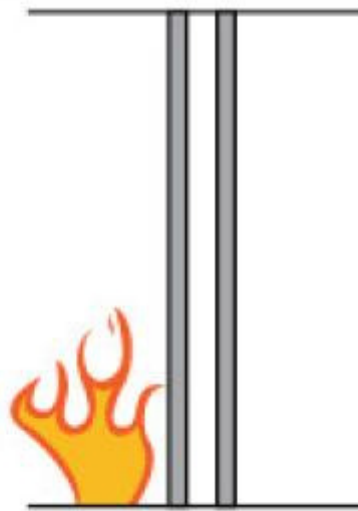




Brandklassad vägg med trästomme

Brandkrav och utförande

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

TOBIAS PERSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2014
Examensarbete 2014:65

Brandklassad vägg med trästomme

Brandkrav och utförande

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

TOBIAS PERSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2014

Brandklassad vägg med trästomme
Brandkrav och utförande
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

TOBIAS PERSSON

© TOBIAS PERSSON, 2014

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2014:65

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Illustration av vägg med avskiljande förmåga (Knauf Danogips, 2014).

Chalmers reproservice/ Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2014

Brandklassad vägg med trästomme

Brandkrav och utförande

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

TOBIAS PERSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

För olika typer av byggnader ställer samhället olika krav på brandsäkerhet genom Plan- och bygglagen, PBL. Kraven har sedan omsatts i föreskrifter, råd och rekommendationer, vilka ges ut av Boverket genom Boverkets byggregler, BBR, samt Boverkets föreskrifter om Eurokoder, EKS. Beroende på byggnadens utformning och användningsområde ställs krav på byggnadsdelens integritet (E), isolering (I), bärrighet (R) och ibland även motståndskraft mot mekanisk påverkan (M). Till detta kommer en tidsangivelse som talar om under hur lång tid den avskiljande och/eller bärande förmågan skall upprätthållas vid ett nominellt brandförlopp.

För en bärande brandcellsskiljande vägg i de flerbostadshus som studerats krävs lägst brandteknisk klass REI60 upp till och med fyra våningar. Vid fem våningar eller fler ökas kravet på bärande förmåga till R90. Syftet med examensarbetet är att ge en överskådlig bild av gällande brandbestämmelser samt att genom ökad förståelse för vad som påverkar brandmotståndet, skapa förutsättningar för goda konstruktionslösningar tidigt i projekteringsfasen.

Inom A-hus används trä som stommaterial i möjligaste mån. Trä är ett brännbart material som dock bildar ett skyddande kolskikt som bromsar nedbrytningen. Som väggbeklädnad invändigt används nästan uteslutande gipsskivor, medan material till fasader varierar. Som isolering används mineralull i form av glas- eller stenull. Beräkningar enligt Eurokod 5 visar att gips som material är ett effektivt sätt att uppnå önskat brandmotstånd. Det beror på att gips innehåller en stor mängd vatten. Isolering med mineralull ger störst effekt vid användandet av stenull.

Tester som utförts hos olika materialleverantörer visar att produkter utvecklade speciellt för att möta hårda krav på brandmotstånd klarar att stå emot brand under en betydligt längre tid än vanliga produkter. Brandgips är ett exempel som genom sin ökade formstabilitet vid brand sitter kvar på väggen under längre tid och därmed skyddar bättre än vanlig gips. Det finns även isolering som har betydligt högre brandmotstånd än vad som förutsätts i Eurokod 5.

Nyckelord: Brand, brandmotstånd, brandklass, brandkrav trästomme, vägg, avskiljande förmåga, bärande förmåga

Fire resistant wall with wooden frames
Fire requirements and design
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
TOBIAS PERSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building Technology
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

For different kind of buildings the society has decided upon different requirements regarding fire safety through the Planning and Building Act. These are also presented as regulations and recommendations in the Building Regulations given by Boverket, and the regulations on Eurocodes. Depending on the shape of the building, and the planned activities, different requirements have to be fulfilled considering integrity (E), insulation (I), Strength (R) and sometimes also resistance to mechanical impact (M). There is also a time condition connected to the requirement stating how long the requirement has to be fulfilled during a normal fire.

A wall in the apartment buildings studied in this thesis, that is load carrying and dividing fire compartments, has to fulfil at least REI60 up to four storeys. Five to eight storeys require the separating requirement EI60, but a strength capacity of R90. The purpose of this thesis is to provide an overview of present regulations and, by a better understanding, create opportunities to form high-quality solutions in the design phase.

Wood is used as far as possible as a construction material within A-hus. Wood is a flammable material but the layer of charcoal will reduce the degradation during fire. The back of the wall (inside the building) is often built up by gypsum boards while the material used as frontage varies. Mineral wool made of glass or rock fibre is used for insulation. Calculations according to Eurocode 5 show that gypsum is an efficient material in terms of fire resistance. This is because of the relatively high amount of combined water. The calculations also show that insulation made of rock fibre is more fire resistant than insulation made of glass fibre.

Tests performed by different suppliers show that products developed specifically for high demand fire resistance, will resist fire during a longer period of time compared to normal products. Fire boards of gypsum, for example, will better remain their original shape during fire and therefore stay on the wall protecting it better than normal gypsum. There are also types of insulation available that have higher fire resistance than assumed in Eurocode 5.

Key words: Fire, fire resistance, fire class, fire requirements, wooden frame, wall, separating capacity, carrying capacity

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
BEGREPP OCH DEFINITIONER	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problem	1
1.3 Syfte	1
1.4 Mål	2
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Metod	2
2 LAGAR OCH FÖRORDNINGAR	4
2.1 Dimensionering av brandskydd	5
2.1.1 Förenklad dimensionering	5
2.1.2 Analytisk dimensionering	5
3 BYGGREGLER OCH NORMER GÄLLANDE BRANDSKYDD	7
3.1 Verksamhetsklasser	7
3.2 Byggnadsklasser	8
3.3 Klassbeteckningar	10
3.4 Brandskyddskrav på väggar i flervåningshus	13
4 MATERIAL	16
4.1 Trä	16
4.2 Gips	17
4.3 Mineralull	19
4.4 Plast	19

5	VÄGGKONSTRUKTIONER	21
5.1	Konstruktionslösningar från Isover	21
5.2	Konstruktionslösningar från Knauf Danogips	22
6	BERÄKNING AV BRANDMOTSTÅND	24
6.1	Beräkning enligt Eurokod 5	24
6.2	Alternativa metoder	25
7	DISKUSSION	27
8	SLUTSATSER	28
9	REFERENSER	29
	FIGURFÖRTECKNING	31
	TABELLFÖRTECKNING	33
	 BILAGA A: Dimensionering enligt Eurokod 5	 34
	BILAGA B: Beräkningar	41

Förord

Examensarbetet har genomförts på uppdrag av A-hus i Anneberg under våren 2014. Arbetet utgör den avslutande delen i byggingenjörsutbildningen på Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Examensarbetet utgör 15 hp av programmets totala 180 hp.

Uppdraget från A-hus har varit att studera hur brandskyddet kan utformas på ett effektivt sätt för de väggelement som används främst för flervåningshus med inriktning på bostäder. Kunskapen inom brandområdet är i dagsläget knuten till ett fåtal personer inom företaget. Man vill med detta arbete presentera grundläggande teori på ett överskådligt sätt, dels för att sprida kunskap till fler medarbetare, och dels för att skapa en grund att bygga vidare på i arbetet med att vidareutveckla brandsäkra konstruktioner.

Ett stort tack riktas först till Linus Abrahamsson som handlett arbetet på A-hus. Både teori och konstruktionslösningar har diskuterats. Linus har på ett pedagogiskt sätt bistått med information och förståelse för gällande regler och normer. Tack också till alla andra anställda på A-hus för ett varmt välkomnande, stöttning under arbetet samt möjlighet till praktisering i produktionsanläggningen.

Examinator på Chalmers tekniska högskola har varit Ingemar Segerholm, universitetslektor på institutionen för bygg och miljöteknik. Tack för god stöttning och guidning i arbetet.

Göteborg maj 2014

Tobias Persson

Beteckningar

Variabler

h_{ins}	Isolerskiktets tjocklek [mm]
h_p	Skivtjocklek [mm]
k_{dens}	Faktor som beror av isolermaterialets densitet [-]
k_j	Koefficient för skarvar (fogkoefficient) [-]
k_{pos}	Positionskoefficient [-]
t_{ins}	Tid till genomsnittlig temperaturökning med 140 K, alternativt 180 K i någon punkt, på den oexponerade sidan [min]
$t_{ins,0}$	Grundvärde för respektive materialskikts isolerförmåga [min]

Förkortningar

BBR	Boverkets byggregler
BBRBE	Boverkets allmänna råd om brandbelastning
Br	Byggnadsklass
EKS	Boverkets föreskrifter om Eurokoder
PBF	Plan- och byggförordningen
PBL	Plan- och bygglagen
Vk	Verksamhetsklass

Begrepp och definitioner

Avskiljande funktion	Förmågan att förhindra spridning av brand samt antändning bakom den exponerade ytan. En vägg med avskiljande funktion klassas EI, se definition av integritet och isolering.
Brandavskiljande byggnadsdel	Byggnadsdel, exempelvis en vägg, som utgör en del av brandcellsomslutningen. Byggnadsdelen kan vara bärande eller icke bärande.
Brandbelastning	Energi per golvarea inom ett visst utrymme och anges i $[MJ/m^2]$. Ett mått på den totala mängd energi som kan förbrännas vid ett fullständigt brandförlopp i förhållande till golvarean i det studerade utrymmet.
Brandcell	Avgränsad del av en byggnad som kan bestå av ett eller flera plan. Cellen skall omgärdas av avskiljande byggnadsdelar som hindrar brand från att sprida sig utanför brandcellen under angiven tidsperiod.
Brandmotstånd	Förmågan hos ett bärverk, bärverksdel eller konstruktionsdel att upprätthålla sin bärförmåga och/eller avskiljande funktion under angiven tidsperiod. Detta vid given belastningsnivå och för ett givet brandförlopp, vanligtvis nominellt brandförlopp.
Brandsektion	Avgränsad del av en byggnad bestående av en eller flera brandceller. En brandsektion delas upp med brandväggar.
Brandvägg	En avskiljande vägg som delar av två utrymmen från varandra och som är dimensionerad för brandmotstånd och stabilitet (REI). Väggen kan även vara dimensionerad för att stå emot en kollaps av angränsande bärverk (REI-M).
Bärförmåga (R)	Förmågan hos ett bärverk eller konstruktionsdel att motstå angivna laster då den samtidigt utsätts för brand. Lasterna är enligt Eurokod reducerade vid dimensionering mot brand jämfört med dimensionering mot brottgränstillstånd då man anser att värsta lastfall inte sannolikt sammanfaller med brand.

Dimensionerande brandbelastning	Brandbelastning som används för att bestämma temperaturpåverkan vid branddimensionering. Mäts i energi/ytenhet.
Integritet (E)	Förmågan hos en byggnadsdel, som utsätts för brand på ena sidan, att hindra flammor och brandgaser att passera igenom eller uppstå på den oexponerade sidan.
Isolering (I)	Förmågan hos en byggnadsdel att då den utsätts för brand förhindra temperaturen på den oexponerade sidan att stiga över ett förutbestämt värde.
Konstruktionsdel	Grunddel av ett bärverk, exempelvis balk, pelare eller sammansatta delar såsom mellanväggar och fackverk, som kan betraktas som avskild från andra delar av konstruktionen.
Standardbrandkurvan	Nominellt temperatur-tidförlopp som beskriver en modell av en fullt utvecklad brand i en brandcell. Kurvan är godkänd för klassificering och verifiering av brandmotstånd.

1 Inledning

Detta kapitel beskriver hur examensarbetet har initierats samt vad ambitionen med arbetet är. Likaså beskrivs arbetets utförande samt vilken typ av avgränsningar som har varit aktuella.

1.1 Bakgrund

Redan på 1960-talet började det bli allt vanligare att bygga prefabricerade väggar i trä (Johannesson, 1992). På väggarna ställs krav på sådant som klimatskydd, bärande förmåga, energieffektivitet, eventuella brand- och ljudkrav, o.s.v. Därför måste stor vikt läggas vid konstruktionen för att uppfylla alla normer, samtidigt som industrin ställer vissa krav på produktionsanpassning.

A-hus har på senare år arbetat fram ett koncept med flerbostadshus i trä. Att bygga fler än två våningar i trä blev tillåtet i Sverige först 1996, då reglerna ändrades till att snarare ställa krav på funktion än material (Juhlin, 2006). Det blev därmed tillåtet att bygga högre hus i trä under förutsättning att kraven på brandskydd uppfylls. Idag byggs upp till ca åtta våningar med trästomme (Stehn, 2008). Sedan blir kostnaderna för brandskydd och konstruktiva lösningar för stora vilket gör det mer ekonomiskt att välja ett annat byggsystem som exempelvis betong.

Inom A-hus tillverkar man först väggelementen i produktionsanläggningen i Anneberg för att sedan montera ihop dem på byggsplats. Förtillverkade väggelement (prefab) har fördelen att de olika komponenterna är skyddade mot väder och vind under sammansättningen, men samtidigt ställs stora krav på passning och sammanfogning av elementen (Johannesson, 1992). Konceptet som A-hus arbetat fram är under vidareutveckling och ett område som man vill studera närmare är just hur de prefabricerade väggarna kan konstrueras ännu mer effektivt och samtidigt möta de krav som finns med avseende på brand.

1.2 Problem

En väggkonstruktion styrs inte bara av brandkrav, utan också av krav på exempelvis ljud och bärighet (Johannesson, 1992). Alla dessa krav måste naturligtvis uppfyllas, vilket gör det svårt att optimera väggkonstruktionen genom att bara studera brandområdet. Förslag till fortsatt arbete blir därför att titta även på ljud och bärighet. Därefter finns betydligt större möjligheter att ta fram en optimal väggkonstruktion.

1.3 Syfte

Syftet är att samla in, bygga och sammanfatta kunskap kring konstruktion av väggelement ur ett brandperspektiv. Med denna information till hands kan sedan olika konstruktionslösningar studeras, utvärderas och möjligen kombineras för att hitta en

konstruktion som både uppfyller gällande krav och samtidigt passar för A-hus produktion.

Resultatet presenteras i en rapport innehållande sammanfattning av normer och byggregler gällande brandkrav för vägg med stomme av trä. Rapporten ska fungera som utbildningsmaterial för anställda inom företaget. Den ska fungera som en introduktion till gällande regelverk samt skapa en bättre förståelse för hur konstruktionslösningen påverkar brandskyddet.

1.4 Mål

Huvudmålet med examensarbetet är att öka projektörens kunskap inom brandområdet samt gällande brandkrav och normer. Projektören skall dessutom få en känsla för vad som påverkar brandmotståndet i en konstruktion samt i vilken utsträckning. Detta för att redan tidigt i projekteringsarbetet kunna välja effektiva lösningar som uppfyller brandkraven.

1.5 Avgränsningar

Fokus ligger i första hand på brandcellskiljande väggar i bostäder. Konstruktionen skiljer sig mellan olika väggtyper, men även inom en och samma väggtyp. Ett tydligt exempel är ytterväggen som kan fås med en rad olika fasadbeklädnader (TräGuiden, 2014). En väggkonstruktion kan alltså se olika ut av andra anledningar än just brand. Ljud ställer också, liksom brand, stora krav på utformning av väggen. Inom ramen för detta examensarbete studeras och utvärderas väggen enbart utifrån dess brandtekniska egenskaper.

Reglerna kan se olika ut i olika delar av världen (Juhlin, 2006). A-hus levererar i stor utsträckning till den svenska marknaden, men även inom Norden. Det har till och med förekommit att man levererat till exempelvis Kina och Japan. Examensarbetet avgränsas dock till gällande svenska normer, även om ambitionen ändå är att belysa vissa skillnader mot övriga världen.

Vid beräkning av brandmotstånd studeras i detalj den grundläggande teorin i Eurokod 5 för väggar med enbart en avskiljande funktion. Andra metoder nämns men utnyttjas inte i examensarbetet.

1.6 Metod

Litteraturstudier utgör en betydande del av examensarbetet. Byggregler och normer har studerats för att skapa en sammanfattad regelsamling över vad som gäller, dels generellt men framförallt med fokus på väggar i flerbostadshus.

Vanligt förekommande material i väggkonstruktioner finns beskrivna liksom dess egenskaper vid brand. På så sätt ges en ökad förståelse för de krav som ställs på

materialegenskaper med hänsyn till brand. Projektören ges också ökade möjligheter att välja ett ur brandsynpunkt lämpligt material.

Beräkning av brandmotstånd enligt Eurokod 5 har utförts på ett antal utvalda väggkonstruktioner. Beräkningsmetoden ligger till grund för andra mer avancerade teorier och ger därför en bra grundförståelse i brandteknisk dimensionering.

Olika materialtillverkares uppgifter om brandmotstånd har studerats och utvärderats, dels mot varandra, och dels mot beräknade värden. Resultaten ger projektören insikt i hur olika delar i väggkonstruktionen påverkar brandmotståndet och i vilken utsträckning.

2 Lagar och förordningar

Samhället ställer krav på brandskydd genom lagar och förordningar (Bengtson, 2012). I Sverige ser byggregelsystemet ut som i Figur 2.1, där regering och riksdag först beslutar om lagar och förordningar genom Plan- och bygglagen, PBL samt den tillhörande Plan- och byggförordningen, PBF. Därunder följer föreskrifter, råd och rekommendationer som Boverket ger ut genom Boverkets byggregler, BBR, samt Boverkets föreskrifter om Eurokoder, EKS. Som stöd vid projekteringen av en byggnad eller byggnadsdel finns även rapporter, handböcker och vägledningar av olika slag utgivna av Boverket, universitet, högskolor eller andra organisationer.



Figur 2.1 Hierarkisk uppbyggnad av regelverk gällande brandteknisk dimensionering (Bengtson, 2012).

Vid nybyggnad, samt mer eller mindre även vid ombyggnad eller ändring av ett byggnadsverk, måste följande krav i PBL uppfyllas (Bengtson, 2012). Kraven, som förtydligats i PBF, innebär att byggnadsverket ska vara projekterat och utfört på ett sådant sätt att;

- Byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid.
- Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas.
- Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas.
- Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan utrymma eller räddas på annat sätt.
- Hänsyn har tagits till räddningsmanskaps säkerhet vid brand.

Mer detaljerade brandskyddskrav finner projektören sedan i de tillämpningsföreskrifter som Boverket ger ut i BBR och i EKS. Lite förenklat kan

sägas att alla tekniska föreskrifter för hur en byggnad skall utformas med hänsyn till brandskydd återfinns i BBR, med undantag av bärande konstruktioner som finns i bl.a. EKS (Bengtson, 2012). Kraven anges ofta i form av brandmotståndstider, under vilken tillräcklig prestanda skall upprätthållas. I Eurokoderna avses ett bärverks passiva brandskydd, d.v.s. tillräcklig bärförmåga vid brand samt att spridning av brand förhindras utan hjälp av extern brandbekämpning (SIS, 2007).

2.1 Dimensionering av brandskydd

Det finns två olika sätt att verifiera att brandskyddskraven blir uppfyllda. Dessa kallas i BBR förenklad respektive analytisk dimensionering. Den förenklade dimensioneringen innebär att projektören följer de allmänna råd som ges av BBR, vilka leder till att kraven i BBR uppfylls. Det andra tillvägagångssättet, analytisk dimensionering, innebär att projektören måste påvisa att konstruktionen uppfyller brandkraven. Detta kan under speciella omständigheter vara att föredra för att hitta bättre lösningar på hur kraven kan uppfyllas. Dock blir tillvägagångssättet mer tidsödande, även om anvisningar för hur dimensioneringen skall utföras finns att tillgå hos Boverket (Bengtson, 2012).

2.1.1 Förenklad dimensionering

Byggherren använder sig av den förenklade dimensioneringen som utgångspunkt i alla projekt (Bengtson, 2012). Metoden innebär att krav och föreskrifter uppfylls genom att använda redan beprövade lösningar och metoder som finns i de allmänna råden. Även Boverkets tekniska rapporter, svensk standard, handböcker och branschpraxis kan användas för att göra en likartad bedömning (Fallqvist 2013). En förutsättning för att kunna utnyttja den förenklade dimensioneringen är att alla krav och allmänna råd är relevanta för det aktuella projektet (Juhlin, 2006). Det är också viktigt att kontrollera att de krav som gällde då lösningen togs fram inte har skärpts.

2.1.2 Analytisk dimensionering

I de fall då byggherren uppfyller kraven på annat sätt än genom att följa de allmänna råden (förenklad dimensionering), utnyttjas analytisk dimensionering. Här måste verifiering av byggnadens brandskydd utföras genom antingen kvalitativ bedömning, scenarioanalys, kvantitativ riskanalys eller motsvarande metoder (Boverket, 2013). Val av beräkningsmetod styrs beroende på hur mycket brandskyddet förändrats jämfört mot beprövade metoder (Juhlin, 2006). Kravet vid analytisk dimensionering är att byggnadens totala brandskydd inte får bli sämre än motsvarande konstruktionslösning med förenklad dimensionering.

Kortfattat så börjar projektören med att ta fram en brandteknisk lösning samt identifierar vilka krav och råd i BBR som inte uppfylls. Sedan studeras lösningens påverkan på brandskyddet och jämförs med motsvarande skydd vid förenklad dimensionering. Därefter görs en riskbedömning och det nya brandskyddet analyseras

med avseende på säkerheten. Om säkerheten bedöms vara sämre än hos motsvarande lösning i de allmänna råden måste en alternativ brandteknisk lösning tas fram och utvärderas (Juhlin, 2006).

För att säkerställa korrekta bedömningar ställs stor vikt vid att rätt kompetens används i projektet. Det är byggnadsnämndens uppgift att se till att dessa bedömningar är tillräckliga i förhållande till hur stora avsteg som gjorts mot den förenklade dimensioneringen (Bengtson, 2012).

I vissa fall kan det vara lämpligt att utföra brandtester för att bestämma en konstruktions brandmotstånd, exempelvis då det saknas tabellerade värden (Juhlin, 2006). Tester är dock relativt dyra och kan bara genomföras i begränsad omfattning, alltså inte för en hel byggnad.

Sammanfattningsvis krävs att konstruktionen blir så pass mycket mer kostnadseffektiv vid en nykonstruktion att den investering det innebär med en analytisk dimensionering betalar igen sig.

3 Byggregler och normer gällande brandskydd

Brandskyddet av en vägg syftar till att vidmakthålla dess bärförmåga vid brand samt att motverka spridning av brand mellan byggnader eller mellan brandceller Johannesson (1992). För att avgöra vilka krav som ställs på en viss typ av vägg måste både väggens och byggnadens funktion och användningsområde bestämmas. Kraven på brandskydd varierar nämligen med en rad olika faktorer (Boverket, 2013). I detta kapitel ges därför en övergripande bild av byggnaders olika klassning och därtill hörande krav på brandskydd.

3.1 Verksamhetsklasser

Beroende på vilken verksamhet som skall bedrivas i byggnaden delar BBR in utrymmen i byggnader i olika verksamhetsklasser, Vk. Indelningen beror på vilka personer som vistas i byggnaden, om personerna är vakna, hur väl de känner till byggnaden och dess utrymningsvägar, o.s.v. Hänsyn tas även till om verksamheten som skall bedrivas i byggnaden medför en ökad risk för brand i sig (Boverket, 2013).

Verksamhetsklasserna sträcker sig från Vk 1 till Vk 6, där Vk 6 innebär störst fara för brand och/eller väntas ge de mest allvarliga konsekvenserna i händelse av brand. Nedan följer en sammanfattad definition av de olika verksamhetsklasserna där Vk 3 är av störst intresse för just det här arbetet som handlar om brandskydd av vägg i just bostadshus.

Vk 1 - Hit hör utrymmen där personer vistas som har god kännedom om lokalen, är vakna och har möjlighet att utrymma på egen hand. Exempel på lokaler som tillhör Verksamhetsklass 1 är industribyggnader, lager och kontor.

Vk 2 - Då personer inte kan förväntas känna till lokalen, men i övrigt har samma förutsättningar som i Vk 1 ovan, hamnar lokalen i Verksamhetsklass 2. Hit hör samlingslokaler såsom butiker, konferensanläggningar etc. som är avsedda för ett flertal personer.

Vk 2 delas i sin tur upp i tre underkategorier; A, B och C. Vk 2A innefattar lokaler avsedda för upp till 150 personer. Lokaler avsedda för fler än 150 personer tillhör istället Vk 2B. Om det i lokalen dessutom serveras alkohol mer än i begränsad omfattning hamnar lokalen under Vk 2C. Exempel på denna typ av lokaler är nattklubbar och pubar.

Vk 3 - Där personer vistas som kan förväntas ha god lokalkännedom, ha möjlighet att själva utrymma lokalen, men inte alltid är vakna, klassas lokalen som verksamhetsklass 3. Hit hör naturligtvis bostäder, både i flerbostadshus och småhus, men även seniorboenden, fritidsbostäder och liknande.

Vk 4 - Då personer likt Vk 3 ovan dessutom inte kan förväntas ha god lokalkännedom klassas lokalen som verksamhetsklass 4. Hit hör hotell och andra typer av tillfälliga boenden där personer vistas tillfälligt och dessutom inte kan förväntas vara vakna.

Vk 5 - Hit räknas utrymmen där personer vistas som inte har möjlighet att, eller har svårt att, utrymma lokalen på egen hand. Även Verksamhetsklass 5 delas i sin tur in i fyra underkategorier; Vk 5A till 5D.

Vk 5A innefattar utrymmen avsedda för daglig verksamhet såsom exempelvis förskolor. I de fall då lokalen är avsedd för personer med fysisk eller psykisk sjukdom, funktionsnedsättning, utvecklingsstörning, demens eller på annat sätt nedsatt förmåga att på egen hand utrymma lokalen räknas denna till Vk 5B.

Vk 5C innefattar lokaler för hälso- och sjukvård, exempelvis sjukhus. Vk 5D innefattar lokaler där personer hålls inlåsta såsom häkten, fängelser och anstalter.

Vk 6 - Lokaler med förhöjd risk/sannolikhet för brand eller där brand kan få ett mycket snabbt och omfattande förlopp räknas till verksamhetsklass 6. Exempel på denna typ av lokaler är främst utrymmen där lättantändligt material tillverkas och bearbetas i betydande omfattning, såsom pappersindustri eller sågverk.

3.2 Byggnadsklasser

Utifrån behovet av brandskydd delas byggnader in i byggnadsklasser, Br. Det finns fyra olika byggnadsklasser; Br0, Br1, Br2 och Br3, där Br0 har störst behov av och därmed högst krav på brandskydd. Då skyddsbehovet fastställs tas hänsyn till troliga brandförlopp samt konsekvenser vid brand liksom byggnadens komplexitet (Boverket, 2013). Klassindelningen bör även beakta faktorer såsom utrymningsmöjligheter samt konsekvenser av att byggnaden rasar samman. Därför blir verksamhetsklass intressant vid brandklassning av en byggnad.

BBR ger flera exempel på olika lokaler i respektive byggnadsklass baserat på både verksamhetsklass, aktuellt våningsplan och byggnadens storlek. Här följer en kortare sammanställning med exempel på lokaler tillhörande de olika brandklasserna.

Till Br0 hör byggnader med mycket stort skyddsbehov. Hit räknas byggnader med fler än 16 våningsplan. Även byggnader med specifika verksamhetsklasser där lokalen samtidigt rymmer ett stort antal personer och/eller inte är belägen i bottenplan.

Till Br1 hör byggnader med stort skyddsbehov. Hit räknas byggnader med tre eller flera våningsplan, se Figur 3.1. Även här finns undantag där lägre byggnader (två våningsplan), men avsedda för specifika verksamhetsklasser, bör utformas i Br1.



Figur 3.1 Byggnad i Br1, exempelvis byggnad med tre eller fler våningar, hotell, vårdanläggning eller liknande (Knauf Danogips, 2014).

Gäller det däremot ett småhus med högst tre våningar så räcker det att utforma byggnaden i Br2, vilket innebär måttligt skyddsbehov. Byggnader med två våningsplan avsedda för fler än två bostadslägenheter och där bostads- eller arbetsrum finns i vindsplanet bör utformas i lägst klass Br2, se Figur 3.2. Likaså byggnader med en större byggnadsarea än 200m² och som ej delas in i brandsektioner av max 200m² med hjälp av brandväggar i erforderlig brandteknisk klass.



Figur 3.2 Byggnad i Br2, exempelvis två våningsplan och en byggnadsarea större än 200m² eller samlingslokal i markplanet (Knauf Danogips, 2014).

Övriga byggnader, med undantag för specifika verksamhetsklasser kombinerat med lokal som rymmer ett större antal personer och/eller inte är placerad på entréplan, kan utformas i klass Br3. Dessa byggnader har ett litet skyddsbehov. Exempel på byggnader i Br3 är en- och tvåfamiljshus, Juhlin (2006). Se även Figur 3.3.



Figur 3.3 Byggnad i Br3, exempelvis småhus och enplansbyggnader (Knauf Danogips, 2014).

A-hus tillverkar bostäder för både en och flera familjer, idag upp till sex våningar, och måste således utforma byggnaderna i byggnadsklass Br3, Br2 eller Br1. När det gäller

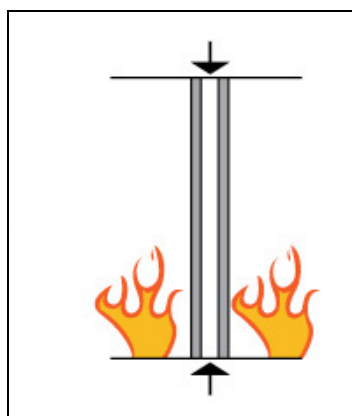
de flerbostadshus som studeras i detta arbete krävs byggnadsklass Br1 eftersom de är högre än två våningar och rymmer flertalet lägenheter.

3.3 Klassbeteckningar

För att enklare kunna specificera vilka brandtekniska krav som ställs på ett material, en produkt eller en byggnadsdel uttrycks kraven i allmänhet genom olika klassbeteckningar. För att bestämma brandklass på exempelvis ett material finns standardiserade provningsmetoder och producenter bör kunna redogöra för vilka brandtekniska krav som produkten uppfyller.

Beroende på funktion delas byggnadsdelar in i följande brandtekniska klasser (Boverket, 2013).

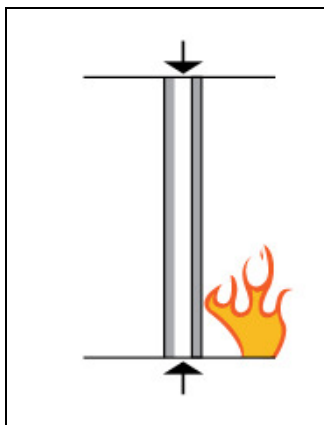
R – Bärförmåga. Kravet behövs på bärande konstruktioner för att förhindra att byggnadsdelen rasar samman och skadar egendom, människor som vistas i byggnaden eller räddningsmanskap, se Figur 3.4.



Figur 3.4 Vägg med krav endast på bärförmåga, R. Branden tillåts sprida sig igenom väggen (Knauf Danogips, 2014).

RE – Bärförmåga och integritet. Förutom på bärförmåga ställs även krav på integritet, dvs. byggnadsdelen skall ge skydd mot genomträngning av flammor och rök (E). Kravet anses uppfyllt så länge flammor och brandgaser inte antänder en bomullstuss på den oexponerade sidan av konstruktionen (Östman, 2012). Sprickor eller spalter får heller inte överstiga en viss dimension.

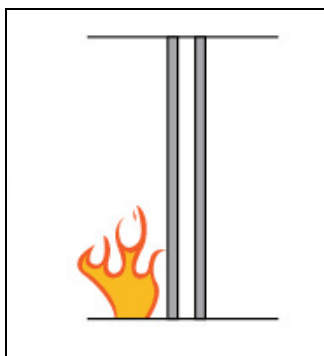
REI – Bärförmåga, integritet och isolering. Byggnadsdelen skall dessutom hindra värme från att överföras till andra sidan (I) så att material antänds på grund av att temperaturen blir för hög, se Figur 3.5. Kravet är uppfyllt så länge den genomsnittliga temperaturökningen på den oexponerade sidan inte överstiger 140 K över hela ytan, samt 180 K på någon del av ytan (Östman, 2012).



Figur 3.5 Väggen med krav på bärrighet och avskiljande förmåga, REI. Branden tillåts inte sprida sig igenom väggen (Knauf Danogips, 2014).

E – Integritet. Se förklaring av RE ovan.

EI – Integritet och isolering. Kravet används på byggnadsdelar som inte har någon bärande funktion men ändå måste vara avskiljande, se Figur 3.6.

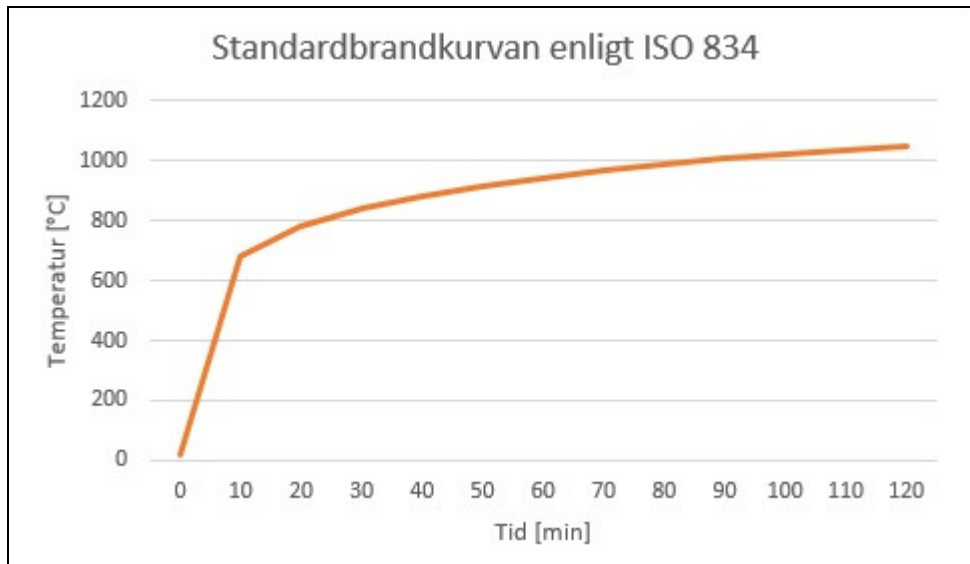


Figur 3.6 Väggen med krav på avskiljande förmåga, EI. Väggen är inte en bärande konstruktion (Knauf Danogips, 2014).

EI₁ eller EI₂ – Integritet och isolering för brandavskiljande fönster (som endast kan öppnas med verktyg, nyckel eller liknande) eller för branddörrar.

EW – Integritet och begränsad strålning. Förutom att förhindra flammor och rök (E) så skall värmestrålningen (W) begränsas.

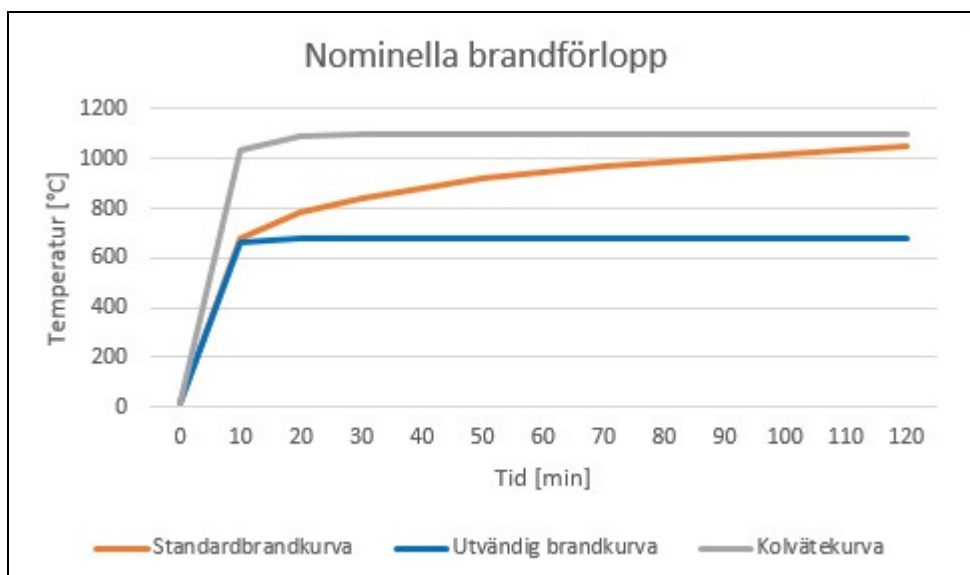
Beteckningarna kompletteras med ett tidskrav, en siffra som i minuter anger under hur lång tid produkten klarar att uppfylla kravet vid ett standardiserat (nominellt) brandförlopp, se Figur 3.7.



Figur 3.7 Brandgastemperaturen i en brandcell beräknad enligt ISO 834 (Thor, 2012).

Standardbrandkurvan representerar en normal rumsbrand och används vid provning av konstruktioners brandmotstånd i t.ex. bostadshus (SP, 2014). Tidskraven som används är 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 eller 360 minuter, där 30, 60 och 90 minuter är de vanligaste kraven som används i bostadssammanhang.

I Eurokod finns ytterligare ett par nominella brandförlopp beskrivna (Thor, 2012). Det är den utvändiga brandkurvan som kan vara tillämplig på exempelvis bärverk till balkonger, samt kolvätekurvan som ofta används i offshoresammanhang och i tunnlar. Kurvorna visas i Figur 3.8 tillsammans med standardbrandkurvan för att ge en jämförande bild av brandgastemperaturer vid olika typer av bränder.



Figur 3.8 Exempel på olika nominella brandförlopp enligt Eurokod (Thor, 2012).

De brandtekniska klasserna kan även kombineras med tilläggsbeteckningarna;

M – Mekanisk påverkan

S_a eller S_m – Brandgastäthet för dörrar

C – Dörrar med dörrstängare i någon av klasserna C1-C5

Ovanstående klassbeteckningar brukar användas för att klassa en byggnadsdel, exempelvis bjälklag, vägg eller dörr. Det finns ytterligare klassbeteckningar för att klassa olika material, beklädnader och ytskikt (Boverket, 2013). Dessa är A1, A2, B, C, D och E, där A1 är det högsta kravet. Brandteknisk klass A2-D kan även kombineras med tilläggsklasserna;

s1 – Endast en starkt begränsad mängd brandgaser får avges.

s2 – Endast en begränsad mängd brandgaser får avges.

s3 – Inget krav på avgivande av brandgaser

d0 – Byggnadsdelen får inte avge brinnande droppar eller partiklar.

d1 – Endast en begränsad mängd brinnande droppar eller partiklar får avges.

d2 – Det finns inget krav på begränsning av brinnande droppar eller partiklar.

Den brandtekniska klassen E, som är den lägsta klassen, kan bara kombineras med tilläggsklass d2.

För golv används samma skala (A1-E), men med index ”fl”. A1_{fl} är som förväntat det högsta kravet. Varken A1_{fl}, eller E_{fl} som är det lägsta kravet, får kombineras med en tilläggsklass. Resterande klasser (A2_{fl}-D_{fl}) kan kombineras med någon av de båda tilläggsklasserna;

s1 – Endast en begränsad mängd brandgaser får avges från golvmaterialet.

s2 – Ingen begränsning på avgivande av brandgaser.

Notera alltså att tilläggsklasserna inte har samma betydelse för golv som för beklädnader och ytskikt ovan.

3.4 Brandskydds krav på väggar i flervåningshus

För väggar, liksom för golv och tak i allmänhet, gäller att de material som används i konstruktionen ska vara svårantändliga, motverka snabb brandspridning, inte utveckla för stora mängder värme och brandgaser, samt inte smälta och droppa. Materialet får heller inte deformeras, falla ned eller på annat sätt förändras så skaderisken för personer som befinner sig i byggnaden ökar (Boverket, 2013).

De flervåningshus som A-hus hittills byggt och just nu projekterar innehåller fler än tre våningar, men färre än 16. Byggnadsklass Br1 ska alltså uppfyllas enligt kapitel 3.2 ovan. Det handlar om bostäder, vilket betyder att verksamhetsklassen är Vk3 enligt kapitel 3.1.

Boverkets allmänna råd säger att i en byggnad med Vk3 bör material med lägre brandteknisk klass än D-s2,d0 skyddas mot brandpåverkan under brandens inledningsskede med en beklädnad i brandteknisk klass B-s1,d0. Brännbar isolering är ett exempel på material med lägre brandteknisk klass än D-s2,d0.

För Br1-byggnader bör väggytor ha ytskikt av lägst brandteknisk klass C-s2,d0 (Boverket, 2013). Undantag kan dock göras gällande ytskikt för mindre byggnadsdelar, vilket innebär byggnadsdelar vars sammanlagda omslutningsarea understiger 20 % av anslutande tak eller vägg. Exempel på sådana byggnadsdelar är dörrblad, dörr- och fönsterkarmar, tak- och golvlister. Dessa byggnadsdelar får utformas i lägst brandteknisk klass D-s2,d0. Detsamma gäller för rum upp till maximalt 15m² där ytskiktet inte påverkar utrymningssäkerheten, exempelvis hygienutrymmen eller bastu.

För att uppfylla de allmänna råden, och därmed klara kriterierna för den förenklade dimensioneringsmodellen, måste alltså väggarna i A-hus flervåningshus ha ytskikt med lägst brandteknisk klass C-s2,d0 utom i exempelvis hygienutrymmen. Vidare skall väggbeklädnaden uppfylla brandteknisk klass B-s1,d0, eftersom väggarna i dagsläget innehåller material med lägre brandteknisk klass än D-s2,d0.

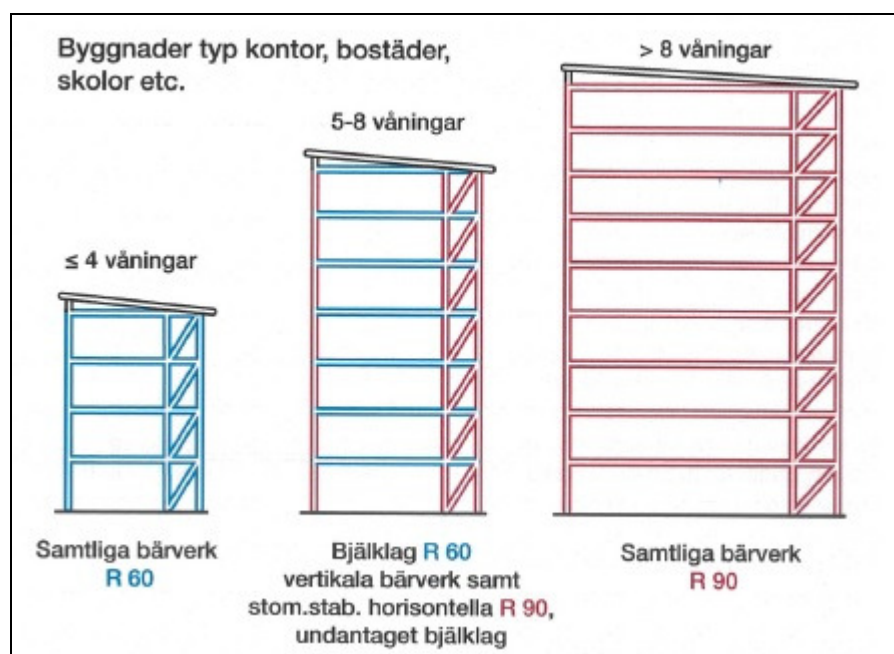
När det gäller krav på fasadmaterial på ytterväggar så finns en hel del olika bestämmelser beroende på ytterväggens konstruktion samt utformningen av fasaden. I de fall då fasadmaterialet utförs i brännbart material i lägst klass D-s2,d2 finns flera olika lösningar som uppfyller kraven (Bengtson, 2012). En utformning som ofta förekommer i dagens arkitektur är att använda sig av en putsad fasad men med mindre inslag (max 20 %) av brännbart material såsom trä mellan fönster. En annan lösning kan vara att utrusta byggnaden med ett automatiskt släcksystem. Då är det tillåtet med brännbart fasadmaterial på alla våningsplan utom på det första när det gäller byggnader med högst åtta våningsplan.

Den klassificering ett material tilldelas bestäms genom standardiserad provning (Burström, 2001). BBR skiljer mellan obrännbara, svårantändliga, och brännbara material. Betong och gips är vanligt förekommande byggmaterial som tillhör gruppen obrännbara material, medan trä klassas som ett brännbart material. Utmärkande för ett svårantändligt material är att de är brännbara om energi tillförs genom exempelvis en tändlåga, men slutar att brinna då lågan tas bort. Vissa plastmaterial är exempel på svårantändliga material.

Boverkets allmänna råd säger att bostadslägenheter (verksamhetsklass 3) bör utformas som egna brandceller. I de fall väggen är en del av en brandcellsgräns i en Br1-byggnad får väggen en avskiljande funktion med krav på begränsning av brand och brandgasspridning (Boverket, 2013). Här lyder det allmänna rådet att konstruktionen bör utformas i lägst brandteknisk klass EI60 vid en förväntad brandbelastning på upp till 800MJ/m², EI120 vid belastning mellan 800 och 1600 MJ/m² samt EI240 vid belastning över 1600 MJ/m². Dimensionerande brandbelastning bör då bestämmas enligt Boverkets allmänna råd om brandbelastning, BBRBE, som anger riktlinjer för

hur detta ska gå till (Fallqvist, 2013). Bostadslägenheter antas här ha en dimensionerande brandbelastning som understiger 800 MJ/m^2 .

Kraven på bärförmåga i BBR gällande bärande byggnadsdelar i en flervåningsbyggnad (Br1) visas i Figur 3.9. Brandbelastning får vara högst 800 MJ/m^2 , alltså bostäder, kontor och liknande (Bengtson, 2012). Väggar betecknas här som vertikala bärverk. Notera att kravet på väggar ökar från R60 till R90 då byggnaden består av fler än fyra våningar. Vid fler än åtta våningar krävs R90 på samtliga bärverk vilket förklarar de ökade kostnader som nämns i Kapitel 1.1.



Figur 3.9 Utformning av bärverkets brandskydd för flervåningshus i Br1 med brandbelastning av högst 800 MJ/m^2 (Thor, 2012).

Är väggen dessutom en brandvägg, dvs. väggen skall klara en kollaps av angränsande byggnad (Juhlin, 2006), ökar kraven i en Br1-byggnad till REI 90-M vid en förväntad brandbelastning på upp till 800 MJ/m^2 , REI 120-M mellan 800 och 1600 MJ/m^2 samt REI 240-M vid belastningar över 1600 MJ/m^2 (Boverket, 2013). Detta oberoende av antal våningar. Kraven på en brandvägg är som synes högre än för en enbart brandcells begränsande vägg. Dessutom ställs krav på att brandväggen skall kunna lokaliseras utifrån på ett enkelt sätt (Fallqvist, 2013).

A-hus tillverkar för närvarande flerbostadshus i kategorin upp till fyra våningar, samt mellan fem och åtta våningar. Slutsatsen av ovanstående blir att lägenhetsskiljande väggar och ytterväggar, som får anses utgöra en brandcellsgräns, skall klara minst REI60 för flerbostadshus upp till och med fyra våningar. Från och med fem våningsplan ökar kravet på bärighet till R90, medan kravet på avskiljande förmåga fortfarande är EI60. För en vägg med trästomme blir resultatet i praktiken REI90 för att klara kravet på bärförmåga. Skulle det handla om en brandvägg så blir kravet REI90-M, oberoende av antal våningar.

4 Material

En vägg i A-hus flerbostadshus är ofta avskiljande och/eller bärande. Därför ställs krav på att de material som används måste klara de höga temperaturer som uppstår vid brand under en föreskriven tid. Materialens viktigaste egenskaper, såsom form och hållfasthet, får inte förändras. Även dess kemiska stabilitet måste vara tillräcklig (Burström, 2001). I detta kapitel beskrivs några olika material som kan tänkas användas i en vägg i A-hus flervåningssystem, både som stommaterial, ytskikt, fasad och/eller brandskydd.

4.1 Trä

Trä används i så stor utsträckning som möjligt i A-hus konstruktioner. Detta är naturligt med tanke på att man ingår i Deromegruppen och har träförädlingen inom företaget, men det finns även andra fördelar med användandet av trä som byggnadsmaterial. Många av dessa kommer av träets låga vikt i förhållande till dess bärförmåga.

Den låga vikten gör att belastningen på undergrunden minskar med 30-50% jämfört med motsvarande byggnad i betong (Stehn, 2008). Detta medför besparingar i och med att grundförstärkning t.ex. genom pålning kan reduceras. Även transportkostnader minskar vid användande av trä istället för stål eller betong eftersom vikten ofta är avgörande för hur mycket som kan lastas på en transport. Likaså blir montaget ofta både enklare och billigare.

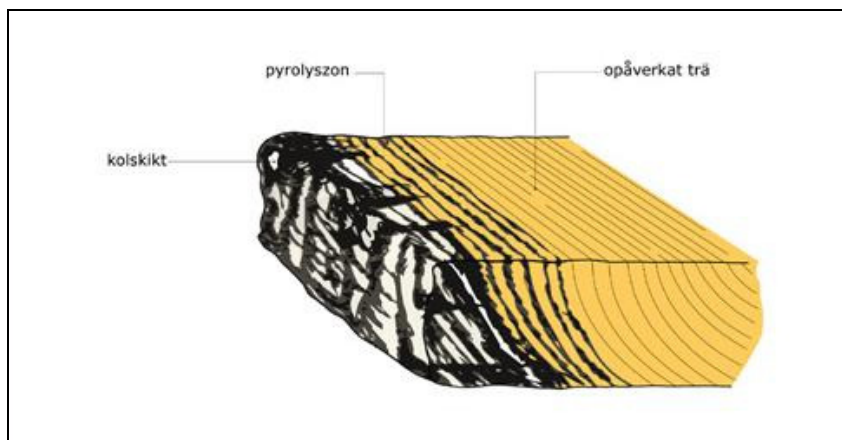
Som nämnts tidigare så är trä ett brännbart material och har en antändningstemperatur vid ca 250-280°C (Burström, 2001). Trämaterialets egenskaper varierar dock med exempelvis dimension, fuktkvot, densitet, ytråhet och ytbehandling (Svensson, 2007). Den som någon gång försökt att tända en brasa vet att små torra träbitar antänds lätt och brinner snabbt, medan grövre bitar är mer svårantändliga och brinner långsammare.

Värt att känna till i sammanhanget är det fenomen som kan uppträda t.ex. i närheten av skorstenar. Trä som kontinuerligt och under längre perioder utsätts för höga temperaturer (strax över 100°C) torkar ut och en förkolning startar. Trämaterialet har då lättare att absorbera gaser och ökar därför vid fortsatt uppvärmning sitt upptag av syre. Ökad oxidation bidrar till ökad värmeutveckling och träet antänds vid lägre temperaturer än normalt (Burström, 2001).

När träaterialet brinner äter sig elden långsamt inåt i veden med en konstant hastighet av 0,6-1,0 mm/min vid fullt utvecklad brand (Svensson, 2007). Hastigheterna gäller bl.a. för gran och fur vilka är vanliga byggmaterial, medan vissa hårda lövträd kan ha ännu lägre hastigheter (Burström, 2001).

Då trä brinner bildas ett kolskikt på ytan, se Figur 4.1. Nära kolskiktet medför den förhöjda temperaturen att träet plasticerar. Detta sker i den sk. pyrolyszonen, vilken bara är någon millimeter tjock (TräGuiden, 2014). Innanför pyrolyszonen bibehålls den normala temperaturen och därmed också träets ursprungliga hållfasthet. Detta

beror på träets låga värmekonduktivitet samt att träet innehåller relativt mycket vatten som vid förångning kräver energi och därmed sänker temperaturen runt materialet. Kolskiktet isolerar dessutom ännu bättre än rent trä (Burström, 2001).



Figur 4.1 Kolskiktet som bildas på ytan vid brand skyddar de inre delarna som därmed bibehåller sin stabilitet och hållfasthet (TräGuiden, 2014).

Vid konstruktion av en bärande vägg med träregelstomme måste hänsyn tas till det reducerade tvärsnitt som uppkommer vid brand. Normen säger att för konstruktionsvirke används inträngningshastigheten 50 mm/timme, samt att träet i den opåverkade zonen behåller sin ursprungliga hållfasthet (Burström, 2001).

Obehandlat trä uppfyller kraven för ytskiktssklass D-S2, d0 (TräGuiden, 2014). Hårdare krav kan uppnås (exempelvis C-S2, d0 eller B-S1,d0) antingen genom impregnering eller att trämateriallet ytbehandlas med brandskyddsmedel. Medlen kan förlänga träets tid till antändning, begränsa flamspridning samt värme- och rökutveckling. Vanligast är att använda en brandskyddsfärg som sväller upp och isolerar träytan vid brand. Impregnering ger dock ofta ett mer varaktigt och tåligt brandskydd.

Ett annat vanligt förekommande konstruktionsmaterial då hög bärförmåga krävs är limträ. Detta uppför sig ungefär på samma sätt som massivt trä i händelse av brand men med den skillnaden att limfogarna har något större brandmotstånd än trä. Vid dimensionering av konstruktioner med limträ tillåts projektören räkna med en inträngningshastighet av 35 mm/timme (Burström, 2001).

4.2 Gips

Gipsskivor är vanligt förekommande i väggkonstruktioner. Dels är den släta ytan fördelaktig att applicera ytskiktet på, dels dämpar gipsskivan ljud samt skyddar mot brand. Gips är nämligen ett obrännbart material. Dess stomme består av gipskristaller, alltså kalciumsulfat med kemiskt bundet vatten (Burström, 2001). En normal 13mm tjock gipsskiva innehåller ungefär två liter kristallbundet vatten per kvadratmeter. Vattnet frigörs vid upphettning, en process som kallas kalcinering, vilket kräver mycket energi. Därför begränsas temperaturen på den icke brandutsatta sidan till under 100°C till dess att kalcineringen avstannat (Knauf Danogips, 2012).

Värt att tänka på är att kalcineringsprocessen startar redan vid ca 50°C och leder till sämre hållfasthetsegenskaper. Detta måste tas i beaktning exempelvis bakom elradiatorer.

Det finns ett flertal olika sorters gipsskivor framtagna för olika ändamål. I de fall då särskilt brandskydd eftersträvas används med fördel en brandgipsskiva. Denna är normalt tjockare än en vanlig gipsskiva (15mm istället för 13mm) och den viktigaste skillnaden är att den krymper mindre då det kemiskt bundna vattnet, kristallvattnet, förångas vid en brand (Gyproc, 2010). Därmed sitter skivan kvar i sin konstruktion även efter att kristallvattnet förångats.

En jämförelse av den kemiska sammansättningen mellan en brandgipsskiva och en vanlig gipsskiva visar att den största skillnaden ligger i att man i brandgipsskivan har tillsatt vermiculit (vulkaniskt mineral) och kaolin (lera). Detta ger brandgipsskivan dess formstabila egenskaper även vid höga temperaturer (Norgips 2014). Om olika skivtyper används bör brandgipsskivan sitta i det yttre skiktet för att uppnå så lång nedfallstid som möjligt.

Gemensamt för olika tillverkare av brandgipsskivor är ofta användandet av lermineral, men naturligtvis förekommer även andra tillsatser. För att ytterligare förbättra skivans brandskyddande egenskaper finns exempel där kartongbeklädningen ersatts med glasfiberväv. En sådan skiva uppfyller klass A1, medan en vanligt förekommande brandgipsskiva med kartongbeklädning uppfyller klass A2-s1, d0 (Knauf Danogips, 2012)

Beroende på vilken brandteknisk klass som en byggnadsdel skall klara krävs ofta fler än ett lager gips. Man talar om nedfallstid respektive starttid för förkolning av bakomvarande träregel eller bjälklag (Östman, 2012). Fler lager ger ett högre brandmotstånd eftersom en större mängd gips måste kalcineras innan branden påverkar bakomvarande konstruktion, se Figur 4.2. Detta framgår också i de beräkningsexempel som presenteras i BILAGA A.

EI 60	
EI 60	
EI 120	

Figur 4.2 Exempel på brandmotståndstider som uppnås med olika antal brandgipsskivor i en avskiljande vägg (Knauf Danogips, 2014).

4.3 Mineralull

Mineralull används främst för värmeisolering i byggnadsdelar, men dämpar även buller samt ger ett visst brandskydd. Mineralull är en gemensam beteckning för de båda icke organiska isolermaterialen sten- och glasull. Materialen är obrännbara och tillverkas genom att smälta råvara av sten respektive glas som sedan spinns till tunna trådar, fibrer. Ett bindemedel sprutas på trådarna innan isoleringen passerar en ugn för att härdas (Isover, 2014). Därefter kapas isoleringen till exempelvis skivor i lämplig storlek för att passa mellan reglarna i en väggkonstruktion eller i ett bjälklag, se Figur 4.3.



Figur 4.3 Skiva av glas- (främre) respektive stenull för användande som värmeisolering i en regelkonstruktion (Isover, 2014).

Materialet får ett högt luftinnehåll vilket tillsammans med det faktum att luft rörelser i isoleringen förhindras av fibrerna ger upphov till en låg värmekonduktivitet. Både sten- och glasull har i stort sett samma värmekonduktivitet (Swedisol, 2014) och är alltså likvärdiga ur värmeisoleringssynpunkt.

Precis som för gips så bör heller inte mineralull kontinuerligt utsättas för höga temperaturer. För de flesta produkter av mineralull så startar en nedbrytning av bindemedlet vid 200°C (Isover, 2014). Stenull har bättre brandegenskaper än glasull, vilket framgår av beräkningar i BILAGA B. Detta beror på att stenull har en betydligt högre smälttemperatur än glasull. Stenullens fibrer skyddar bakomvarande isolering även efter att bindemedlet i det yttre lagret brutits ner (Rockwool, 2014).

Utvecklingen går framåt även när det gäller isolermaterial. Ett exempel är ”Ultimate” från Isover som har en högre temperaturlåghet, samt en bättre isolerande förmåga vid höga temperaturer, tack vare dess patenterade kemiska sammansättning (Isover, 2014). Samtidigt bibehålls glasullens fina egenskaper i form av låg vikt och god värmeisoleringsförmåga.

4.4 Plast

Plast är ett material vars användning på senare år har ökat kraftigt i byggprodukter, möbler och inredningar. Plaster är organiska material och är alla brännbara. Karakteristiskt för plastbränder är dess snabba förlopp och intensiva hetta (Burström, 2001). Man skiljer på termoplaster (t.ex. PVC och polyeten) och hårdplaster (t.ex. epoxi- och polyuretanplast). Termoplaster mjuknar och smälter redan vid så låga temperaturer som 80°C och rinnande droppar bidrar till brandspridningen. En annan

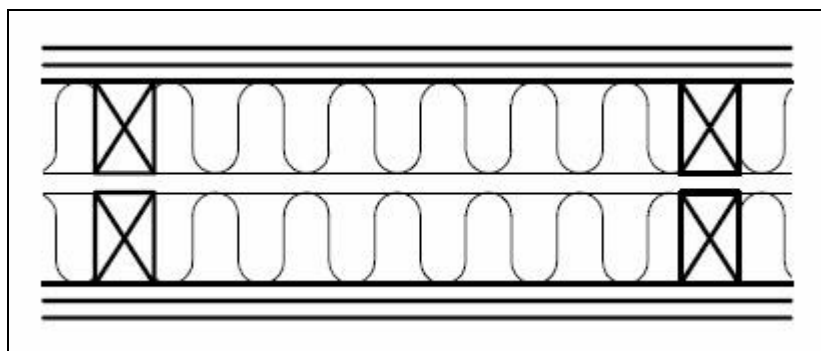
nackdel då PVC-plast brinner är att det bildas klorväte som tillsammans med vatten bildar saltsyra, vilken har en starkt korrosiv verkan på metaller. Korrosionen startar vid släckningsarbetet och fortsätter sedan i svåråtkomliga utrymmen och kan skapa svåra följdskador (Burström, 2001).

Härdplasterna brinner utan att smälta vilket gör dem något mindre brandfarliga än termoplasterna (Burström, 2001). Dock avges, precis som vid brand i termoplaster, hälsovådliga gaser.

Plast är således inget material att föredra ur brandsynpunkt och används inte heller i någon större utsträckning i A-hus väggkonstruktioner. Ett exempel på användningsområde är ändå de distanser som används mellan spikregel och stomme på en yttervägg. Distansen behövs för att inte klämma ihop fasadskivan, samtidigt som materialet är bra ur värmeledningssynpunkt.

5 Väggkonstruktioner

En vägg som separerar två intilliggande lägenheter kallas för lägenhetsskiljande vägg. På dessa väggar ställs särskilda krav på brandsäkerhet och ljudisolering. Johannesson förespråkar en regelvägg med dubbla fristående regelverk och dubbla ytskikt av skivmaterial för att uppnå kraven, se Figur 5.1. Försök har visat att en optimal ljudisolering uppnås vid ungefär 70mm isolering av vardera väggkonstruktionen (Johannesson, 1992).



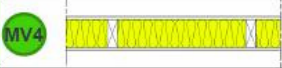
Figur 5.1 Exempel på väggkonstruktion som står emot brand och ljud på ett effektivt sätt (Johannesson, 1992).

Även på ytterväggar ställs krav på brand och ljud. Ytterväggen utgör en del av brandcellen och är dessutom ofta bärande vilket ställer ytterligare krav på konstruktionen. Samtidigt måste ljud utifrån begränsas inne i bostaden. Detta examensarbete fokuserar på brandkrav, men man bör känna till att ibland kan ljudkrav bli dimensionerande vid val av väggkonstruktion.

Som framgår av kommande kapitel så finns metoder att beräkna brandmotståndet hos vissa konstruktioner. Metoderna är dock redan från början relativt begränsade samtidigt som tillverkare av skiv- och isolermaterial hela tiden utvecklar sina produkter. Därför är det många gånger lämpligt att titta på tillverkarens information om vilket brandmotstånd som kan uppnås med deras produkter. Tillverkaren har då provat sina produkter, exempelvis brandklassar Isover olika konstruktioner med hjälp av provningsrapporter och brandlaboratorietester (Isover, 2014).

5.1 Konstruktionslösningar från Isover

Figur 5.2 visar ett exempel på hur Isover presenterar sina konstruktionslösningar och brandklassning för olika uppbyggnad av mellanväggar.

Väggnr			
Vägg tjocklek	146 mm	146 mm	205 mm
Material Träkonstruktion	13 mm gipsskiva, typ normal 120 mm träregel c 600 120 mm ISOVER Träregelskiva Glasull 13 mm gipsskiva, typ normal	13 mm gipsskiva, typ normal 120 mm träregel c 600 120 mm ISOVER ULTIMATE 36 13 mm gipsskiva, typ normal	15 mm gipsskiva, typ brand 15 mm gipsskiva, typ brand 145 mm träregel c 600 145 mm ISOVER ULTIMATE 36 15 mm gipsskiva, typ brand 15 mm gipsskiva, typ brand
Brand	1-sidig	1-sidig	1-sidig
	EI30	REI30	EI90
Last i brandfall [kN/m]		25	33,3
Virke	C14	C24	C24
Ljud : *** R ^w R ^w +C, 50-3150	ca. 37 - 40 dB lågt värde	ca. 37 - 40 dB lågt värde	ca. 42 - 44 dB 41 dB

Figur 5.2 Exempel på konstruktionslösningar och dess brand-/ljudegenskaper (Isover, 2014).

Intressant i just detta exempel är att ”Isover ultimate 36” ökar väggens integritet och isolerande förmåga från 30 till 90 minuter hos den visade väggkonstruktionen jämfört med motsvarande konstruktion med vanlig glasull. ”Ultimate” är en nyligen lanserad mineralull som kombinerar glasullens låga vikt och spänst med utmärkta brandegenskaper (Isover, 2014).

Också värt att notera är att bärighet (R) ställer betydligt högre krav på konstruktionen jämfört med om väggen bara har en avskiljande funktion. I detta fall (Figur 5.2) har man dels en tjockare stomme, dels dubbla lager 15mm brandgips på vardera sidan för att uppnå samma tidskrav som för den enbart avskiljande väggen.

5.2 Konstruktionslösningar från Knauf Danogips

Figur 5.3 visar några exempel på avskiljande väggar från Knauf Danogips. En typisk innervägg med ett lager normalgips på vardera sidan om regelstommen upprätthåller sin funktion i 30 minuter. Likaså om bägge lager gips placeras på ena sidan. Dubbelgips på båda sidor, alternativt tre lager gips på ena sidan, fördubblar brandmotståndstiden.

Används istället brandgipsskivan med en tjocklek på 15mm så ökar brandmotståndstiden till det dubbla jämfört med motsvarande konstruktion med normalgipsskivor.

Classic Board	
EI 30	
EI 60	
EI 30	
EI 60	
EI 90	
Secura Board	
EI 60	
EI 60	
EI 120	

Figur 5.3 Exempel på konstruktionslösningar från Knauf Danogips (Knauf Danogips, 2014).

6 Beräkning av brandmotstånd

Det finns flera teorier enligt vilka brandmotståndet hos en vägg kan beräknas. Ekvationer och konstanter baseras emellertid på provresultat och ibland finita elementberäkningar och simuleringar, vilket gör att beräkningsmetoderna endast kan utnyttjas till ett begränsat antal konstruktioner. Följande kapitel beskriver i detalj en metod ur Eurokod 5 för att beräkna brandmotståndet hos en träregelvägg med avskiljande funktion. Beräkningar för ett antal olika väggkonstruktioner återfinns i Bilaga B.

6.1 Beräkning enligt Eurokod 5

I EN 1995-1-2, Bilaga E, presenteras en ”informativ” beräkningsmetod för brandmotståndet hos en avskiljande vägg bestående av flera skikt. Denna metod kan användas enligt respektive lands nationella bilaga (Östman, 2012). För svensk del innebär detta enligt Boverkets författningssamling, EKS, att metoden endast får användas för väggar lägre än tre meter (Boverket, 2013).

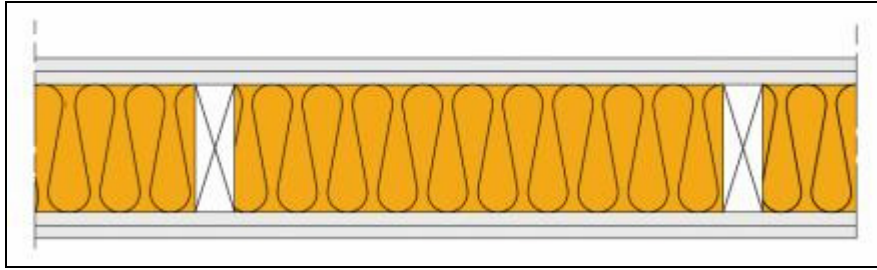
Kravet är att t_{ins} , dvs. tiden till dess att temperaturökningen på den icke brandutsatta sidan ökat med i genomsnitt 140 K alternativt 180 K i någon punkt, är tillräckligt lång för att klara aktuellt krav på avskiljande förmåga. En vägg består i regel alltid av flera sammansatta skikt och det totala brandmotståndet beräknas genom att addera respektive ingående skikts brandmotstånd, $t_{ins,i}$ (SIS, 2010). Primärt är det materialskiktens isolerförmåga som blir avgörande för dess brandmotstånd, men även skiktens position liksom typ av intilliggande material spelar in. Detta hanteras med hjälp av en positionskoefficient, $k_{pos,i}$ (Östman, 2012).

Skarvar är oftast svårt att undvika och dess inverkan på det totala brandmotståndet hanteras med en koefficient för skarvar, $k_{j,i}$. Varje skikts bidrag till det totala brandmotståndet kan beräknas enligt ekvation (6.1) nedan,

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,0,i} \times k_{pos,i} \times k_{j,i} \quad (6.1)$$

där $t_{ins,0,i}$ är grundvärdet för respektive materialskikts isolering mätt i minuter (SIS, 2010). Grundvärdet, $t_{ins,0,i}$ ges av ekvationer i Eurokod 5 för ett antal skivmaterial samt isolering i form av sten- respektive glasull. Värdet beror på skiktets material och tjocklek. Ekvationerna för beräkning av $t_{ins,0,i}$ presenteras i BILAGA A och kan användas för brandmotståndstider upp till 60 minuter.

Positionskoefficienterna, $k_{pos,i}$, ges också av ekvationer i Eurokod 5. Totalt upp till fyra lager med skivmaterial (två på vardera sidan om regelstommen) hanteras för ett antal kombinationer av skivmaterial och eventuell mellanliggande isolering, se Figur 6.1. En sammanställning av ekvationer och tabellvärden presenteras i BILAGA A.



Figur 6.1 Exemplifiering av isolerad träregelvägg med dubbla skivlager på vardera sidan (Isover, 2014).

Koefficienten för skarvar, k_j , sätts enligt Eurokod till 1;

- då skivfogar är fästa mot virkesdel, eller skivremsa, med minst samma tjocklek,
- då skivfogar är fästa mot en bärande virkesdel,
- då skiktet utgörs av träpanel (fogar hanteras här i $t_{ins,0}$),
- för fogar mellan isolerskivor.

Dessa typer av skarvar anses alltså inte ha någon negativ inverkan på brandmotståndet. Icke understödda skivskarvar däremot, sänker brandmotståndet. Tabell A.5 och Tabell A.6 i BILAGA A anger k_j för ett antal olika typer av skarvar enligt Eurokod 5.

6.2 Alternativa metoder

Som synes i beräkningar enligt Eurokod 5 så görs ingen skillnad mellan normal- och brandgipsskivor vid beräkning av brandmotståndstiden för skivan, endast tjockleken tas i beaktning. Som nämnts tidigare så gör brandgipsskivans ökade formstabilitet vid höga temperaturer att skivan sitter kvar på väggen under en längre tid jämfört med normalgipsskivan. Detta bör rimligtvis avspeglas i längre brandmotståndstid.

Östman et al. presenterar en alternativ metod för beräkning av brandmotståndstider för väggar med avskiljande funktion. Metoden baseras på omfattande experimentella resultat och finita elementberäkningar (Östman, 2012). I metoden har man tagit hänsyn just till brandgipsens förbättrade egenskaper genom att införa en korrektionsfaktor som adderas till materialets grundvärde.

Beräkningsmetoden påminner i hög grad om Eurokod 5, men kan i vissa länder behöva godkännas nationellt eller av lokala myndigheter. I Sverige, liksom i övriga nordiska länder, är metoden accepterad för praktisk användning (Östman, 2012). Det är därmed inte konstigt att de brandmotståndstider som anges av materialtillverkare för vissa konstruktioner ibland är betydligt högre än vid beräkning enligt Eurokod 5.

Brandmotståndet hos bärande väggkonstruktioner kan även de beräknas enligt teorier i Eurokod 5. Precis som för avskiljande väggkonstruktioner så finns också mer avancerade modeller. För en träregelvägg studeras exempelvis förkolningshastighet och reducerad bärförmåga.

7 Diskussion

De konstruktionslösningar som presenteras i rapporten är alla möjliga att tillverka i A-hus produktionsanläggning. Begränsningar ligger främst i väggblockens storlek och vikt eftersom kapaciteten på monteringsbord och i traverser måste räcka till. Sedan kan diskuteras vilka lösningar som är bättre eller sämre än andra när det gäller att underlätta för produktionen. Något som sparar arbete är om väggblocket kan byggas utan att vändas på monteringsbordet. Väggarna tillverkas nämligen liggande. Detta kan vara klokt att ha i åtanke även om det i praktiken blir omöjligt att undvika minst en vändning då gipsskivor skall skruvas på båda sidor om väggen. Kanske kan limning vara en lösning, men då krävs antagligen en ganska kort härdningstid.

Något som inte diskuterats i rapporten är montering av väggblocken på byggplats. För att möjliggöra fastsättning och sammanfogning av väggblocken krävs åtkomst för infästning med exempelvis skruv eller beslag. Detta gör att delar av väggen, ofta i ändarna, inte kan monteras på fabrik utan måste kompletteras i efterhand. Detta ger upphov till skarvar, som om de inte utförs på ett genomtänkt sätt kan påverka brandmotståndet negativt.

Likaså kan installationer i väggen påverka brandmotståndet. Placering och/eller val av eldosor liksom andra genomföringar måste projekteras på ett korrekt sätt för att väggen skall klara den brandklass som den är dimensionerad för. Detta är ett annat område som kan studeras mer i detalj framöver.

Ljudkrav spelar en viktig roll vid konstruktionen av en vägg i ett flerbostadshus. Detta har nämnts kortfattat i rapporten. Det blir inte helt meningsfullt att jämföra olika konstruktioner och optimera bara för brand eftersom ljudkraven samtidigt måste uppfyllas. För att möjliggöra en sådan optimering bör ett liknande arbete initieras även för ljudklassning av väggar med trästomme. Då kan man i ett tredje steg knyta ihop de båda funktionerna och på så sätt möjliggöra en utvärdering och optimering, både med avseende på brand och på ljud. Likaså bör produktivitet och kostnad studeras mer i detalj.

Som rekommendation till fortsatt arbete ges även att studera de mer avancerade metoder som finns, och är accepterade i Sverige, för beräkning av brandmotstånd. På så sätt möjliggörs beräkning av en större mängd olika konstruktionslösningar. Dessutom bör man titta på beräkning av brandmotstånd i bärande väggar. Detta blir nödvändigt vid verifiering av brandmotståndet i en hel huskropp.

8 Slutsatser

Grundläggande teori har behandlats för att skapa en bättre förståelse för vilka krav som ställs på en viss typ av vägg, samt öka möjligheterna att skapa en effektiv väggkonstruktion. Detta tillsammans med utvärdering av ett antal olika konstruktionslösningar skapar en ökad förståelse för vilka delar som har större respektive mindre påverkan på brandmotståndet.

Efter beräkning enligt Eurokod 5 av brandmotstånd för ett antal olika konstruktioner dras vissa slutsatser. Brandmotståndet hos en vägg kan ökas genom att hålrummet mellan regelstommen fylls med isolering. Är isoleringen av typen glasull så blir ökningen av brandmotståndet marginell. Används däremot stenull så blir ökningen betydande. I exemplet med stenull jämfört med glasull i Bilaga B uppnår båda väggarna bara klass EI30, eftersom nästa kravnivå är EI60. Dock är lösningen med stenull mycket nära att klara 60 minuter, vilket enkelt skulle kunna uppnås med en något tjockare väggkonstruktion.

Mängden gips (skivtjocklek eller antal skivor) har som synes stor inverkan på brandmotståndet. I exemplet med 70mm stomme i Bilaga B uppnås EI60 med dubbla lager normalgips på vardera sidan och får anses vara en mer effektiv lösning än isolering då väggstjockleken skall hållas nere.

Det finns olika typer av gipsskivor som har olika brandegenskaper. Brandgips har en sammansättning som gör skivan mer formstabil vid brand jämfört med en vanlig gipsskiva. Detta gör att brandgipsskivan sitter kvar på väggen under en längre tid. Beräkningsmetoden i Eurokod 5 tar inte hänsyn till detta och beräkningsresultaten visar därför bara en ökning av brandmotståndet i förhållande till den ökade skivtjockleken. Studeras däremot brandmotståndstider för brandgips i olika tillverkares anvisningar så framkommer att brandmotståndet ökas betydligt.

För att få bästa möjliga utnyttjandegrad på gipsskivornas brandmotstånd bör brandgipsskivan placeras ytterst i de fall då även normalgips används i konstruktionen. Anledningen är just att brandgipsskivan sitter kvar under en längre tid och höjer nyttjandegraden även för normalgipsskivan.

Det finns idag produkter på marknaden som är speciellt framtagna för att uppnå ett högt brandmotstånd. Isovers isolerskiva "Ultimate" är ett exempel. Den extra kostnad som ofta är förenad med specialprodukter är ibland svår att motivera, men produkterna lämpar sig utmärkt där väggstjocklek eller vikt måste hållas nere.

Beräkningsmetoden enligt Eurokod 5 bör bara användas vid beräkning av brandmotstånd för väggar med vissa typer av material. Vid användning av bättre, mer utvecklade, produkter blir metoden för konservativ och ger alldeles för korta brandmotståndstider.

9 Referenser

- Bengtson S, et al. (2012): *Brandskyddshandboken*. Lund: Lunds tekniska högskola.
- Burström, P G. (2001): *Byggnadsmaterial*. Lund: Studentlitteratur.
- Boverket (2013): *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)*, Boverket, Karlskrona.
- Boverket (2013): *Boverkets byggregler BBR 20, Avsnitt 5, Brandskydd*, Boverket, Karlskrona.
- Fallqvist, K. et al. (2013): *Brandskydd i Boverkets byggregler*, Stockholm: Brandskyddsföreningen.
- Gyproc (2010): *Gyproc Handbok: system för lättbyggnadsteknik*, Gyproc, Bålsta.
- ISOVER (2014): *Konstruktionslösningar – Brandklassade konstruktioner*. <http://www.isover.se> (2014-05-05).
- ISOVER (2014): *Vad är mineralull?* <http://www.isover.se> (2014-05-31).
- Johannesson, C M (1992): *Träbyggnadshandbok: 3 Väggar*. Stockholm: Träinformation och Träteknik - Institutet för träteknisk forskning.
- Juhlin, C. (2006): *Brandskydd av väggar i volymbyggda trähus*. Luleå: Luleå tekniska universitet. (Examensarbete inom Institutionen för samhällsbyggnad. Avdelningen för byggkonstruktion).
- Knauf Danogips (2012): *Manual 2011*, Knauf Danogips, Åhus.
- Knauf Danogips (2014): *Byggefysik & regler*. <http://www.knaufDanogips.se> (2014-04-15).
- Norgips (2014): *Produkter – Gipsskivor*. <http://www.norgips.se> (2014-04-08).
- Rockwool (2014): *Skillnader som märks*. <http://www.rockwool.se> (2014-05-31).
- SIS - Swedish Standards Institute (2007): *Eurokod 1: Laster på bärverk, Del 1-2: Allmänna laster, Termisk verkan av brand*, SIS, Stockholm.
- SIS - Swedish Standards Institute (2010): *Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner – Del 1-2: Allmänt – Brandteknisk dimensionering*, SIS, Stockholm.
- SP (2014): *Brandprovning – bygg*. <http://www.sp.se> (2014-04-17).
- Stehn, L. et al. (2008): *Byggandet av flervåningshus i trä: erfarenheter efter tre års observation av träbyggandets utveckling*. Växjö: VXU (VXU rapport: 49).

- Svensson, M. (2007): *Redovisning av tekniska lösningar för trävolymbyggande*. Luleå: Luleå tekniska universitet. (Examensarbete inom Institutionen för samhällsbyggnad. Avdelningen för byggkonstruktion).
- Swedisol (2014): *Om isolering*. <http://www.swedisol.se> (2014-05-31).
- Thor, J. (2012): *Bärande konstruktioner och brand*. Stockholm: Brandskyddslaget AB.
- TräGuiden (2014): *Brandegenskaper*. <http://www.traguiden.se> (2014-04-18).
- Östman, B. et al. (2012): *Brandsäkra trähus version 3*, Stockholm: SP trä.

Figurförteckning

Figur 2.1	Hierarkisk uppbyggnad av regelverk gällande brandteknisk dimensionering (Bengtson, 2012).....	4
Figur 3.1	Byggnad i Br1, exempelvis byggnad med tre eller fler våningar, hotell, vårdanläggning eller liknande (Knauf Danogips, 2014).....	9
Figur 3.2	Byggnad i Br2, exempelvis två våningsplan och en byggnadsarea större än 200m ² eller samlingslokal i markplanet (Knauf Danogips, 2014).....	9
Figur 3.3	Byggnad i Br3, exempelvis småhus och enplansbyggnader (Knauf Danogips, 2014).....	9
Figur 3.4	Vägg med krav endast på bärförmåga, R. Branden tillåts sprida sig igenom väggen (Knauf Danogips, 2014).....	10
Figur 3.5	Vägg med krav på bärrighet och avskiljande förmåga, REI. Branden tillåts inte sprida sig igenom väggen (Knauf Danogips, 2014).....	11
Figur 3.6	Vägg med krav på avskiljande förmåga, EI. Väggen är inte en bärande konstruktion (Knauf Danogips, 2014).	11
Figur 3.7	Brandgastemperaturen i en brandcell beräknad enligt ISO 834 (Thor, 2012).	12
Figur 3.8	Exempel på olika nominella brandförlopp enligt Eurokod (Thor, 2012).	12
Figur 3.9	Utformning av bärverkets brandskydd för flervåningshus i Br1 med brandbelastning av högst 800 MJ/m ² (Thor, 2012).	15
Figur 4.1	Kolskiktet som bildas på ytan vid brand skyddar de inre delarna som därmed bibehåller sin stabilitet och hållfasthet (TräGuiden, 2014).....	17
Figur 4.2	Exempel på brandmotståndstider som uppnås med olika antal brandgipsskivor i en avskiljande vägg (Knauf Danogips, 2014).....	18
Figur 4.3	Skiva av glas- (främre) respektive stenull för användande som värmeisolering i en regelkonstruktion (Isover, 2014).....	19
Figur 5.1	Exempel på väggkonstruktion som står emot brand och ljud på ett effektivt sätt (Johannesson, 1992).....	21
Figur 5.2	Exempel på konstruktionslösningar och dess brand-/ljudegenskaper (Isover, 2014).....	22
Figur 5.3	Exempel på konstruktionslösningar från Knauf Danogips (Knauf Danogips, 2014).....	23
Figur 6.1	Exemplifiering av isolerad träregelvägg med dubbla skivlager på vardera sidan (Isover, 2014).	25

Figur A.1	Definition av respektive skikts numrering (SIS, 2010).	37
-----------	---	----

Tabellförteckning

Tabell A.1	Värden på faktorn k_{dens} för isolermaterial. Interpolering för mellanliggande densiteter är tillåtet (SIS, 2010).....	35
Tabell A.2	Positionskoefficient, k_{pos} , vid enkelt skivlager på brandexponerad sida (SIS, 2010).	36
Tabell A.3	Positionskoefficienter, k_{pos} , vid enkelt skivlager på icke brandexponerad sida (SIS, 2010).....	37
Tabell A.4	Positionskoefficienter k_{pos} för väggar med bubbla skivlager (SIS, 2010).	38
Tabell A.5	Fogkoefficienter, k_j , för skarvar mellan träbaserade skivor utan understöd (SIS, 2010).	39
Tabell A.6	Fogkoefficienter, k_f , för skarvar mellan gipsskivor av typ A, H och F utan understöd (SIS, 2010).	40

BILAGA A. Dimensionering enligt Eurokod 5

I denna bilaga beskrivs hur brandmotståndet kan beräknas i minuter för en vägg med avskiljande funktion. Ekvationer och tabellvärden är hämtade ur Eurokod 5.

Basvärden för skivors isolerförmåga, $t_{ins,0}$

Nedan följer ekvationer för beräkning av värden på isolerförmåga som funktion av skivtjocklek, h_p , hos olika skivmaterial enligt Eurokod 5 (SIS, 2010). Värdena kan användas för brandmotståndstider upp till 60 minuter.

Plywood med karakteristisk densitet $\geq 450 \text{ kg/m}^3$:

$$t_{ins,0} = 0,95 \times h_p \quad (\text{A.1})$$

Spånskivor och träfiberskivor med karakteristisk densitet $\geq 600 \text{ kg/m}^3$:

$$t_{ins,0} = 1,1 \times h_p \quad (\text{A.2})$$

Träpaneler med karakteristisk densitet $\geq 400 \text{ kg/m}^3$:

$$t_{ins,0} = 0,5 \times h_p \quad (\text{A.3})$$

Gipsskivor av typ A, F, R och H:

$$t_{ins,0} = 1,4 \times h_p \quad (\text{A.4})$$

Eurokod 5 presenterar även basvärden för isolering i form av sten- och glasull. För hålrum, delvis eller helt fyllda med isolering, bör basvärdet för skivornas isolering bestämmas enligt;

Stenull:

$$t_{ins,0} = 0,2 \times h_{ins} \times k_{dens} \quad (\text{A.5})$$

Glasull:

$$t_{ins,0} = 0,1 \times h_{ins} \times k_{dens} \quad (\text{A.6})$$

h_{ins} är isolerskiktets tjocklek och faktorn k_{dens} beror av isolermaterialets densitet, se Tabell A.1.

Tabell A.1 Värden på faktorn k_{dens} för isolermaterial. Interpolering för mellanliggande densiteter är tillåtet (SIS, 2010).

Isolermaterial	Densitet [kg/m ³]	k_{dens}
Stenull	26	1,0
	50	1,1
Glasull	15	0,9
	20	1,0
	26	1,2

Ej isolerade hålrum anses också bidra till brandmotståndet. För hålrum med djup mellan 45 och 200 mm kan basvärdet $t_{ins,0} = 5$ minuter användas (SIS, 2010).

Positionskoefficienter k_{pos}

Eurokod skiljer på enkelt och dubbelt skivlager på vardera sidan om regelstommen vid beräkning av k_{pos} . För väggar med endast ett skivlager på respektive sida om stommen gäller ekvation A.7 och A.8, tillsammans med Tabell A.2 för den exponerade ytan och Tabell A.3 för den oexponerade ytan (SIS, 2010). Positionskoefficient för hålrum samt isolering bör sättas till 1,0.

$$k_{pos} = \min \begin{cases} 0,02 \times h_p + 0,54 \\ 1 \end{cases} \quad (\text{A.7})$$

$$k_{pos} = 0,07 \times h_p - 0,17 \quad (\text{A.8})$$

Tabell A.2 Positionskoefficient, k_{pos} , vid enkelt skivlager på brandexponerad sida (SIS, 2010).

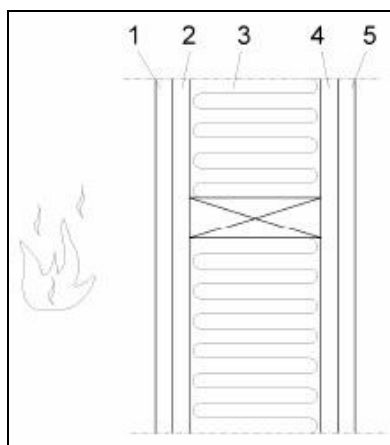
Skivtyp på exponerad sida	Tjocklek [mm]	Positionskoefficient k_{pos}	
		Med bakomliggande isolering	Utan bakomliggande isolering
Plywood ($\rho \geq 450 \text{ kg/m}^3$)	9 - 25	Ekvation (A.7)	0,8
Spånskiva, Träfiberskiva ($\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$)	9 - 25		
Träpanel ($\rho \geq 400 \text{ kg/m}^3$)	15 - 19		
Gipsskiva (typ A, H, F)	9 - 15		

Tabell A.3 Positionskoefficienter, k_{pos} , vid enkelt skivlager på icke brandexponerad sida (SIS, 2010).

Skivtyp på oexponerad sida	Tjocklek [mm]	Positionskoefficient k_{pos}				
		Med bakomliggande glasull	Med bakomliggande stenull, tjocklek [mm]*;			Utan bakomliggande isolering
			45-95	145	195	
Plywood ($\rho \geq 450 \text{ kg/m}^3$)	9 - 25	Ekvation (A.8)	1,5	3,9	4,9	0,6
Spånskiva, Träfiberskiva ($\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$)	9 - 25	Ekvation (A.8)				0,6
Träpanel ($\rho \geq 400 \text{ kg/m}^3$)	15	0,45				0,6
	19	0,67				
Gipsskiva (typ A, H, F)	9 - 15	Ekvation (A.8)				0,7

* Interpolering är tillåtet för mellanliggande tjocklekar.

För väggar med dubbla materialskikt på respektive sida om regelstommen, se Figur A.1, ska enligt Eurokod istället Tabell A.4 användas för att bestämma k_{pos} för respektive skikt.



Figur A.1 Definition av respektive skikts numrering (SIS, 2010).

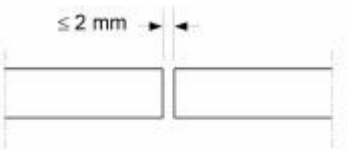
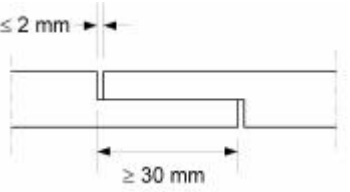
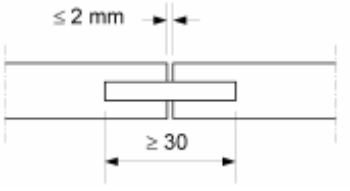
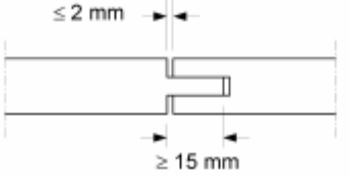
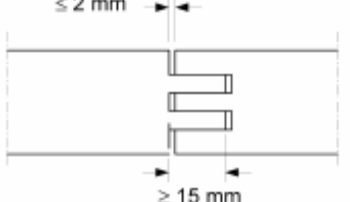
Tabell A.4 Positionskoefficienter k_{pos} för väggar med bubbla skivlager (SIS, 2010).

Bärverk:		k_{pos} för skikt nr;				
Material i skikt nr		1	2	3	4	5
1,2,4,5 3	Träbaserad skiva Hålrums	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7
1,2,4,5 3	Gipsskiva typ A eller H Hålrums	1,0	0,8	1,0	0,8	0,7
1,5 2,4 3	Gipsskiva typ A eller H Träbaserad skiva Hålrums					
		1,0	0,8	1,0	0,8	0,7
1,5 2,4 3	Träbaserad skiva Gipsskiva typ A eller H Hålrums					
		1,0	0,6	1,0	0,8	0,7
1,2,4,5 3	Träbaserad skiva Stenullsisolering	0,7	0,6	1,0	1,0	1,5
1,2,4,5 3	Gipsskiva typ A eller H Stenullsisolering	1,0	0,6	1,0	0,9	1,5
1,5 2,4 3	Gipsskiva typ A eller H Träbaserad skiva Stenullsisolering					
		1,0	0,8	1,0	1,0	1,2
1,5 2,4 3	Träbaserad skiva Gipsskiva typ A eller H Stenullsisolering					
		1,0	0,6	1,0	1,0	1,5

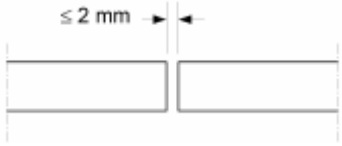
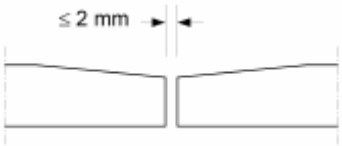
Fogkoefficienter k_j

Inverkan från fogar bedöms för träbaserade skivmaterial utan understödda fogar enligt Tabell A.5 (SIS, 2010). För skikt av gipsskivor av typ A, H och F enligt EN 520 (A är normalgips och F är brandgips) får fogkoefficienten värden enligt Tabell A.6. Skarvar mellan isolerskivor bedöms inte påverka brandmotståndet och fogkoefficienten sätts till $k_j=1$.

Tabell A.5 Fogkoefficienter, k_j , för skarvar mellan träbaserade skivor utan understöd (SIS, 2010).

Typ av skarv	k_j
	0,2
	0,3
	0,4
	0,4
	0,6

Tabell A.6 Fogkoefficienter, k_f , för skarvar mellan gipsskivor av typ A, H och F utan understöd (SIS, 2010).

Typ av skarv	k_j
	Fylld fog: 1,0 Ofylld fog: 0,2
	Fylld fog: 1,0 Ofylld fog: 0,15

BILAGA B. Beräkningar

Beräkningar utförda enligt Eurokod 5 för ett antal olika väggkonstruktioner med avskiljande förmåga. De olika väggkonstruktionerna är valda så att jämförelser med materialtillverkarens uppgifter om brandmotstånd skall bli möjliga, samt för att visa effekter utav extra lager gipsskivor och/eller isolering.

Skivskarvar antas utförda med bakomliggande regel varvid fogkoefficienten k_j sätts till 1. Väggen är exponerad mot brand på ena sidan, och materialskikten numreras med start från den exponerade sidan.

Ett lager normalgips på vardera sidan. Oisolerad stomme.



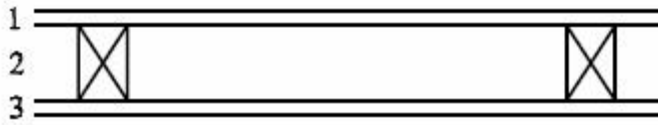
$$t_{ins,1} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 0,8 \times 1 = 14$$

$$t_{ins,2} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 5 \times 1 \times 1 = 5$$

$$t_{ins,3} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 0,7 \times 1 \approx 12,3$$

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,i} = 14 + 5 + 12,3 \approx \underline{31 \text{ min}}$$

Ett lager brandgips på vardera sidan. Oisolerad stomme.



$$t_{ins,1} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 15 \times 0,8 \times 1 = 16,8$$

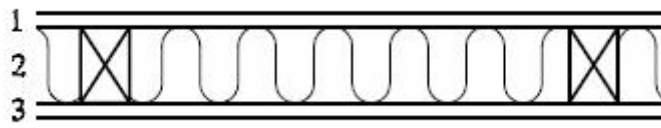
$$t_{ins,2} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 5 \times 1 \times 1 = 5$$

$$t_{ins,3} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 15 \times 0,7 \times 1 = 14,7$$

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,i} = 16,8 + 5 + 14,7 \approx \underline{37 \text{ min}}$$

Notera att brandmotståndet endast ökar med sex minuter jämfört med normalgips. Detta beror på att Eurokod inte tar hänsyn till brandgipsens förbättrade brandegenskaper, utan räknar konservativt genom att enbart inkludera den ökade tjockleken. Det finns bättre, mer avancerade, metoder för att hantera detta som dock inte används i detta examensarbete.

Ett lager normalgips på vardera sidan. 70mm glasull som mellanliggande isolering.



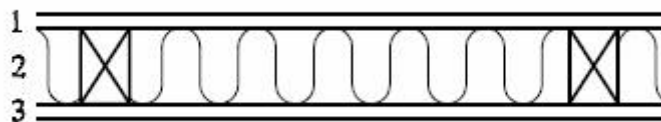
$$t_{ins,1} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times \min \left\{ \frac{0,02 \cdot 12,5 + 0,54}{1} \right\} \times 1 \approx 13,8$$

$$t_{ins,2} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 0,1 \cdot 70 \cdot 0,95 \times 1 \times 1 \approx 6,7$$

$$t_{ins,3} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times (0,07 \cdot 12,5 - 0,17) \times 1 \approx 12,3$$

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,i} = 13,8 + 6,7 + 12,3 \approx \underline{33 \text{ min}}$$

Ett lager normalgips på vardera sidan. 70mm stenull som mellanliggande isolering.



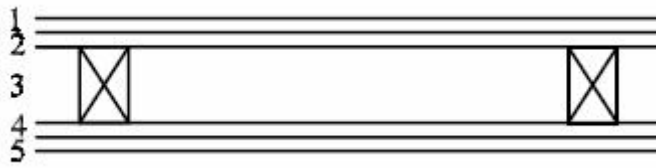
$$t_{ins,1} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times \min \left\{ \frac{0,02 \cdot 12,5 + 0,54}{1} \right\} \times 1 \approx 13,8$$

$$t_{ins,2} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 0,2 \cdot 70 \cdot 1,0 \times 1 \times 1 = 14$$

$$t_{ins,3} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 1,5 \times 1 \approx 26,3$$

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,i} = 13,8 + 14 + 26,3 \approx \underline{54 \text{ min}}$$

Dubbla lager normalgips på vardera sidan. Oisolerad stomme



$$t_{ins,1} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 1,0 \times 1 = 17,5$$

$$t_{ins,2} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 0,8 \times 1 = 14$$

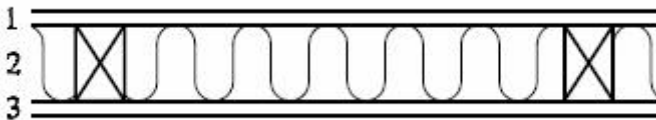
$$t_{ins,3} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 5 \times 1 \times 1 = 5$$

$$t_{ins,4} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 0,8 \times 1 = 14$$

$$t_{ins,5} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times 0,7 \times 1 \approx 12,3$$

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,i} = 17,5 + 14 + 5 + 14 + 12,3 \approx \underline{63 \text{ min}}$$

Ett lager normalgips på vardera sidan. 120mm glasull som mellanliggande isolering



$$t_{ins,1} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times \min \left\{ \frac{0,02 \cdot 12,5 + 0,54}{1} \right\} \times 1 \approx 13,8$$

$$t_{ins,2} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 0,1 \cdot 120 \cdot 0,95 \times 1 \times 1 = 11,4$$

$$t_{ins,3} = t_{ins,0} \times k_{pos} \times k_j = 1,4 \cdot 12,5 \times (0,07 \cdot 12,5 - 0,17) \times 1 \approx 12,3$$

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,i} = 13,8 + 11,4 + 12,3 \approx \underline{38 \text{ min}}$$