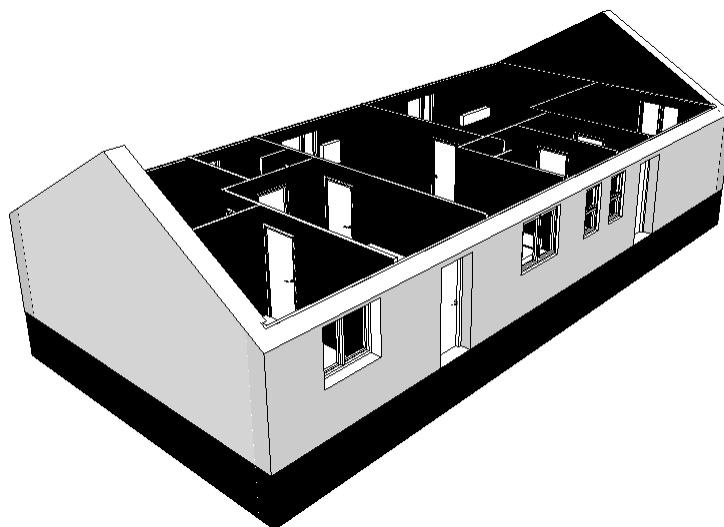
Som det ses på figur 13 er der dørhåndtag med på tegningen. Dette er med til at give et visuelt indtryk af bygningen

Skillevægge

Skillevæggene er indvendige vægge i huset. De kan bygges af forskellige materialer som fx mursten, beton, tungere lecabeton (letklinkerbeton) eller lettere materialer som gips eller træ. De kan være bærende eller ikke-bærende.

Som oftest stiles der krav til at væggene er forholdsvis lydisolerende og brandhæmmende. Der er ofte skjulte installationer i væggene, som el, og i nogen omfang brugsvand og varme.

I dette hus er skillevæggene bygget af 100 mm beton.



Figur 15: Huset med skillevægge

Indretning

Det er vigtigt at der fra starten af projekteringen er taget stilling til hvilken funktion de forskellige rum har. I særdeleshed skal placeringen af køkken, toiletter, bryggers, og andre rum med vandinstallationer, være kendt. Dette er de dyreste rum i huset, og de lader sig ikke så let flytte.

Digitaliseringen gør det lidt nemmere at tegne indretningen fordi producenterne af fx køkkenmøbler ligger deres køkkenelementer ud i 3D, så man kan sætte direkte ind i sin tegning. Udviklingen går samtidig i retning af at objekterne bliver "intelligente", dvs. man kan ændre deres dimensioner, der ligger info om i hvilke sammenhænge og i hvilket niveau de skal indsættes, osv.



Figur 16: Et perspektivview over bad, køkken og bryggers

Visualiseringen

Det er et vigtigt element i DDB at man kan visualisere byggeriet. Visualiseringen betyder at man ud fra 3D modellerne kan lave realistiske billeder, som byggeriets interessenter langt bedre kan forholde sig til end plantegninger og opstalter. Bl.a. kan bygninger indplaceres i det miljø som de skal bygges i i virkeligheden.

Herunder ses en række billeder der er lavet ud fra 3d modellerne til huset i dette projekt. Billederne er produceret i 3D studio MAX med udgangspunkt i 3D modellerne fra Revit.

