

Lufttäthetsprovning av större byggnader i sin helhet

– En studie av lufttätheten i en stor skolbyggnad med klassning Miljöbyggnad
Silver

*Emelie Appelberg
Stockholm, december 2014*

Förord

Denna rapport är resultatet av ett projekt finansierat av SBUF och MVB Öst AB. Rapporten har kommit till med hjälp av duktiga kollegor, entreprenörer och konsulter. Tack till inblandade kollegor från MVB Öst AB; Joakim Persson, Per B Eriksson, Tobias Lundberg och Bengt Lundberg. Tillsammans kompletterade vi varandra och gjorde att det fortlöpande arbetet med lufttäthetsåtgärder och provningar planerades och genomfördes på ett bra sätt.

Tack till MVB Öst's VD Per Ununger för uppmuntran och initiativtagande.

Tack även till Joel Heinze och Christoffer Gustafsson på Energikompetens AB, som på helger och kvällar bistådde med sin expertis och utrustning för att trycksättningar och tester av en tom byggnad utanför ordinarie arbetstid skulle kunna komma till stånd.

Tack till Stefan Ekström, Ekströms VVS-Teknik AB för värdefulla tips och hjälp vid läckagesökningar i ett tidigt skede.

Slutligen tack till Fredrik Engström, Mälarluft AB, för detaljkunskap och hjälp med det installerade ventilationssystemet.

Stockholm, december 2014



Emelie Appelberg

Abstract

The questions regarding how eco-friendly and energy efficient buildings can be achieved are more relevant than ever, and the factors and methods that contribute to this can constantly be improved. The energy performance and environmental classification of buildings are affected by several different factors, amongst which the airtightness of the buildings envelope is an important one.

This report deals with two different problems: The choice of pressurization method for pressure testing of a building's overall envelope at once, and how a large building constructed with curtain walls can achieve high airtightness requirements. This is defined by the question at hand:

- How can a building be pressure tested in its entirety and still achieve high standards?

As a case study the object "Mariehällsskolan" was used. The project is a school and kindergarten in Bromma in northwestern Stockholm, which is part of the new residential area named Annedal. The requirement for the buildings airtightness is a maximum air flow of 0.3 l / sm² through the building envelope, as part of the classification Miljöbyggnad Silver.

The result was obtained by a preparatory literature review which penetrated various pressurization methods and descriptions of critical structural elements regarding air tightness. This was followed by an empirical survey of the sources of error in the building design and construction. Zones in the building were pressurized and points of leakage were detected, after which these areas were rectified. Pressure testing was carried out using blower door fans assembled at doorways.

The final result for the building was achieved at 0.37 l / sm². The conclusion drawn was that a number of leakage points could be traced back to the design of the building, whereas some leakage points were due to sloppy workmanship. The latter were of course taken care of during the leakage detection. In order to meet high air tightness requirements of a building, this needs to be considered early in the planning phase; when selecting type of structure, technical solutions and details etcetera. In terms of the construction phase, resources need to be deployed at an early stage in order to train artisans and thus ensure that moisture barriers are dealt with accordingly.

Keywords: Airtightness, pressurizing, airtight construction, energy efficiency, construction

Sammanfattning

Frågorna kring hur miljövänliga och energisnåla byggnader uppnås är mer aktuella än någonsin, varför faktorerna och metoderna som bidrar till detta ständigt kan förbättras. Energiprestandan och miljöklassningen hos byggnader påverkas av ett flertal olika delar, varibland klimatskalets lufttäthet är en viktig faktor.

Denna rapport behandlar två olika problemställningar: Valet av trycksättningsmetod vid provtryckning av en byggnads totala klimatskal vid ett och samma tillfälle, samt hur en stor byggnad utförd med utfackningsväggar kan uppnå högt ställda täthetskrav. Detta definieras i frågeställningen

- Hur kan man täthetsprova en byggnad i sin helhet och fortfarande uppnå höga krav?

Som testprojekt används objektet "Mariehällsskolan". Projektet är en skola och förskola i Bromma i nordvästra Stockholm som utgör en del av det nya bostadsområdet Annedal. Kravet på byggnadens lufttäthet är ett maximalt luftflöde av 0,3 l/m²s genom byggnadens klimatskal, som en del i målet att uppnå klassningen Miljöbyggnad Silver.

Resultatet erhöles genom en förberedande litteraturstudie som penetrerade olika trycksättningsmetoder och beskrivningar av kritiska byggnadsdelar med avseende på lufttäthet. Efter detta gjordes en empirisk kartläggning av felkällor i byggnadens konstruktion och utförande. Zoner i byggnaden täthetsprovades och läckagesöktes och i takt med detta åtgärdades upptäckta läckage. Trycksättning skedde med hjälp av blower door-fläktar som monterades i dörröppningar.

Slutresultatet som uppnåddes för byggnaden var 0,37 l/sm². Slutsatsen som drogs var att ett flertal läckagepunkter kunde härledas till byggnadens konstruktion, samtidigt som andra berodde på slarvigt utförande. De sistnämnda fick därför åtgärdas vid läckagesökningarna. För att uppnå höga lufttäthetskrav i en byggnad behöver hänsyn till detta tas redan i projekteringen, till exempel vid val av stomutförande, tekniska lösningar och detaljer etcetera. Produktionsmässigt behöver resurser sättas in i ett tidigt skede för att utbilda hantverkare och säkerställa handhavandet med fuktspärrar och dylikt.

Nyckelord: Lufttäthet, trycksättning, lufttätt byggande, energieffektivitet, byggproduktion

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	8
2	Syfte.....	9
3	Frågeställning	9
4	Avgränsningar.....	9
5	Genomförande	10
5.1	Arbetets upplägg	10
5.2	Tidplan.....	10
5.3	Organisation	10
6	Resultat.....	11
6.1	Litteraturstudie.....	11
6.1.1	Utmaningar och riskfaktorer i urval:	11
6.1.2	Vad man vet och hur man gör i dagsläget.....	12
6.1.3	Läckagesökning.....	12
6.1.4	Trycksättning med blower doors.....	13
6.1.5	Trycksättning med ventilationssystemet	13
6.1.6	Kombinationsmetoden.....	13
6.2	Fallstudie	14
	Metodik i korthet	14
6.2.1	Val av trycksättningsmetod till totala provtryckningen	15
6.2.2	Identifiering av kritiska punkter samt varför de uppkommer.....	15
6.2.3	Åtgärder och förbättringar	17
6.2.4	Test av rum och mindre zoner.....	18
6.2.4.1	331 Helgruppsrum.....	18
6.2.4.2	443 Helgruppsrum.....	20
6.2.4.3	Fläktrum 507.....	26
6.2.4.4	Gymnastiksal	28
6.2.4.5	Del 1.....	30
6.2.5	Total provtryckning	31
6.2.5.1	Omgång 1	31
6.2.5.2	Omgång 2	31
6.2.5.3	Omgång 3	32
6.2.5.4	Omgång 4	32
7	Slutsats och analys.....	33

8	Referenser	35
9	Bilagor.....	36

1 Bakgrund

I dagens miljömedvetna samhälle läggs allt mer fokus på att bygga så energieffektivt som möjligt mätt under en byggnads hela livscykel. Energiprestandan och miljöklassningen hos byggnader påverkas av ett flertal olika delar, varibland klimatskalets lufttäthet är en viktig faktor. I normalfallet görs lufttäthetsmätningar i delar av en byggnad, så kallade stickprov, som sedan sägs kunna utgöra referens för byggnadens totala lufttäthet. Hur säkra är då dessa stickprov och vore det inte bättre att kunna lufttäthetsmäta byggnader i sin helhet?

Det är okänt om det finns dokumenterade fall där en byggnad har genomgått ett sådant test under högt ställda lufttäthetskrav varför frågeställningen i detta projekt lyder som följer: Hur utförs en lufttäthetsprovning av en byggnad i sin helhet, vilka är de svagaste punkterna och hur bereds byggnaden på bästa sätt inför provningarna?

Genom att erhålla ekonomiskt stöd kan djupare undersökningar göras och kunskap erhållas i ämnet och genom ytterligare tester kan ett optimalt provtryckningsförfarande uppnås och beskrivas. Detta gynnar samtliga inblandade parter (entreprenörer och beställare) ekonomiskt och tidsmässigt samt bidrar till säkerställandet av en hög kvalitet. Fram till och efter den slutliga provtryckningen skall kontinuerlig dokumentation och erfarenhetsinsamling göras i syfte att sedan sprida informationen om projektet och uppnådda resultat till SBUF:s medlemmar och övriga intressenter i branschen. Detta ger förhoppningsvis upphov till uppmärksamhet kring ämnet som i sin tur mynnar ut i debatt och erfarenhetsutbyte mellan medlemmar och forskare. Detta ger byggherre, entreprenör och konsult en större förståelse samt ett gemensamt mål att arbeta mot.

Resultatet av detta projekt kommer att generera förenklade och beprövade systematiska metoder vid framtida tester med hårda krav av hela klimatskal.

Säkerställande av resultat → Färre tillbakagångar → Ekonomiskt fördelaktigt →
Mer lyckade projekt

Det finns ytterst få beprövade projekt av den här storleken varför resultatet kommer att bli grundläggande för fortsatt utveckling. Denna studie ska möjliggöra för beställare att lättare kunna ställa rättvisande krav på större byggnaders totala lufttäthet, vilket ses som en önskvärd utveckling (Blomsterberg, 2009). I dagsläget fås ofta totalresultatet på en byggnads totala täthet ut av att testa utvalda delar eller rum och därefter dra ett medelvärde på hela byggnaden. Detta är inte rättvisande då det är omöjligt att veta huruvida hela byggnaden är lika tät som de prövade delarna.

Alla parter som är inblandade i projektet i fråga har nytta av resultatet av denna undersökning; entreprenörer, byggherrar, konsulter – dessa bistås med en guide till ett lyckat utförande, erhåller en kostnadsminskning, erfarenhetsåterföring, minskad osäkerhet och säkerställd kvalitet på slutresultat.

Slutsatsen är att det är angeläget att reda ut dessa frågetecken och skapa underlag för mer verklighetsbaserade rekommendationer till byggarbetsplatserna. Detta kan potentiellt vinna både säkerhet och förbättrad projektekonomi genom bättre förutsägbarhet vid utförandet i entreprenader.

2 Syfte

Målet med projektet är att hitta ett tillvägagångssätt för provtryckning av en byggnads hela klimatskal vid ett och samma tillfälle utan att riskera ett försämrat resultat på grund av riskfaktorer och felkällor som inte uppstår vid konventionella tester. Byggnaden har ett högt ställt täthetskrav på 0,3 l/m²s på det totala klimatskalet vid ett provtryckningstillfälle; ett värde som idag är vanligt förekommande i förfrågningsunderlag som entreprenörer dagligen kommer i kontakt med.

Det finns ett stort behov av att förenkla och effektivisera metoder både för provtryckning och för tätningsarbete (Blomsterberg, 2012). Kunskapen om lufttäthet och provningsmetoder i stora svenska skolbyggnader är mycket otillräcklig, varför denna studie syftar till att bidra till större kännedom om läckagevägar och optimala provningsmetoder.

Förutom att genomföra täthetsprovning av en stor byggnad under höga täthetskrav syftar denna studie även till att jämföra två provningsmetoder; trycksättning genom användandet av blower door-fläktar samt metoden där byggnadens egna ventilationssystem används för att trycksätta byggnaden. Felkällor hos respektive av dessa två metoder kan bli avgörande vid en provning som denna, varför en kartläggning av skillnader i resultat hos dessa två metoder är av största intresse för framtiden och ligger grund till valet av metod vid det slutliga testet.

3 Frågeställning

När MVB Öst's platsledning praktiskt stod inför kravet att uppnå hög byggnadstäthet mätt vid ett totalt provningstillfälle insågs att det skulle bli en utmaning. Det fanns behov av kunskap både om hur trycksättningen praktiskt skulle kunna gå till, men även hur läckagerisker minimeras till denna grad och produktionen utförs i enlighet med kraven. Detta ledde till följande frågeställning:

- Hur kan man täthetsprova en byggnad i sin helhet och fortfarande uppnå höga krav?
 - Vilken trycksättningsmetod fungerar bäst?
 - Vilket är det bästa tillvägagångssättet?

4 Avgränsningar

Som testprojekt används objektet "Mariehällsskolan". Projektet är en skola och förskola i Bromma i nordvästra Stockholm som utgör en del av det nya bostadsområdet Annedal. Byggnaden är uppdelad på fem plan och har en bruttoarea på 6700 m² och ett klimatskal på 8000 m². Kravet på byggnadens lufttäthet är ett maximalt luftflöde av 0,3 l/m²s genom byggnadens klimatskal som en del i målet att uppnå klassningen Miljöbyggnad Silver. Det är även kravställt att hela klimatskalet ska testas vid samma tillfälle för att ge ett rättvisande totalt medelvärde på byggnadens täthet.



Figur 1 Mariehällsskolan under produktion. (Egen bild)

5 Genomförande

Denna studie har gjorts för SBUF's räkning men är en del i kvalitetssäkringen vid byggnationen av MVB Öst's nyproduktionsprojekt Mariehällsskolan. Nedan följer en kort beskrivning av hur arbetet har genomförts.

5.1 Arbetets upplägg

Utifrån att vara en byggnad som klarar det ställda kravet på 0,3 l/m²s del för del skall den även klara en hel provtryckning med samma resultat. Arbetet med detta inleddes med en förberedande litteraturstudie där kunskap om olika trycksättningsmetoder och kritiska konstruktionsdelar med avseende på lufttäthet erhöles. Därefter täthetsprovades och läckagesöktes zoner i byggnaden varpå upptäckta läckage åtgärdades. Provtryckning skedde med hjälp av blower door-fläktar som monterades i dörröppningar. Efter att ett antal rum testats utökades provtryckningarna till att innefatta först en avgränsad del av byggnaden och slutligen byggnaden i sin helhet.

5.2 Tidplan

- Tiderna för de olika stegen i arbetsprogrammet
 - Månad 1-2: Analys av riskkonstruktioner och felkällor vid luftflödesmätningar. Bestämmande av metod och erforderlig utrustning.
 - Månad 3-5: Provningsfas bestående av läcksökningar och termografering med den totala provtryckningen som avslutande moment.
 - Månad 6 (genomförs separat i senare skede): Rapportskrivning.

Total projekttid: December 2013 - december 2014.

5.3 Organisation

Projektet bemannas av entreprenören MVB Öst AB samt sakkunniga medverkande i projektet. Mariehällsskolans organisation ser ut som följer:

- Projektledare
 - Emelie Appelberg, Civilingenjör (Entreprenadingenjör MVB)
- Övriga medverkande

- Joakim Persson, Högscoleingenjör (Biträdande Platschef MVB)
- Tobias Lundberg, Civilingenjör (Arbetschef MVB)
- Bengt Lundberg, Byggnadsingenjör (Platschef MVB)
- Fredrik Engström (Luftentreprenör, Målarluft AB)
- Konsultgrupp med expertis i området:
 - Stefan Ekström (Ekströms VVS-teknik AB)
 - Christoffer Gustafsson, Joel Heinze (Energikompetens AB)

6 Resultat

Resultatet av denna rapport är uppdelat i den litteraturstudie och förundersökning som täthetsprover och läckagesökningar på plats föregicks av och själva fallstudien. Litteraturstudien var vital för beslutsfattandet av vilken trycksättningsmetod som skulle tillämpas och hur metodiken skulle se ut i stort. Fallstudien i sin tur gav svar på många produktionstekniska frågor som bör arbetas in i standardförberedelserna för lufttätt byggande med höga krav.

6.1 Litteraturstudie

Innan de faktiska täthetsproverna startade gjordes en förundersökning och utvärdering av lämpliga trycksättningsmetoder, vilka alternativ som finns vid trycksättning av en så stor volym, vilka risker som finns och hur en byggnad bäst förbereds inför ett sådant test. Dessutom inhämtades information om vanliga läckagepunkter och problemområden och hur dessa bäst avhjälpas.

6.1.1 Utmaningar och riskfaktorer i urval:

- Det finns risk för läckage i trummor och ledningar i ventilationssystemet vilka är svåra att upptäcka och mäta omfattningen på (Blomsterberg, Å., Burke, S., 2012).
- Samtliga avlopp i hela byggnaden måste vara vattenfyllda för att vara täta vilket innebär en risk att vissa försummas.
- Inga arbeten får fortgå under mätningen.
- Undertryck måste kunna upprätthållas under lång tid för att termografering ska kunna göras på alla våningsplan och i alla rum (Sörensen, I., 2009).
- Stora fläktar krävs och arbetet med att täta alla ventilationsöppningar och avlopp blir omfattande vilket innebär en risk för försummelse och höga kostnader.
- Tillförlitligheten beror till stor del på utrustning och apparater.
- Eventuellt behöver tilluftskanaler tätas vid uteluftsintagen om de inte sluter tätt.
- Det är svårt att påvisa otätheter i klimatskärmen exempelvis med värmekamera, det är lätt att förväxla luftläckage med köldbryggor.
- Undertryck ger ofta högre luftflöden sämre resultat eftersom undertrycket öppnar skarvarna i ångspärren.
- Tryckskillnader inomhus får inte vara större än 10 Pa. Detta är viktigt vid test av stora byggnader (ISO 9972, 2006).
- Det rekommenderas att värden tas vid upp till 100 Pa tryckdifferens för att säkerställa en bra kvalitet på resultatet.
- Mätmetoden ger ca 10 % osäkerhet vid bra väderförhållanden
- Det rekommenderas att två tester görs, ett med övertryck och ett med undertryck. Det är dock tillåtet att göra antingen eller.

6.1.2 Vad man vet och hur man gör i dagsläget

Som tidigare nämnts utförs provtryckningar konventionellt på avgränsade delar av en byggnad, till exempel med den så kallade blower door-metoden. Då täcks ett rums samtliga öppningar igen och en fläkt som skapar en tryckskillnad på minst 50 Pa placeras i dörrhålet. Med hänsyn till detta förhållande och fläktens förändrade effektbehov kan sedan ett värde på läckluftflödet räknas ut. Utifrån denna princip borde även en hel byggnad kunna betraktas som ett rum eller en "zon" och testas i större skala på motsvarande sätt. Dock innebär detta fler felkällor och riskfaktorer vilka kan bli avgörande vid ett så högt krav som till exempel 0,3 l/m²s. Tillvägagångssättet där hela byggnadens klimatskal täthetsprovas vid samma tillfälle med den ovan nämnda blower door-metoden samt med byggnadens egna ventilationssystem har utförts förut. Det kvarstår dock att klargöra och systematisera hur dessa provningstekniker görs tillförlitliga nog för att användas vid detta höga täthetskrav.

De enda kända lufttäthetmätningarna av större byggnader i Sverige idag är gjorda på industribyggnader, glasgårdar och kontorsbyggnader. Med bakgrund i detta finns därför en stor okunskap i hur hela klimatskalet i stora skolbyggnader med höga täthetskrav testas. Det saknas dessutom en genomtänkt systematik kring praktiskt utförbara mätmetoder för att testa hela klimatskal. I "Lufttäthet i kontorsbyggnader – Mätningar och beräkningar" provtrycks en kontorsbyggnad dels med blower door-metoden och dels med byggnadens ventilationssystem. Utifrån dessa tester kan konstateras att de två provningsmetoderna inte genererar överensstämmande resultat (0,61 l/m²s respektive 0,77 l/m²s i studerat fall), varför ytterligare jämförelser mellan dessa metoder bör göras för att hitta en säkerställd avvikelse. (Blomsterberg, 2009)

I "Verklig lufttäthet i större byggnader – Mätningar och beräkningar" utfördes täthetsprovningar med hjälp av blower doors på tre skolbyggnader. Emellertid var dessa byggnader mindre (3 923 kvm, 2 775 kvm respektive 4 307 m²) jämfört med 6 700 m² i detta fall. De saknade även täthetskrav och uppnådde totala täthetsresultat på 0,87 l/m²s, 0,45 l/m²s samt 0,62 l/m²s jämfört med ett krav på 0,3 l/m²s i detta fall. Detta gör att resultaten från dessa tidigare tester inte blir representativa för större byggnader med högre täthetskrav i syfte att uppnå miljöklassning. I och med att samtliga skolbyggnader endast trycksattes med hjälp av blower door-metoden kan en jämförelse av denna metod och trycksättning med byggnadens egna ventilationssystem ej göras. (Blomsterberg, 2012)

I "Täthetsprovning – Jämförelse och utvärdering av tre metoder för täthetsprovning av flerbostadshus" (Wisth, 2012 (1)) samt "Täthetsprovning - Metodutvärdering och jämförelse av metoder" (Wisth, 2012 (2)) utvärderas resultat av provtryckningar av enskilda lägenheter respektive hela trappuppgångar. Rapporterna skulle ha redovisat resultat från provtryckning av hela byggnaden också men detta var av olika anledningar ej genomförbart, varför dessa resultat kvarstår att finna och rapporterna i fråga inte kan användas som utgångspunkt i detta fall.

6.1.3 Läckagesökning

Läckagesökningar kan utföras på flera sätt, till exempel med hjälp av värmekameror eller spårgas. I bägge fall krävs att man sätter byggnaden under tryck för att erhålla bäst resultat. Vid nyttjandet av värmekameror krävs att det är minst 5 grader lägre temperatur ute än inne. Värmekameran är fördelaktig att använda för att snabbt scanna av stora ytor. Rökgasflaskor är bra komplement då det i vissa fall kan vara svårt att särskilja luftläckage från köldbryggor med en värmekamera. (Sikander, 2011)

6.1.4 Trycksättning med blower doors

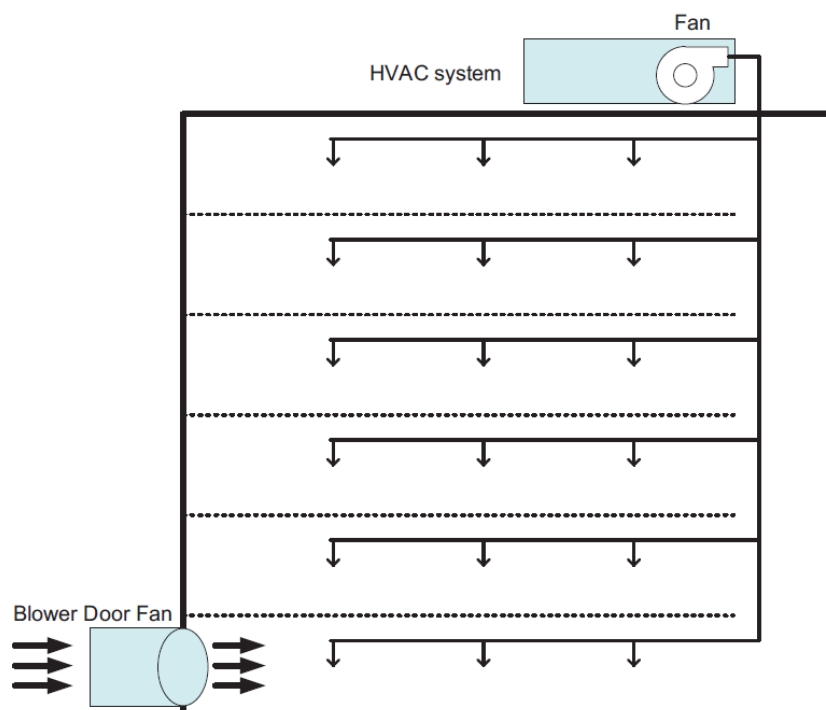
De olika trycksättningsmetoderna har ingen praktisk betydelse på de övriga förberedelserna. Bägge metoder kräver lika mycket tätningsförberedelser (Wisth, 2012 (2)). Dock krävs vid trycksättning med blower door-fläktar att alla frånlufts- och tilluftskanaler tätas, vilket inte är fallet vid trycksättning med ventilationssystemet. Vid provning med blower door-fläktar behöver antalet erforderliga fläktar fastställas i ett tidigt skede. En blower door-fläkt har en kapacitet på ca 8 500 m³/h (ca 2360 l/s) vid en tryckskillnad på 50 Pa. Provtryckning med blower door-fläktar beskrivs ytterligare i SS-EN 13829. Provning med blower door-fläktar används med fördel vid provtryckningar av mindre byggnader eller zoner då dessas kapacitet är tillräcklig. En begränsning kan vara att en byggnad praktiskt inte har tillräckligt många öppningar att placera fläktar i, i de fall en stor och relativt otät byggnad ska testas. För byggnader där två blower door-fläktar räcker för trycksättning är detta den enklaste metoden. (Blomsterberg, Å., Burke, S., 2012)

6.1.5 Trycksättning med ventilationssystemet

Trycksättning med byggnadens eget ventilationssystem kräver att ingen aktivitet fortgår i byggnaden (Wisth, 2012 (2)). Det kan dessutom vara svårt att för en och samma person att manövrera aggregatet, kontrollera luftflödet i kanaler och mäta tryckskillnaden samtidigt. Det kan finnas problem att komma upp i tillräckligt höga tryckskillnader med det egna ventilationssystemet beroende på dess effekt. I de fall 50 Pa tryckskillnad inte kan uppnås kan dock värden interpoleras till motsvarande. Detta är accepterat i undantagsfall och ska då redogöras för i rapporten. Går det inte att komma upp till 50 Pa tryckskillnad ska anledningen till detta beskrivas i rapporten (Sörensen, I., 2009). En väl kalibrerad luftflödesmätare måste finnas inbyggd i ventilationsaggregatet (Sikander, 2011). Hur bra byggnadens egna ventilationssystem kan kalibreras är en absolut framgångsfaktor vid detta höga krav (Blomsterberg, Å., Burke, S., 2012). Vidare kan det vid trycksättning med ventilationssystemet vara svårare att mäta luftflödet och mätningen blir därför mer osäker (Sikander, 2011).

6.1.6 Kombinationsmetoden

Om varken metoden med blower door-fläktar eller den med byggnadens eget ventilationssystem är erforderlig kan en kombination av bägge metoder nyttjas (Min-Hwi, K., Jae-Hun, J., Jae-Weon, J., 2013). Det är vanligt förekommande att fläktarna i luftbehandlingsaggregatet inte har tillräcklig kapacitet för att uppnå 50 Pa tryckskillnad. Genom att då komplettera med blower door-fläktar kan rätt tryck uppnås, samtidigt som fördelen med att slippa täta ventilationskanaler fortfarande erhålls. Vid denna typ av trycksättning regleras med fördel fläktaggregatet upp till sin fulla kapacitet, varpå blower door-fläkten injusteras så att rätt tryck uppnås. Ett annat scenario då man utnyttjar bägge metoder kan vara när en del av en byggnad ska testas och man installerar blower door-fläktar för att uppnå mottryck (Blomsterberg, Å., 2009).



Figur 2 Principskiss av trycksättning med hjälp av både ventilationssystemet och blower door-fläktar. (Min-Hwi, K., Jae-Hun, J., Jae-Weon, J., 2013)

6.2 Fallstudie

Syftet med litteraturstudien i kapitel 8.1 var att så småningom applicera dragna lärdomar på testobjektet Mariehällsskolan. Fallstudien initierades på plats hösten 2013 och färdigställdes försommaren 2014. Detta projekt genomfördes parallellt med pågående produktion, varför testfaserna också genomfördes vid olika färdigställandegrad.

Metodik i korthet

Inför den slutliga täthetsprovningen genomfördes kontinuerligt tätningsarbete och kartläggning av kritiska punkter och problemområden med hjälp av termografering och rökgas i tidiga stadium. Detta gjordes bland annat med hjälp av provtryckningar av delar av byggnaden som bedöms vara läckagemässiga högriskområden samt de som anses representativa för byggnadens medelvärde. På detta sätt kan en tätningsmetodik säkerställas både vad gäller förberedande arbeten såväl som den slutliga testfasen.

Arbetsprogrammets principiella uppdelning:

- Val av trycksättningsmetod
- Provtryckning av mindre zoner/rum
 - Provtryckning av rum som ej isolerats och dubblats
 - Provtryckning av samma rum färdigställt
- Identifiering av kritiska byggnadsdelar/moment
- Kontinuerliga syner med experter för att i tid kunna vidta åtgärder för att minimera luftläckage
- Åtgärder av kritiska punkter utförs löpande

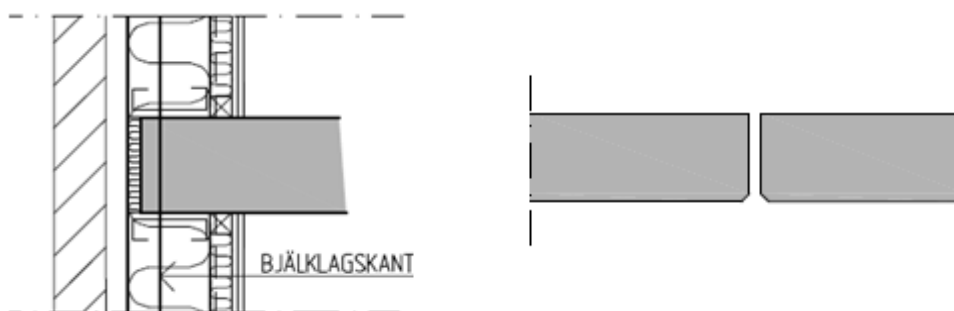
6.2.1 Val av trycksättningsmetod till totala provtryckningen

Det finns två delproblem vars lösningar tillsammans svarar på frågeställningen: Tillvägagångssättet för att praktiskt klara att trycksätta hela byggnaden med 50 Pa tryck på en och samma gång samt hur tättningsarbetet bäst ska gå till för att täthetskravet ska uppnås. I litteraturstudien i förskedet gjordes en kartläggning av vilka för- och nackdelar som de olika trycksättningsmetoderna för med sig. Den efterföljande utvärderingen visade att det hade varit möjligt teoretiskt att använda byggnadens ventilationssystem för trycksättning då det hade tillräcklig kapacitet. Däremot visade det sig svårt praktiskt då dammalstrande arbeten fortfarande förekom och garantitider i så fall hade börjat löpa i och med idrifttagande av ventilationssystemet. Efter en analys visade det sig att metoden med mobila fläktar var det sundaste valet. Trycksättning gjordes därför med hjälp av två stycken blower door-fläktar. Tillsammans hade de tillräcklig effekt för att sätta hela byggnadens klimatskal under 50 Pa tryck.

6.2.2 Identifiering av kritiska punkter samt varför de uppkommer

En syn av byggnaden gjordes innan täthetsarbetet och trycksättningsplaneringen startade på allvar. Vid denna syn var syftet att utreda projektspecifika läckagerisker innan produktionen kom allt för långt. Ett direkt materialtekniskt problem som uppdagades var att fogmassan som använts släppte från PE-folien på vissa ställen. Det är viktigt att hitta material som är kompatibla och långsiktigt funktionsdugliga tillsammans. Lösningen blev att fogen fick bytas ut mot en lämpligare sort med bättre vidhäftningsförmåga.

Ett eventuellt kommande problem relaterat till betongelementens anslutningar sinsemellan och mot utfackningsväggarna diskuterades också. I vissa fall kan ett visst luftläckage uppstå i springan mellan bjälklags-elementen, med ursprung i dess anslutning mot yttervägg. På grund av att betongen vid foggjutning inte alltid rinner hela vägen ner i fasningen vid avslutet på betongelementet skapas en spalt som sedan tillåter fritt luftflöde i springan mellan elementens långsidor. Läckagevolymen blir teoretiskt spaltarean multiplicerat med spaltens längd. Detta är ett problem som kan ge stort utslag på byggnadens totala täthet beroende på antalet betongelement i byggnaden.



Figur 3 Princip av anslutning betongvägg-utfackningsvägg samt hd/F-hd/F. (Egen bild)

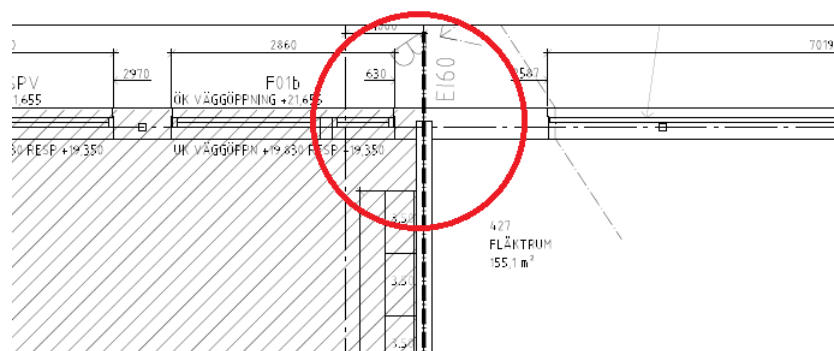
I och med att hissmaskinrummen ligger i direkt anslutning till klimatskalet skulle ett eventuellt läckage där innebära att de bägge hisschakten skulle fungera som rena lufttransporter vertikalt genom hela byggnadens höjd. Detta luftflöde från yttertaket ner i hissmaskinrummen och sedan vidare ner i schakten skulle ha mycket stor negativ inverkan på byggnadens läckagemängd och inomhusklimat. Är hissdörrarna inte helt täta skulle detta orsaka ett konstant luftflöde på varje våningsplan.

Ett annat problemområde som konstaterades kräva mer uppmärksamhet är alla anslutningar mellan partier och övriga byggdelar. Generellt sett föreligger det alltid en naturlig otäthet i anslutningen mellan metallparti och betongklack, vilket går att åtgärda till exempel med hjälp av fogning. En detaljerad lösning över hur tätskiktet skall utföras i dessa delar hade kunnat förebygga dessa efterkonstruktioner. I fönster och partiers hörn kan plasten lätt dra sig uppåt, där är det bra att se till att den kommer ner i hörnen ordentligt med hjälp av en linjal eller spackelspade.

Fläktrum och ventilationskanaler är en annan kritisk punkt som kan påverka en byggnads totala täthet. Genomföringar från vertikala ventilationsschakt blir svårare att täta ju längre kanaler som kopplas på. Kvaliteten på tätning i avgränsningarna ut mot kallvindarna kommer att vara viktig och ha stor påverkan på det slutliga resultatet. Eftersom dessa rum tar upp en stor luftvolym och de via ventilationsgenomföringar etcetera kan fortplanta luftflöde vidare till resten av byggnaden är det viktigt att noga tätningsdisciplin iakttas.

Alla tätskikt i utfackningsväggarna fortsätter upp på undersidan av hd/F-bjälklagen där de tejpas. Detta fungerar temporärt, men betongyta är inte optimalt underlag att teja på ur vidhäftningssynpunkt. Risken är att tejen lossnar med tiden. Utifrån denna aspekt hade det varit fördelaktigare med platsgjutna väggar då anslutningen mellan bjälklag och yttervägg med säkerhet hade blivit helt tät.

Dessutom upptäcktes ett luftläckage vid anslutningen av vilplan i trapphus 2. Enligt ritning bryter dessa klimatskärmen och täthet går ej att uppnå mellan vilplan och prefabricerad vägg fullt ut på grund av platsbrist. Även anslutningen mellan prefabricerade betongväggar och utfackningsväggar utgör en risk för luftläckage och för köldbryggor. Innerväggen i betong bryter klimatskärmen varför PE-folien tejpas på betongväggen. Detta återfinns vid samtliga fyra delavskiljande betongväggar på varje plan. Även anslutningen mellan prefabricerade betongbjälklag och utfackningsväggar på vindsbjälklag är problematisk i detta projekt då den enligt beskrivning skall utföras med butylband/svällband. Dock föreligger en risk att hd/F-bjälklag utan avjämning utgör ett för ojämnt underlag för att denna lösning skall ge erforderlig täthet.



Figur 4 Anslutning mellan prefabricerade betongväggar och utfackningsväggar. (Egen bild)

Ventilationssystemet utgör i avstängt läge en stor läckagerisk. Kanalerna som sådana uppfyller höga täthetskrav och är i sig inte ett problem läckagemässigt, däremot blir aggregat och spjäll stora felkällor. Dessa ska förvisso också hålla vissa täthetsklasser men stora riskfaktorer finns i och med alla ingående mekaniska funktioner. Empiriska undersökningar visade att varken brandspjäll eller aggregat var helt täta, utan tvärtom stora läckagekällor. Vid test av avgränsade delar av byggnaden är det självklart viktigt att tejpa kanalavsluten ordentligt så att inte luft försvinner ut i ventilationssystemet.

Dörr- och fönsteranslutningar och -beslagningar håller ofta inte ställda täthetskrav. Speciellt är det svårt om inte omöjligt att få lås som till exempel elslutbleck helt täta. Dessa undantas därför ur testet genom att tejpas över, likväl som att dörrbladen tejpas mot karmen. Det är även viktigt att kontrollera föreskrivna fönster och dörrars krav; beroende på hur stor yta som dessa upptar kan det innebära en stor påverkan på klimatskalets täthetsprestanda. I detta fall har fönstren krav på 0,5 l/sm², vilket alltså är betydligt högre än byggnadens totala krav på 0,3 l/sm². Samtliga partier i byggnaden uppvisade trots hög täthetsklass stora läckage vilka beskrivs grundligare senare i rapporten.



Figur 5 Problematiskt fasadglasparti. (Egen bild)

6.2.3 Åtgärder och förbättringar

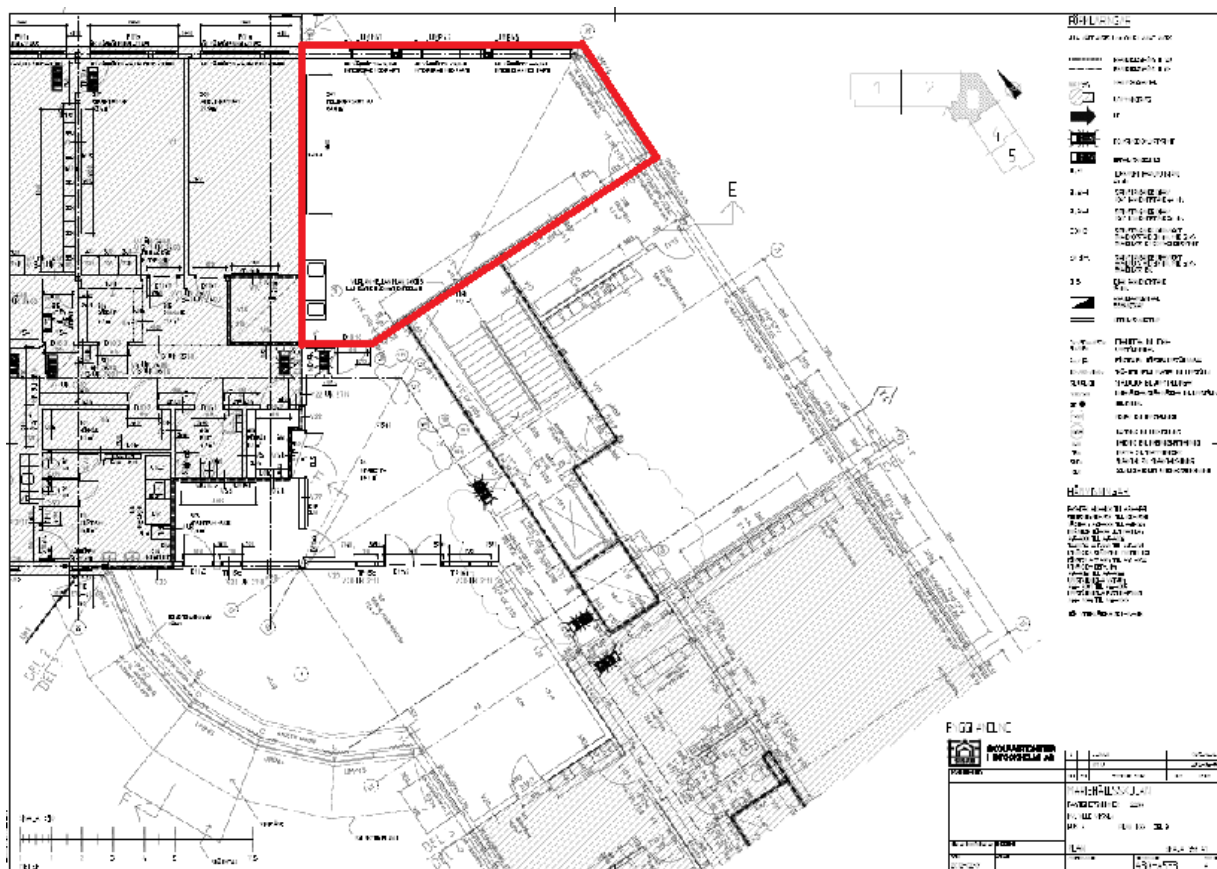
Flertalet läckagepunkter identifierades och åtgärdades under arbetets gång, vissa mer förutsägbara än andra. Till exempel var det som nämnts ovan känt sedan tidigt att dörrar med elslutbleck inte sluter tätt, varför dessa alltid behöver tejpas vis provtryckningar. Ytterdörrars läckage åtgärdades genom drevning i underkant och brandgasluckors anslutningar sågs över och tätades i hela byggnaden. Samtliga golvbrunnar och röravslut vattenfylldes respektive tejpades för att förhindra luftläckage ut i VS-systemet. Luckor vid uteluftsintag vid sopsugsanslutning och avfallskvarn tejpades. Den ventilerade golvuppbyggnaden under storköket lockades och inkommande tomrör för tele, tv, utvändigt belysning etcetera tejpades igen. Anslutningen vid trappvilplan och yttervägg tätades på samtliga plan. Alla takgenomföringar tätades med hjälp av fogskum. Anslutningar mellan partier och betongsockel fogades, såväl som samtliga ventilationsgenomföringar. Genomföringar i hissmaskinrum tätades extra då de bryter klimatskärmen. Samtliga anslutningar mellan ytterpartier och yttervägg kontrollerades och fogades vid behov. Ventilationskanaler lockades och tejpades.

6.2.4 Test av rum och mindre zoner

Initialt började arbetet med säkerställandet av lufttätheten med att identifiera riskfaktorer, det vill säga vilka byggdelar och byggelement som utgör läckagerisker. För att så småningom kunna uppnå en tillräckligt tät byggnad vid en total provtryckning behöver mindre zoner testas först, dels för att få en uppfattning om täthetsstatus men även för att med hjälp av läckagesökningar bli varse om kritiska konstruktioner. Vid planering och urval av dessa zoner utvärderades dessa med hjälp av vissa kriterier. Exempel på dessa kriterier var inverkan på det övriga huset med avseende på luftflöde, deras komplexitet och läckagerisker samt hur representativt en zons läckagevärde är för den övriga byggnaden. Efter att ha analyserat byggnaden utifrån dessa avseenden valdes ett kvadratisk helgruppsrum som representerar en stor del av byggnaden ut som indikator på täthetsnivå. Även ett helgruppsrum med många vinklar, partier och dörrar, av vilket komplexitet kunskap om nya läckagepunkter kunde erhållas valdes som testzon. Därefter testades ett fläktrum och gymnastiksalen separat på grund av deras stora påverkan på den övriga byggnaden luftvolymsmässigt. Efter dessa deltester valdes sedan en avgränsning som delade av byggnaden vertikalt men inte horisontellt, det vill säga en zon erhöles som spände över alla våningsplan.

6.2.4.1 331 Helgruppsrum

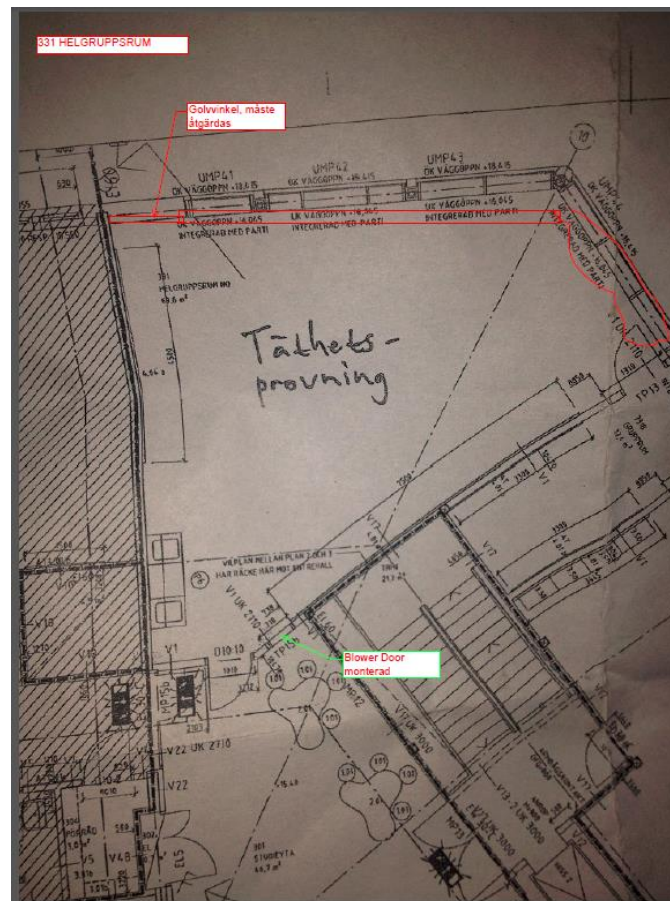
Rum 331 Helgruppsrum valdes ut som testzon på grund av dess komplexitet och många riskområden. Rummet har förutom många vinklar och stora glaspartier utåt även två innerdörrar mot angränsande rum. Rummet är beläget på tredje våningen i husets centerdel mellan skeppen.



Figur 6 Rum 331. (Egen bild)

6.2.4.1.1 Omgång 1

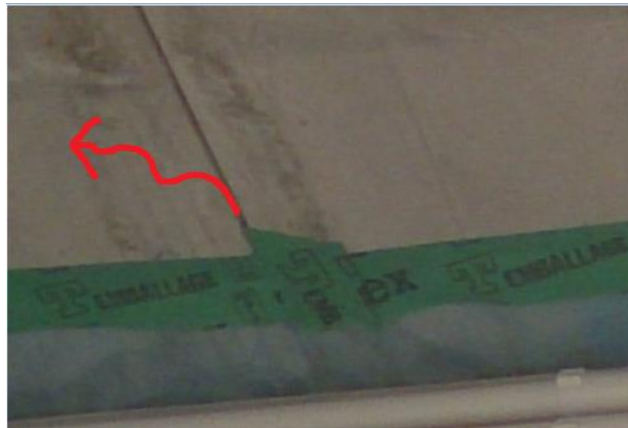
Provtryckning nummer ett utfördes när väggar ännu ej var dubblade och vertikala genomföringar ännu ej permanent igensatta. Tillfälliga öppningar plastades och tejpades provisoriskt. Testet utfördes med en blower door-fläkt och plastade dörröppningar. Det gick vid detta tillfälle inte att få något numerärt resultat av provtryckningen då rummet var för otätt och fläkten inte hade kapacitet nog att komma upp i rätt tryck på grund av det stora läckluftflödet. Resultatet av testet blev istället en givande läckagesökning och utvärdering inför nästa omgång. Flertalet läckagepunkter identifierades med hjälp av blotta känslan av vinddrag såväl som med rökgasflaskor.



Figur 7 Anteckningar från läckagesökning rum 331. (C. Gustafsson, Energikompetens, 2013)

6.2.4.1.2 Omgång 2

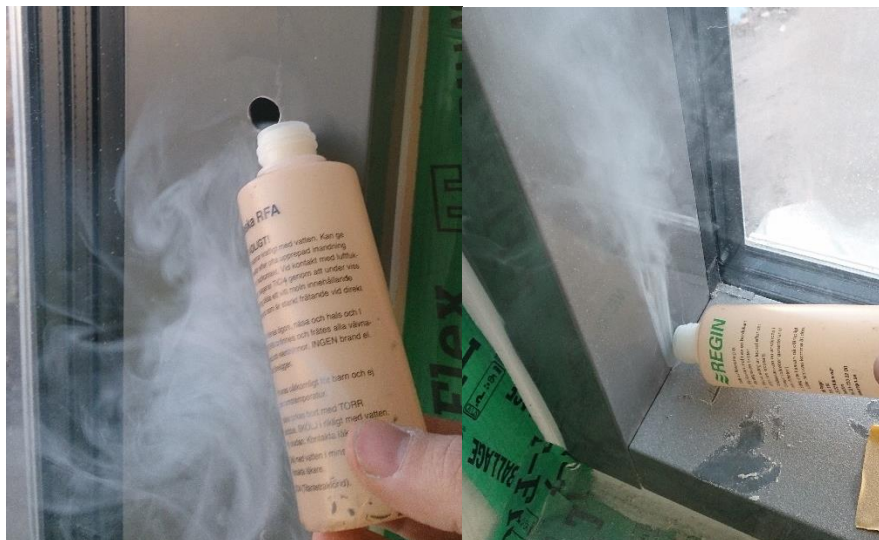
Under detta test uppmärksammades ett läckage som med största sannolikhet är problematiskt genom hela huset, nämligen luftläckage i skarvarna mellan hd/F-bjälklagen. Detta konstaterades som en möjlig problemkälla i ett tidigare stadium och nu kunde farhågan alltså bekräftas. Läcket beror på att det trögflytande bruket eventuellt inte nått hela vägen ner vid gjutningen vid elementens kortsidor. Detta gör det möjligt för luft att komma igenom och leta sig fram i skarven för att sedan läcka in i rummet våningen nedanför.



Figur 8 Exempelbild på tejpning av plast mot otät hd/F-skarv. (Egen bild)

6.2.4.1.3 Omgång 3

Inför täthetsprovning och läckagesökning omgång 3 fogades samtliga bjälklagsskarvar i det aktuella rummet för att få en mätbarhet på hur mycket detta påverkade det totala luftläckaget. Fogningen gjordes med fogmassa och inte med bruk eftersom fogmassan är smidigare och kommer längre in i trånga utrymmen. Den är även lättare att applicera. Fogningen lades längs med skarven ungefär 15 cm in från tejpens vid plastfoliens avslut. Differensen i resultat mellan omgång 2 och omgång 3 visade att varje skarv läckte ungefär 1 l/s i genomsnitt. I detta fall skulle det innebära cirka 400 l/s i hela byggnaden, vilket är ekvivalent med ungefär 0,05 l/sm² räknat på 8000 m² klimatskal. På ett så hårt krav som 0,3 l/sm² slår detta ganska hårt, varför det utifrån denna information beslutades att foga samtliga bjälklagsskarvar i hela byggnaden. Vid denna trycksättning upptäcktes också stora läckage kring fönsterpartierna, både i bygganslutningarna till dessa och i själva partikonstruktionerna. Detta går inte i linje med partiernas prestanda, vilka tvärtom hade en hög täthetsklassning. Problemet återfanns på flertalet partier i byggnaden och kunde åtgärdas på plats.



Figur 9 Luftläckage i partikonstruktion. (Egen bild)

6.2.4.2 443 Helgruppsrum

443 Helgruppsrum valdes ut som testzon på grund av att det representerar ett typrum i byggnaden. Inga direkta läckagerisker identifierades initialt i detta rum, men eftersom en väldigt stor del av

byggnaden utgörs av detta typrum både volymmässigt och till antalet kan ett test i tidigt skede indikera en stor del av byggnadens status lufttätetsmässigt.



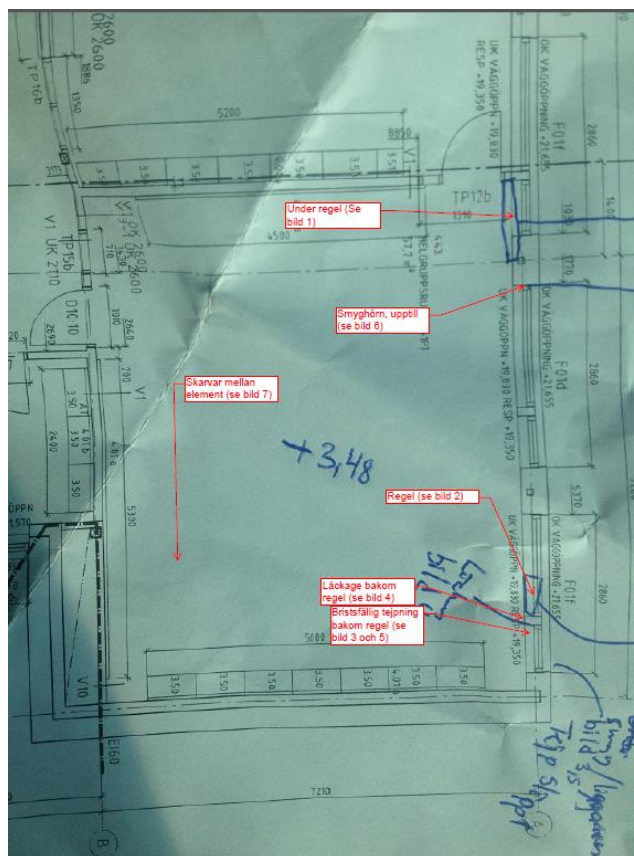
Figur 10 Rum 443. (Egen bild)



Figur 11 Ett typrum i det närmsta färdigställt (täthetsprov utfördes tidigare i produktionen). (Egen bild)

6.2.4.2.1 Omgång 1

Rum 443 trycksattes första gången då det ännu ej var dubblat och vertikala genomföringar i schakt och liknande ännu ej var permanent igensatta. Läckagesökningen resulterade i identifieringen av flertalet läckagepunkter, majoriteten av vilka återfanns i anslutning till fönsterpartierna.



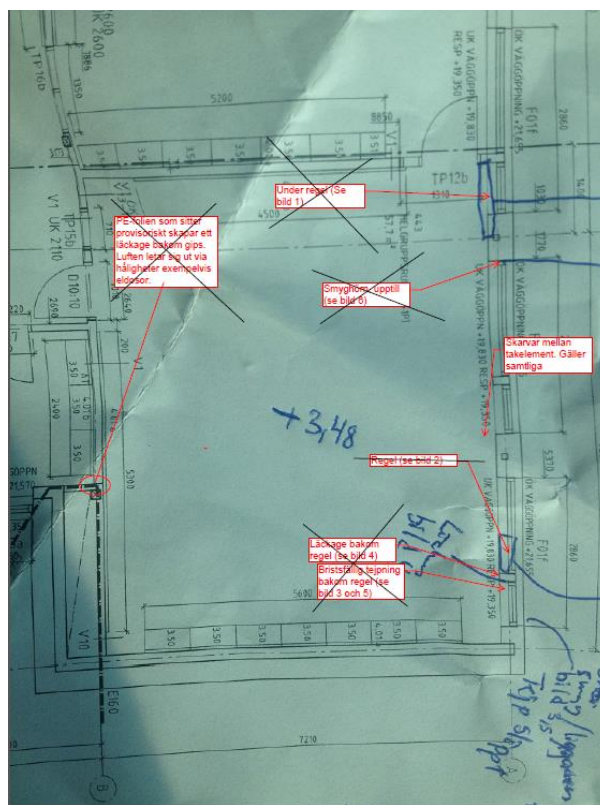
Figur 12 Läckagesökning av rum 443 omgång 1. (C. Gustafsson, Energikompens, 2013)

6.2.4.2.2 Omgång 2

En läckagesökning genomfördes både med hjälp av rökgasflaskor och termograferingskamera, resultatet av denna läckagesökning visualiseras nedan. Enligt termograferingsbilderna föreligger ett temperaturfall i hörnvinklar på dörrar och fönster, vilket kan bero både på köldbryggor och på luftläckage. Finns en osäkerhet kring detta är rökgasflaskorna ett bra komplement då dessa tydligt visualiserar luftflöde. De flesta av läckagepunkterna som upptäcktes i provtryckningsomgång 1 har blivit åtgärdade, dock identifierades några nya läckage.

6.2.4.2.3 Omgång 3

Vid tillfället för provtryckningsomgång nummer 3 var gipsskivor monterade utfackningsväggen och rummet var målat. Vertikala genomföringar i form av slitsbottnar och radiatorgenomföringar var permanent tätade och plastmatta var lagd. Fogningen runt samtliga fönster var kontrollerad och kompletterad. Detta gjorde att ett bättre resultat med mindre läckage erhöles jämfört med föregående test.



Figur 15 Anteckningar från läckagesökning nr 3 rum 443. (C. Gustafsson, Energikompentens, 2013)

6.2.4.2.4 Omgång 4

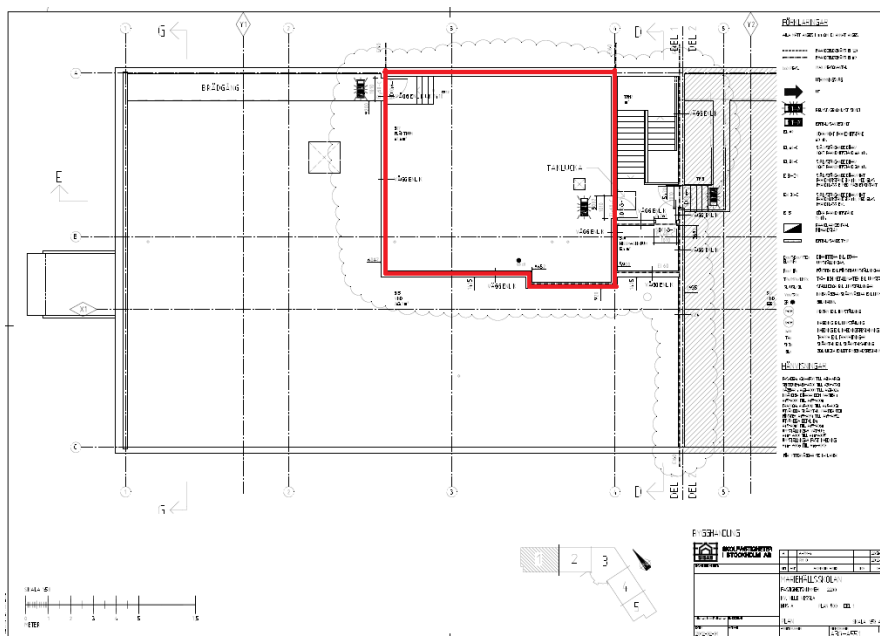
Här liksom vid det sista testtillfället i rum 331 fogades skarvarna mellan hd/F-elementen, både mot yttervägg och mot rumsavskiljande väggar inne i huset. Detta för att skärma av zonen och för att inte få missvisande läckage inåt. Läckage inåt i huset kommer inte att utgöra ett problem längre fram i den totala provtryckningen, då hela byggnaden kommer att utgöra en homogen zon luftflödesmässigt. I deltesterna måste dock även luftflöde inomhus regleras. Till detta test var ventilations- och rörgenomföringar permanent tätade med fog istället för temporärt med tejp.



Figur 18 Öppna röravslut börr sättas igen så att luft inte transporteras bort genom röret. (Egen bild)

6.2.4.3 Fläktrum 507

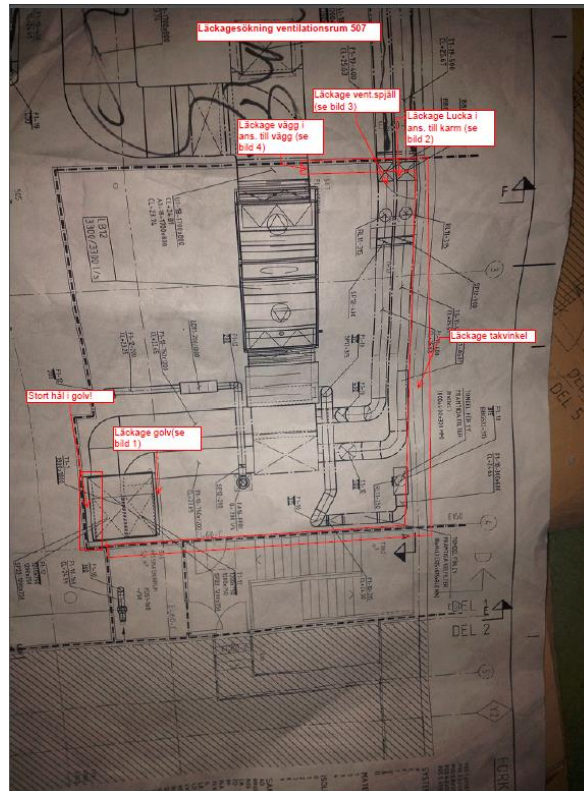
Fläktrummet på femte våningen valdes ut som testzon framförallt på grund av dess närliggande kallvind, men också på grund av att dess tak fungerar som direkt klimatskal. Dessutom perforerar flertalet installationsgenomföringar tätskiktet genom taket. Fläktrummet täthet har en stor påverkan på det totala volymflödet på byggnaden just eftersom stora luftmängder kan komma in från kallvind och tak och fortsätta ner vertikalt i byggnaden via det närbelägna trapphuset.



Figur 19 Fläktrum 507. (Egen bild)

6.2.4.3.1 Omgång 1

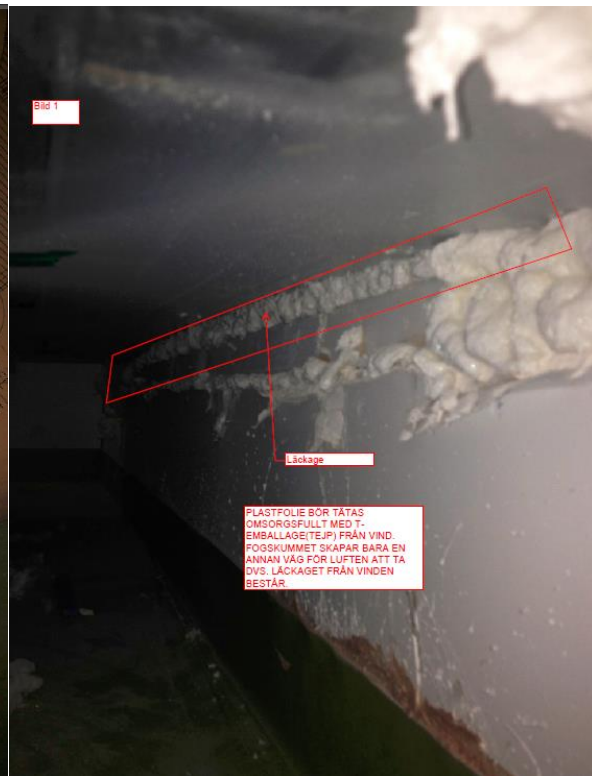
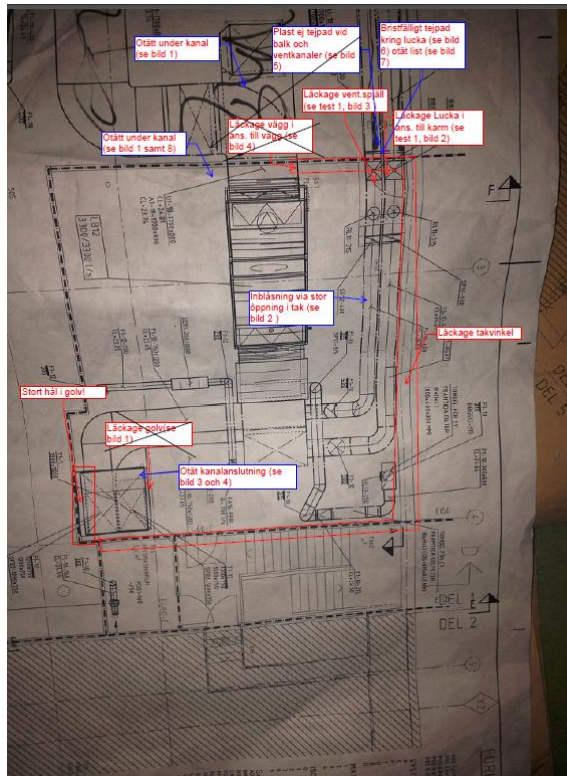
De stora problemområdena visade sig vara att uppnå täthet kring de fyrkantiga ventilationskanalerna. Här fanns både vertikala och horisontella genomföringar i bjälklag och väggar. Att det var otätt från början visade sig bero både på att viss tätning hade förbisetts i tidigare skeden, men också att vissa ställen var så svåråtkomliga att tätningen som gjorts helt enkelt inte var tillräcklig. En uppenbar svårighet vid läckagesökningen i detta rum var att det var väldigt svåråtkomligt att komma åt och upptäcka eventuella läckage då hela aggregatet redan stod på plats. Övriga brister som upptäcktes var till exempel ett stort luftläckage längs med takvinkeln vilket troligen var luft som kom från angränsande rum samt läckage runt ventilationskanaler och ställuckor.



Figur 20 Anteckningar från läckagesökning nr 1 i fläktrum 507. (C. Gustafsson, Energikompens, 2013)

6.2.4.3.2 Omgång 2

Efter omgång 1 tillsågs omsorgsfullt att alla läckageställen tätades men ändå kunde många av problemområdena konstateras kvarstå vid nästa trycksättning. På grund av många vinklar och ibland svårigheter att lokalisera källan till läckagen krävdes flera "provätningar" för att kunna analysera flödesvägarna. Vid omgång 2 upptäcktes även ett visst läckage genom ventilationskanalernas väggar, vars täthet självklart också är vital för att erhålla ett bra inomhusklimat. Lärdomen från detta rum var att en täthetsprovning alltid bör göras innan dubbling sker, vilket inte var fallet här. Detta ledde till tillbakagångar i form av att väggar fick rivs och byggas om med mera.



Figur 21 Anmärkningar från läckagesökning nr 2 i fläktrum 507. (C. Gustafsson, Energikompentens, 2013)

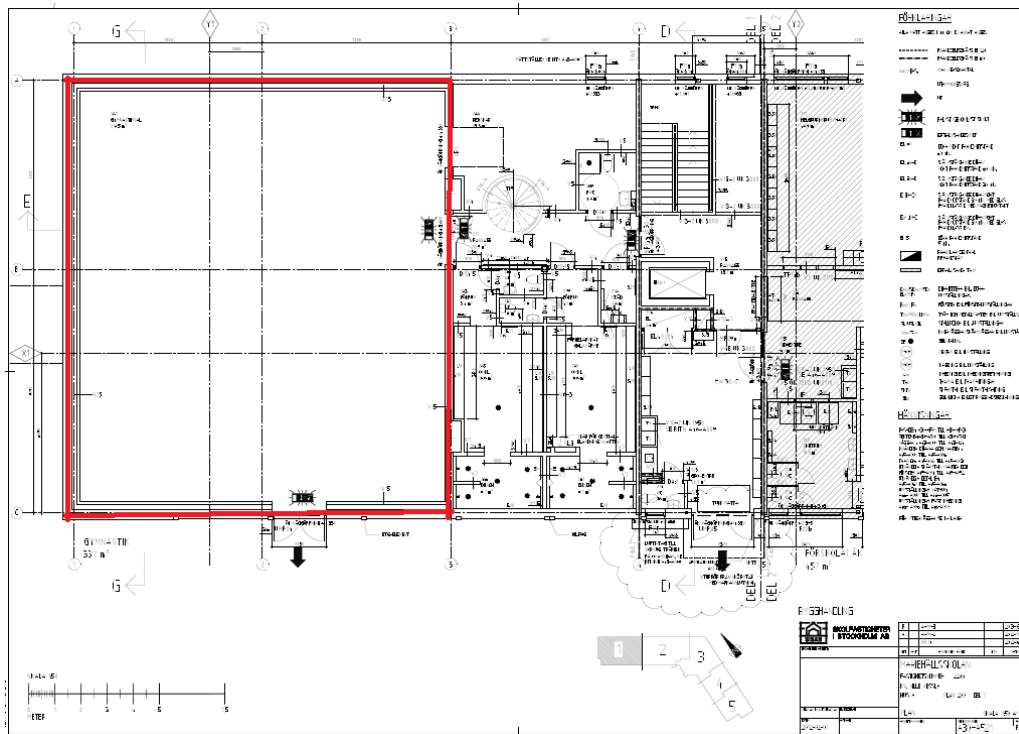
Figur 22 Ventilationskanal-vägganslutning ut mot kallvind. (C. Gustafsson, Energikompentens, 2013)



Figur 23 Läckage i en ventilationskanal. (C. Gustafsson, Energikompentens, 2013)

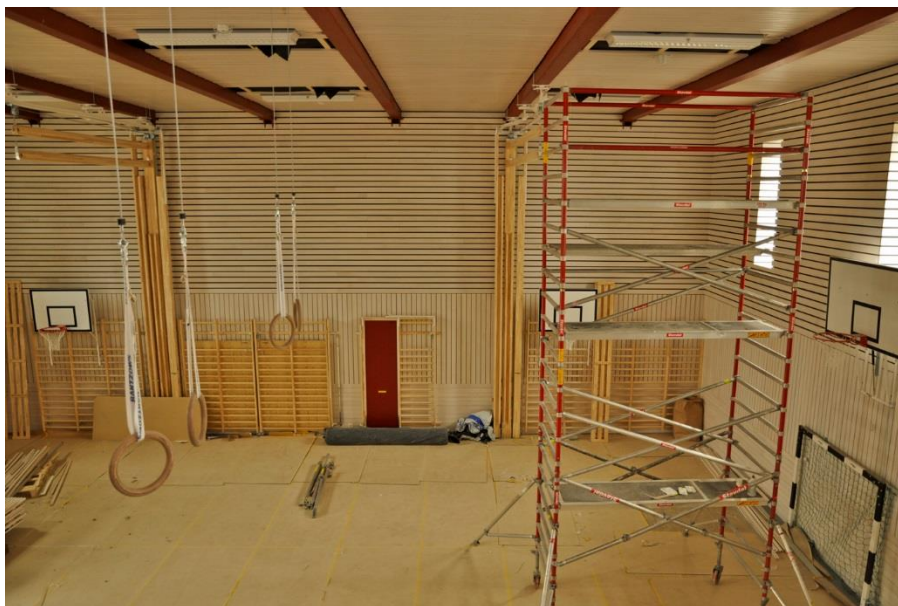
6.2.4.4 Gymnastiksal

Gymnastiksalen är belägen på plan 2, vilket även är marknivå in mot skolgården till. Salen är två våningar hög och har platsgjutna betongväggar på samtliga sidor, varav tre sidor utgör klimatskal. Platsgjutna betongelement utgör i sig inte någon hög risk vad gäller luftläckage, dock utgör själva zonen en väldigt stor del av byggnadens totala luftvolym. På grund av den stora inverkan ett önskat luftläckage skulle ha på det totala resultatet beslutades att gymnastiksalen skulle testas som en separat zon.



Figur 24 Gymnastiksalen. (Egen bild)

De läckage som faktiskt upptäcktes i rummet var vid fönsterkarmar samt anslutningar mellan betongsockel och ytterparti. Just dessa typer av läckage är vanligt förekommande generellt sett och bör has i åtanke vid varje partimontage. I detta rum var det speciellt viktigt med ett täthetsprov innan träpanelen sattes upp; hade detta inte gjorts och ett läckage visat sig senare hade det varit extremt kostsamt ekonomiskt och tidsmässigt.



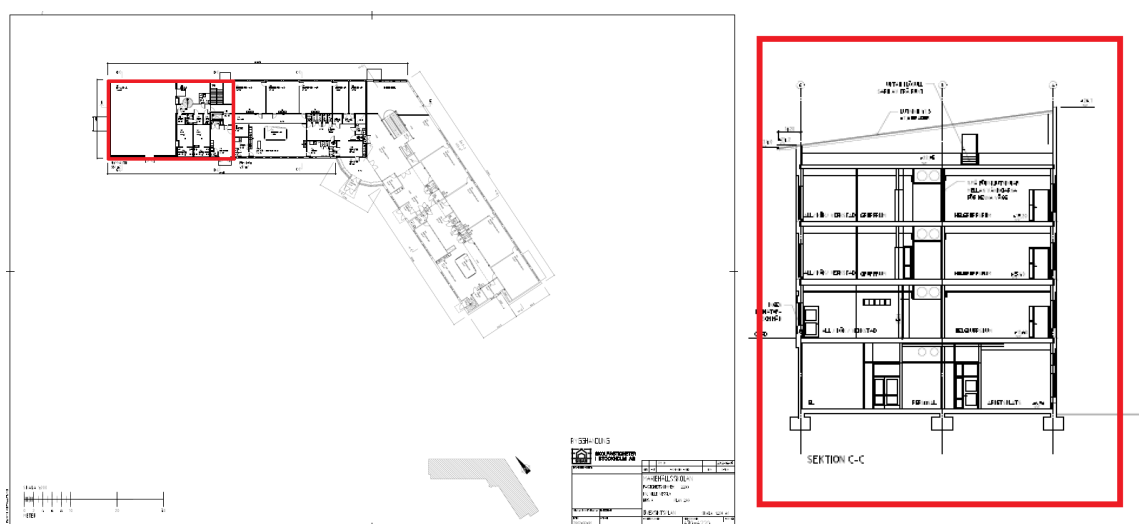
Figur 25 Gymnastiksalen efter att ribbpanel och utrustning monterats. (Egen bild)

6.2.4.5 Del 1

Nästa steg på vägen mot en total trycksättning av hela byggnaden var att testa en avgränsad del. Till detta valdes del 1, vilken bland annat innehåller den tidigare testade gymnastiksalen och även fläktrum 507. Trots att delar av detta område testats tidigare märktes stor skillnad på läckagesökningens omfattning och komplexitet. Genom att analysera ventilationssystemets flödesschema kunde konstateras att ett enda aggregat försörjde del 1, vilket innebar att dessa kanaler inte behövde lockas lokalt. Istället kunde flödet stängas av genom att spjällen i aggregatet stängdes centralt. Aggregatet visade sig ändå inte vara helt tätt på grund av sin värmeåtervinningsfunktion, vilket innebär att luften kan röra sig mellan uteluftsintag och frånluftsutblås i aggregatet. När väl orsaken identifierats löstes detta med hjälp av temporära plastningar. Ett annat problemområde som upptäcktes under läckagesökningen var anslutningarna mellan yttervägg och vilplan i trapphuset. Det verkade som att själva anslutningen inte utformats med tanke på lufttäteten; eftersom bjälklaget perforerade tätskiktet i ytterväggen borde en kompletterande lösning ha kommit till.

Eftersom det vid test av en hel avgränsad del av en byggnad inbegriper fler dörrar och partier ställer detta större krav på provisoriska tejplingar runt dörrblad och -karmar. Då släplisterna på innerdörrar inte sluter helt tätt visade sig detta vara svårt att åtgärda i dammig produktionsmiljö. Ett luftläckage vid fjärrvärmeintaget beläget vid en entrédörr bredvid ett av trapphusen upptäcktes också. Ett läckage som detta hade inte gått att upptäcka i förtid om en trycksättning av en större husdel inte hade kommit till, då ytan runtomkring inte är särskilt avgränsad. Vidare upptäcktes ytterligare läckage vid samtliga ytterdörrar, både i dörrkonstruktionen och vid bygganslutningen. Generellt sett borde den provisoriska tätningen av dörrar, fönster och partier i produktionskedet fokuserat mer på trösklar och liknande explicit i täthetssyfte.

Det kompletta protokollet från läckagesökning i del 1 återfinns i bilaga 11.1.



Figur 26 Del 1, plan 1-5. (Egen bild)

6.2.5.3 Omgång 3

Även vid den tredje provtryckningen kvarstod vissa provisoriska tätningar och dessa slöt med stor sannolikhet inte helt tätt och ett sämre resultat erhöles än vid det föregående testet, nämligen 0,49 l/sm². Ändå möjliggjorde själva trycksättningen att en viktig läckagesökning kunde genomföras, då flera mindre läckage upptäcktes. Denna gång noterades läckage vid takgenomföringar för ventilationskanaler. Detta betonar vikten av att tätskiktet ansluts direkt på ventilationskanalerna. Se bilaga 11.4 för provtryckningsprotokoll.

6.2.5.4 Omgång 4

Den slutgiltiga provtryckningen genomfördes i maj, då vissa provisorier fortfarande kvarstod. Ett vindfång på plan 1 var ännu inte färdigställt och därför täckt med provisorisk plastfilm. Resultatet uppmättes till 0,375 l/sm², vid 11 % felmarginal. Alla läckage som upptäckts tidigare var avhjälpta och inga fler upptäcktes. Ändå hade byggnaden ett större läckage än vad som accepterades enligt ställda krav. Se bilaga 11.5 för provtryckningsprotokoll.

7 Slutsats och analys

Den viktigaste delen av hela trycksättningsförfarandet i de olika skedena var inte delresultaten som erhöles efter varje provtryckning, utan möjligheten till läckagesökning i en trycksatt zon. Tack vare detta kunde ett systematiskt förfarande planeras och förberedas för hela byggnaden utifrån generella läckage som upptäcktes, vilket gjorde att läckagen hela tiden minskade. Att läckagesökningen utfördes både med värmekamera och spårgasrök var positivt, de bägge metoderna kompletterar varandra och optimerar läckagesökningsprocessen.

Gällande val av trycksättningsmetod bör projektspecifika analyser göras inför varje enskilt projekt utifrån givna förutsättningar. Beroende på byggnadsstorlek, systemutformning och ställda krav kan respektive metod vara bättre lämpad än den andra. Generellt innebär metoden med blower doors ett enklare förfarande, vid byggnadsstorlekar som kräver upp till 4-5 fläktar är detta den minst komplicerade metoden. Krävs fler fläktar än så är det idé att använda det inbyggda ventilationssystemet. I detta fall krävdes bara två stycken fläktar varför den trycksättningsmetoden var den smidigaste. Hänsyn var även tvungen att tas till att dammalstrande arbeten fortfarande pågick och ventilationssystemet enligt beskrivning inte fick startas i det läget.

Att täthetsprova en hel byggnads totala klimatskal vid ett och samma tillfälle ger ett rättvisande resultat med färre felkällor än då zoner testas var för sig och slutresultatet viktas fram. Det sistnämnda förfarandet innebär merarbete i och med att samtliga innerväggar som gränsar till testzoner måste tätas; det är också svårt att definiera hur mycket läckluft som försvinner in i byggnaden och hur mycket som faktiskt passerar genom klimatskalet. Att däremot testa vissa högriskzoner inför sluttestet är värdefullt ur läckagesökningssynpunkt. Beroende på hur tät eller otät byggnaden är från början kan det vara problematiskt att börja med att läckagesöka hela byggnaden på en gång; är läckluftflödet för stort blir det svårt att komma upp i ordentligt tryck och följaktligen svårare att termografera och applicera spårgassökning. Är det däremot så att det är möjligt att trycksätta hela byggnaden direkt innebär detta mindre arbete med tätning av innerväggar, samt att en mer heltäckande och representativ läckagesökning kan genomföras.

Resultatet som erhöles var att ett flertal läckagepunkter kunde härledas ur byggnadens konstruktion, samtidigt som andra berodde på slarvigt utförande. Är kravet anpassat till byggnadens konstruktion? Slutsatsen som drogs var att för att uppnå höga lufttäthetskrav i en byggnad behöver hänsyn tas till detta redan i projekteringen, till exempel vid val av stomutförande, tekniska lösningar och anslutningar etcetera. Till exempel har en byggnad utförd med utfackningsväggar betydligt fler kritiska punkter än vad en byggnad helt utförd i betongstomme har. Projektören bör ha egenkontroller som redovisar hur hänsyn har tagits till byggnadens lufttäthet i projekteringskedet.

Produktionsmässigt behöver resurser sättas in i ett tidigt skede för att utbilda hantverkare och säkerställa handhavandet med fuktspärrar och dylikt. Egenkontroller som syftar specifikt till att kontrollera klimatskärmen borde arbetas in i den totala kontrollplanen, och utföras både av hantverkare och med stickprov av platsledningen. Detta behöver göras i ett tidigt skede innan konsekvenserna blivit för stora. Egenkontroller av fönster- och partianslutningar som ofta är svåra att få täta fanns, men dessa kan förbättras. Det finns utvecklingspotential kring utförandet av egenkontroller generellt så att dessa fyller sin funktion och inte stannar vid att vara en pappersprodukt.

Då den slutliga totala provtryckningen genomfördes var vindfånget ännu ej färdigställt, varför det istället täcktes av en provisorisk plastfolie. Att det inte var färdigställt berodde på att kompletta ritningar inte fanns för hur klimatskalet skulle utföras. Enligt ritningarna skulle det endast stanna ovan vägg utan att passera partianslutningen, vilket skulle innebära ett stort luftläckage. Detta innebär att resultatet möjligen inte är helt rättvisande; det är svårt att avgöra om det hade förbättrats eller försämrats i fallet vindfånget hade varit färdigställt.

Det stora fläktrummet på plan 4 led av ett stort läckage vars källa var svår att identifiera och åtgärda. Taket var gipsat då trycksättning utfördes och läckaget gav uttryck genom takskarven. Det är intressant att analysera var i anslutningen mellan de prefabricerade takstolarna och stålbalkarna/utfackningsväggarna som läckaget hade sitt ursprung. Slutsatsen kan dras att noggrann kontroll av denna typ av anslutning bör göras innan igensättning.

Vidare betonas ytterligare vikten av att anslutningar utförs tätskikt mot tätskikt med åldersbeständigt material. Erfarenhetsmässigt kan konstateras att det inte är byggkomponenterna i sig som står för de största läckageriskerna, utan tvärtom anslutningarna.

Byggnadens täthetsprestanda är som bäst precis efter färdigställandet; tejp och plastfolie åldras och får sämre adhesionsförmåga, varför val av material och underlag är kritiska.

Lufttätt byggande och provtryckningsförfaranden bör vara forum för vidareutveckling. Hur säkerställs till exempel att en byggnad håller ett homogent tryck på alla våningsplan? Utrustningen vid trycksättning är känslig och utslagsgivande för ett tests resultat, varför denna teknikutveckling är viktig. Samtidigt behöver branschen fördjupad spetskompetens inom området såväl som att den grundläggande kunskapen om hur lufttäta byggnader konstrueras och byggs måste spridas.

8 Referenser

Blomsterberg, Å., 2009. *Lufttäthet i kontorsbyggnader – Mätningar och beräkningar*: WSP Environmental, SBUF.

Blomsterberg, Å., Burke, S., 2012. *Verklig lufttäthet i stora byggnader – Mätningar och beräkningar*: WSP Environmental, NCC Construction Sverige AB, SBUF.

ISO 9972 (gällande enligt SS-EN 13829), 2006.

Min-Hwi, K., Jae-Hun, J., Jae-Weon, J., 2013. *Feasibility of building envelope air leakage measurement using combination of air-handler and blower door*: Energy and buildings 62, 2013.

Sikander, E., 2010. *ByggaL - Metod för byggande av lufttäta byggnader*: SP Sveriges tekniska forskningsinstitut.

Sörensen, I., 2009. *Mätning av lufttäthet i flerbostadshus -Gällande krav, praktiskt genomförda mätningar samt en tillämpbar metod*: Högskolan i Gävle, 2009.

Wisth, J., 2012 (1). *Täthetsprovning – Jämförelse och utvärdering av metoder för täthetsprovning av flerbostadshus*: WSP, SBUF.

Wisth, J., 2012 (2). *Täthetsprovning – Metodutvärdering och jämförelse av metoder*: WSP, SBUF.

9 Bilagor

9.1 Provtryckningsprotokoll provtryckning del 1

Läckagesökning

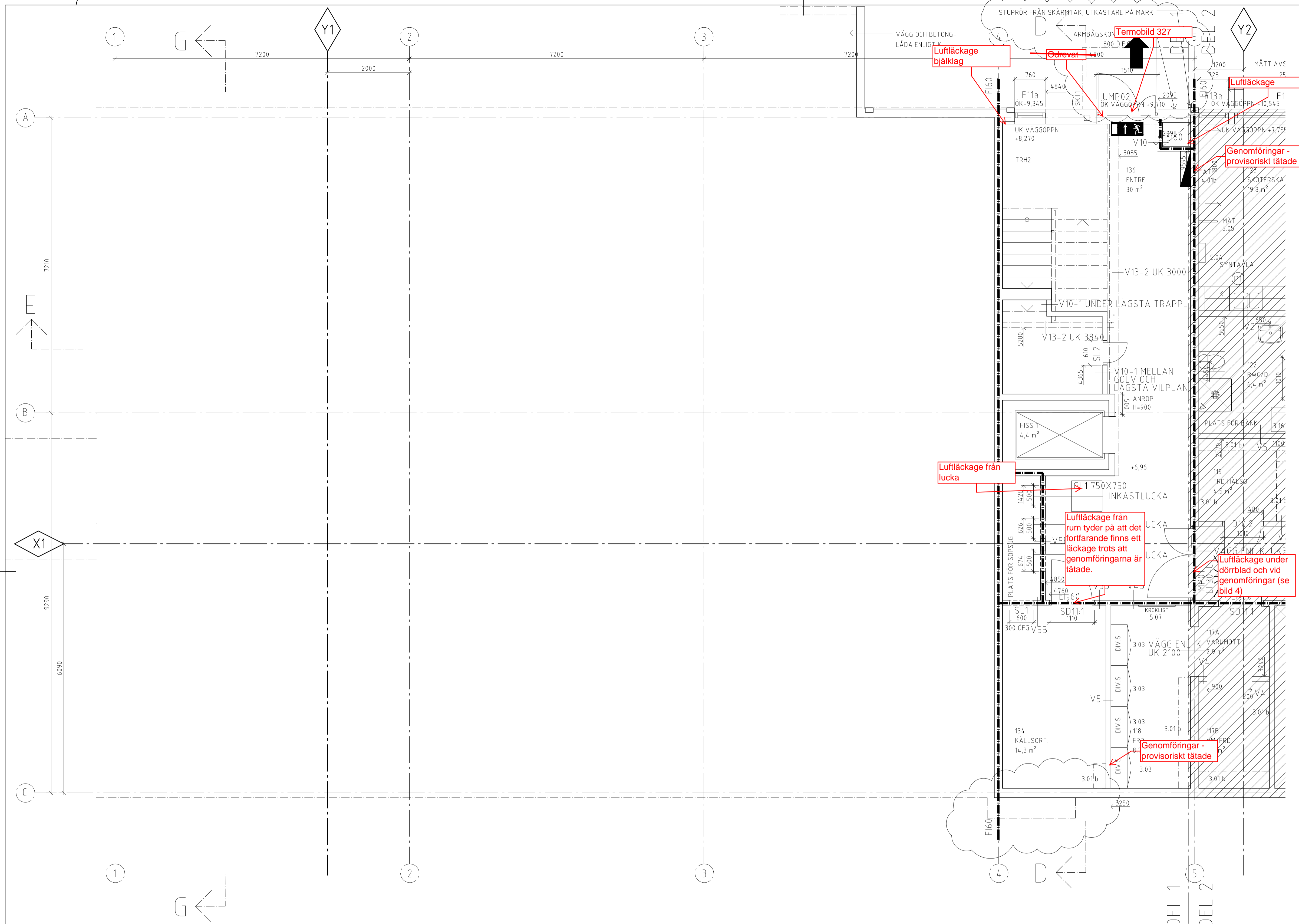
Mariehällsskolan

DEL 1

Utförd av Christoffer Gustafsson
Energikompetens AB

Läckagesökningsdatum

2014-04-07



FÖRKLARINGAR

ALLA MÄTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDELLSGRÄNS EI 120
- BRANDELLSGRÄNS EI 60
- xxx PERS. MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- UT
- BELYST/GENOMLYST SKYLTV
- EFTERLYSANDESKYLTV
- Ei, 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei, 60-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei, 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min.
- E 30-CM SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLASBRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLASBRANDKLASS EW.
- Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min.
- BRANDLARMCENTRAL BIBRANDESKÅP
- EFTERLYSANDE TEJIP
- Dxx/SDxx/YSdx ELX/NFx DÖRRLITTERA ENL. DÖRRUPPSTÄLLNINGAR
- Fxx/IFx FÖNSTER ENL. FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL. UPPSTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÄLLUCKOR ENL. UPPSTÄLLNINGAR
- Vxx/Svx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL. UPPSTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBRUNN
- P+NR PENTRY ENL. UPPSTÄLLNINGAR
- N+NR INREDDNING ENL. UPPSTÄLLNINGAR
- x.xx INREDDNING ENL. INREDDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL. TRAPPRITNINGAR
- SKTx SKÄRMTAK ENL. SKÄRMTAKSRITNING
- GLx GOLVLUCKA ENL. BYGGNADSBESKRIVNING

HÄNVISNINGAR

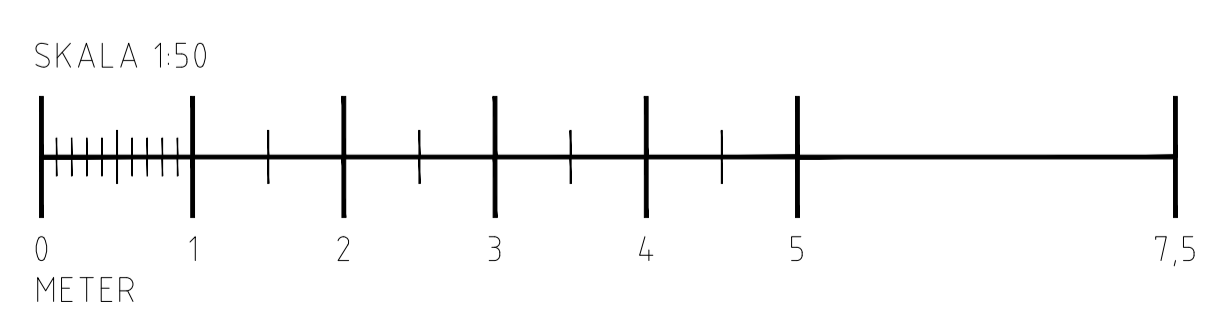
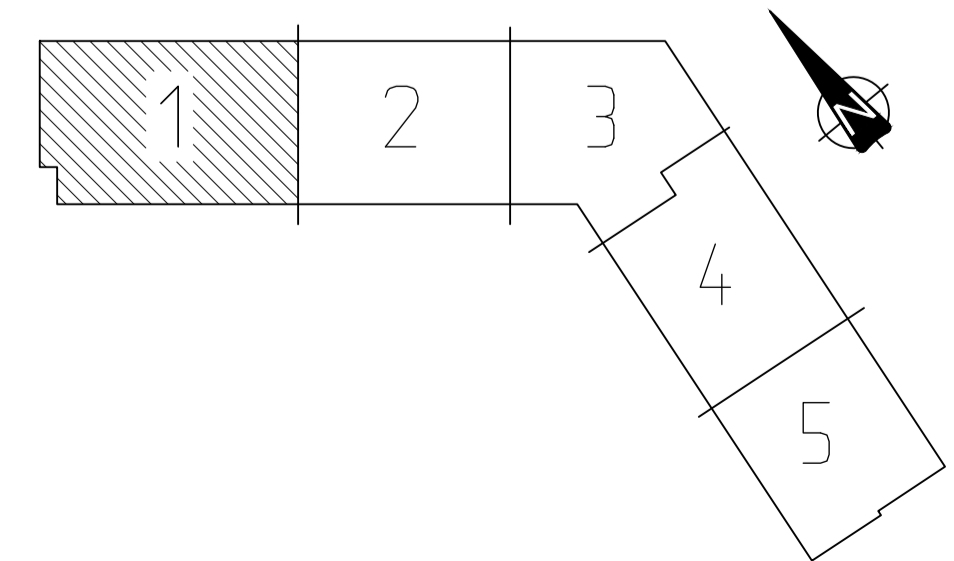
FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER:
 A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER:
 A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÄTRUM:
 A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDDNING:
 A46- A006 TILL A46-A010

FOR YTTRE VÄGGAR SE K-PLANER

BYGGHANDLING



B	A-PM-3		2013-03-08
A	A-PM-2		2012-11-09
	PM 0		2012-06-05
URSPRUNLIG ARKITEKT:	BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER
			SIGN
			DATUM
MARIEHÄLLSSKOLAN			
FASTIGHETSNUMMER 2200			
KV. VILLE VESSLA			
HUS A PLAN 100 DEL 1			
RITAD AV, KONSTRUERAD AV	HANDELAGGARE		
PLAN		SKALA 150 A1	
DATUM	ANSVARS	ARBETSNUMMER	RITNINGNUMMER
2012-02-01			A30-A511
		ÄNDR	BET
			B



FILNAMN: A30-ASTIDMG

XREF: A30MA011

FÖRKLARINGAR

ALLA MÅTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDCELLSGRANS EI 120
- BRANDCELLSGRANS EI 60
- 6xx PERS.** MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- UT
- BELYST/GENOMLYST SKYLTT
- EFTERLYSANDESKYLTT
- EI 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- EI 60-C SJÄLVSTANGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- EI 30-C SJÄLVSTANGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min.
- E 30-CM SJÄLVSTANGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min. MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTANGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min. MED GLAS BRANDKLASS EW.
- EI 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min.
- BRANDLARMCENTRAL BIERANDSKÅP
- EFTERLYSANDE TEJP
- Dxx/SDxx/YSOx ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRR-UPPSTÄLLNINGAR
- Fxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÅLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBÄRNING
- (P-NR) PENTRY ENL UPPSTÄLLNINGAR
- (N-NR) INREDNING ENL UPPSTÄLLNINGAR
- xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL TRAPPRIITNINGAR
- SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNING
- GLx GÖLVLUCKA ENL BYGGNADSBESKRIVNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-A501 TILL A30-A503
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER: A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER: A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER: A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÄTRUM: A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING: A46- A006 TILL A46-A010

FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER

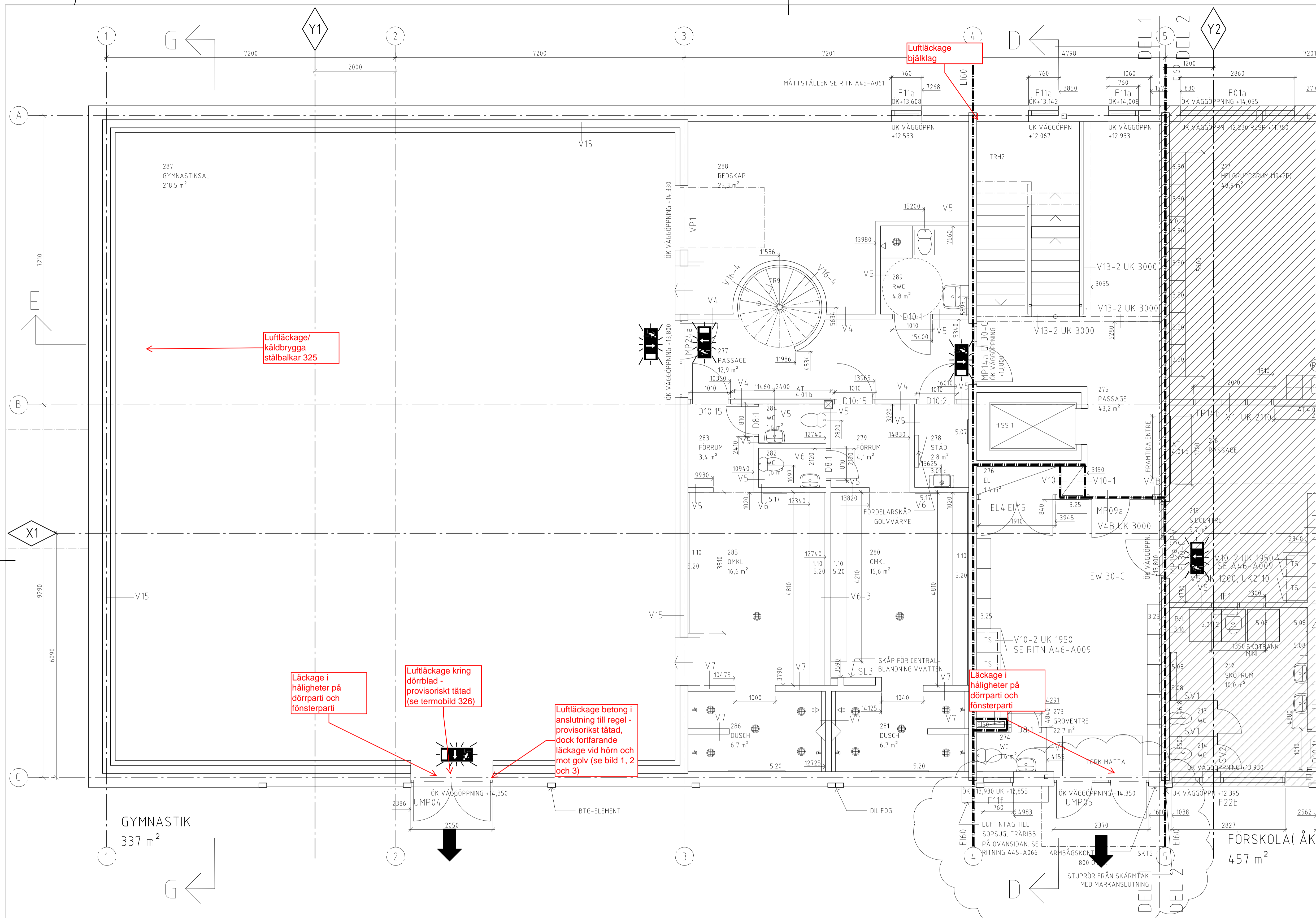
BYGGHANDLING



SKOLFÄSTIGHETER I STOCKHOLM AB

B	A-PM-3	2013-03-08
A	A-PM-2	2012-11-09
	PM 0	2012-06-05

MARIEHÄLLSSKOLAN	
FASTIGHETSNUMMER 2200	
KV. VILLE VESSLA	
HUS A	PLAN 200 DEL 1
PLAN	
ARBETSNUMMER	SKALA 150 A1
ARBETSNUMMER	RITNINGSNUMMER
2012-02-01	A30-A521
ANDR. BET	B



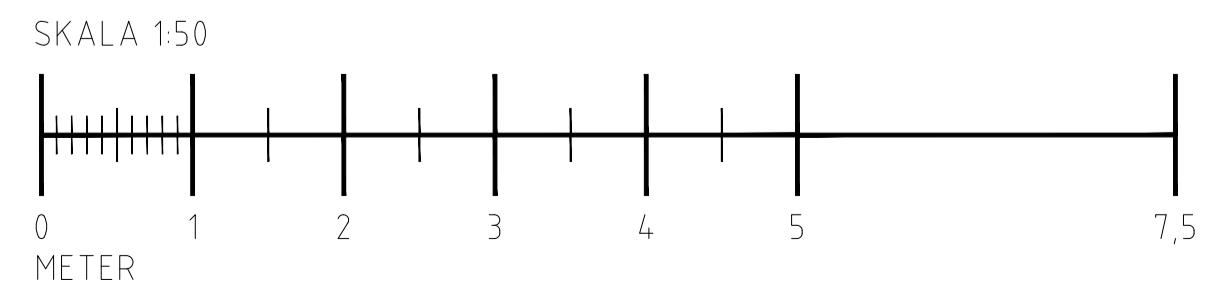
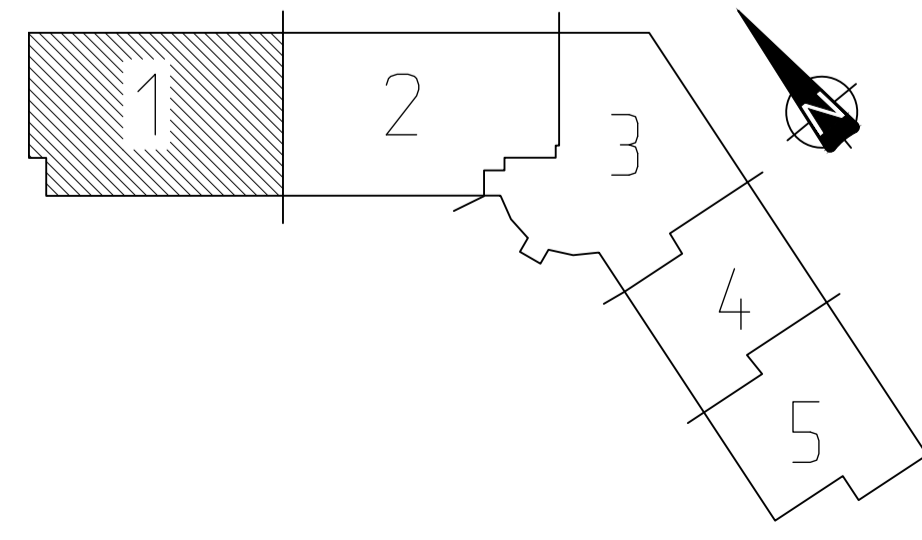
Luftläckage/käldbrygga stålbalkar 325

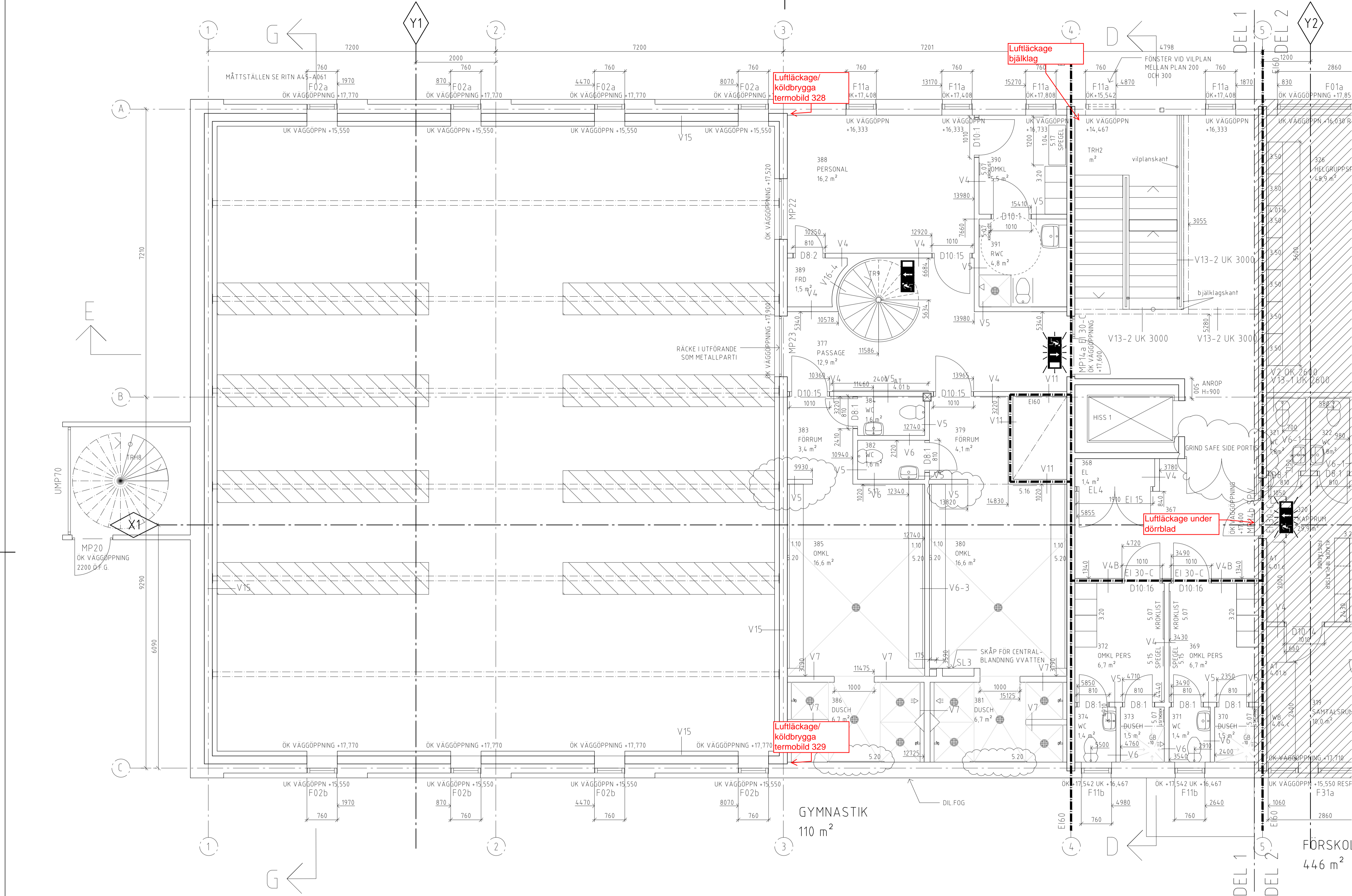
Läckage i håligheter på dörrparti och fönsterparti

Luftläckage kring dörrblad - provisoriskt tätad (se termbild 326)

Luftläckage betong i anslutning till regel - provisoriskt tätad, dock fortfarande läckage vid hörn och mot golvet (se bild 1, 2 och 3)

Läckage i håligheter på dörrparti och fönsterparti





FÖRKLARINGAR

- ALLA MÄTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES
- BRANDCELLSGRÄNS EI 120
 - BRANDCELLSGRÄNS EI 60
 - (xxx) PERS. MAX PERSONANTAL
 - UTRYMNINGSVÄG
 - UT
 - BELYST/GENOMLYST SKYLTT
 - EFTERLYSANDESKYLTT
 - Ei₂ 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
 - Ei₂ 60-C SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
 - Ei₂ 30-C SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min
 - E 30-CM SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
 - EW 30-C SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS EW
 - Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min
 - BRANDLÄRM-CENTRAL BIBRANDSKÄP
 - EFTERLYSANDE TEJ.P
 - Dxx/SDxx/YSDx ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRR-UPPSTÄLLNINGAR
 - Fxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
 - TRx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - SL/USL/GL STÅLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - GB GÖLVBRUNN
 - (P-NR) PENTRY ENL UPPSTÄLLNING
 - (N-NR) INREDNING ENL UPPSTÄLLNING
 - xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
 - TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
 - SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNING
 - GLx GÖLVLUCKA ENLIGT BYGGNADSBESKRIVNING

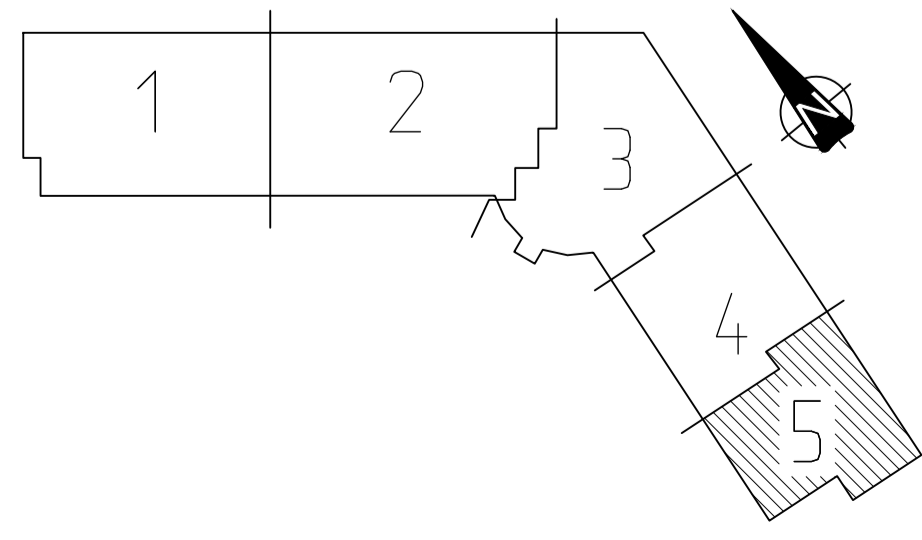
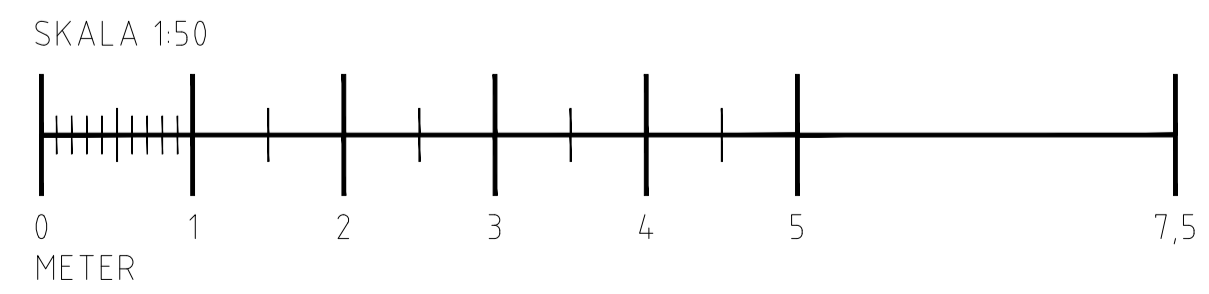
HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-O24
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER:
 A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-O08 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER: A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER:
 A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÄTRUM:
 A46-A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING:
 A46-A006 TILL A46-A010
 FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER

BYGGHANDLING

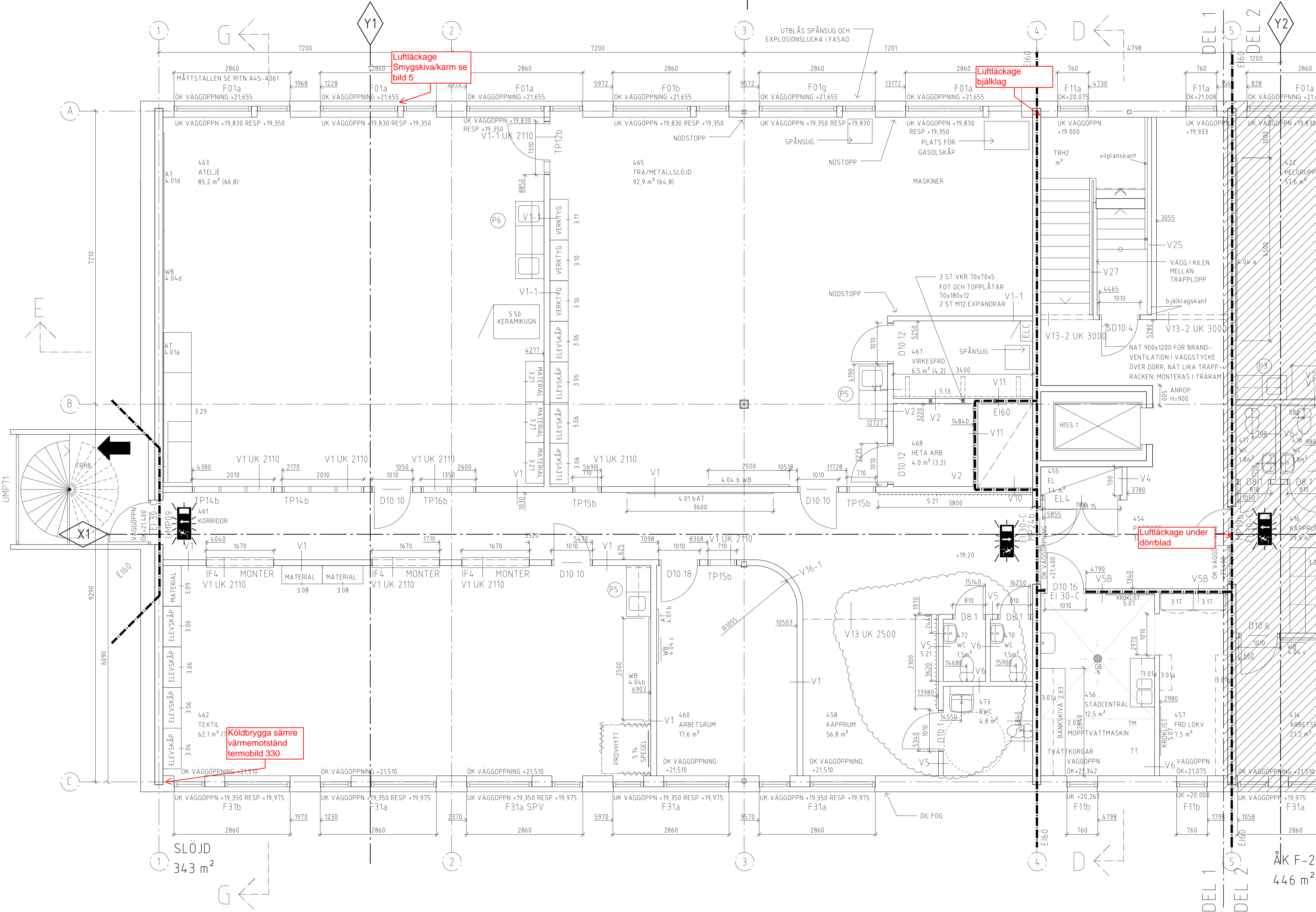


RITAD AV:	KONSTRUERAD AV:	HANDLAGARE:	2012-02-01
DATEM:	ANSVARS:	ARBETSNUMMER:	RITNINGNUMMER:
2012-02-01			A30-A531



FLM\MM A30-A531-DWG

XREF: A30MA031



FÖRKLARINGAR

ALLA MÅTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDCELLSGRÄNS EI 120
- - - BRANDCELLSGRÄNS EI 60
- xxx PERS. MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- UT
- BELYST/GENOMLYST SKYLTY
- EFTERLYSANDESKYLTY
- Ei, 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
- Ei, 60-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
- Ei, 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min
- E 30-CM SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS EW
- Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min
- BRANDLARMCENTRAL BIBRANDESKÅP
- EFTERLYSANDE TEJJP
- Dxx/SDxx/YSdx ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRRUPPSTÄLLNINGAR
- Fxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÅLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBRUNN
- P-NR PENTRY ENL UPPSTÄLLNINGAR
- N-NR INREDNING ENL UPPSTÄLLNINGAR
- xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
- SKTx SKÄRMATAK ENL SKÄRMATAKRITNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER: A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMATAK, PARTIER OCH FÖNSTER A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER: A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÅTRUM: A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING: A46- A006 TILL A46-A010

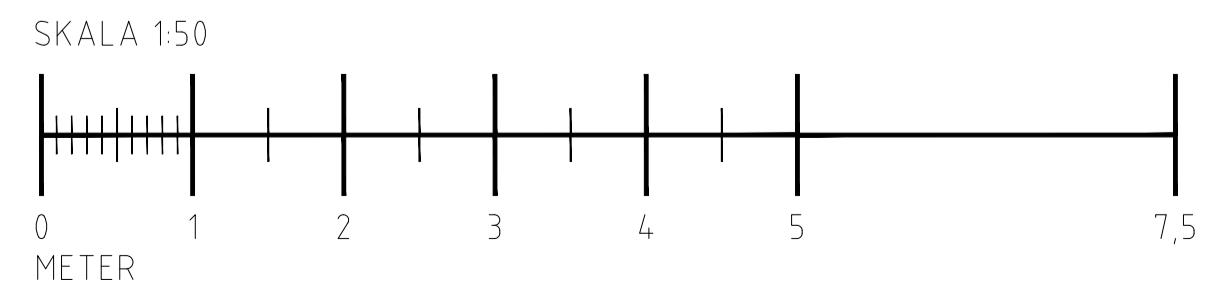
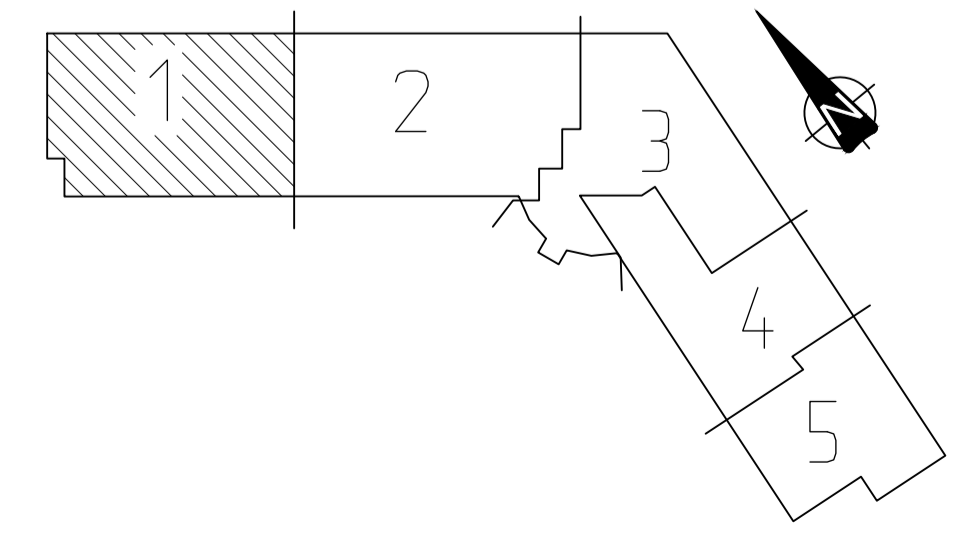
FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER

BYGGHANDLING



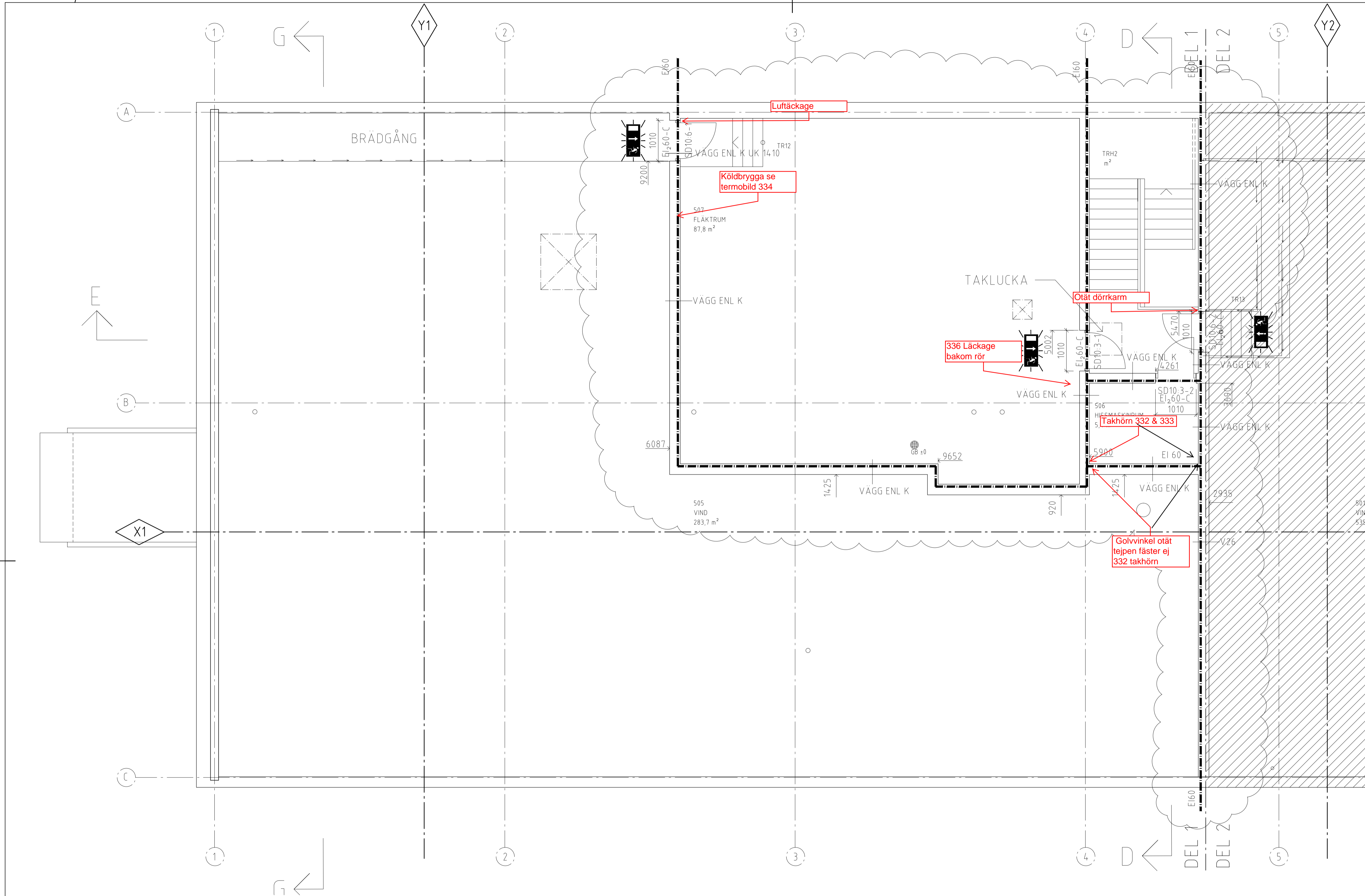
RITAD AV:	KONSTRUERAD AV:	HANDLAGGARE:
2012-02-01		
DATUM:	ANSVARS:	ARBETSNUMMER:
2012-02-01		A30-A541

A	A-PM-2	2012-11-09
BET	PM 0	2012-06-05
MARIEHÄLLSSKOLAN FASTIGHETSNUMMER 2200 KV. VILLE VESSLA HUS A PLAN 400 DEL 1		
PLAN SKALA 150 A1		
ORIGINÄLLA ARKIVET:	ÄNDRINGEN AVSER:	SIGN
ANDR. BET		A



FL:MMW A30-A541-DWG

XREF: A30MA041



FÖRKLARINGAR

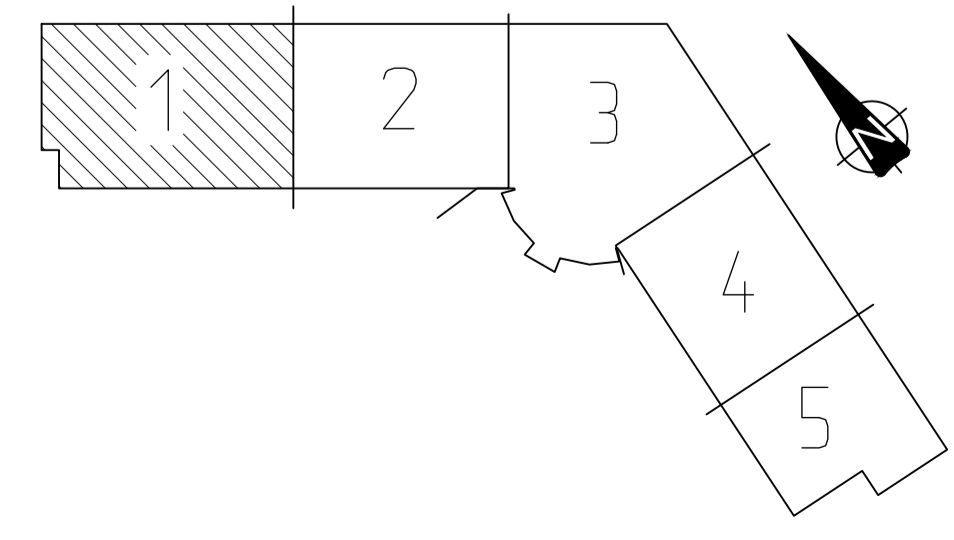
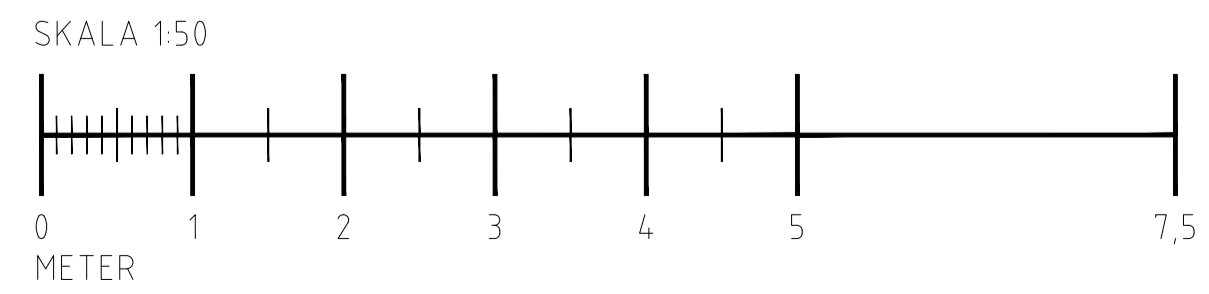
ALLA MÄTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDCELLSGRÄNS EI 120
- - - BRANDCELLSGRÄNS EI 60
- (xx) PERS. MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- ➔ UT
- ☀ BELYST/GENDMYST SKYLTT
- ☀ EFTERLYSANDESKYLTT
- Ei₂ 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei₂ 60-C SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei₂ 30-C SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min.
- E 30-CM SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLASBRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLASBRANDKLASS EW.
- Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min.
- ☀ BRANDLARMCENTRAL BBRANDSKÅP
- ☀ EFTERLYSANDE TEJ.P
- Dxx/SDxx/YSDx ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRRUPPSTÄLLNINGAR
- Fxx/ IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÄLLUCKOR ENL UPPTÄLLNINGAR
- Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBRUNN
- (P+NR) PENTRY ENL UPPTÄLLNING
- (N+NR) INREDNING ENL UPPTÄLLNING
- xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
- SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNING
- GLx GÖLVLUCKA ENL BYGGNADSBESKRIVNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER: A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER: A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER: A45-A061 TILL A45-A066
 UPPTÄLLNINGAR VÅTRUM: A46- A001 TILL A46-A005
 UPPTÄLLNINGAR FAST INREDNING: A46- A006 TILL A46-A010

FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER



BYGGHANDLING



RITAD AV:	KONSTRUERAD AV:	HANDELAGGARE:	ARBETSNUMMER:	RITNINGNUMMER:	ANDR. BET:
2012-02-01			A30-A551	A	A

ORISPRINGLIG ARKITEKT:	BET:	ANT:	ÄNDRINGEN AVSER:	SIGN:	DATUM:

MARIEHÄLLSSKOLAN		2013-04-25
FASTIGHETSNUMMER	2200	2012-06-05
KV. VILLE VESSLA		
HUS A	PLAN 500 DEL 1	

Bild 1

Luftlücke



Bild 2



Luftleckage



Luftleckage

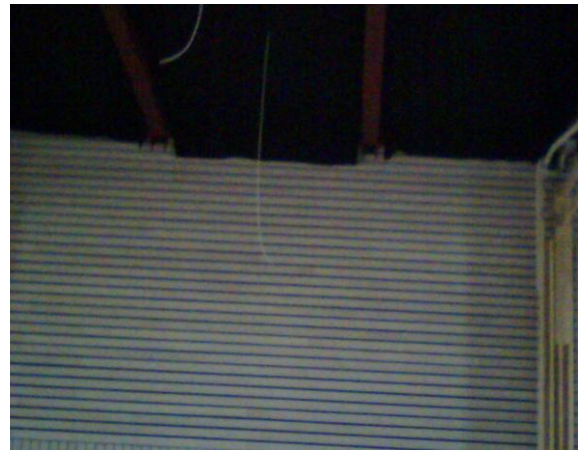
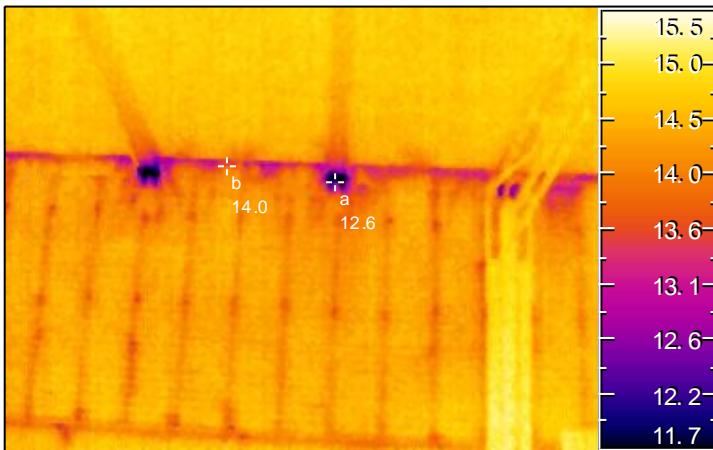
Bild 4



Luftlücke

Luftleckage

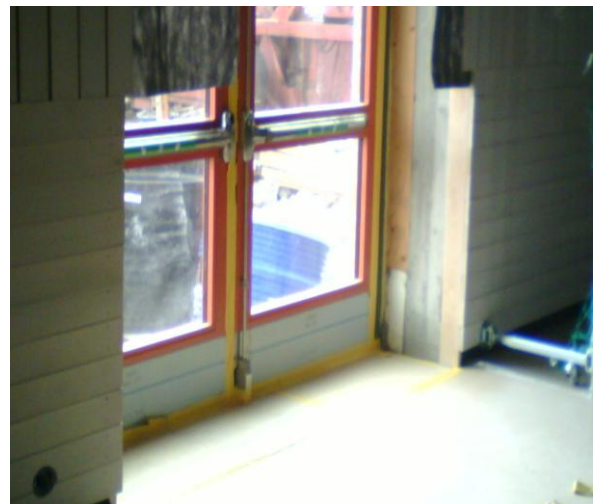
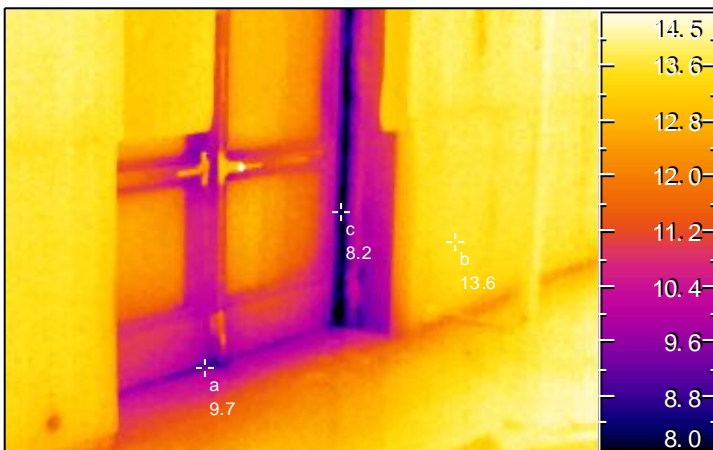




T00325IR.JPG,1 2014-03-07 14:29:08		Objekt: Stålbalkar gymnastiksal						
Temp	a 12.6	b 14.0	c No data	d No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

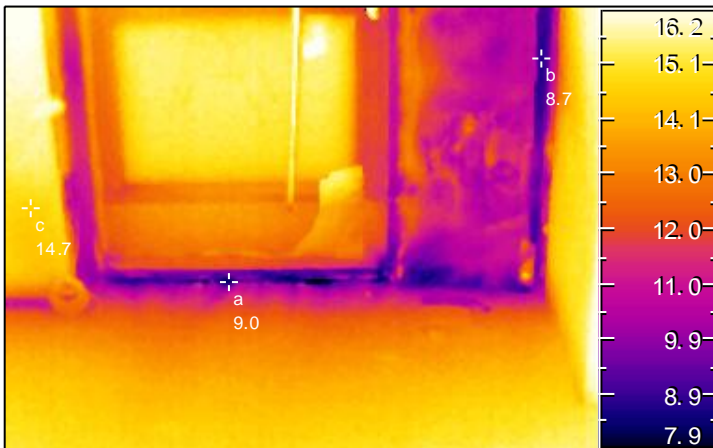
Luftläckage och/eller köldbrygga



T00326IR.JPG,1 2014-03-07 14:29:58		Objekt: Ytterdörrar gymnastiksal						
Temp	a 9.7	b 13.6	c 8.2	d No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

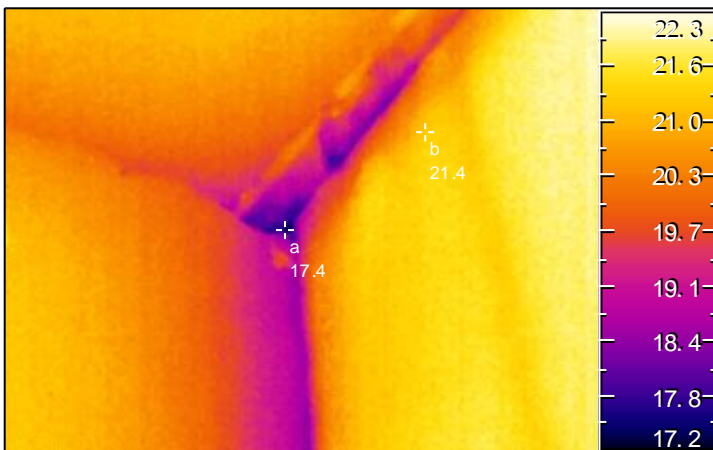
Otätt under dörrblad samt bristfälligt drevat mellan karm och vägg



T00327IR.JPG,1 2014-03-07 15:20:11		Objekt: Soutterängplan entrédörr				
Temp	a 9.0	b 8.7	c 14.7	d No data	AreaMax No data	AreaMin No data

Analys/Bedömning:

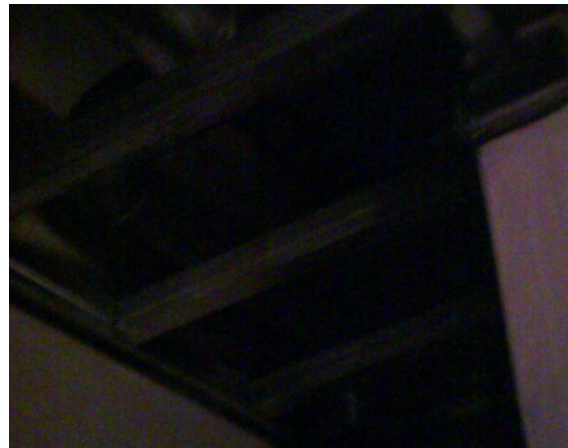
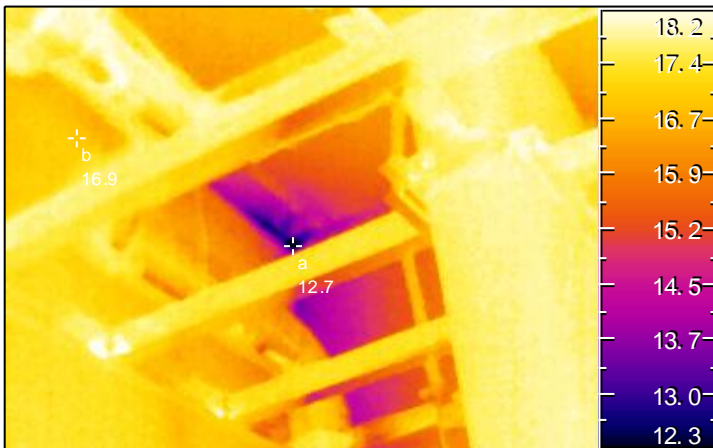
Bristfälligt drevat under tröskel samt högra glaspartiet mot vägg.



T00328IR.JPG,1 2014-03-07 15:55:34		Objekt: Takhörn "388 PERSONAL"				
Temp	a 17.4	b 21.4	c No data	d No data	AreaMax No data	AreaMin No data

Analys/Bedömning:

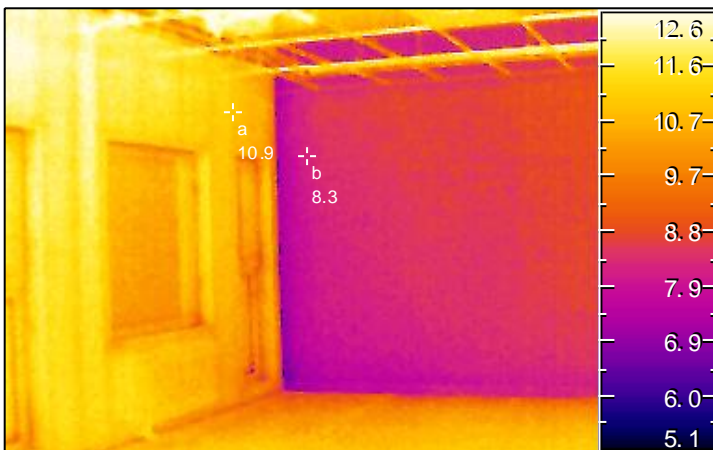
Luftläckage och/eller köldbrygga



T00329IR.JPG,1		2014-03-07 15:57:00		Objekt:		Takhörn "385 OMKL"						
Temp	a	12.7	b	16.9	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

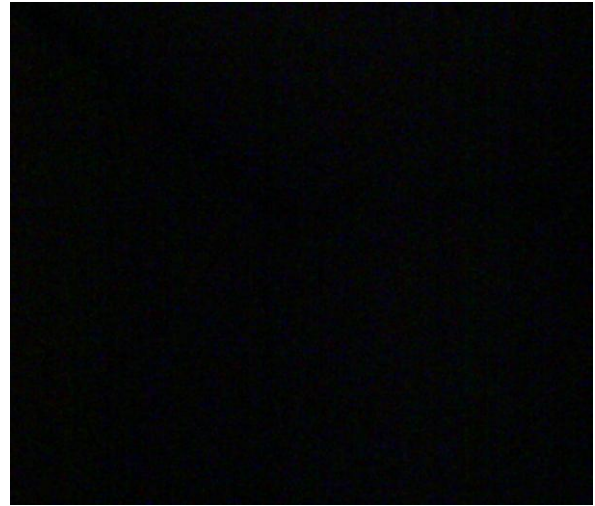
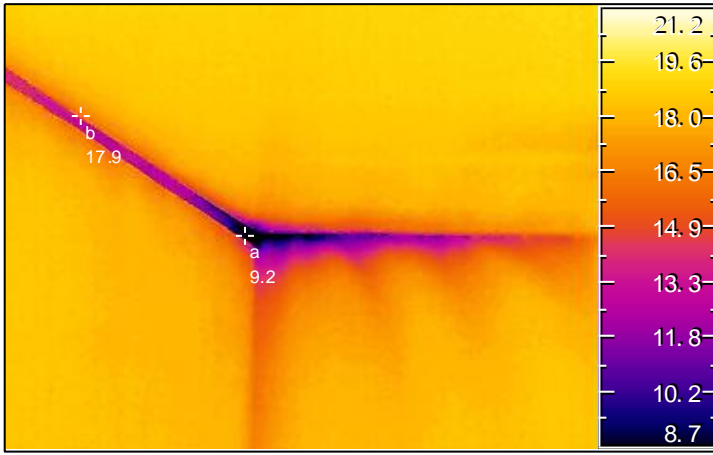
Luftläckage och/eller köldbrygga



T00330IR.JPG,1		2014-03-07 16:10:04		Objekt:		Ytterväggar "462 TEKNIK"						
Temp	a	10.9	b	8.3	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

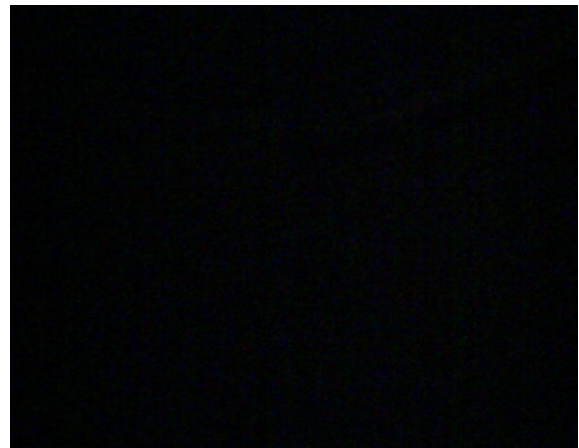
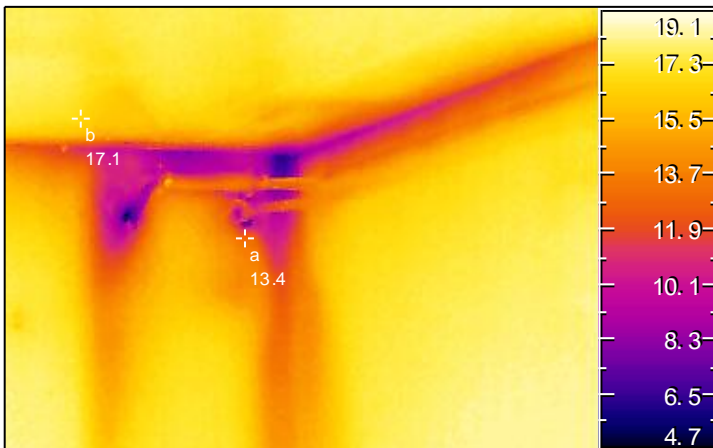
Större värmeförluster vid punkt c
Ej färdigställt på utsida?



T00332IR.JPG,1 2014-03-07 16:17:36		Objekt: Takvinkel "506 HISSMASKINRUM"						
Temp	a 9,24	b 17,85	c No data	d No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

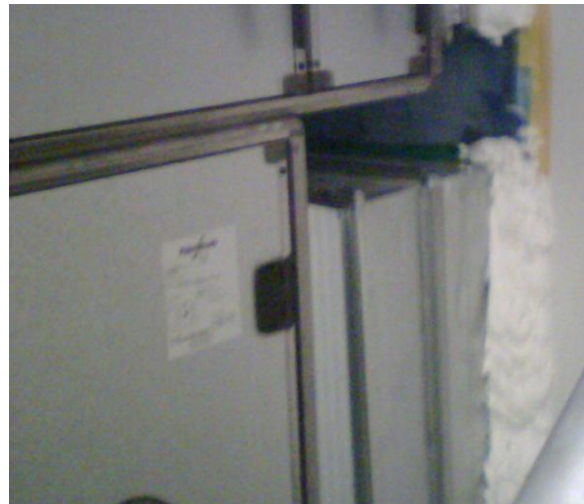
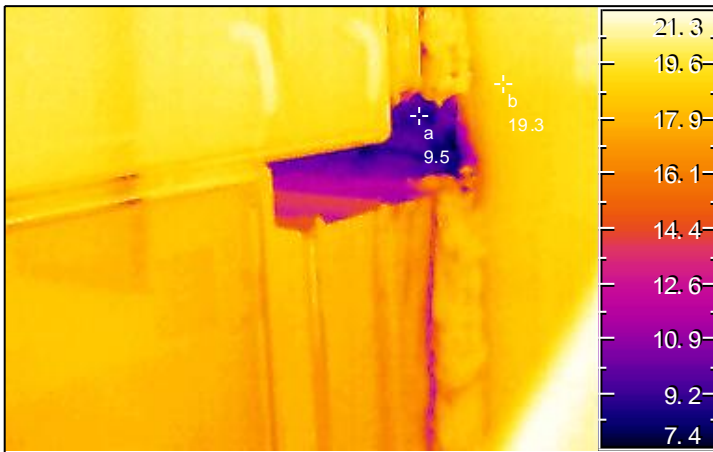
Luftläckage



T00333IR.JPG,1 2014-03-07 16:18:36		Objekt: Takvinkel "506 HISSMASKINRUM"						
Temp	a 7.7	b 12.5	c No data	d No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

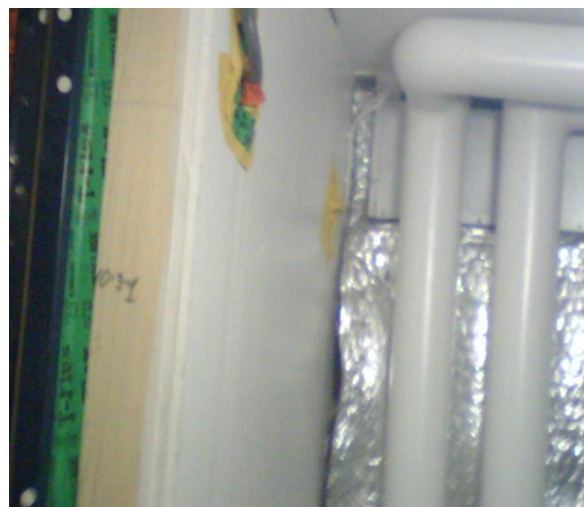
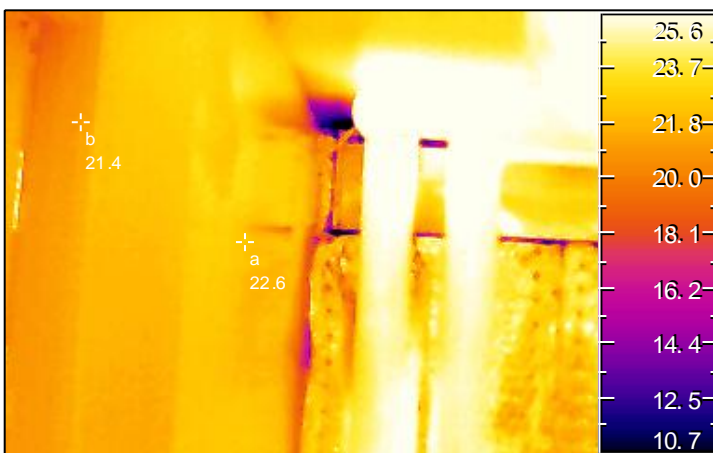
Luftläckage



T00334IR.JPG,1		2014-03-07 16:21:10		Objekt:	Köldbrygga mellan kanalerna "507 FLÄKTRUM"							
Temp	a	9.5	b	19.3	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

Sämrre värmemotstånd vid punkt a



T00336IR.JPG,1		2014-03-07 16:25:08		Objekt:	Luftläckage bakom kanalen "507 FLÄKTRUM"							
Temp	a	11.1	b	21,4	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

Luftläckage

9.2 Provtryckningsprotokoll total provtryckning 1

Täthetsprovning

Mariehällsskolan
Hela skolan

Täthetsprovning utförd av Christoffer Gustafsson
Energikompetens AB

Täthetsprovningsdatum

2014-03-22

Objektbeskrivning	
Projektnamn	Mariehällsskolan
Beställare	MVB
Kontaktperson	Emelie Appelberg
Status byggnad	Under produktion
Ventilationssystem	FTX-system
I bruk vid mätning	Ventilationsspjäll stängda
Mätförhållande	
Temperatur inomhus	Cirka 18°C
Temperatur utomhus	Cirka 6°C
Vindstyrka	Cirka 6 m/s
Mätutrustning	<p>Retrotec Blower Door - Tätningssanordning som tätar det öppna dörrhålet med en fläkt som har reglerbart varvtal.</p> <p>DM-2 - Manometer för mätning av lufttryck utomhus och inomhus.</p> <p>FHT 100 - Temperaturmätare.</p> <p>Dator- För beräkning och presentation av resultatet.</p> <p>FLIR PMP595 - Värmeamera för detektering av eventuella otätheter.</p> <p>Testo 405 V1 – Luftflödesmätare ger en fingervisning var otätheter finns.</p> <p>Rökflaskor – Ger en fingervisning var otätheter finns.</p>
Läcksökningsmetod	Metoder som användes var läcksökning med rökflaska och värmeamera.
Tillvägagångssätt tätning:	Tillufts- och frånluftskanaler tätade via ventilationsspjäll.
Resultat:	<p>Värdet 0,585 l/s.m² baserar sig på att den provisoriska tätningen vid huvudentrén läcker mycket, att det fortfarande läcker kring fönster i gymnastikhallen samt att provisorisk tätning i Fläktrum 427 lossnade. Observera vid mätningen gjordes endast vid undertryck.</p> <p>Värdet 0,524 l/s.m² baserar sig på att den provisoriska tätningen vid huvudentrén är förbättrad, alla fönster är åtgärdade i gymnastiksal samt att provisorisk tätning i Fläktrum 427 är tät. Tester visar vid -50 Pa 0,551 l/s.m² samt 0,496 l/s.m² vid +50 Pa.</p>

Objekt	Totalt läckage [l/s]	Läckage klimatskal mot det fria [l/s.m ²]	Krav [l/s.m ²]	Resultat	Testdatum	Rapportskrivningsdatum
Test 1	4420	0,585	0,3	Underkänt	2014-03-22	2014-03-25
Test 2	3960	0,524	0,3	Underkänt	2014-03-22	2014-03-25

Byggnad zon, dimensioner

Byggnad Adress: Mariehällskolan HELA	Höjd över havet: 0 m	
	Höjd över marken: 0 m	
	Byggnads Volym, V: 19 617 m³	
Test operatör: Christoffer Gustafsson och Joel Henize	Omslutande area, A _{TBAT} : 7 564 m²	
	Vindförhållanden: Exponerad byggnad	
Test företag: Energikompetens AB	Mätningarnas noggrannhet: 5%	

Test Utrustning

Fläkt Modell: Retrotec 1000	Fläkt SN: 002007	Mätare Modell: DM32	Mätare SN: 400556
--------------------------------	------------------	---------------------	-------------------

Undertryck set

Datum: **2014-03-22** Tid: **13:30** till **13:45**

Miljö Förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Före: inomhus **18 °C** utomhus **6 °C**.
Slutlig: inomhus **18 °C** utomhus **6 °C**.

Test Data:

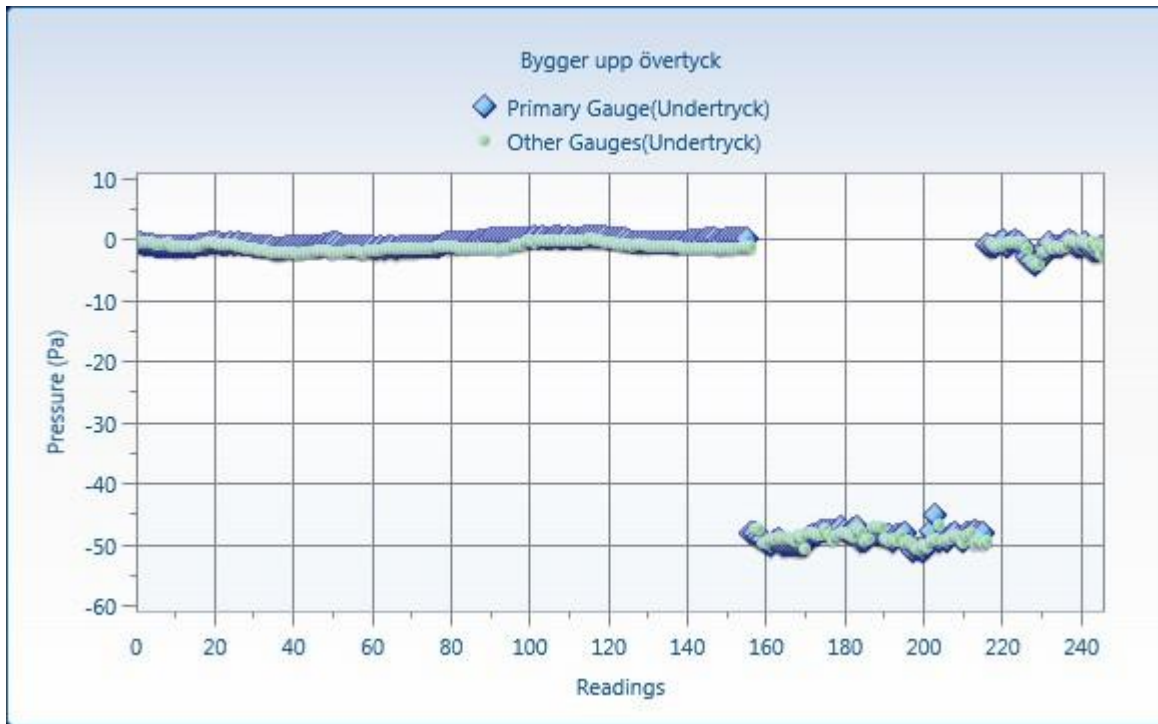
6 Kalibreringstryck tagna på **5** sek vardera.

1 Undertryckspunkter tagna på **60** sek vardera.

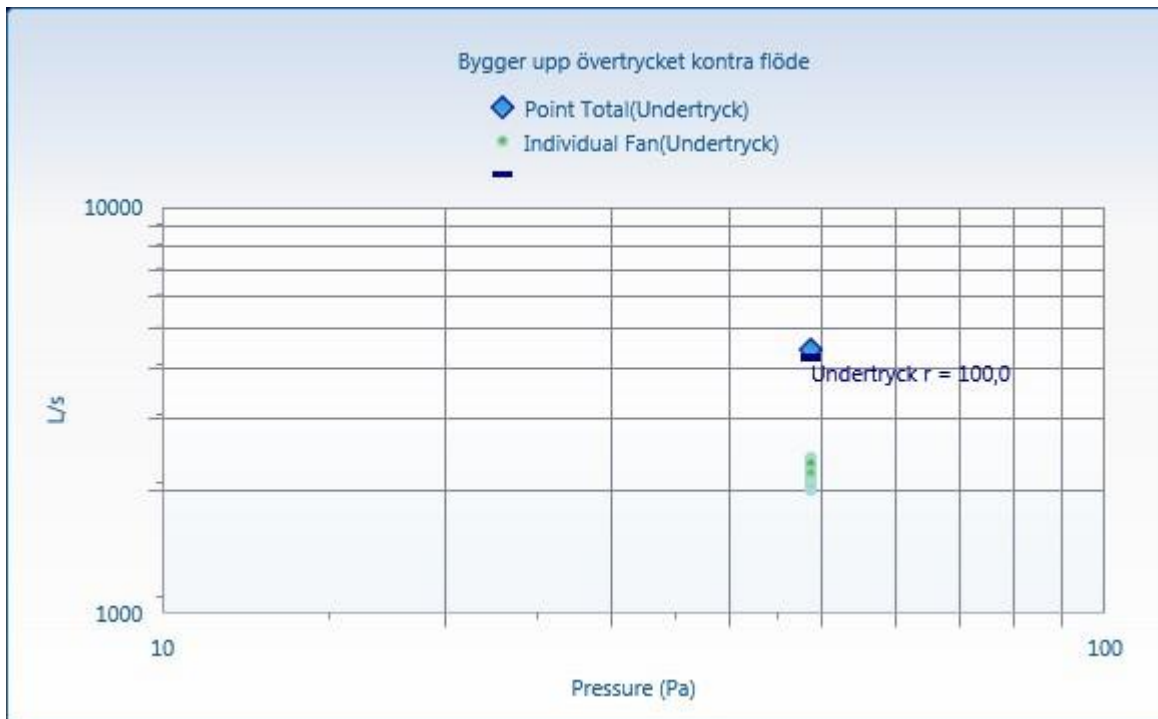
Kalibrerings-tryck, initialt [Pa]	-0,79	-1,20	-1,38	-0,92	0,00	-0,63						
Byggnad Test Tryck [Pa]	-49,7											
Kalibrerings-tryck, slutligt [Pa]	-0,74	-0,54	-3,07	-1,04	-0,45	-1,20						
Flödestryck, [Pa]	136											
Total flöde, V _r [l/s]	4469,5											
Korrigerat flöde, V _{env} [l/s]	4267											
Fel [%]	---											

Kalibreringstryck medelvärde: initialt [Pa] ΔP_{01} **-0,82**, ΔP_{01-} **-0,98**, ΔP_{01+} **0,00**
slutligt [Pa] ΔP_{01} **-1,17**, ΔP_{01-} **-1,17**, ΔP_{01+} **0,00**

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.



Undertryck Test Resultat

	Resultat				Resultat	Osäkerhet
Växlingsförhållande, r [%]	100,0	95% tillförlitlighet gräns		Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]	4420	
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	414,5	414,5	414,5	Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]	0,8115	+/-5,0%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	422,92	423,0	423,0	Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m ²]	0,585	+/-5,0%
Lutning, n	0,6000	0,6000	0,6000	Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m ²]	0,676	+/-5,0%

Kombinerat testdata.

	Resultat	Osäkerhet
Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]	4420	
Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]	0,8115	+/-5,0%
Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m ²]	0,585	+/-5,0%
Specific Leakage 50Pa, w_{50} [l/s·m ²]	0,676	+/-5,0%

Test Noteringar:

Blower Door monterad i entrédörr "136 ENTRE"

Huvudentré tätad på nytt

Tätning av fönster i gymnastiksal påbörjad

Tillfälliga tätningar i fläktrum och vissa dörrpartier verkar ha släppt under själva mätningen.

Byggnad zon, dimensioner

Byggnad Adress:	Höjd över havet:	0 m
Mariehällskolan HELA	Höjd över marken:	0 m
Test operatör: Christoffer Gustafsson och Joel Henize	Byggnads Volym, V:	19 617 m³
	Omslutande area, A _{T BAT}	7 564 m²
	Vindförhållanden:	Exponerad byggnad
Test företag: Energikompetens AB	Mätningarnas noggrannhet:	5%

Test Utrustning

Fläkt Modell: Retrotec 1000	Fläkt SN: 002007	Mätare Modell: DM32	Mätare SN: 400556
--------------------------------	------------------	---------------------	-------------------

Undertryck set Datum: **2014-03-22** Tid: **15:05** till **13:45**

Miljö Förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Före: inomhus **18 °C** utomhus **6 °C**.
Slutlig: inomhus **18 °C** utomhus **6 °C**.

Test Data:

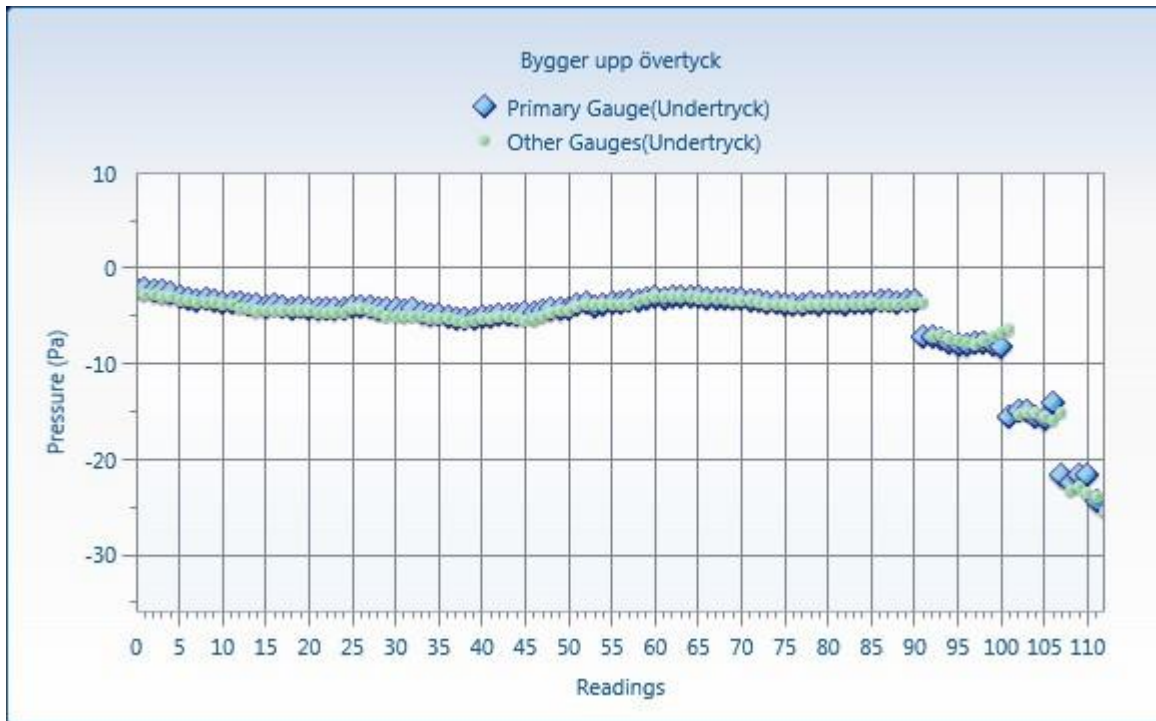
6 Kalibreringstryck tagna på **5** sek vardera.

6 Undertryckspunkter tagna på **5** sek vardera.

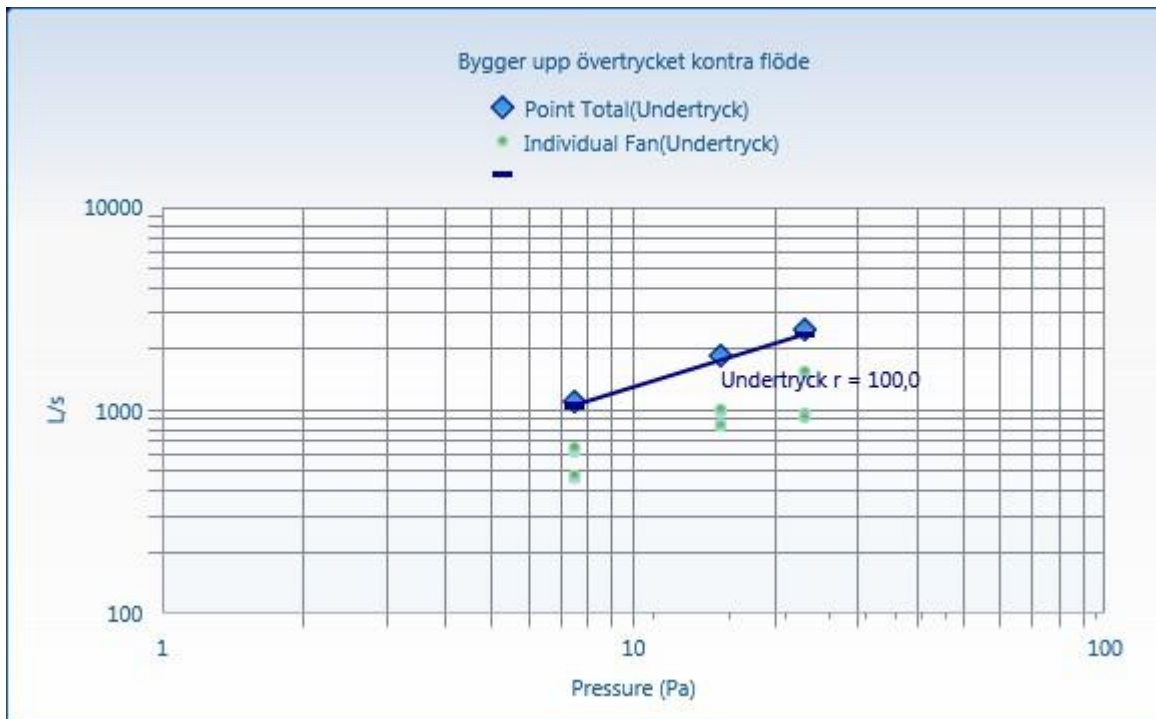
Kalibrerings-tryck, initialt[Pa]	-3,12	-4,18	-4,95	-3,81	-3,40	-3,60
Byggnad Test Tryck [Pa]	-9,4	-17,1	-25,0			
Kalibrerings-tryck, slutligt[Pa]						
Flödestryck, [Pa]	37,7	103,9	197,2			
Total flöde, V _r [l/s]	1103,8	1841,2	2477,1			
Korrigerat flöde, V _{env} [l/s]	1054	1758	2365			
Fel [%]	0,0%	0,1%	-0,1%			

Kalibreringstryck medelvärde: initialt [Pa] ΔP_{01} **-3,84**, ΔP_{01-} **-3,84**, ΔP_{01+} **0,00**
slutligt [Pa] ΔP_{01} **0,00**, ΔP_{01-} **0,00**, ΔP_{01+} **0,00**

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.



Undertryck Test Resultat

	Resultat				Resultat	Osäkerhet
Växlingsförhållande, r [%]	100,0	95% tillförlitlighet gräns		Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]	4160	+/-2,5%
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	250,5	239,0	263,0	Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]	0,7650	+/-5,6%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	254,22	242,5	266,5	Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m ²]	0,551	+/-5,6%
Lutning, n	0,7151	0,6971	0,7331	Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m ²]	0,638	+/-5,6%

Övertryck set

Datum: **2014-03-22** Tid: **15:29** till

Miljö förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Initialt: inomhus **18 °C** utomhus **6 °C**.
Slutligt: inomhus **18 °C** utomhus **6 °C**.

Test Data:

6 kalibreringstryck tagna på **5** sek vardera.

6 byggnadstryck tagna på **5** sek vardera.

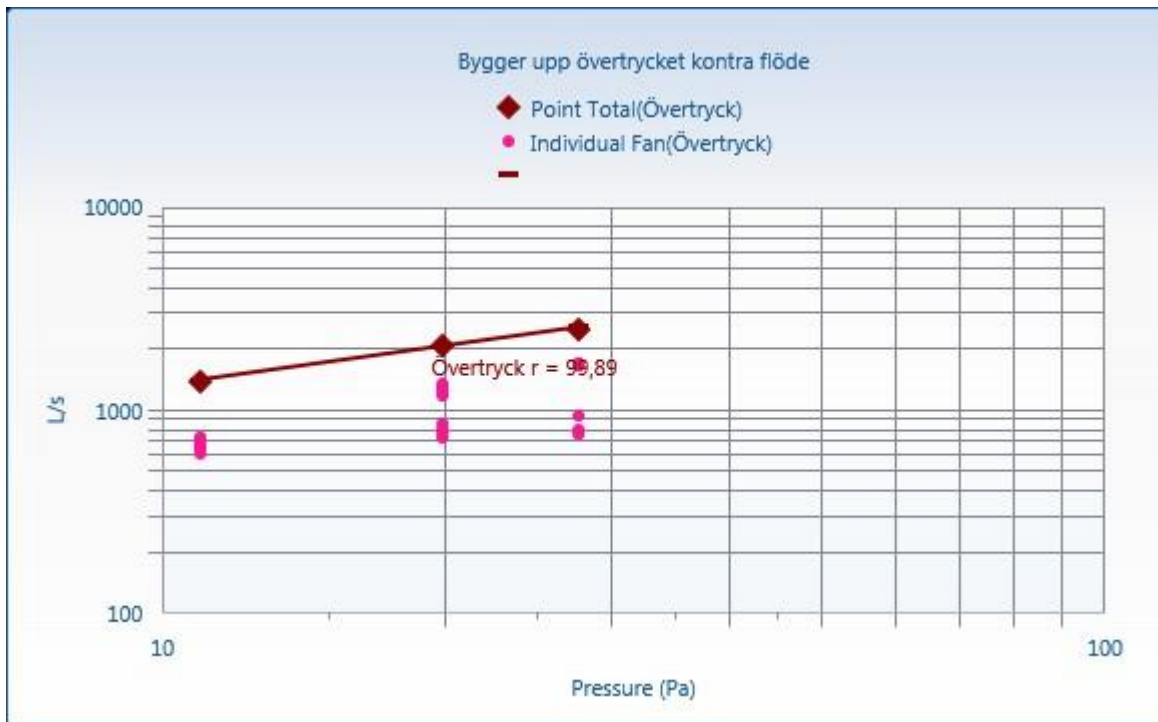
Kalibrerings-tryck, initialt [Pa]	-1,60	-1,83	-1,65	-1,71	-0,88	-0,90
Byggnad Test Tryck [Pa]	10,2	19,1	26,9			
Kalibrerings-tryck, slutligt [Pa]						
Flödestryck, [Pa]	78,1	174,8	264,9			
Total flöde, V_r [l/s]	1371,9	2058,1	2482,7			
Korrigerat flöde, V_{env} [l/s]	1395	2093	2525			
Fel [%]	-0,6%	1,7%	-1,1%			

Kalibreringstryck medelvärde: initialt [Pa] ΔP_{01} **-1,43**, ΔP_{01-} **-1,43**, ΔP_{01+} **0,00**
slutligt [Pa] ΔP_{01} **0,00**, ΔP_{01-} **0,00**, ΔP_{01+} **0,00**

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.

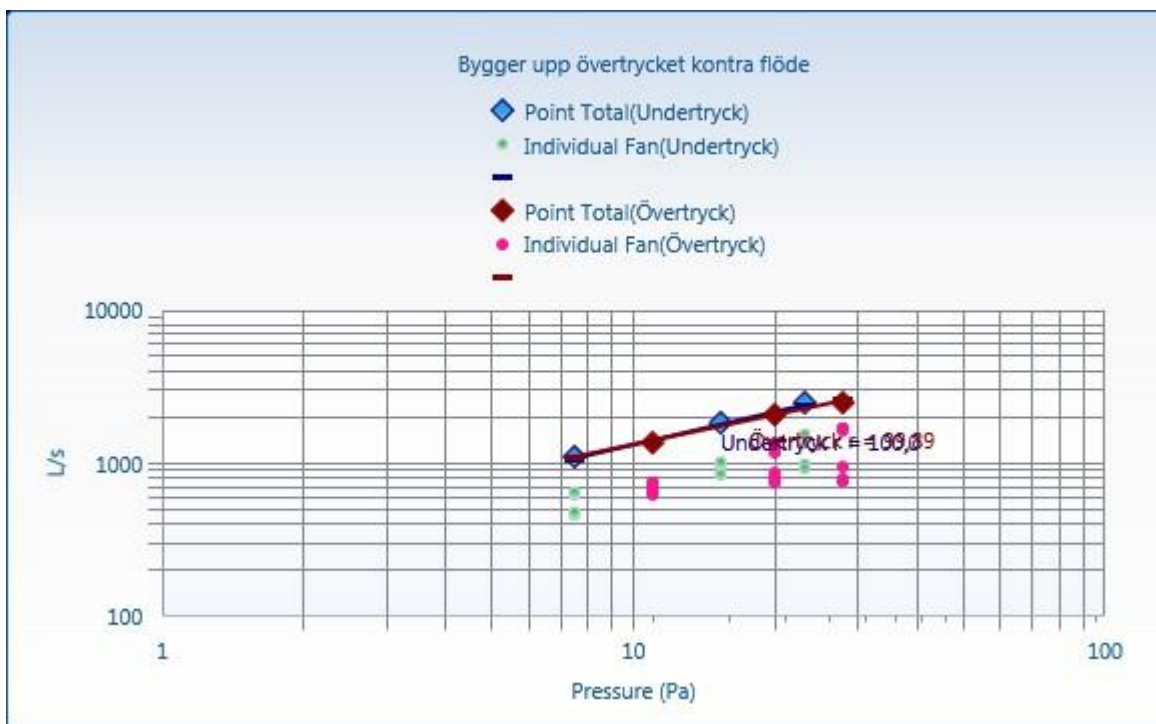
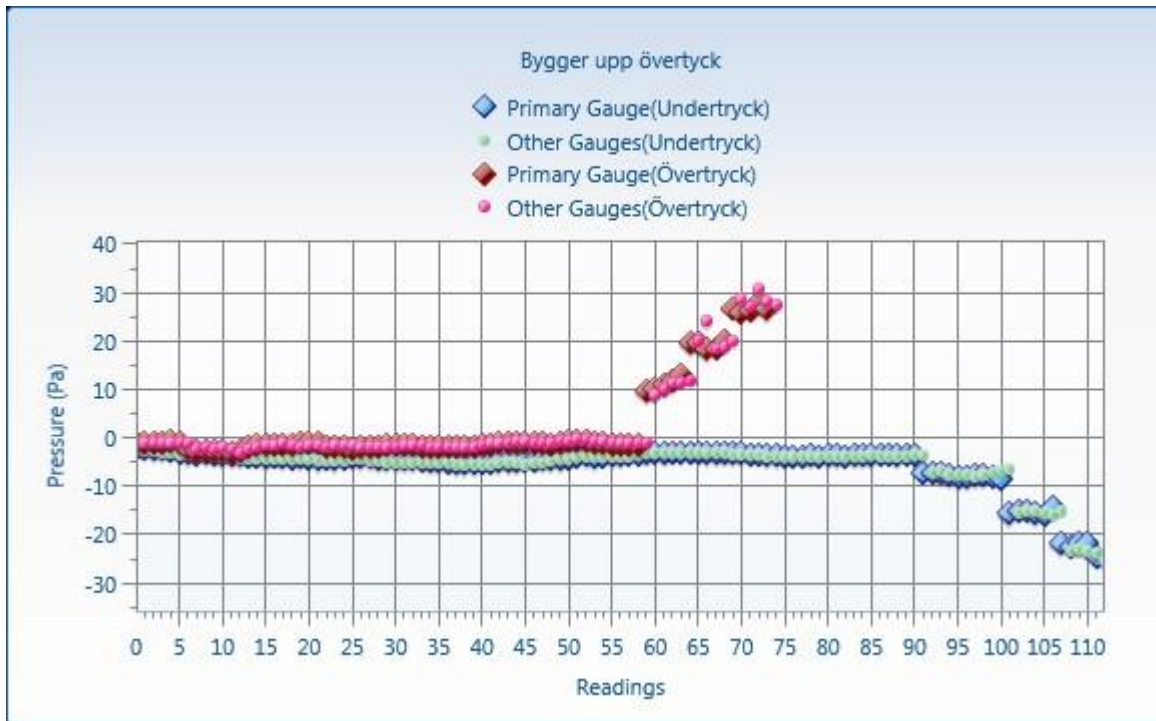


Övertryck Test Resultat

	Resultat				Resultat	Osäkerhet
Växlingsförhållande, r [%]	99,89	95% tillförlitlighet gräns		Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]	3750	+/-43,9%
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	299,5	94,81	945,5	Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]	0,6885	+/-44,1%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	300,31	95,10	948,5	Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m ²]	0,496	+/-44,1%
Lutning, n	0,6455	0,2524	1,0386	Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m ²]	0,574	+/-44,1%

Kombinerat testdata.

	Resultat	Osäkerhet
Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]	3960	+/-23,2%
Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]	0,7270	+/-24,9%
Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m ²]	0,524	+/-25,0%
Specific Leakage 50Pa, w_{50} [l/s·m ²]	0,606	+/-25,0%



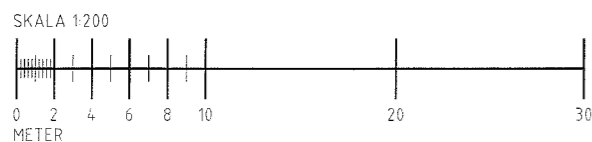
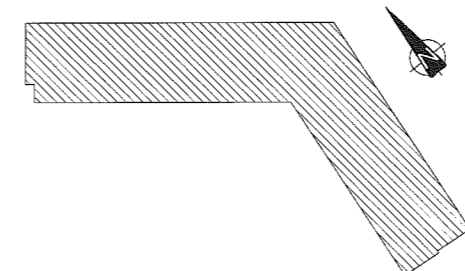
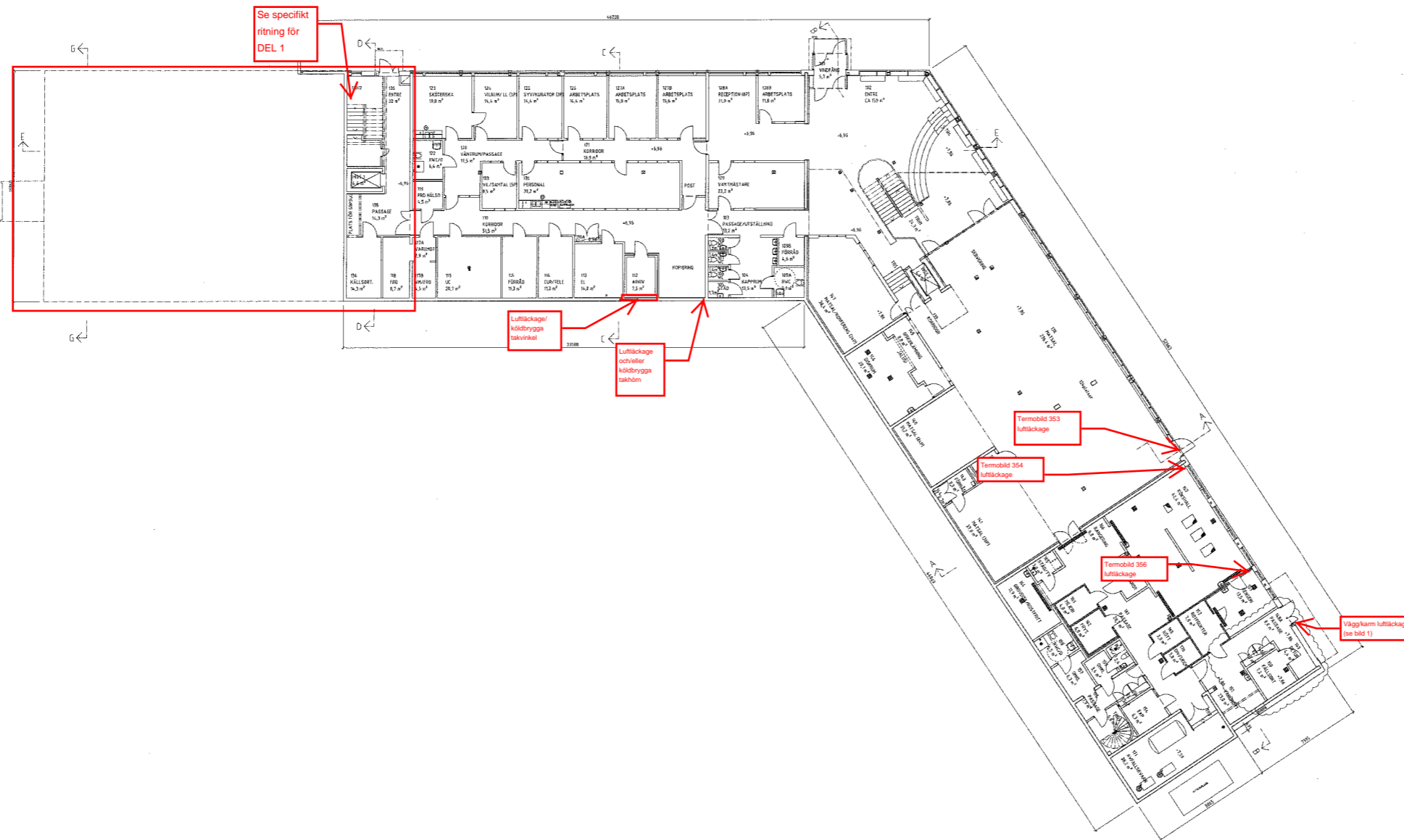
Test Noteringar:

Blower Door monterad i entrédörr "136 ENTRE"

Provisoriska tätningar förbättrade mot första testet. Tätningar har utförts ordentligt kring fönster.

Kalibrerings Certifikat

Retrotec 1000 002007.						
Område	N	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	519,618	-0,07	0,8	-0,115	1
A	0,503	264,996	-0,075	1	0	1
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1



FILENAMN: A30-A210.DWG

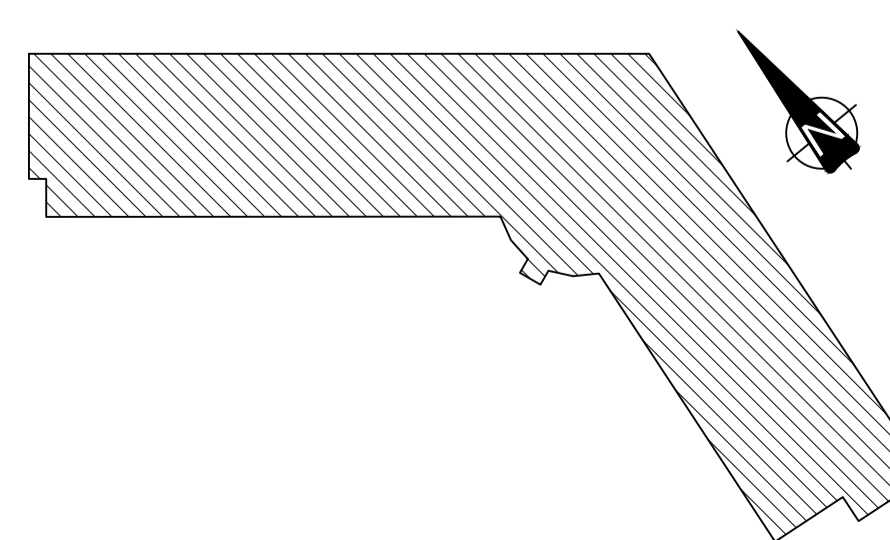
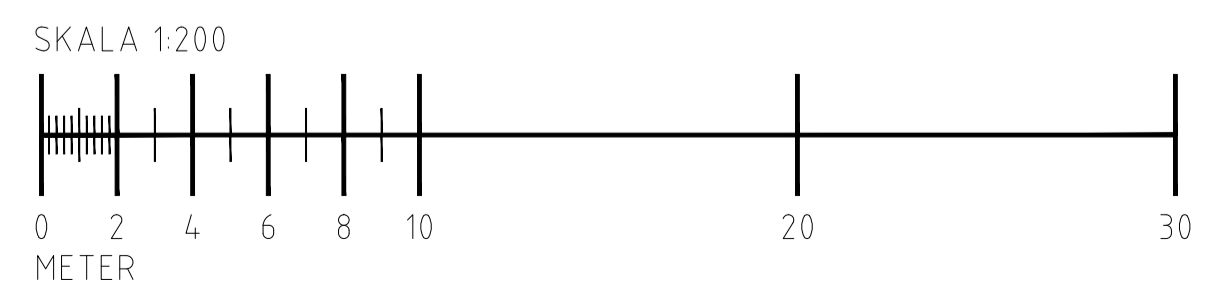
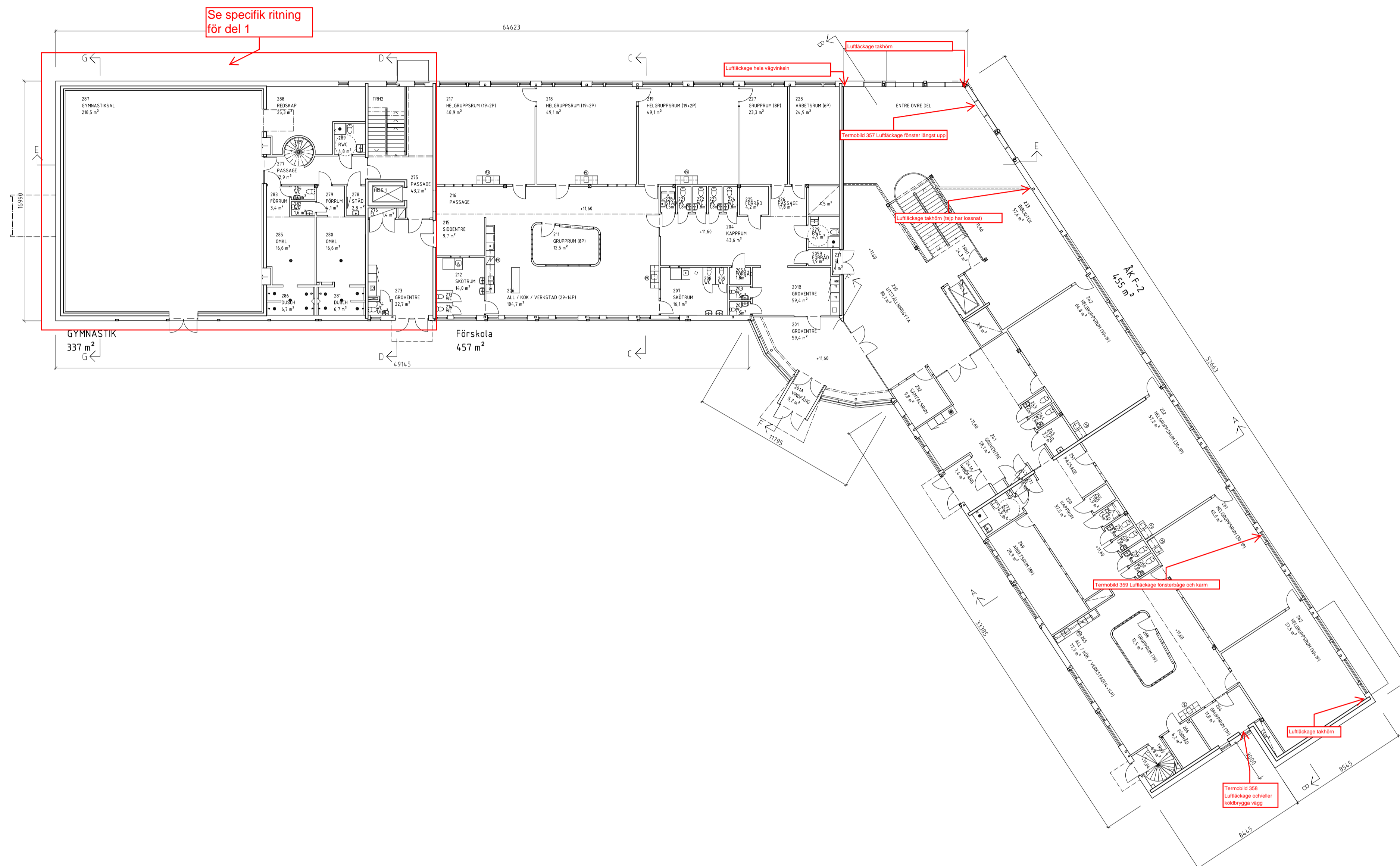
XREF: A30MA011

BYGGHANDLING



SKOLFÄSTIGHETER I STOCKHOLM AB

A	A-PM-1	2012-09-05
	PM 0	2012-06-05
USPRINGADE ARKITEKT	BET. ANT.	ÄNDRINGEN AVSER
		SIGN. DATUM
MARIEHÄLLSSKOLAN FASTIGHETSNUMMER 2200 KV. VILLE VESSLA HUS A PLAN 100		
BETAD AV KONSTRUERAD AV	HANDLAGARE	ÖVERSIKTSPLAN SKALA 1:200 A1
ARBETSNUMMER	RITINGSNUMMER	ÄNDR. BET.
2012-02-01	A30-A210	A

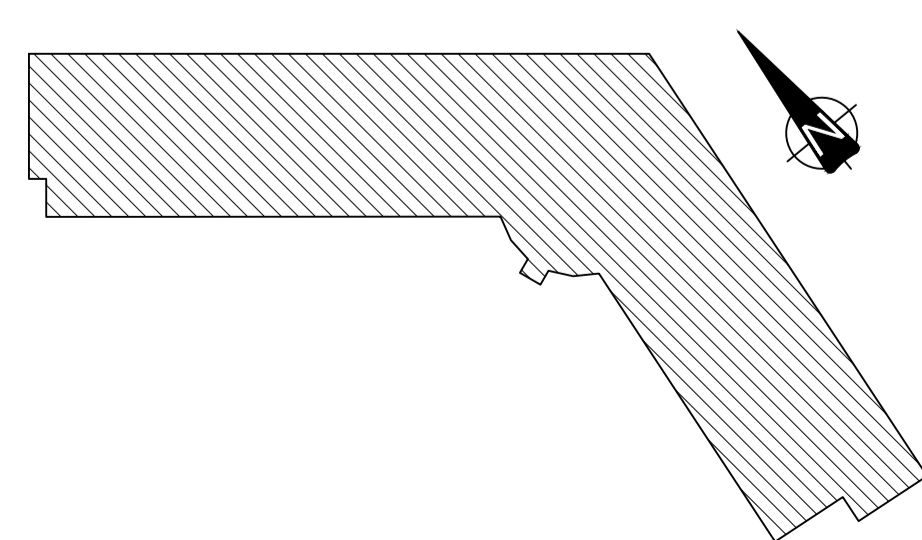
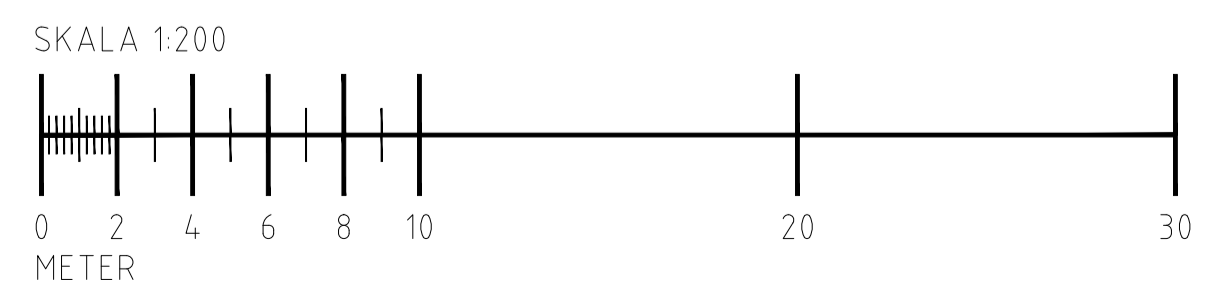
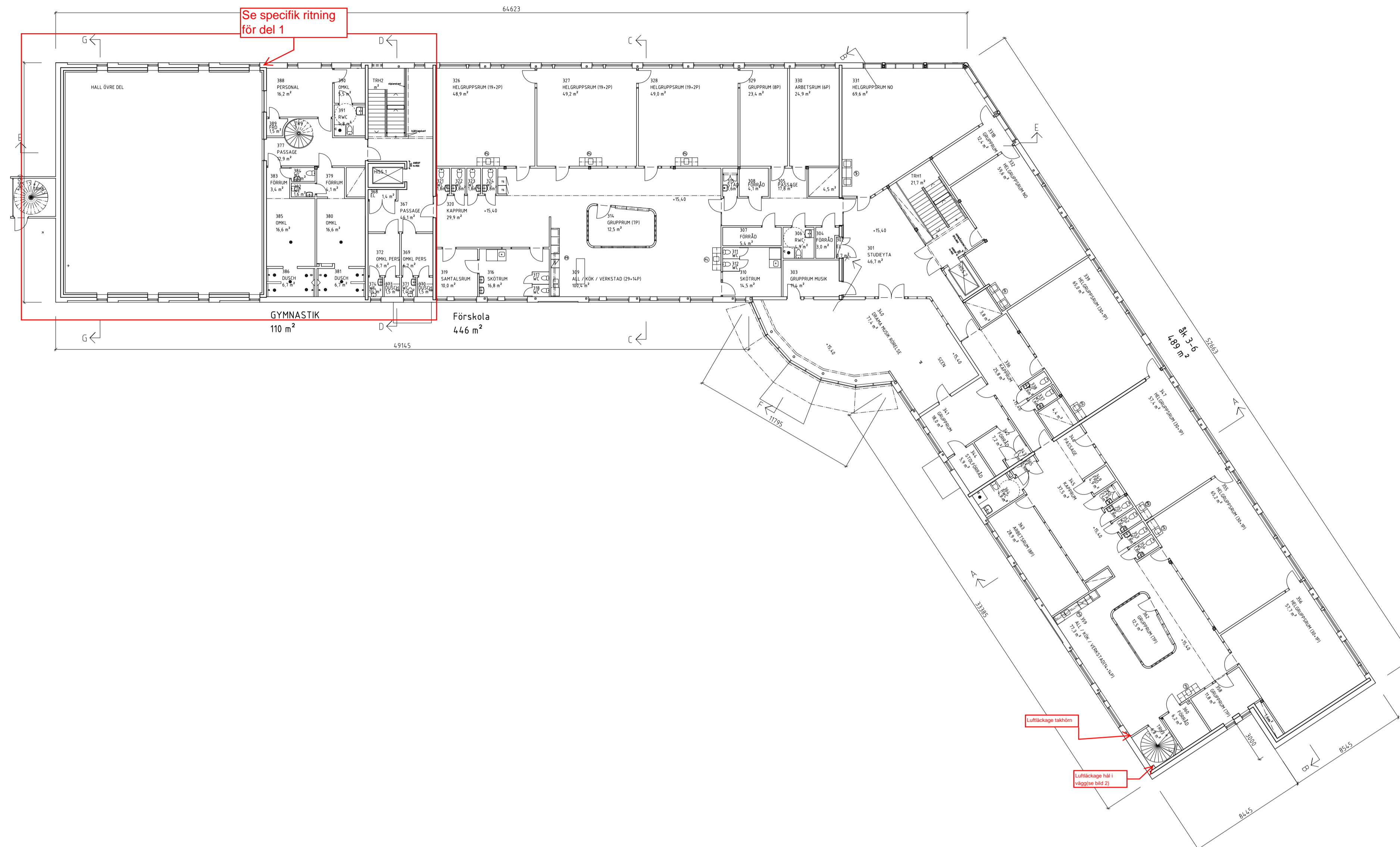


BYGGHANDLING



SKOLFASTIGHETER
I STOCKHOLM AB

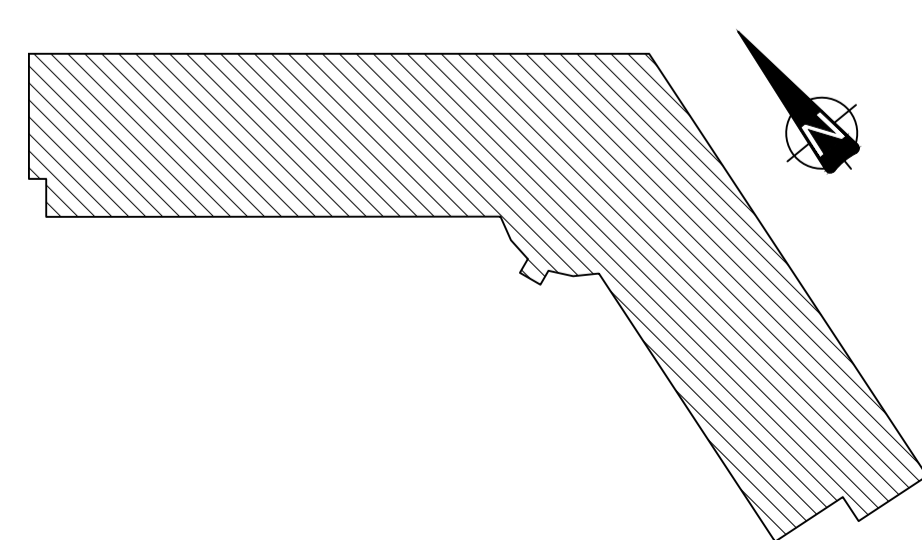
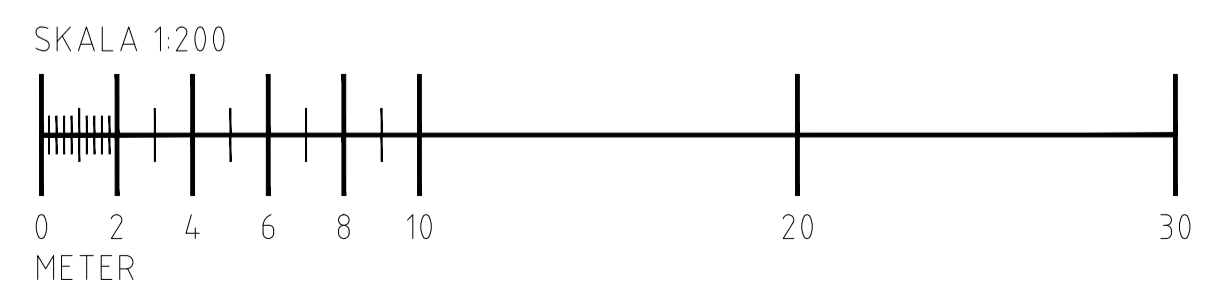
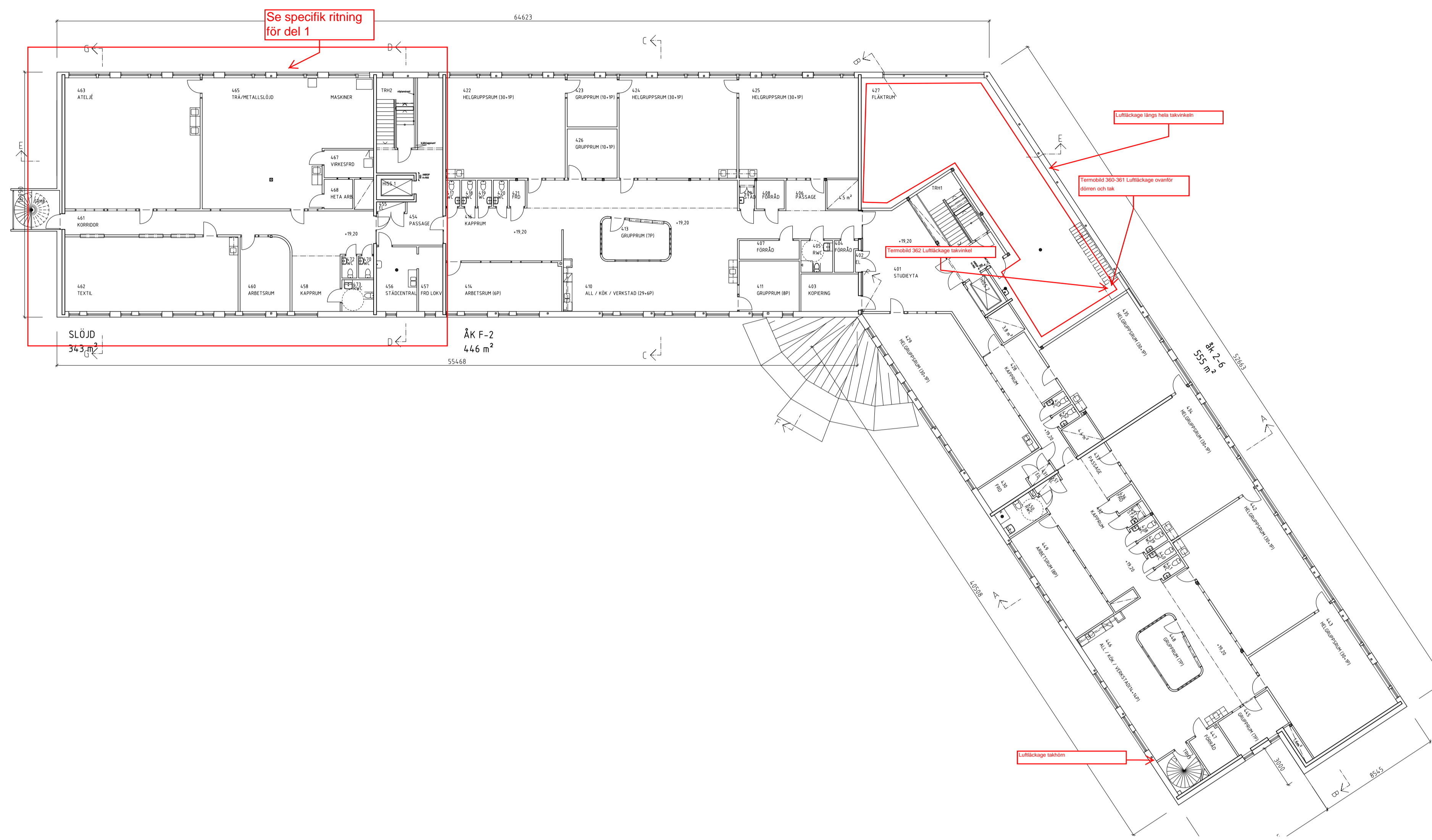
URSPRÜNGLIG ARKITEKT:	BET	ANT	PM 0	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	2012-06-05	DATUM
						MARIEHÄLLSSKOLAN	
						FASTIGHETSNUMMER 2200	
						KV. VILLE VESSLA	
						HUS A PLAN 200	
RITAD AV, KONSTRUERAD AV	HANDLAGGARE	ÖVERSIKTSPLAN		SKALA 1200 A1			
DATUM	ANSVARS	ARBETSNUMMER	RITNINGNUMMER	ANDR. BET			
2012-02-01			A30-A220				



BYGGHANDLING



URSPRÜNGLIG ARKITEKT:	BET	ANT	PM 0	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	2012-06-05
			MARIEHÄLLSSKOLAN FASTIGHETSNUMMER 2200 KV. VILLE VESSLA HUS A PLAN 300			
RITAD AV, KONSTRUERAD AV	HANDLAGARE	ÖVERSIKTSPLAN		SKALA 1200 A1		
DATUM	ANSVARS	ARBETSNUMMER	RITNINGNUMMER	ANDR. BET		
2012-02-01			A30-A230			



BYGGHANDLING



URSPRÜNGLIG ARKITEKT:	BET	ANT	PM 0	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	2012-06-05
			MARIEHÄLLSSKOLAN FASTIGHETSNUMMER 2200 KV. VILLE VESSLA HUS A PLAN 400			
RITAD AV, KONSTRUERAD AV	HANDLAGARE	ÖVERSIKTSPLAN		SKALA 1200 A1		
DATUM	ANSVÄRIG	ARBETSNUMMER	RITNINGNUMMER	ANDR. BET		
2012-02-01			A30-A240			

Bild 1

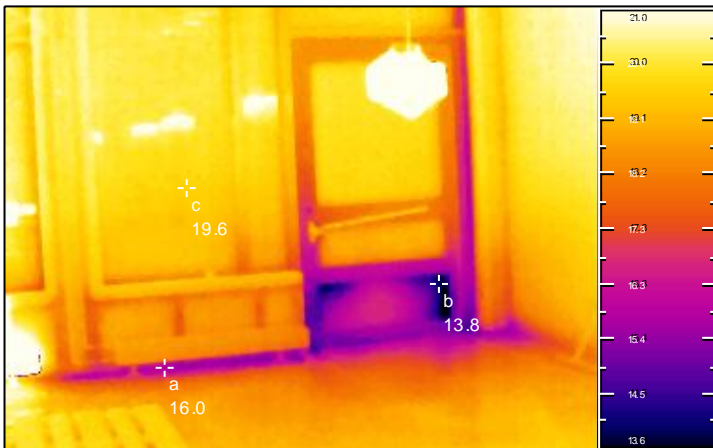


Luftlücke

Bild 2



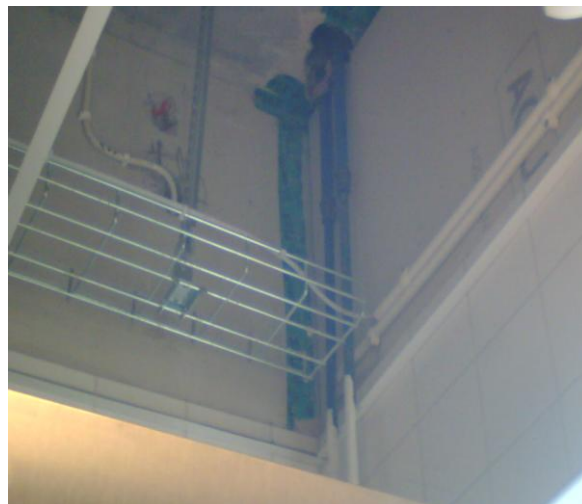
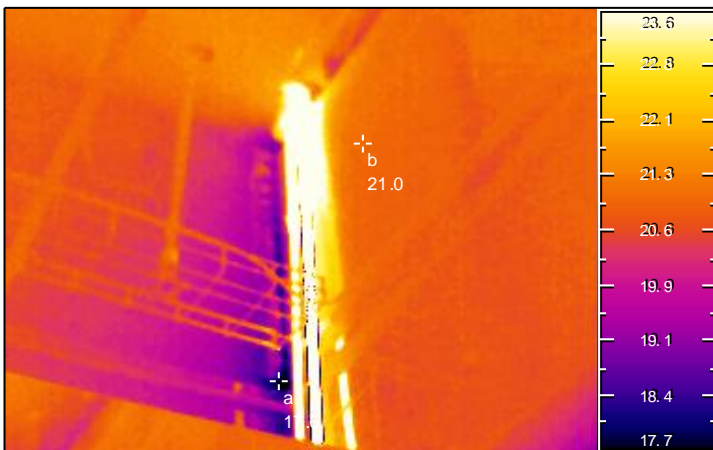
Luftleckage



T00353IR.JPG,1		2014-03-22 13:57:38		Objekt:								
Temp	a	15,98	b	13,8	c	19,63	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

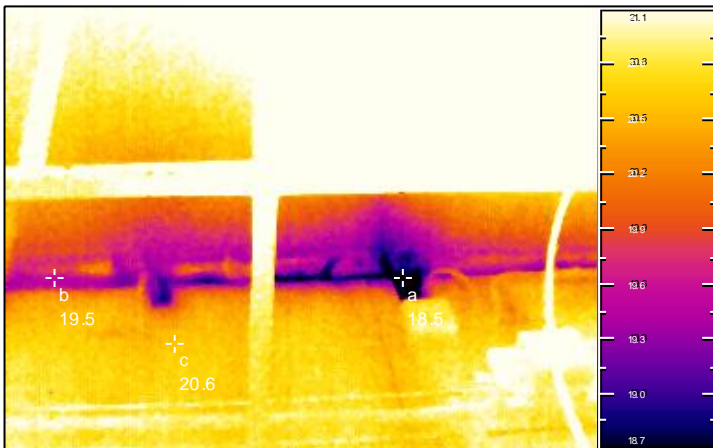
Luftcirkulation bakom skikt punkt a
Sämre värmemotstånd punkt b



T00354IR.JPG,1		2014-03-22 13:58:46		Objekt:								
Temp	a	17,64	b	21,05	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

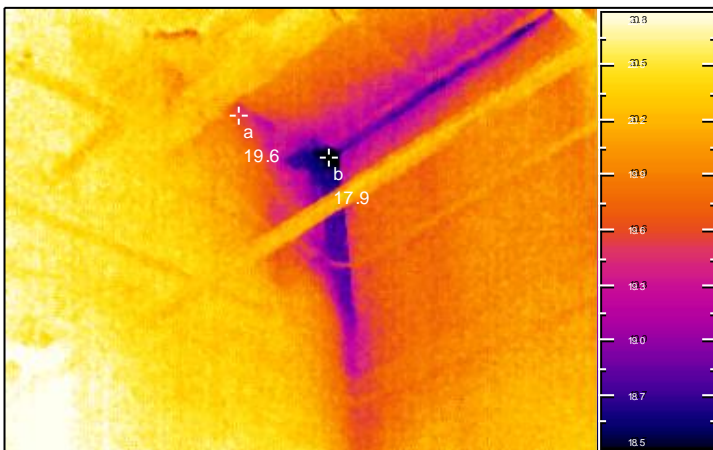
Analys/Bedömning:

Luftläckage



T00355IR.JPG,1		2014-03-22 13:59:19		Objekt:								
Temp	a	18,49	b	19,49	c	20,57	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

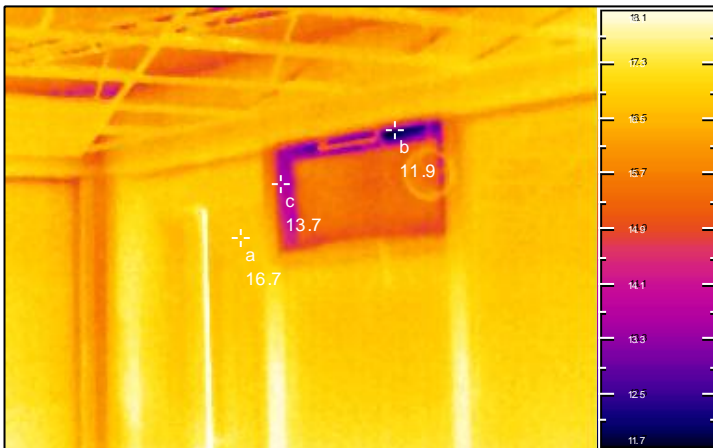
Analys/Bedömning:



T00356IR.JPG,1		2014-03-22 13:59:57		Objekt:								
Temp	a	19,57	b	17,86	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

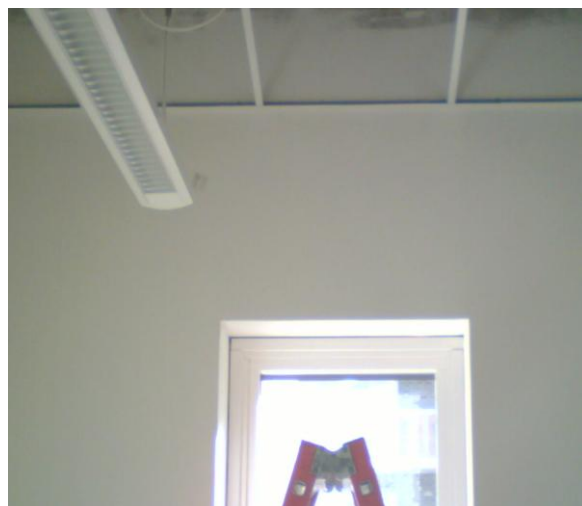
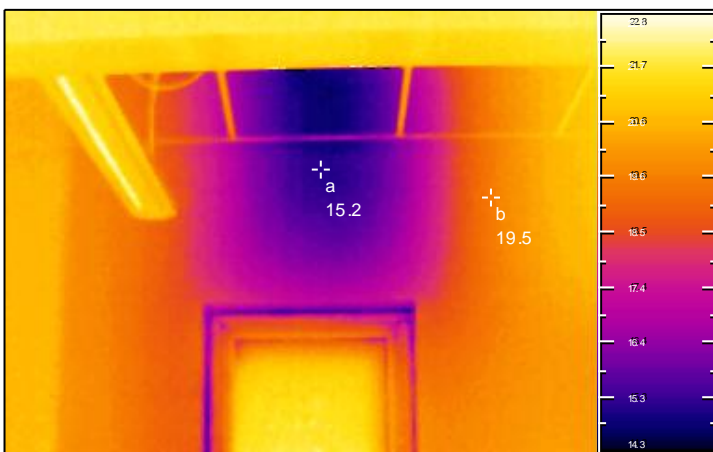
Luftläckage



T00357IR.JPG,1		2014-03-22 14:05:20		Objekt:								
Temp	a	16,7	b	11,85	c	13,73	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

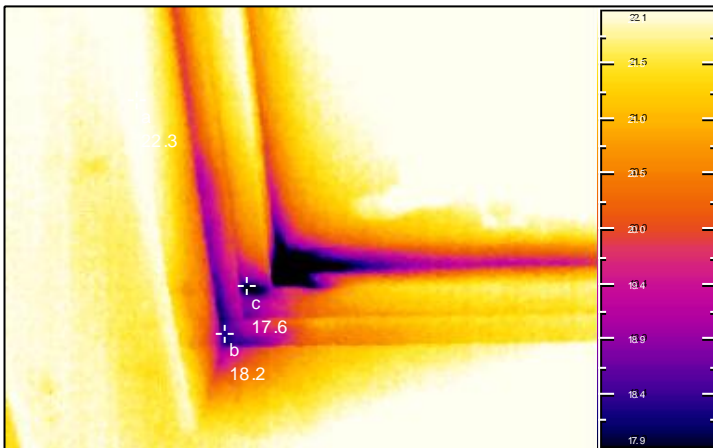
Luftläckage fönsterbåge och karm



T00358IR.JPG,1		2014-03-22 14:12:29		Objekt:								
Temp	a	15,17	b	19,54	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

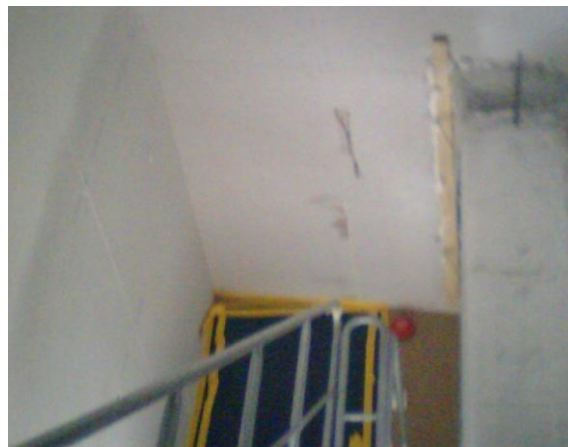
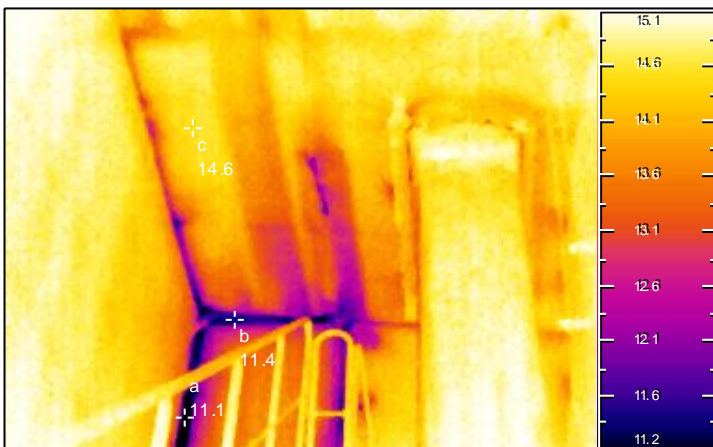
Köldbrygga



T00359IR.JPG,1		2014-03-22 14:15:28		Objekt:								
Temp	a	22,26	b	18,21	c	17,6	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

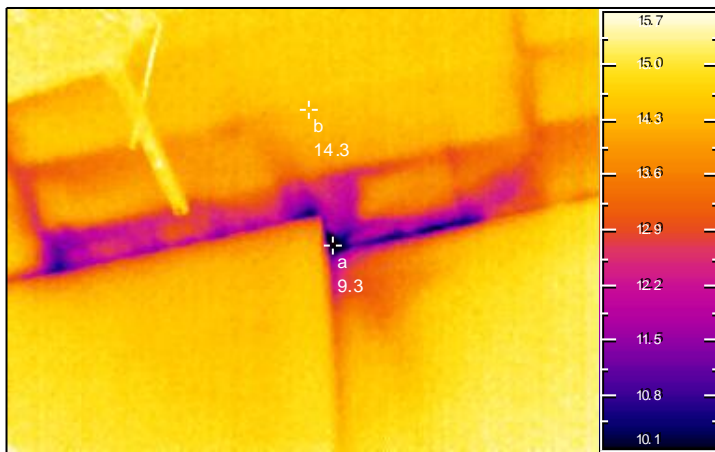
Luftläckage fönsterkarm/vägg och fönsterbåge/karm



T00361IR.JPG,1		2014-03-22 14:24:06		Objekt:								
Temp	a	11,06	b	11,42	c	14,56	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

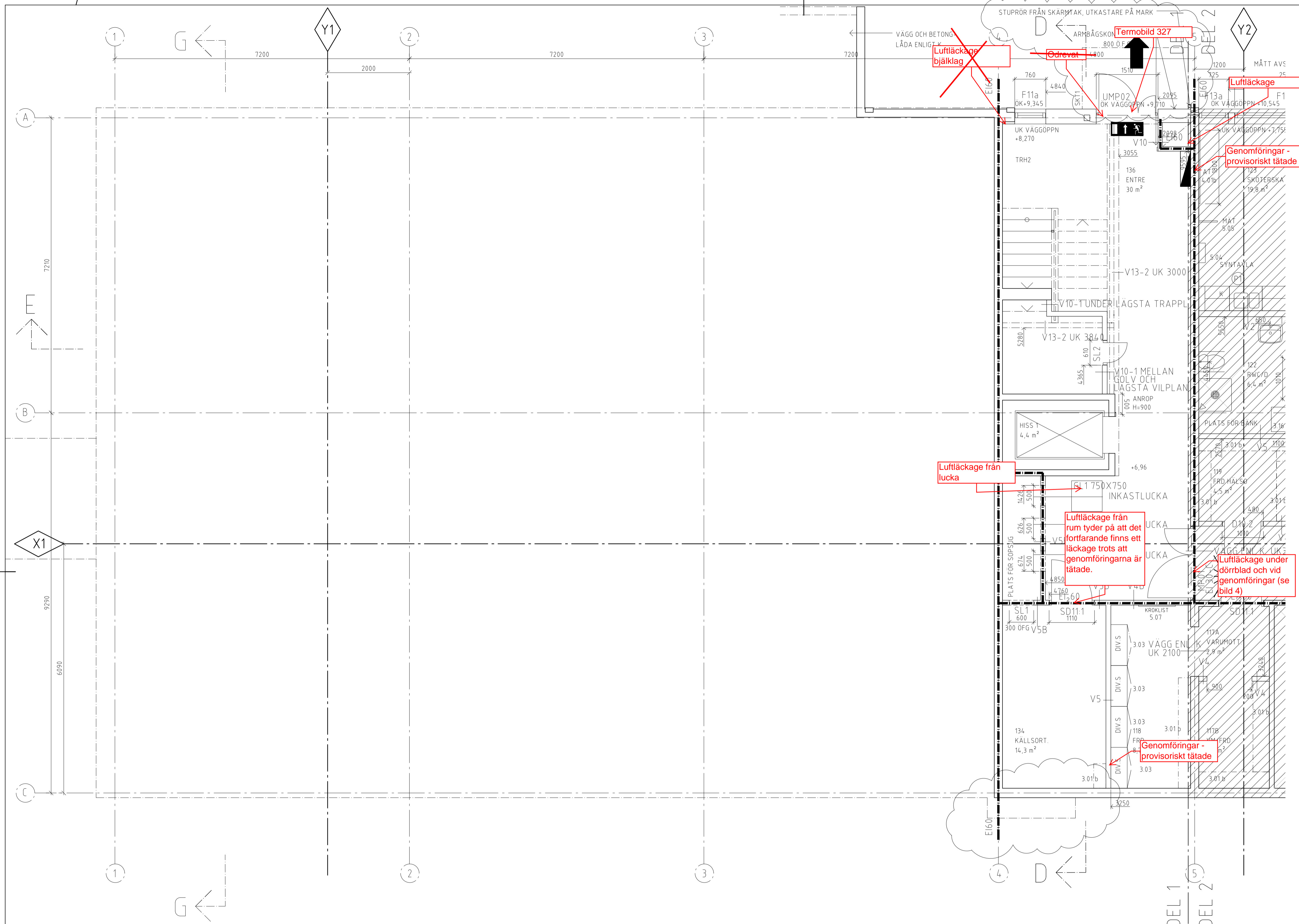
Luftläckage kring dörr och bakom gips



T00362IR.JPG,1		2014-03-22 14:27:44		Objekt:								
Temp	a	9,28	b	14,27	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

Luftläckage Takvinkel



FÖRKLARINGAR

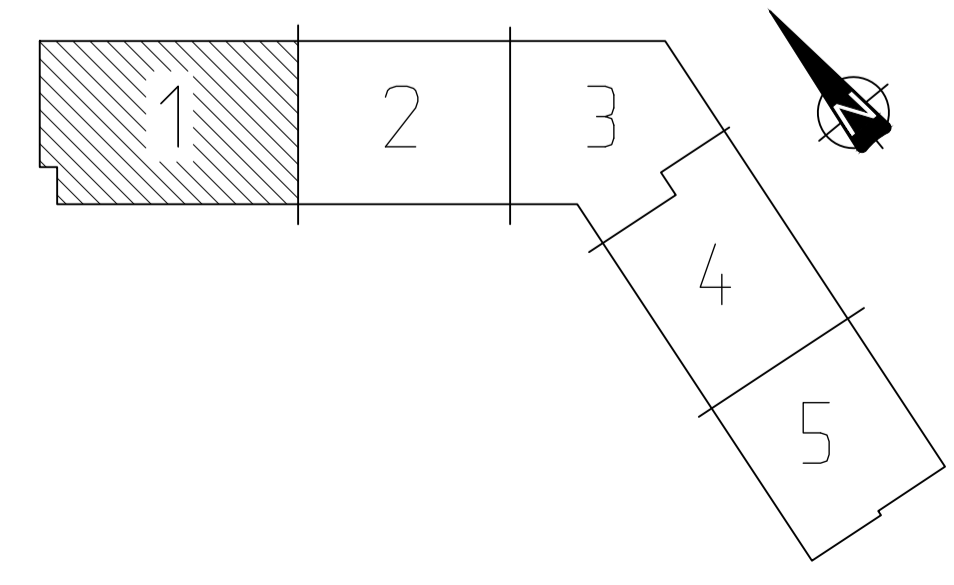
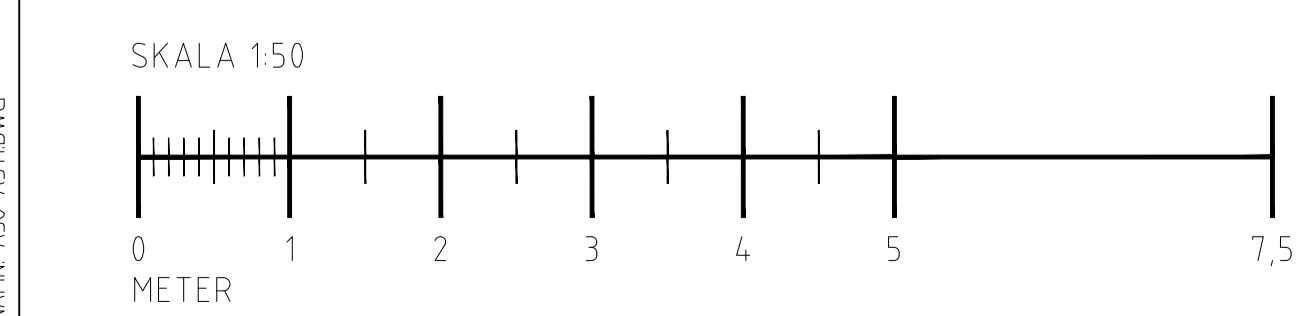
ALLA MÅTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDELLSGRÄNS EI 120
- BRANDELLSGRÄNS EI 60
- xxx PERS. MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- UT
- BELYST/GENOMLYST SKYLTV
- EFTERLYSANDESKYLTV
- Ei, 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei, 60-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei, 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min.
- E 30-CM SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLASBRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLASBRANDKLASS EW.
- Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min.
- BRANDLARMCENTRAL BIBRANDSKÅP
- EFTERLYSANDE TEJIP
- Dxx/SDxx/YSdx UPPTÄLLNINGAR
- Fxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÄLLUCKOR ENL UPPTÄLLNINGAR
- Vxx/Svx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBRUNN
- P+NR PENTRY ENL UPPTÄLLNINGAR
- N+NR INREDDNING ENL UPPTÄLLNINGAR
- x.xx INREDDNING ENL INREDDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
- SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNINGAR
- GLx GOLVLUCKA ENLUT BYGGNADSBESKRIVNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER:
 A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER:
 A45-A061 TILL A45-A066
 UPPTÄLLNINGAR VÄTRUM:
 A46- A001 TILL A46-A005
 UPPTÄLLNINGAR FAST INREDDNING:
 A46- A006 TILL A46-A010

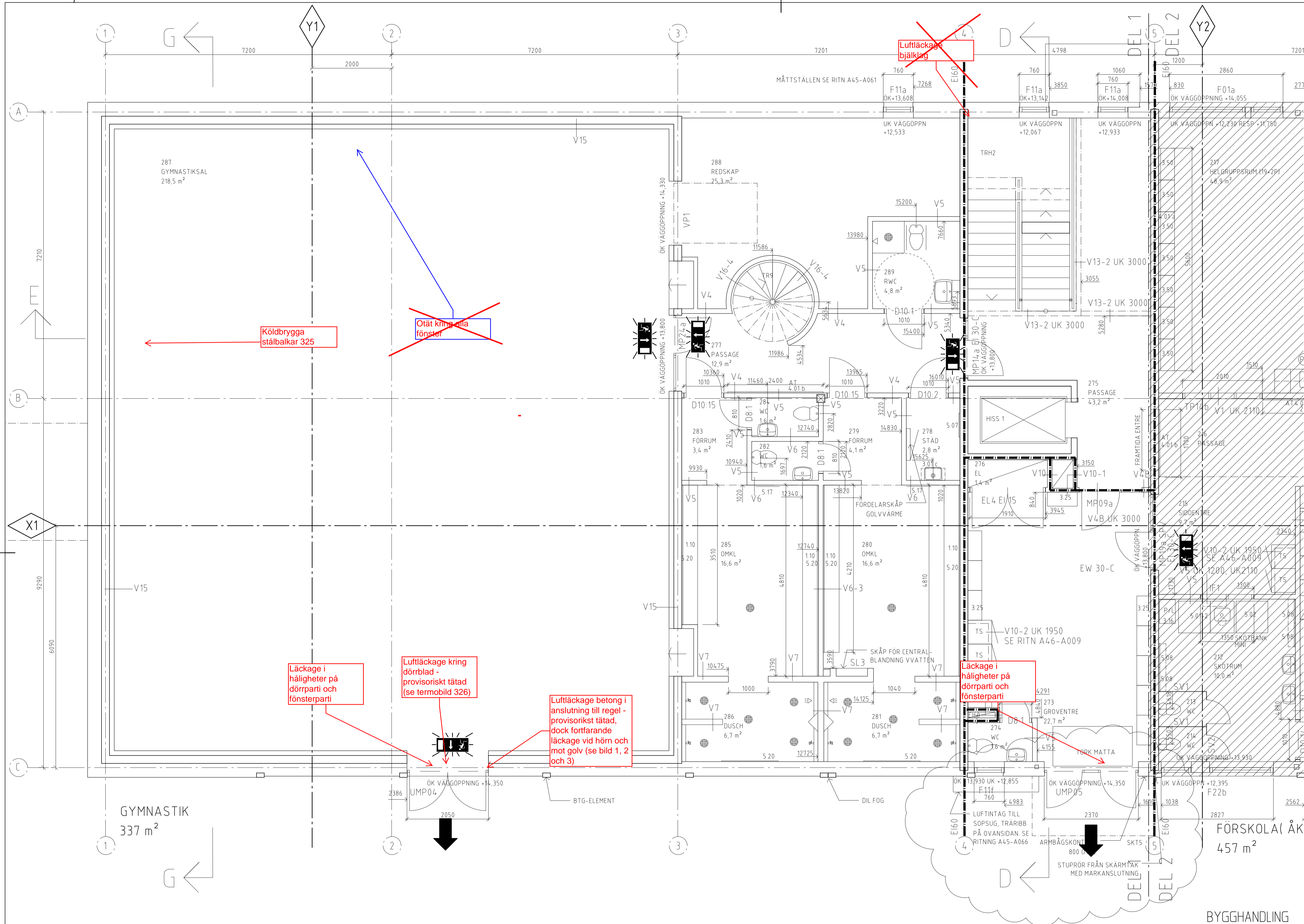
FOR YTTRE VÄGGAR SE K-PLANER



BYGGHANDLING



B	A-PM-3	2013-03-08
A	A-PM-2	2012-11-09
	PM 0	2012-06-05
URSprunglig arkitekt:		
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER
SIGN	DATUM	
MARIEHÄLLSSKOLAN FASTIGHETSNUMMER 2200 KV. VILLE VESSLA HUS A PLAN 100 DEL 1		
RITAD AV, KONSTRUERAD AV, HANDELAGGARE		SKALA 150 A1
DATUM	ANSVARS	ARBETSNUMMER
2012-02-01		RITNINGNUMMER A30-A511
		ÄNDR. BET B



FÖRKLARINGAR

ALLA MÅTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDCELLSGRANS EI 120
- BRANDCELLSGRANS EI 60
- 6xx PERS. MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- UT
- ☀ BELYST/GENOMLYST SKYLTT
- ☀ EFTERLYSANDESKYLTT
- Ei 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei 60-C SJÄLVSTANGANDE DÖRR/ PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
- Ei 30-C SJÄLVSTANGANDE DÖRR/ PORT BRANDMOTSTÅND 30 min.
- E 30-CM SJÄLVSTANGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min. MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTANGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min. MED GLAS BRANDKLASS EW.
- Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min.
- BRANDLARMCENTRAL BIERANDSKÅP
- EFTERLYSANDE TEJP
- Dxxx/SDxxx/YS0x ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRR-UPPSTÄLLNINGAR
- Fxxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÅLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- Vxxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBÄRNING
- (P-NR) PENTRY ENL UPPSTÄLLNINGAR
- (N-NR) INREDNING ENL UPPSTÄLLNINGAR
- xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL TRAPPRIKTNINGAR
- SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNING
- GLx GÖLVLUCKA ENL BYGGNADSBESKRIVNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER: A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER: A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER: A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÄTRUM: A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING: A46- A006 TILL A46-A010

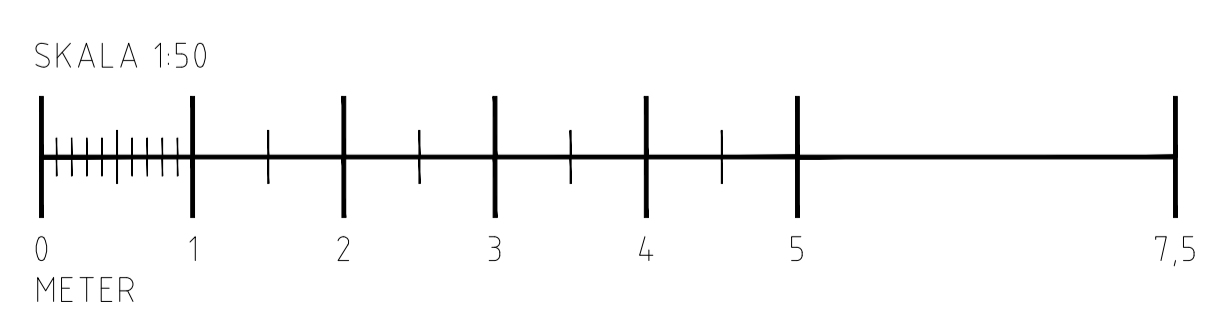
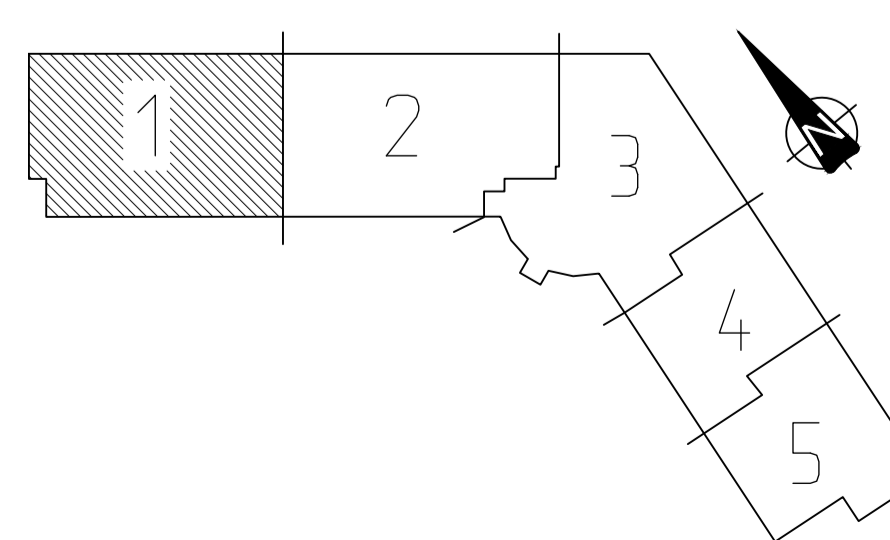
FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER

BYGGHANDLING



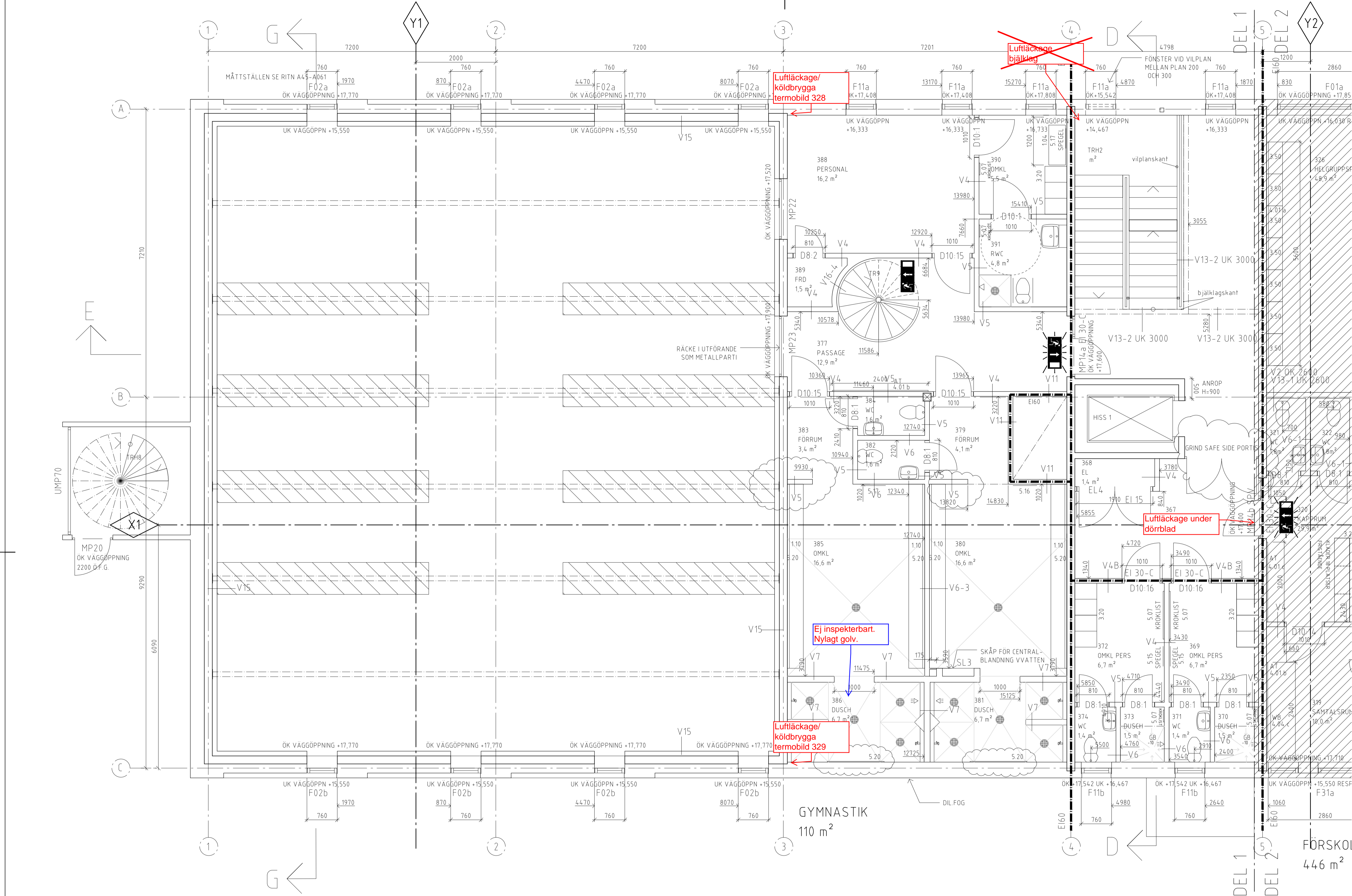
B	A-PM-3	2013-03-08
A	A-PM-2	2012-11-09
	PM 0	2012-06-05
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER
		SIGN
		DATUM

MARIEHÄLLSSKOLAN	
FASTIGHETSNUMMER 2200	
KV. VILLE VESSLA	
HUS A	PLAN 200 DEL 1
PLAN	
ARBETSNUMMER	SKALA 150 A1
RITAD AV: KONSTRUERAD AV: HANDELAGGARE:	RITNINGSNUMMER: A30-A521
DATUM: 2012-02-01	ANSVARS: ANDR. BET B



FILNAMN: A30-A521-DWG

XREF: A30MA021



FÖRKLARINGAR

- ALLA MÄTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES
- BRANDCELLSGRÄNS EI 120
 - - - BRANDCELLSGRÄNS EI 60
 - (xxx) PERS. MAX PERSONANTAL
 - UTRYMNINGSVÄG
 - UT
 - BELYST/GENOMLYST SKYLTT
 - EFTERLYSANDESKYLTT
 - Ei₂ 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
 - Ei₂ 60-C SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
 - Ei₂ 30-C SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min
 - E 30-CM SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
 - EW 30-C SJÄLVSTÅGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS EW
 - Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min
 - BRANDLARMCENTRAL BIBRANDSKÅP
 - EFTERLYSANDE TEJ.P
 - Dxx/SDxx/YSDx ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRR-UPPSTÄLLNINGAR
 - Fxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
 - TRx/MPx/UMPx TRA- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - SL/USL/GL STÅLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - GB GÖLVBRUNN
 - (P-NR) PENTRY ENL UPPSTÄLLNING
 - (N-NR) INREDNING ENL UPPSTÄLLNING
 - xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
 - TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
 - SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNING
 - GLx GÖLVLUCKA ENLIGT BYGGNADSBEKRIVNING

HÄNVISNINGAR

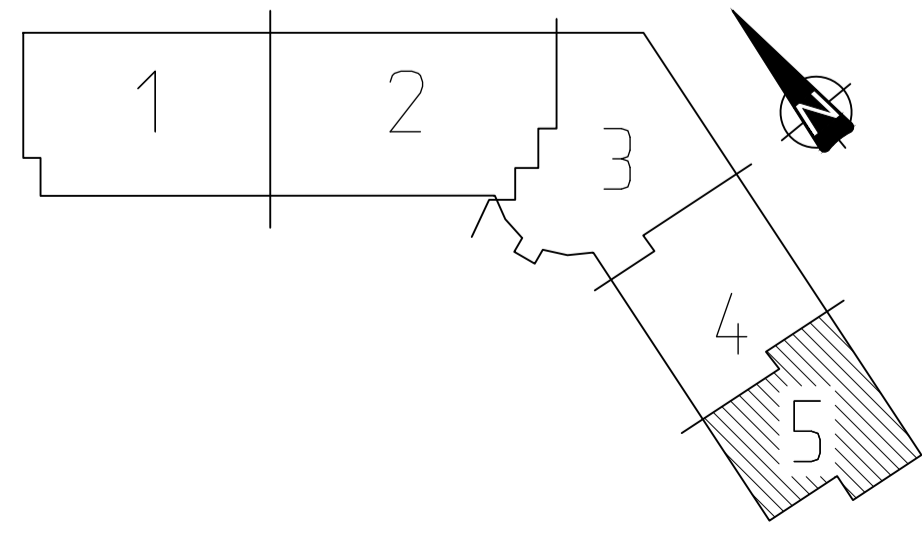
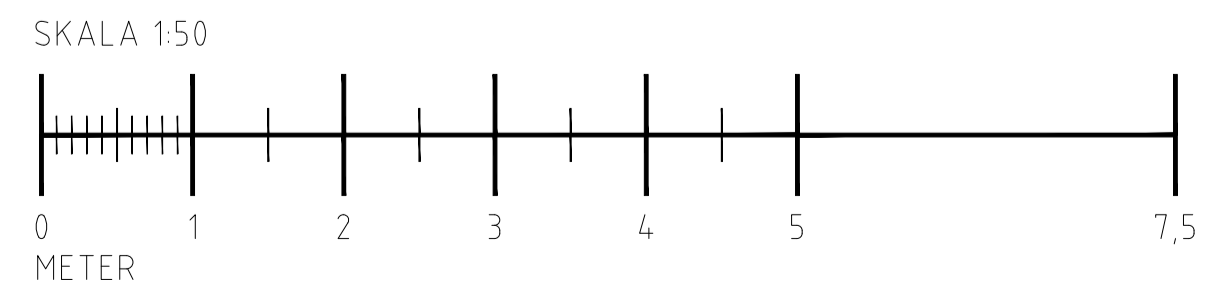
FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER:
 A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER: A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER:
 A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÄTRUM:
 A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING:
 A46- A006 TILL A46-A010
 FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER

BYGGHANDLING



RITAD AV: KONSTRUERAD AV: HANDELAGGARE:		HANDLINGSNUMMER:	
DATUM: 2012-02-01		ANSVARS: A30-A531	

A	A-PM-2	2012-11-09
BET	PM 0	2012-06-05
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER
SIGN		DATUM
MARIEHÄLLSSKOLAN FASTIGHETSNUMMER 2200 KV. VILLE VESSLA HUS A PLAN 300 DEL 1		
PLAN		SKALA 150 A1
ARBETSNUMMER	RITNINGNUMMER	ANDR BET
	A30-A531	A



FLM\MM A30-A531-DWG

XREF: A30MA031

FÖRKLARINGAR

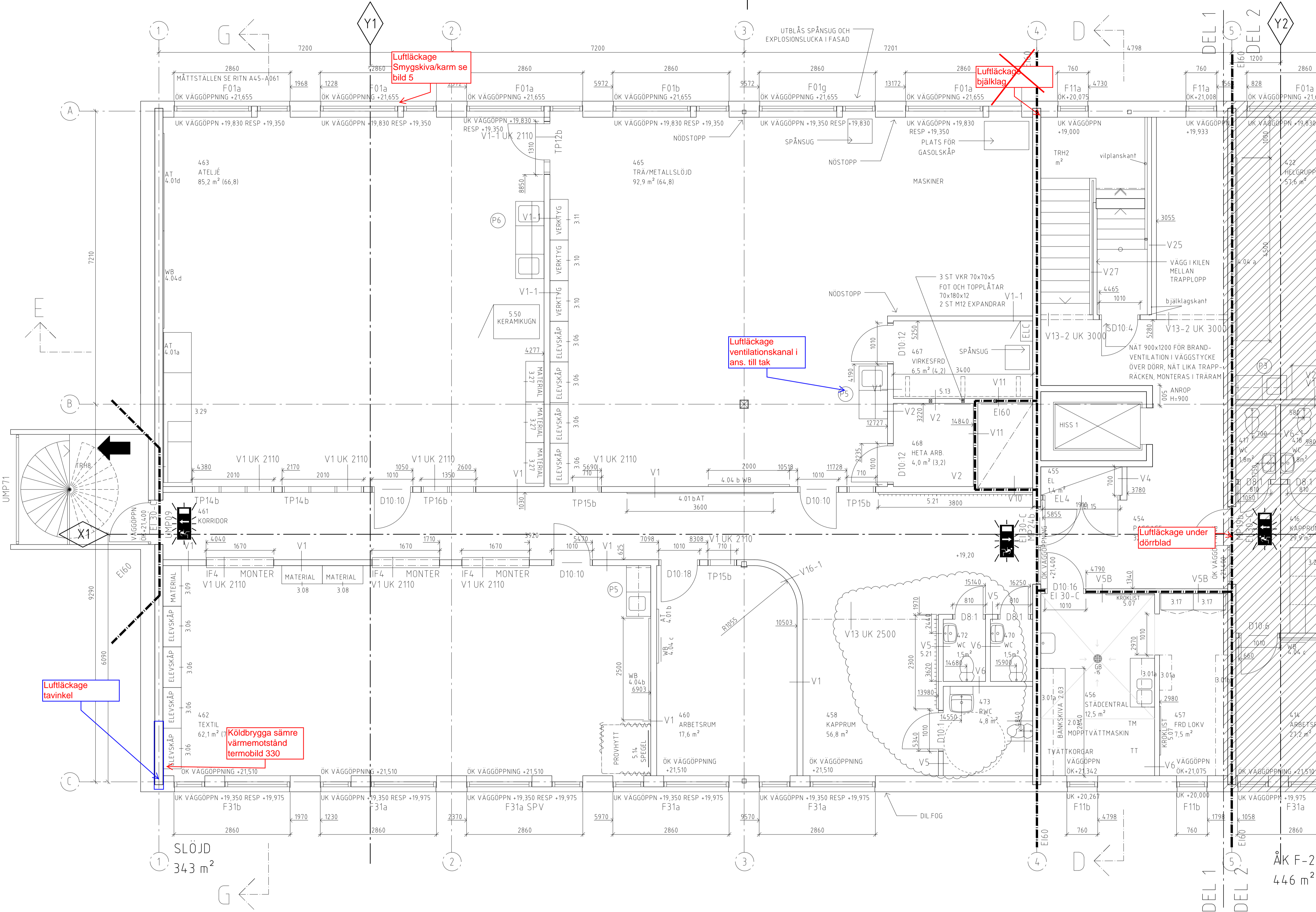
ALLA MÅTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES

- BRANDCELLSGRÄNS EI 120
- BRANDCELLSGRÄNS EI 60
- MAX PERSONANTAL
- UTRYMNINGSVÄG
- UT
- BELYST/GENOMLYST SKYLTV
- EFTERLYSANDESKYLTV
- EI₆₀ DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
- EI_{60-C} SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min
- EI_{30-C} SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min
- E 30-CM SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
- EW 30-C SJÄLVSTÅNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS E
- EI 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min
- BRANDLARMCENTRAL BIRANDSKÅP
- EFTERLYSANDE TEJIP
- Dörrlittera ENL DÖRRUPPSTÄLLNINGAR
- Fx/ / IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
- TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
- SL/USL/GL STÅLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
- GB GÖLVBRUNN
- P-NR PENTRY ENL UPPSTÄLLNINGAR
- N-NR INREDNING ENL UPPSTÄLLNINGAR
- xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
- TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
- SKTx SKÄRMATAK ENL SKÄRMATAKRITNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER:
 A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMATAK, PARTIER OCH FÖNSTER A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER:
 A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÅTRUM:
 A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING:
 A46- A006 TILL A46-A010

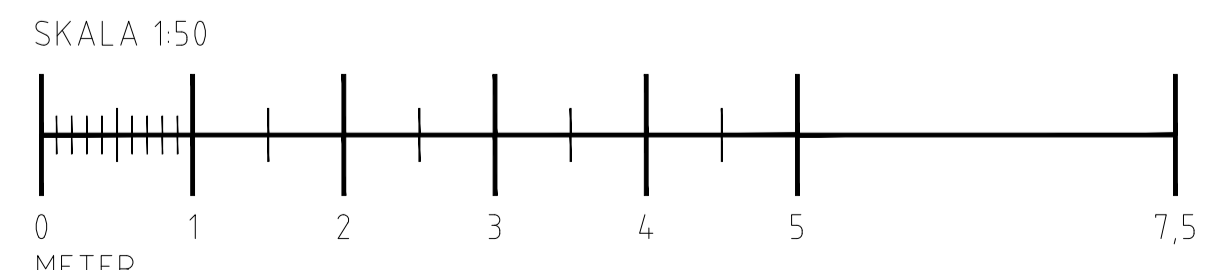
FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER



BYGGHANDLING

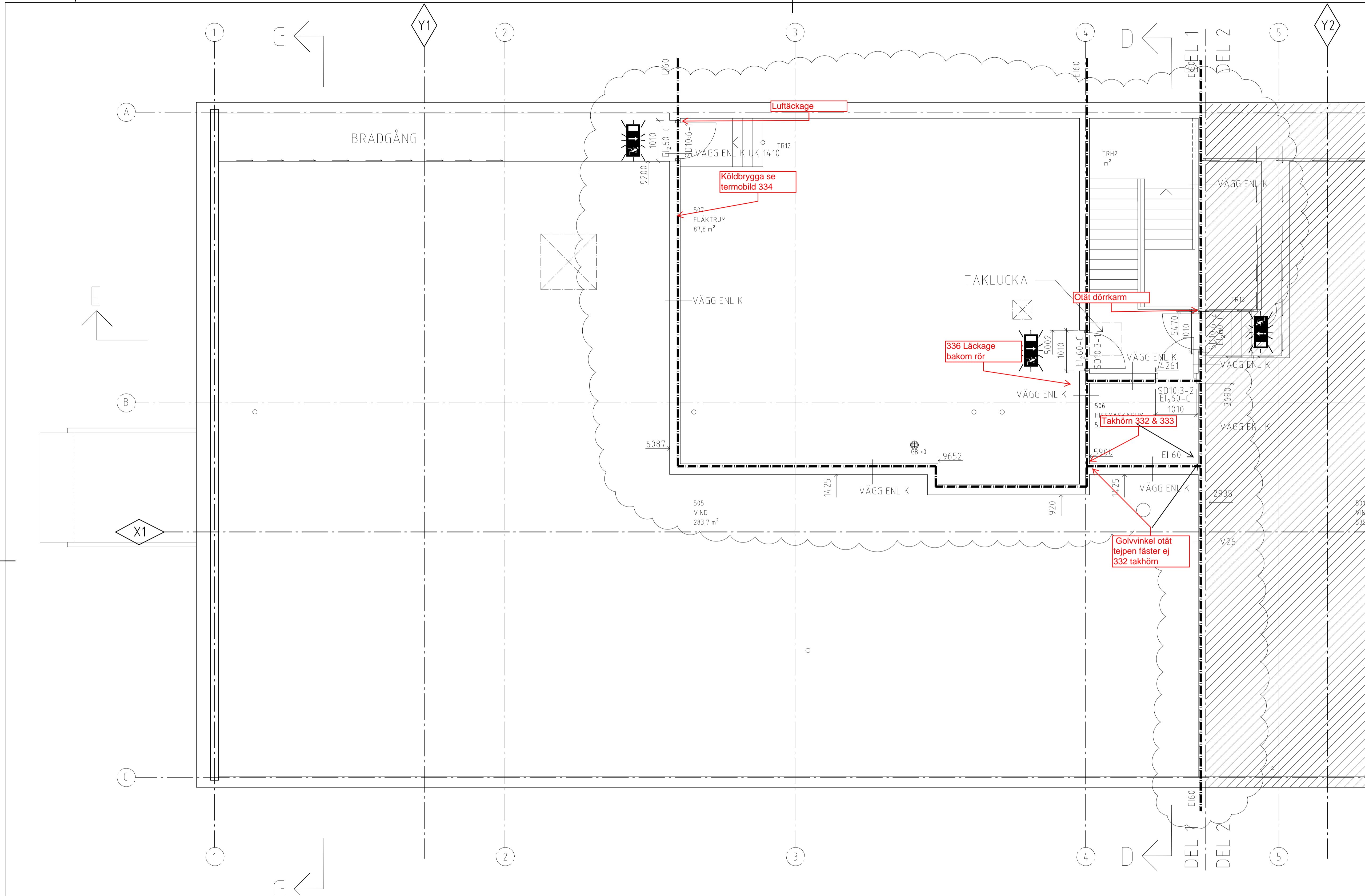


RITAD AV:	KONSTRUERAD AV:	HANDLAGGARE:	DATEM:	2012-02-01
BET:	ANT:	ÄNDRINGEN AVSER:	SIGN:	DATEM:
MARIEHÄLLSSKOLAN			FASTIGHETSNUMMER 2200	
KV. VILLE VESSLA			HUS A PLAN 400 DEL 1	
PLAN			SKALA 150 A1	
ARBETSNUMMER:	RITNINGNUMMER:		ANDR. BET:	
2012-02-01	A30-A541		A	



FLNMM A30-A541-DWG

XREF: A30MA041

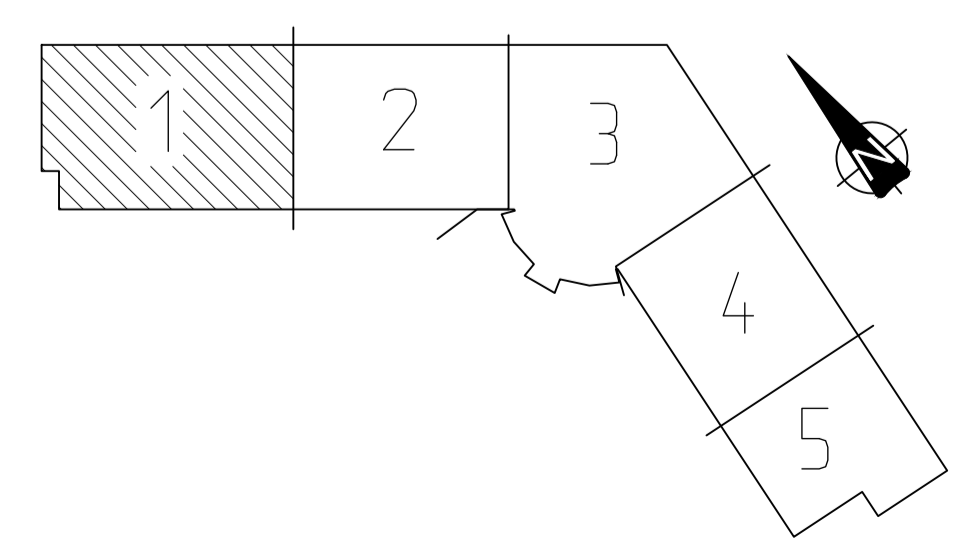
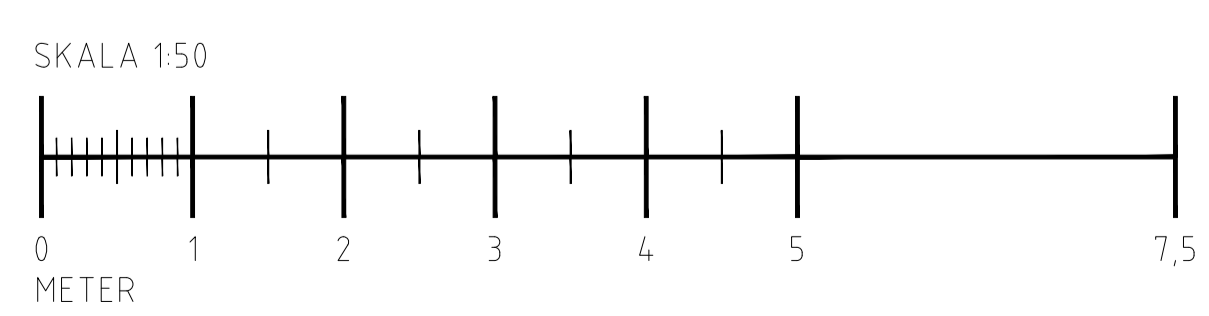


FÖRKLARINGAR

- ALLA MÄTT ANGES I mm OM EJ ANNAT ANGES
- BRANDCELLSGRÄNS EI 120
 - - - BRANDCELLSGRÄNS EI 60
 - (xx) PERS. MAX PERSONANTAL
 - UTRYMNINGSVÄG
 - ➔ UT
 - ☀ BELYST/GENOMLYST SKYLTT
 - ☀ EFTERLYSANDESKYLTT
 - Ei₂ 60 DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
 - Ei₂ 60-C SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 60 min.
 - Ei₂ 30-C SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min.
 - E 30-CM SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS E MED MAGNETKONTAKT
 - EW 30-C SJÄLVSTÄNGANDE DÖRR/PORT BRANDMOTSTÅND 30 min, MED GLAS BRANDKLASS EW.
 - Ei 15 DÖRR BRANDMOTSTÅND 15 min.
 - BRANDLARMCENTRAL BBRANDSKÅP
 - EFTERLYSANDE TEJ/P
 - Dxx/SDxx/YSDx ELx/NFx DÖRRLITTERA ENL DÖRR-UPPSTÄLLNINGAR
 - Fxx/IFx FÖNSTER ENL FÖNSTERUPPSTÄLLNINGAR
 - TPx/MPx/UMPx TRÄ- OCH METALLPARTIER ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - SL/USL/GL STÄLLUCKOR ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - Vxx/SVx INNERVÄGGAR/SKÄRMVÄGGAR ENL UPPSTÄLLNINGAR
 - GB GÖLVBRUNN
 - (P+NR) PENTRY ENL UPPSTÄLLNING
 - (N+NR) INREDNING ENL UPPSTÄLLNING
 - xxx INREDNING ENL INREDNINGSBESKRIVNING
 - TRx TRAPPA ENL TRAPPRITNINGAR
 - SKTx SKÄRMTAK ENL SKÄRMTAKSRITNING
 - GLx GÖLVLUCKA ENLGT BYGGNADSBESKRIVNING

HÄNVISNINGAR

FASADER: A30-AF01 TILL A30-AF03
 SEKTIONER: A30-AS01 TILL A30-AS03
 VÄGGAR: A43-A001 TILL A43-024
 INVÄNDIGA DÖRRAR OCH PARTIER: A45-A001 TILL A45-A006
 TRAPPOR: A45-008 TILL A45-A013
 UTVÄNDIGA SKÄRMTAK, PARTIER OCH FÖNSTER: A45-A014 TILL A45-A052
 UTVÄNDIGA DETALJER: A45-A061 TILL A45-A066
 UPPSTÄLLNINGAR VÅTRUM: A46- A001 TILL A46-A005
 UPPSTÄLLNINGAR FAST INREDNING: A46- A006 TILL A46-A010
 FÖR YTTERVÄGGAR SE K-PLANER



BYGGHANDLING



RITAD AV: KONSTRUERAD AV: HANDLAGGARE:		A		A-PM-4		2013-04-25	
DATUM: 2012-02-01		ANSVARS: ANDR. BET: A		PM 0		2012-06-05	
ARBETSNUMMER: A30-A551		RITNINGNUMMER: A30-A551		ÄNDRINGS AVSER: SIGN		DATUM	
MARIEHÄLLSSKOLAN				FASTIGHETSNUMMER 2200			
KV. VILLE VESSLA				HUS A PLAN 500 DEL 1			
PLAN				SKALA 150 A1			

9.3 Provtryckningsprotokoll total provtryckning 2

Täthetsprovning

Mariehällsskolan
Hela skolan vid övertryck

Täthetsprovning utförd av Joel Heinze
Energikompetens AB

Täthetsprovningsdatum

2014-04-05

Objektbeskrivning	
Projektnamn	Mariehällsskolan
Beställare	MVB
Kontaktperson	Emelie Appelberg
Status byggnad	Under produktion
Ventilationssystem	FTX-system
I bruk vid mätning	Ventilationsspjäll stängda, dock eventuella läckage vid spjällen
Mätförhållande	
Temperatur inomhus	Cirka 18°C
Temperatur utomhus	Cirka 3°C
Vindstyrka	Cirka 6 m/s
Mätutrustning	<p>Retrotec Blower Door - Tätningssanordning som tätar det öppna dörrhålet med en fläkt som har reglerbart varvtal.</p> <p>DM-2 - Manometer för mätning av lufttryck utomhus och inomhus.</p> <p>FHT 100 - Temperaturmätare.</p> <p>Dator- För beräkning och presentation av resultatet.</p> <p>FLIR PMP595 - Värmeamera för detektering av eventuella otätheter.</p> <p>Testo 405 V1 – Luftflödesmätare ger en fingervisning var otätheter finns.</p> <p>Rökflaskor – Ger en fingervisning var otätheter finns.</p>
Läcksökningsmetod	Metoder som användes var läcksökning med rökflaska och värmekamera.
Tillvägagångssätt tätning:	Tillufts- och frånluftskanaler tätade via ventilationsspjäll.
Resultat:	Resultatet är endast redovisat vid övertryck då undertrycksmätningen hade för stor osäkerhet för att vara representativ. En del läckage återstår att åtgärda för att klara kravet. Kund känner till flera av platserna men stora läckage noterades i fläktrum samt tak vid och inne i hissrum. Det råder osäkerhet kring hur bra ventilationsspjällen och aggregaten tätar.

Objekt	Totalt läckage [l/s]	Läckage klimatskal mot det fria [l/s.m ²]	Krav [l/s.m ²]	Resultat	Testdatum	Rapportskrivningsdatum
Test 1	3345	0,44	0,3	Underkänt	2014-04-05	2014-04-09

Byggnadszon, dimensioner

Byggnad Adress: Mariehällsskolan, test av hela byggnaden vid övertryck	Höjd över havet: Höjd över marken: Byggnads Volym, V: Omslutande area, $A_{T\text{BAT}}$	0 m 0 m 19 617 m³ 7 564 m²
Test operatör: Joel Heinze Test företag: Energikompetens	Vindförhållanden: Mätningarnas noggrannhet:	Exponerad byggnad 5%

Test Utrustning

Fläkt Modell: Retrotec 1000 x 2	Fläkt SN: 001907 Fläkt SN: 002007	Mätare Modell: DM32 Mätare Modell: DM32	Mätare SN: 400947 Mätare SN: 400556
------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------------	----------------------------------------

Övertryck set

Datum: **2014-04-05** Tid: **13:51** till **14:30**

Miljö Förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Före: inomhus **18 °C** utomhus **3 °C**.
Slutlig: inomhus **18 °C** utomhus **3 °C**.

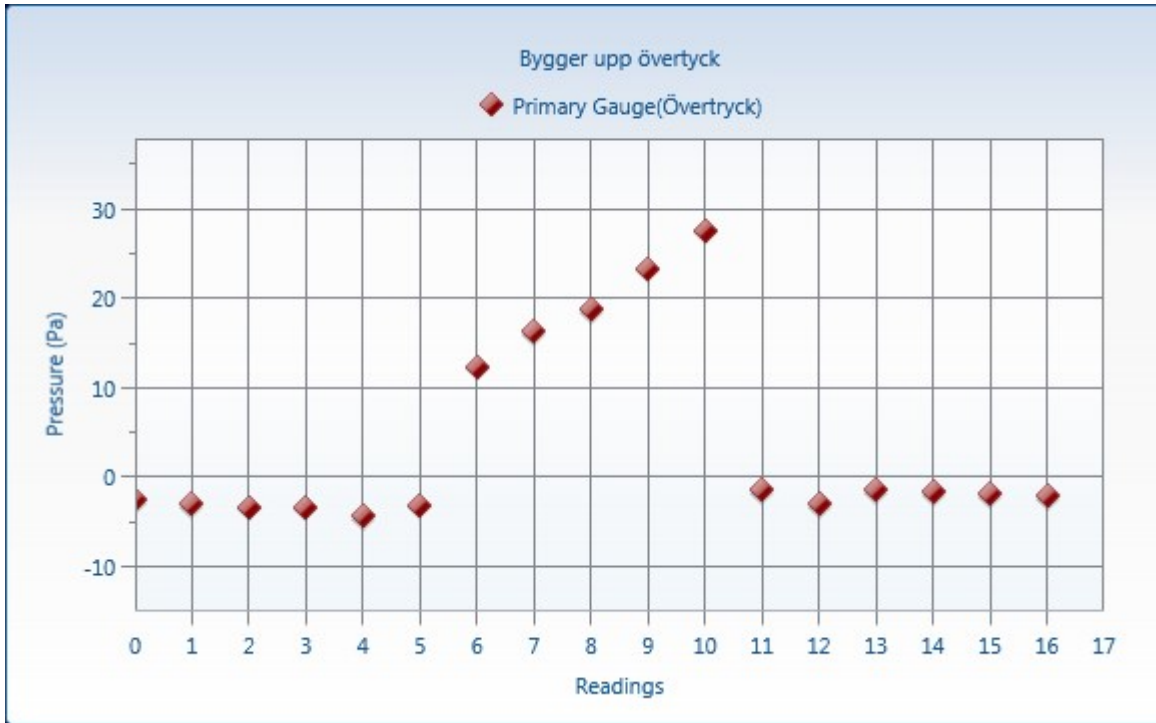
Test Data:

6 Kalibreringstryck tagna på **5** sek vardera.
5 Undertryckspunkter tagna på **10** sek vardera.

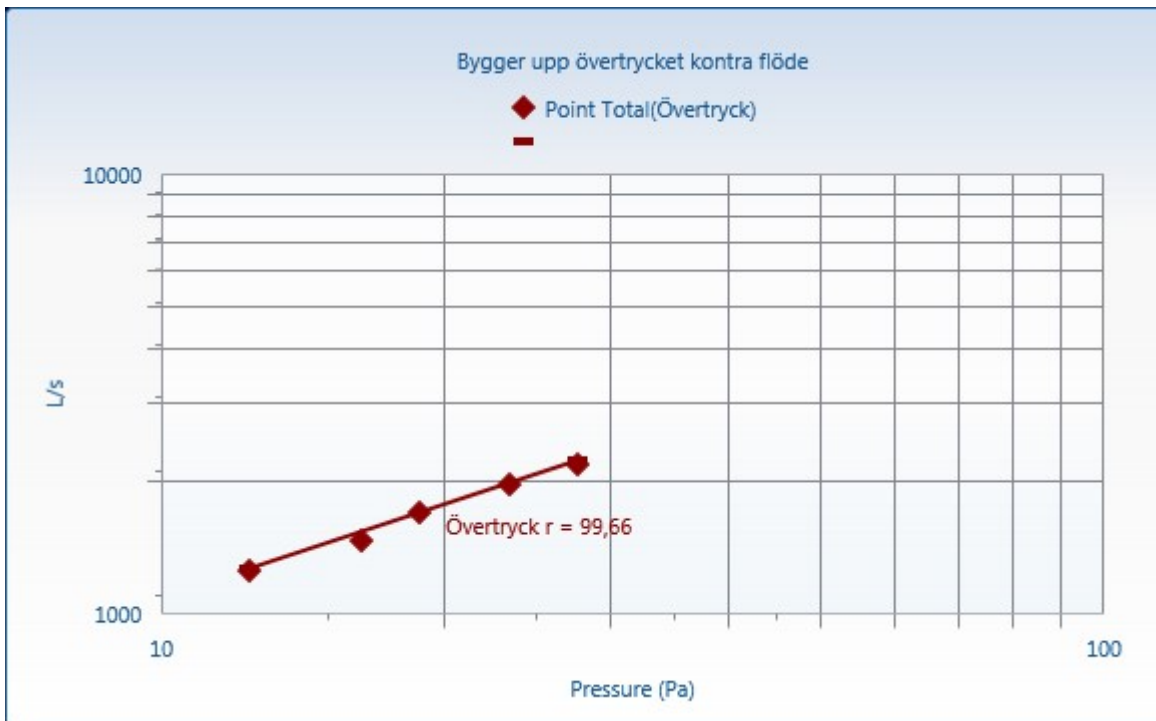
Kalibrerings- tryck, initialt [Pa]	-2,61	-3,02	-3,29	-3,31	-4,37	-3,08						
Byggnad Test Tryck [Pa]	9,8	13,7	16,2	20,8	25,1							
Kalibrerings- tryck, slutligt [Pa]	-1,45	-2,99	-1,40	-1,65	-1,91	-2,17						
Flödestryck, [Pa]	536,6	186,7	252,2	160,7	195,1							
Total flöde, V_f [l/s]	1254,2	1466,3	1695,5	1974,7	2180,7							
Korrigerat flöde, V_{env} [l/s]	1282	1499	1733	2019	2230							
Fel [%]	0,9%	-2,8%	1,5%	1,3%	-0,8%							

Kalibreringstryck medelvärde: initialt [Pa] ΔP_{01} **-3,28**, ΔP_{01-} **-3,28**, ΔP_{01+} **0,00**
slutligt [Pa] ΔP_{01} **-1,93**, ΔP_{01-} **-1,93**, ΔP_{01+} **0,00**

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.



Övertryck Test Resultat

	Resultat			Resultat	Osäkerhet	
			95% tillförlitlighet gräns			
Växlingsförhållande, r [%]	99,66			<i>Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]</i>	3425	+/- 10,9%
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	214,5	156,0	294,5	<i>Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]</i>	0,6281	+/- 12,0%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	214,85	156,5	295,5	<i>Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m²]</i>	0,453	+/- 12,0%
Lutning, n	0,7076	0,5999	0,8154	<i>Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m²]</i>	0,523	+/- 12,0%

Kombinerat testdata.

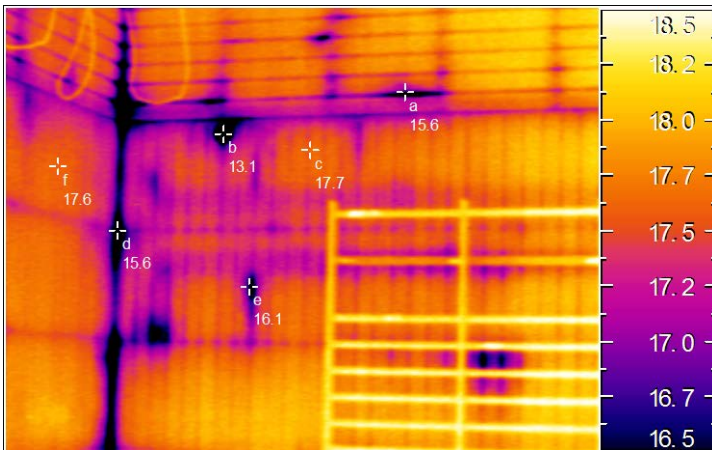
	Resultat	Osäkerhet
<i>Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]</i>	3345	+/- 18,1%
<i>Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]</i>	0,6141	+/- 18,8%
Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m²]	0,442	+/- 19,0%
<i>Specific Leakage 50Pa, w_{50} [l/s·m²]</i>	0,512	+/- 19,0%

Test Noteringar:

Blower Door monterad i entrédörr "136 ENTRE"
 Provisoriska tätningar förbättrade mot första testet. Tätningar har utförts ordentligt kring fönster. Differenstryck inne kontra ute något stort samt skiftande varvid testerna vid undertryck blev missvisande med osäkerheter på mellan 45 – 90 %. Övertrycksresultatet får därför anses vara mer representativt.

Kalibrerings Certifikat

Retrotec 1000 001907.						
Område	N	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	519,618	-0,07	0,8	-0,115	1
A	0,503	264,996	-0,075	1	0	1
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1



T00144IR.JPG,1		2014-04-05 14:06:48		Objekt:	Väggvinkel gymnastiksal mot byggbodar							
Temp	a	15,6	b	13,15	c	17,67	d	15,61	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

Ojämnt termiskt mönster, låga temperaturer vid exempelvis punkt b. Svårbedömt om det rör sig om luftläckage eller små avvikelser på grund av något bristfällig isolering.

9.4 Provtryckningsprotokoll total provtryckning 3

Täthetsprovning

Mariehällsskolan

Hela skolan

Test 3

**Täthetsprovning utförd av Christoffer Gustafsson
EnergiKompetens AB**

Täthetsprovningsdatum

2014-05-03

Objektbeskrivning	
Projektnamn	Mariehällsskolan
Beställare	MVB
Kontaktperson	Emelie Appelberg
Status byggnad	Fortfarande flera provisoriska tätningar
Ventilationssystem	FTX-system
I bruk vid mätning	Ventilationsspjäll stängda
Mätförhållande	
Temperatur inomhus	Cirka 18°C
Temperatur utomhus	Cirka 8°C
Vindstyrka	Cirka 6 m/s
Mätutrustning	<p>Retrotec Blower Door - Tätninganordning som tätar det öppna dörrhålet med en fläkt som har reglerbart varvtal.</p> <p>DM-2 - Manometer för mätning av lufttryck utomhus och inomhus.</p> <p>FHT 100 - Temperaturmätare.</p> <p>Dator- För beräkning och presentation av resultatet.</p> <p>FLIR PMP595 - Värmekamera för detektering av eventuella otätheter.</p> <p>Testo 405 V1 – Luftflödesmätare ger en fingervisning var otätheter finns.</p> <p>Rökflaskor – Ger en fingervisning var otätheter finns.</p>
Läcksökningsmetod	Metoder som användes var läcksökning med rökflaska och värmekamera.
Tillvägagångssätt tätning:	Tillufts- och frånluftskanaler tätade via ventilationsspjäll.
Resultat:	<p>Värdet 0,489 l/s.m² baserar sig på att det finns flera provisoriska tätningar som kan läcka en hel del.</p> <p>Observera vid mätningen gjordes endast en mätning vid +/- 50Pa</p> <p>Värdet visar på ett ökat läckage jämfört med test 2, cirka 360 liter per sekund. Förmodligen är det någon av de provisoriska tätningarna som har luftläckning eller något ventilationsspjäll som inte tätar helt.</p>

Objekt	Totalt läckage [l/s]	Läckage klimatskal mot det fria [l/s.m ²]	Krav [l/s.m ²]	Resultat	Testdatum	Rapportskrivningsdatum
Test 3	3700	0,489	0,3	Underkänt	2014-05-03	2014-05-07

Byggnad zon, dimensioner

Byggnad Adress: Mariehällsskolan, test av hela byggnaden	Höjd över havet: Höjd över marken: Byggnads Volym, V: Omslutande area, $A_{T\text{BAT}}$	0 m 0 m 19 617 m³ 7 564 m²
Test operatör: Christoffer Gustafsson Test företag: Energikompetens AB	Vindförhållanden: Mätningarnas noggrannhet:	Exponerad byggnad 5%

Test Utrustning

Fläkt Modell: Retrotec 1000	Fläkt SN: 001907	Mätare Modell: DM32	Mätare SN: 400947
--------------------------------	------------------	---------------------	-------------------

Undertryck set

Datum: **2014-05-03** Tid: **10:39** till **10:43**

Miljö Förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Före: inomhus **18 °C** utomhus **8 °C**.
Slutlig: inomhus **18 °C** utomhus **8 °C**.

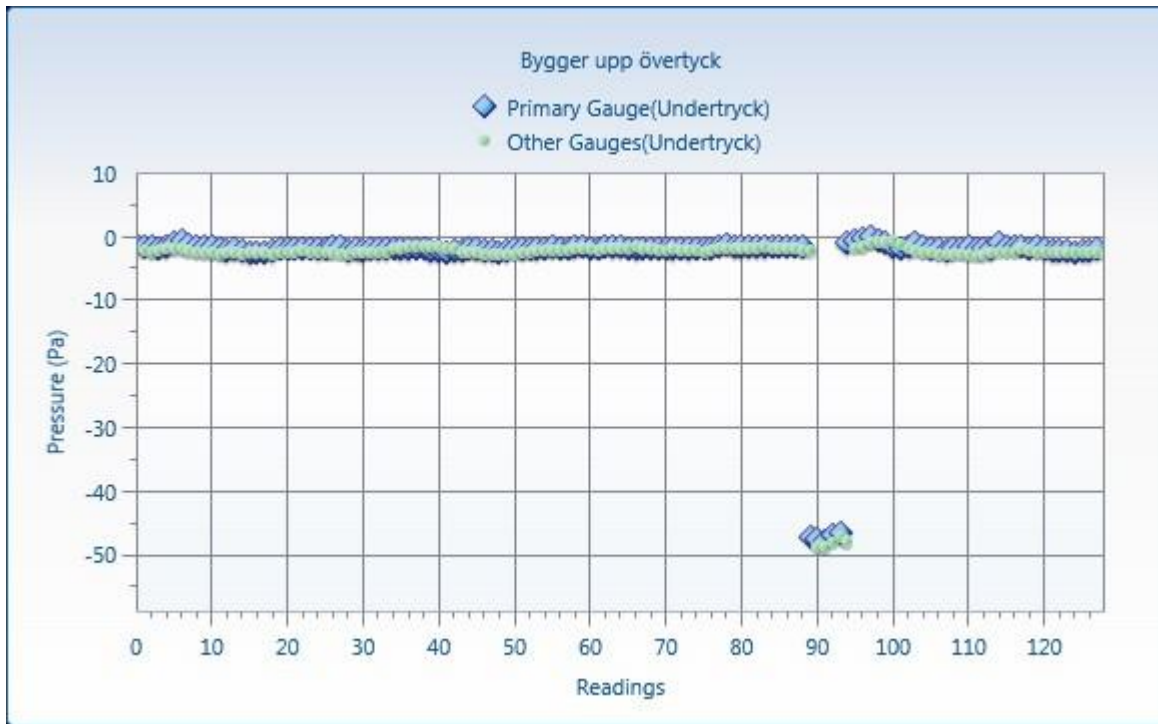
Test Data:

- 6** Kalibreringstryck tagna på **5** sek vardera.
- 1** Undertryckspunkter tagna på **5** sek vardera.

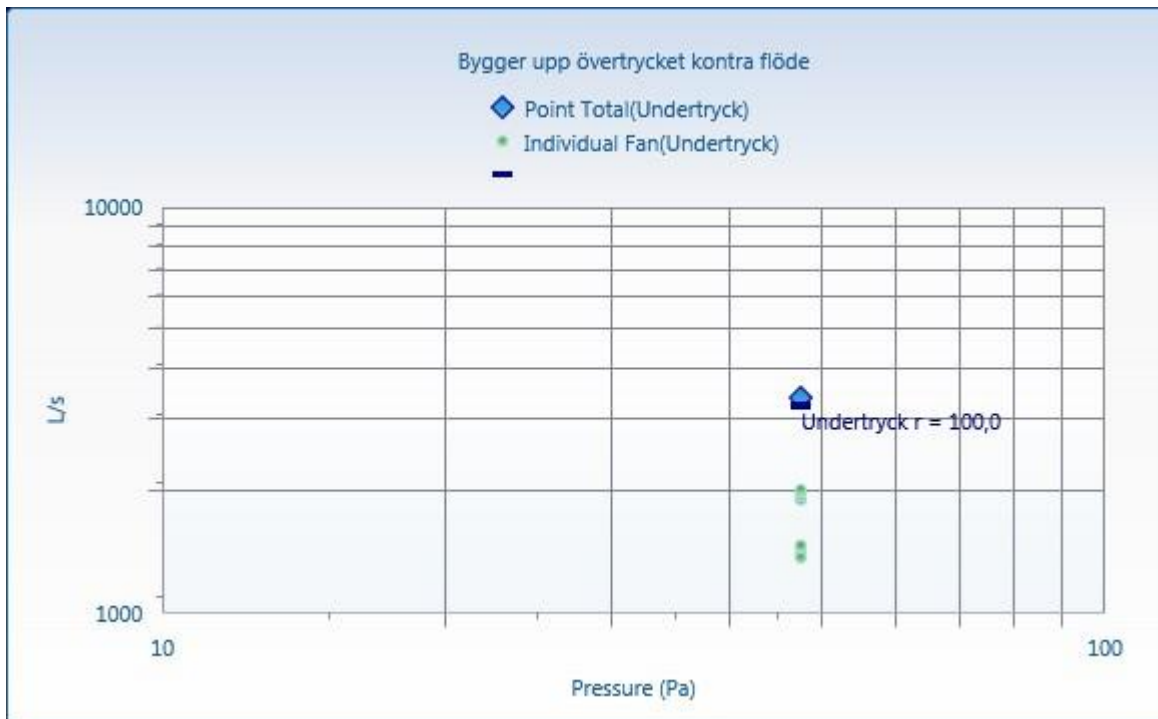
Kalibrerings-tryck, initialt [Pa]	-2,02	-2,22	-2,00	-2,15	-1,92	-1,73						
Byggnad Test Tryck [Pa]	-49,6											
Kalibrerings-tryck, slutligt [Pa]	-0,83	-1,86	-2,40	-2,01	-2,08	-2,35						
Flödestryck, [Pa]	77,3											
Total flöde, V_r [l/s]	3378,1											
Korrigerat flöde, V_{env} [l/s]	3248											
Fel [%]	---											

Kalibreringstryck medelvärde: initialt [Pa] ΔP_{01} **-2,01**, ΔP_{01-} **-2,01**, ΔP_{01+} **0,00**
slutligt [Pa] ΔP_{01} **-1,92**, ΔP_{01-} **-1,92**, ΔP_{01+} **0,00**

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.



Undertryck Test Resultat

	Resultat				Resultat	Osäkerhet
Växlingsförhållande, r [%]	100,0	95% tillförlitlighet gräns		Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]	3405	
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	320,0	320,0	320,0	Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]	0,6245	+/-5,0%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	325,50	325,5	325,5	Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m ²]	0,450	+/-5,0%
Lutning, n	0,6000	0,6000	0,6000	Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m ²]	0,521	+/-5,0%

Övertryck set Datum: **2014-05-03** Tid: **10:47** till **11:01**

Miljö förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Initialt: inomhus **18 °C** utomhus **8 °C**.
Slutligt: inomhus **18 °C** utomhus **8 °C**.

Test Data:

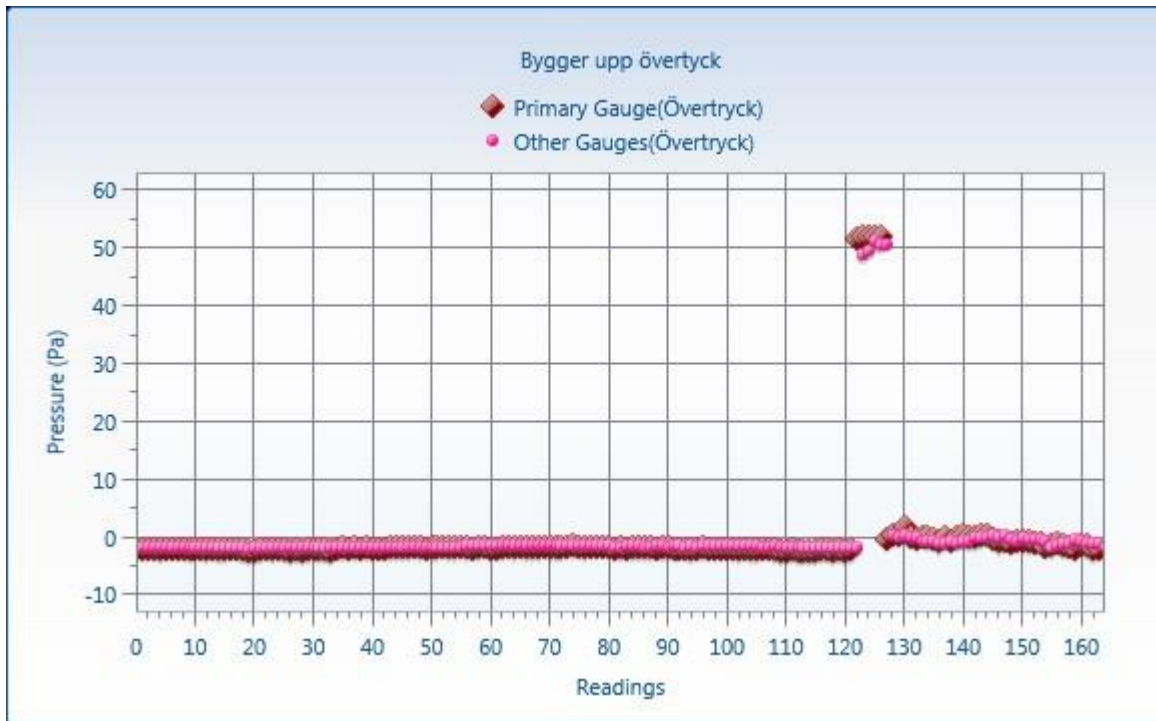
6 kalibreringstryck tagna på **5** sek vardera.

1 byggnadstryck tagna på **5** sek vardera.

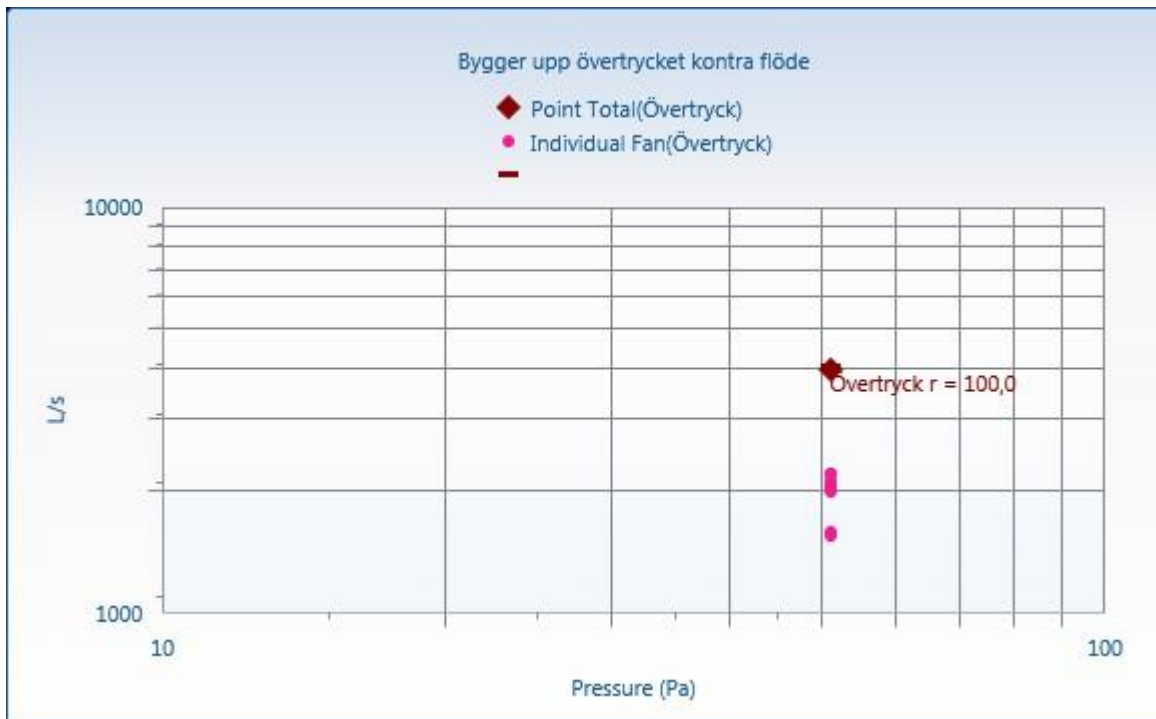
Kalibrerings-tryck, initialt [Pa]	-1,86	-1,94	-1,70	-1,50	-1,69	-1,94
Byggnad Test Tryck [Pa]	49,9					
Kalibrerings-tryck, slutligt[Pa]	0,23	-0,49	0,00	-0,49	-1,14	-1,38
Flödestryck, [Pa]	208					
Total flöde, V_r [l/s]	3985,1					
Korrigerat flöde, V_{env} [l/s]	4038					
Fel [%]	---					

Kalibreringstryck medelvåde: initialt [Pa] ΔP_{01} **-1,77**, ΔP_{01-} **-1,77**, ΔP_{01+} **0,00**
slutligt [Pa] ΔP_{01} **-0,55**, ΔP_{01-} **-0,87**, ΔP_{01+} **0,11**

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.

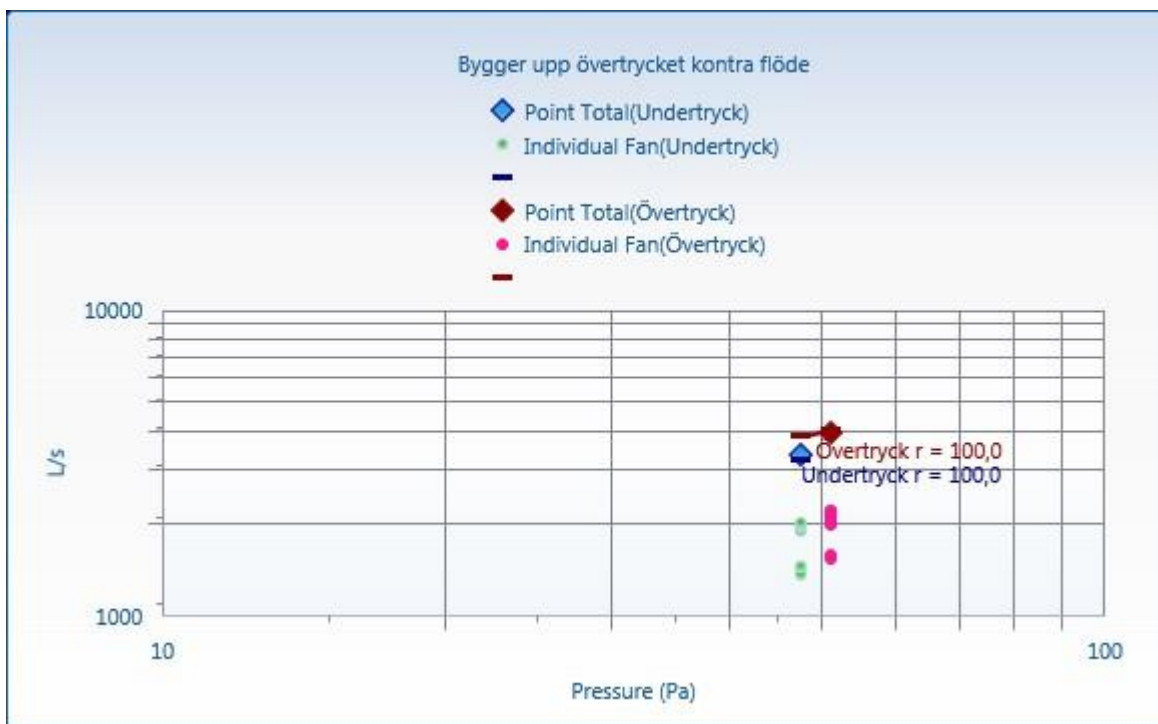
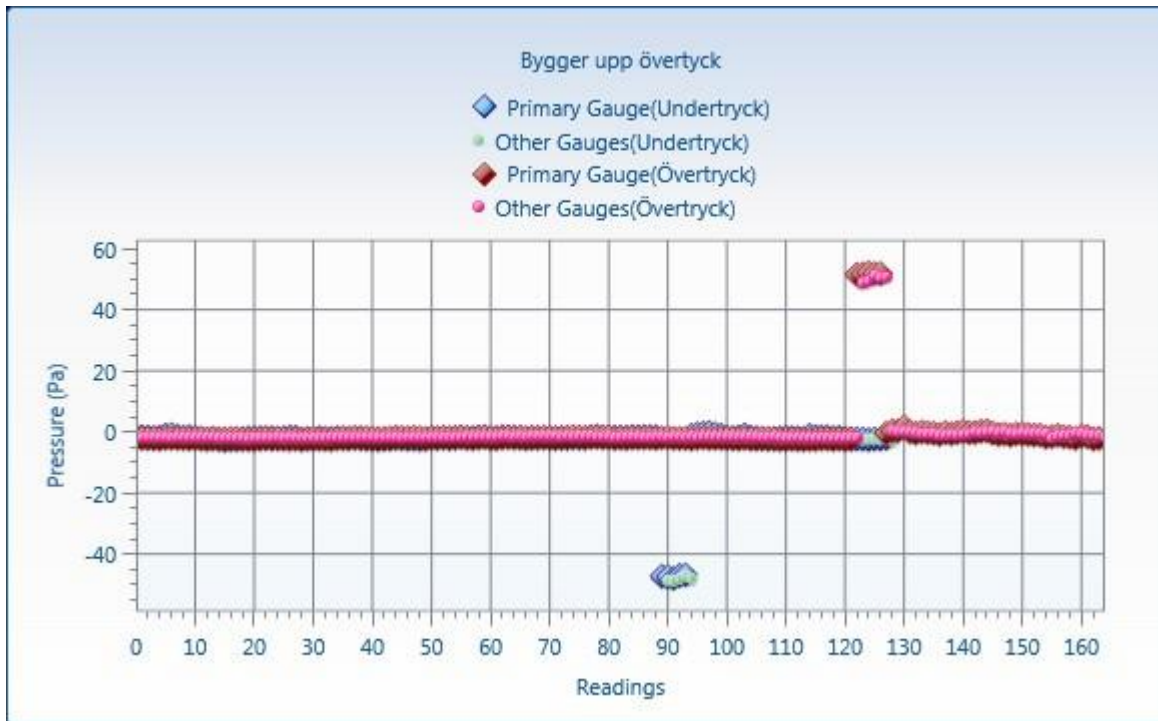


Övertryck Test Resultat

	Resultat				Resultat	Osäkerhet
Växlingsförhållande, r [%]	100,0	95% tillförlitlighet gräns		<i>Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]</i>	4000	
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	381,5	381,5	381,5	<i>Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]</i>	0,7345	+/-5,0%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	382,66	382,5	382,5	<i>Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m²]</i>	0,529	+/-5,0%
Lutning, n	0,6000	0,6000	0,6000	<i>Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m²]</i>	0,612	+/-5,0%

Kombinerat testdata.

	Resultat	Osäkerhet
<i>Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]</i>	3700	
<i>Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]</i>	0,6795	+/-5,0%
<i>Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m²]</i>	0,489	+/-5,0%
<i>Specific Leakage 50Pa, w_{50} [l/s·m²]</i>	0,566	+/-5,0%

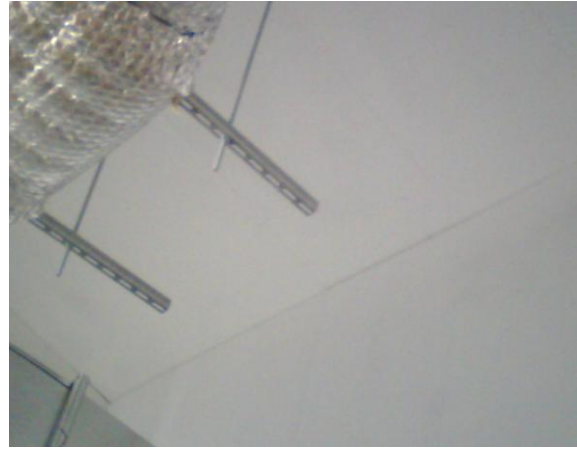
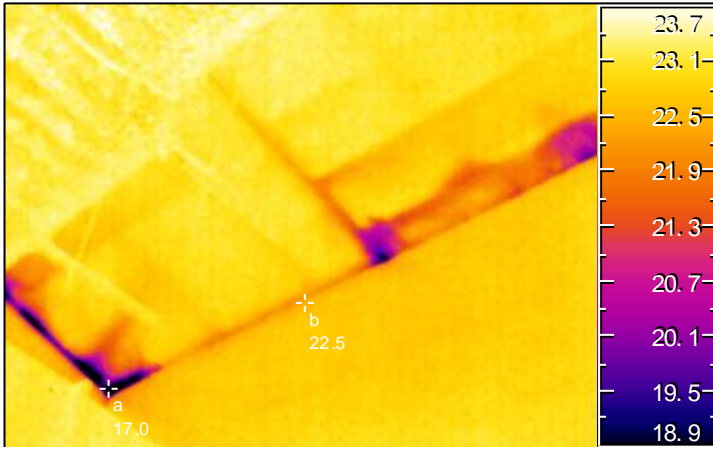


Test Noteringar:

Blower Door monterad i entrédörr "136 ENTRE"

Kalibrerings Certifikat

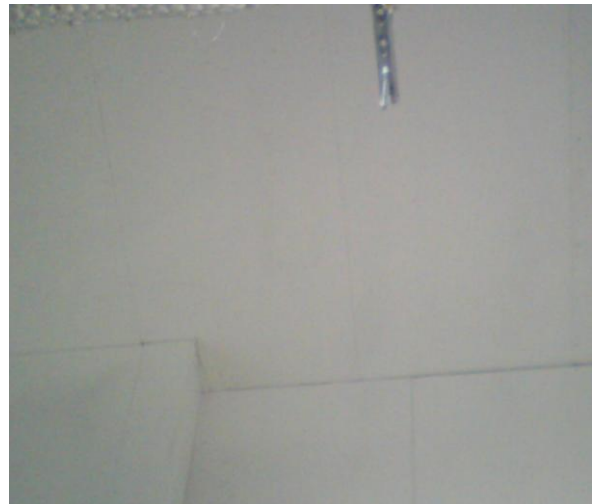
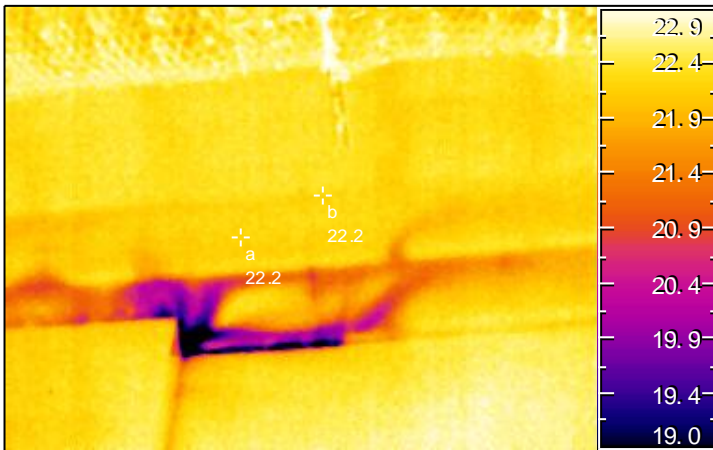
Retrotec 1000 001907.						
Område	N	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	519,618	-0,07	0,8	-0,115	1
A	0,503	264,996	-0,075	1	0	1
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1



T00380IR.JPG,1		2014-05-03 09:00:15		Objekt: Fläktrum 427								
Temp	a	17.0	b	22.5	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

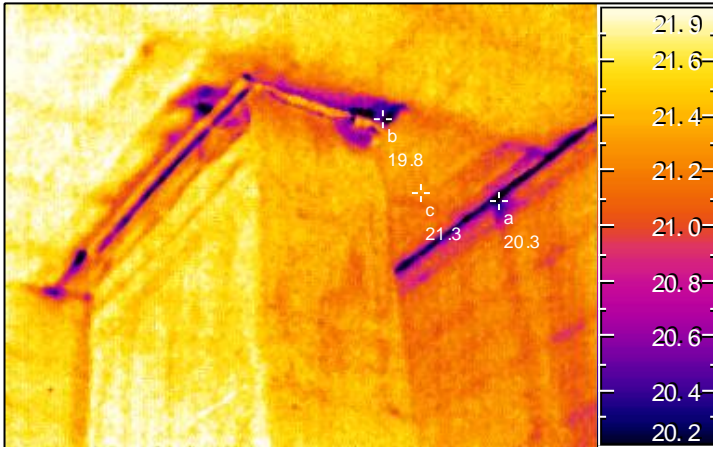
Luftläckage



T00381IR.JPG,1		2014-05-03 09:00:23		Objekt: Fläktrum 427								
Temp	a	17.9	b	22.2	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

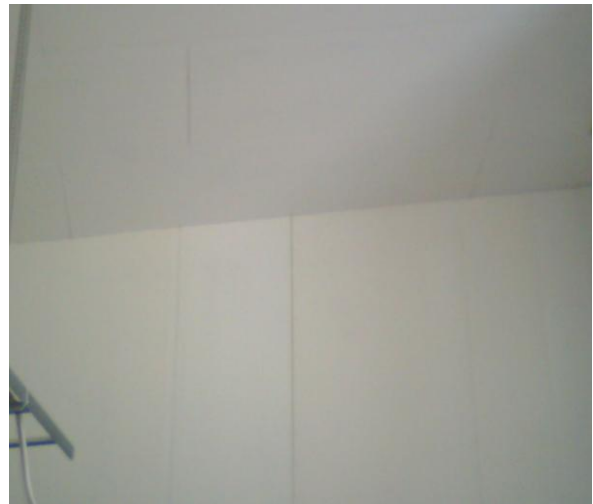
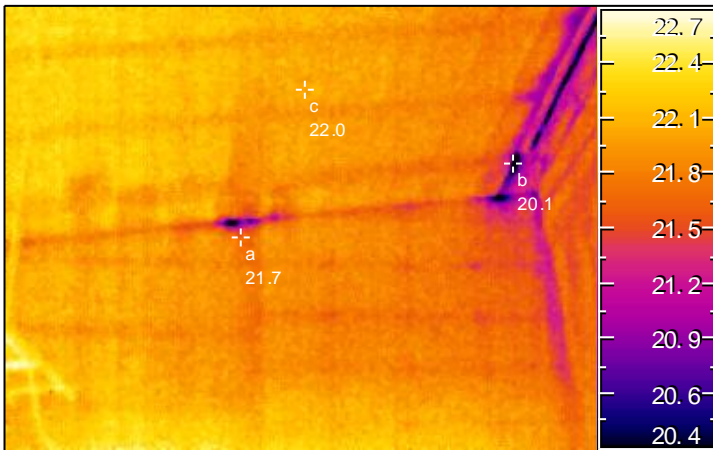
Luftläckage



T00382IR.JPG,1		2014-05-03 09:01:16		Objekt:		Fläktrum 427						
Temp	a	20.3	b	19.8	c	21.3	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

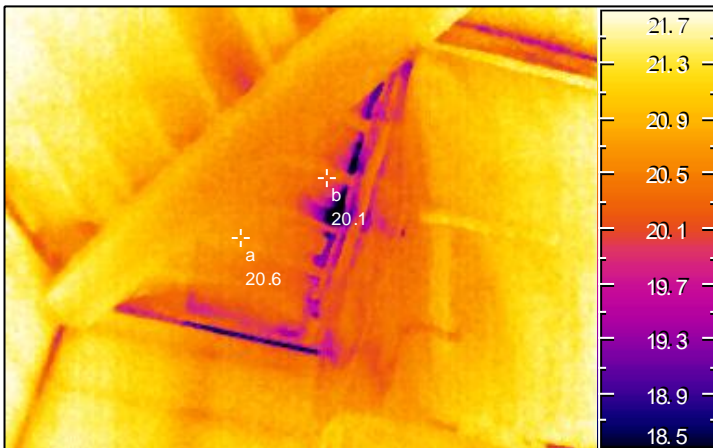
Luftläckage



T00383IR.JPG,1		2014-05-03 09:01:26		Objekt:		Fläktrum 427						
Temp	a	20.2	b	20.1	c	21.7	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

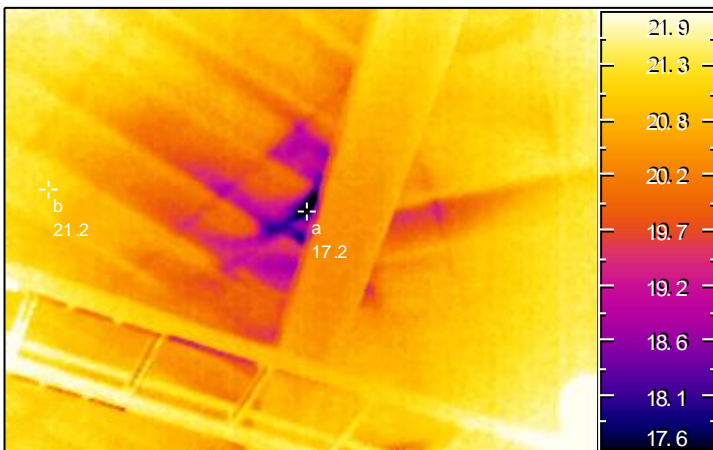
Luftläckage



T00384IR.JPG,1		2014-05-03 09:04:36		Objekt: Fläktrum 427								
Temp	a	20,6	b	18,5	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

Luftläckage



T00385IR.JPG,1		2014-05-03 09:06:10		Objekt: Fläktrum 427								
Temp	a	17,2	b	21,2	c	No data	d	No data	AreaMax	No data	AreaMin	No data

Analys/Bedömning:

Luftläckage

9.5 Provtryckningsprotokoll total provtryckning 4

Täthetsprovning

Mariehällsskolan

Täthetsprovning utförd av Joel Heinze
Energikompetens AB

Täthetsprovningsdatum

2014-05-25

Objektbeskrivning	
Projektnamn	Mariehällsskolan
Beställare	MVB
Kontaktperson	Emelie Appelberg
Status byggnad	Byggnaden är i princip helt färdigställd ur lufttätthetssynpunkt men kan komma att få ett något annorlunda värde när allt är klart, förmodligen med ett lägre värde som resultat.
Ventilationssystem	FTX-system
I bruk vid mätning	Ventilationsspjäll stängda
Metod för test	B
Mätförhållande	
Temperatur inomhus	Cirka 23°C
Temperatur utomhus	Cirka 25°C
Vindstyrka	Cirka 3 m/s
Mätutrustning	Retrotec Blower Door - Tätninganordning som tätar det öppna dörrhålet med en fläkt som har reglerbart varvtal. DM-2 - Manometer för mätning av lufttryck utomhus och inomhus. FHT 100 - Temperaturmätare. Dator - För beräkning och presentation av resultatet.
Läcksökningsmetod	Ingen läcksökning genomfördes
Tillvägagångssätt tätning:	Tillufts- och frånluftskanaler tätade via ventilationsspjäll, utfört av MVB.
Resultat:	0,375 l/s.m² vid 50 Pa övertryck.

Objekt	Totalt läckage [l/s]	Läckage klimatskal mot det fria [l/s.m ²]	Testdatum	Rapportskrivningsdatum
Mariheällsskolan	2835	0,375	2014-05-25	2014-05-28

Byggnad zon, dimensioner

Byggnad Adress: Mariehällsskolan	Höjd över havet: Höjd över marken: Byggnads Volym, V: Omslutande area, $A_{T\text{BAT}}$	7 m 25 m 19 617 m³ 7 564 m²
Test operatör: Joel Heinze Test företag: Energikompetens AB	Vindförhållanden: Mätningarnas noggrannhet:	Exponerad byggnad 5%

Test Utrustning

Fläkt Modell: Retrotec 1000	Fläkt SN: 001907	Mätare Modell: DM32	Mätare SN: 400947
--------------------------------	------------------	---------------------	-------------------

Övertryckstest

Datum: **2014-05-25** Tid: **10:35** till **10:44**

Miljö Förhållanden:

Barometriskt Tryck: **101,3** KPa från **Standardtemperatur och -tryck..**

Vind hastighet: **3: God bris**

Temperatur: Före: inomhus **23 °C** utomhus **25 °C**.
Slutlig: inomhus **23 °C** utomhus **25 °C**.

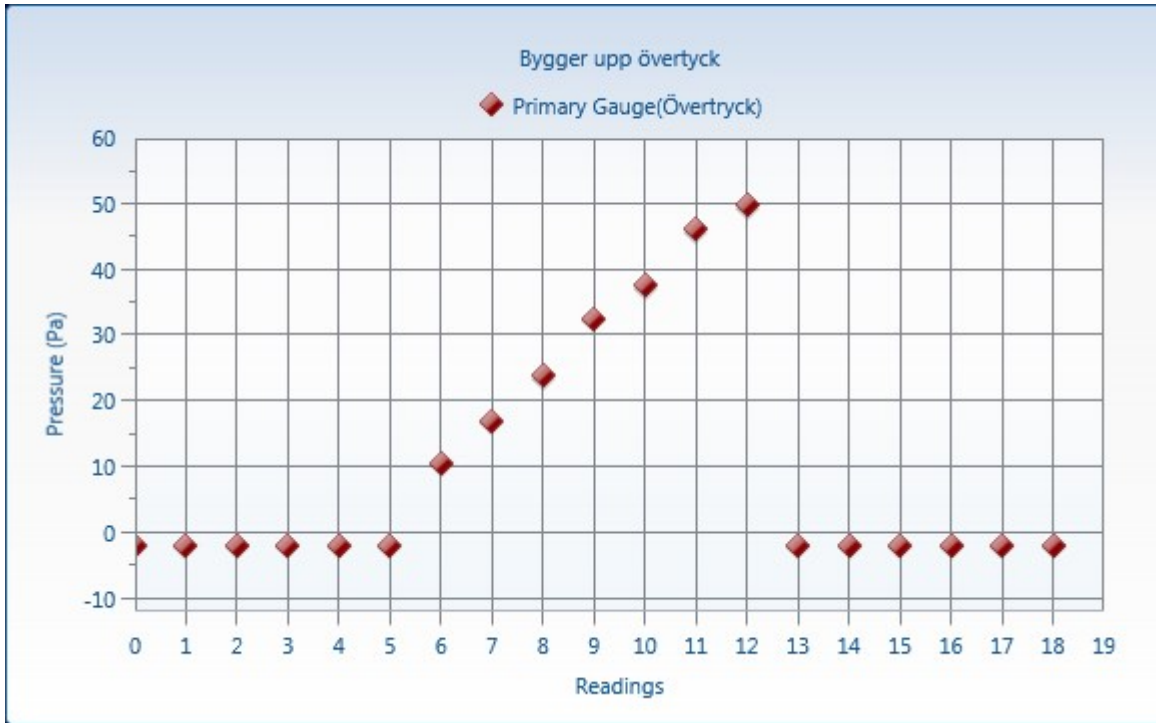
Test Data:

Kalibreringstrycken har tagits över ett snitt på 2 minuter och har givit ett snitt på ca -2 Pa
7 Undertryckspunkter tagna på 5 sek vardera.

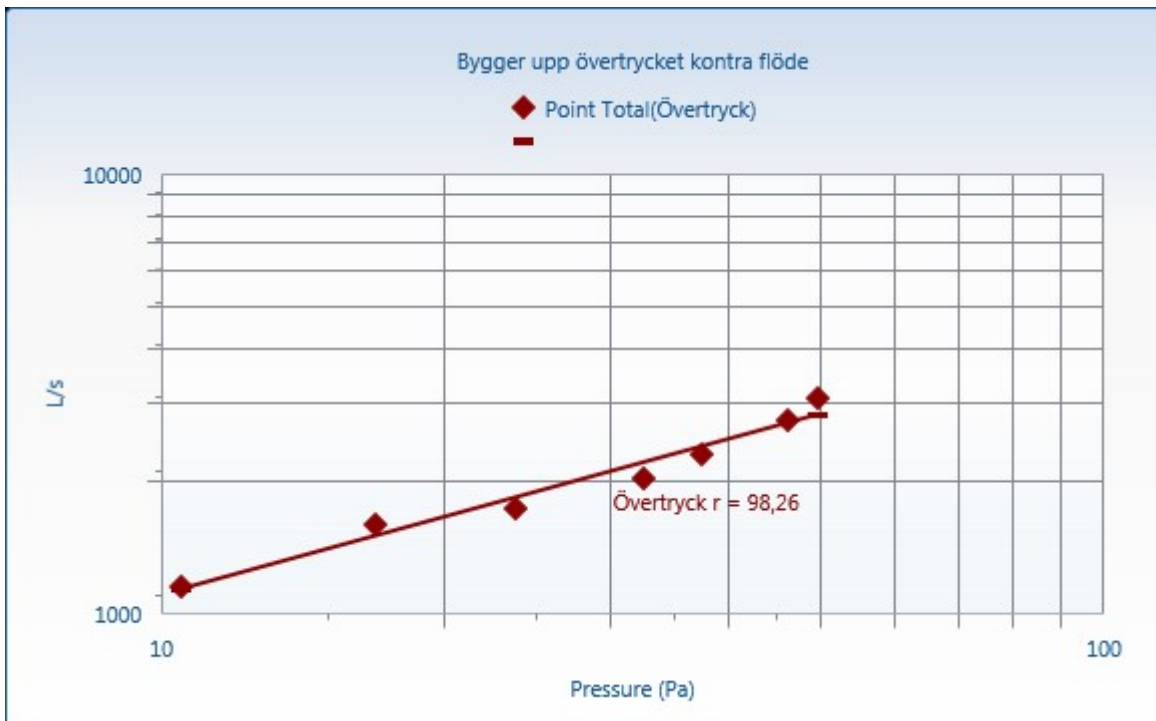
Kalibrerings- tryck, initialt [Pa]	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00						
Byggnad Test Tryck [Pa]	8,5	14,9	21,8	30,5	35,5	44,1	47,8					
Kalibrerings- tryck, slutligt [Pa]	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00						
Flödestryck, [Pa]	116,5	217,5	264	366,3	460, 4	316,4	387,1					
Total flöde, V_r [l/s]	1152, 4	1595, 4	1729, 7	2038, 6	2302, 7	2749, 0	3102, 8					
Korrigerat flöde, V_{env} [l/s]	1153	1597	1731	2040	2305	2751	3105					
Fel [%]	1,5%	6,2%	-5,8%	-7,6%	-4,0%	1,5%	9,4%					

Kalibreringstryck medelvärde: initialt [Pa] ΔP_{01} -2,00, ΔP_{01-} -2,00, ΔP_{01+} 0,00
slutligt [Pa] ΔP_{01} -2,00, ΔP_{01-} -2,00, ΔP_{01+} 0,00

Luftläckageanalys



Mätartryck kontra. Flödestryck.



Övertryck Test Resultat

	Resultat				Resultat	Osäkerhet
Växlingsförhållande, r [%]	98,26	95% tillförlitlighet gräns		<i>Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]</i>	2835	+/- 10,2%
Uppmätt, C_{env} [l/s·Pa ⁿ]	285,0	186,0	437,5	<i>Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]</i>	0,5200	+/- 11,3%
Uppmätt, C_L [l/s·Pa ⁿ]	284,18	185,0	435,0	<i>Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m²]</i>	0,375	+/- 11,3%
Lutning, n	0,5879	0,4603	0,7155	<i>Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [l/s·m²]</i>	0,433	+/- 11,3%

Kombinerat testdata.

	Resultat	Osäkerhet
<i>Luftflöde vid 50 Pa, V_{50} [l/s]</i>	2835	+/- 10,2%
<i>Luftväxling vid 50 Pa, n_{50} [/h]</i>	0,5200	+/- 11,3%
<i>Genomtränglighet vid 50 Pa, Q_{50} [l/s·m²]</i>	0,375	+/- 11,0%
<i>Specific Leakage 50Pa, w_{50} [l/s·m²]</i>	0,433	+/- 11,0%

Test Noteringar:

Blower Door monterad i entrédörr "136 ENTRE"

På grund av skiftande vindförhållande där Blower Door monterades togs differensstrycket i en mätserie över 2 minuter där medelvärdet har legat kring -2 Pa. Korrelationsvärdet påverkas något av detta och det syns även på kurvan där den inte är helt rak. För byggnader på över 4000 m³ räcker det normalt med att gå upp till 25 Pa i tryck enligt SS-EN 13829 men desto större tryck desto större mätsäkerhet därför har testat utförts upp till ca 50 Pa.

Kalibrerings Certifikat

Retrotec 1000 001907.						
Område	N	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	519,618	-0,07	0,8	-0,115	1
A	0,503	264,996	-0,075	1	0	1
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,5077	42	0,009	0,5	0,0009	1
C2	0,52	22	0,11	0,5	-0,001	1
C1	0,541	11,9239	0,13	0,4	-0,0014	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1