



INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH BYGGD MILJÖ

Metodik för fastställande av bärförmåga på befintliga betongkonstruktioner

Andreas Nordman & Christoffer Pettersson

Januari 2011

Examensarbete i Byggnadsteknik, 15 poäng (C nivå)
Handledare: Kjell Westerberg (intern)
Examinator: Johan Norén

Titel: Metodik för fastställande av bärförmåga på befintliga betongkonstruktioner

Akademien för teknik & miljö
Högskolan i Gävle
801 76 Gävle
Sverige

2011 Andreas Nordman, Christoffer Pettersson, Högskolan i Gävle

Abstract

Many buildings are now nearing the end of their service life. This applies to both the older houses from the 40's and 50's to the million project houses that did not prove to be as sustainable in the long run. Often there is a desire to extend the service lifetime, but to do that you need to make detailed inspections. The Folkets hus in Gävle is one of those buildings that is in need of renovation and to fulfill the new requirements that must be met in today's buildings. It is desired to make the buildings rentable space more attractive and to extend the building with two more floors. This thesis aims to develop a methodology for determining the condition of load-bearing concrete structure and to test this methodology on an older existing building. The selected building is a community hall in Gävle, built in the late 1940s. It is a heavy structure building of five floors with columns and beam system.

A preliminary investigation has been carried out to find information about construction, and through the study of construction documents. With the construction drawings we could determine the building's basic design, concrete class, fixation of walls in the building where the beam load coming down the foundation wall. There was also an assessment of the drawing's resemblance to reality. In addition, the building has undergone visual inspections and other information sources have been investigated. Requested reports written in the field of practice / performance / approach for determining a building's status has been read. The test methods available to determine the concrete quality was studied. There are two test methods you can use where one is destructive and the other one is non-destructive. Both test methods were utilized and tested. For the non-destructive test method the Schmidt hammer was used. The non-destructive test method is not valid according to Swedish building regulations BBK (Handbook on concrete). The results with the Schmidt-hammer values can only be complementary to the valid destructive test method performance. For the destructive method we used the drilling of cores. The cores were pressure tested to determine the strength of the concrete.

The method it's produced with the help of knowledgeable in the field, reviewing the published scientific articles and nonfi literature. It is also performed to follow Swedish standards, Eurocodes and BBK. This means that the results can be compare to similar results in Scandinavia and Europe. The developed methodology has generated a result that is reliable and can be controlled. That gives a credible methodology that allows it to be used for similar projects.

Sammanfattning

Många av dagens byggnader närmar sig slutet på sin levnadstid. Detta hus från 40- och 50-talet men också miljonprojektens byggnader som inte visat sig vara så hållbara i längden. Det finns ofta en önskan om att förlänga byggnaders livstid, men för att det ska vara möjligt behöver man göra ingående inspektioner för att utföra hållbara åtgärder. Folkets Hus i Gävle är en av dessa byggnader som är i behov av en renovering. Utifrån de nya krav som måste uppfyllas på dagens byggnader har fastighetsägaren tittat på möjligheten att bygga till två våningar för att få mer uthyrningsbar yta.

Detta examensarbete har som mål att ta fram en metodik för fastställande av bärande betongkonstruktion samt att pröva denna metodik på en befintlig äldre byggnad. Byggnaden som valts är Folkets hus i Gävle, byggd på sent 1940-tal. Byggnaden är en tung byggnad i fem plan med uppbyggnad av pelare och balksystem.

En förundersökning har genomförts dels genom informationssökning för att finna information kring byggnadens konstruktion dels genom studier av bygghandlingar. I k-ritningarna kunde vi fastställa byggnadens grundkonstruktion och betongklass samt fastställande av väggar i byggnaden där pelarlasten kommer ner i grundvägg. En bedömning gjordes om ritningens överensstämmelse med verkligheten. Dessutom har byggnaden okulärbesiktats. Utöver detta har vi letat annan information, sökt rapporter skrivna inom området metoder/utförande/tillvägagångssätt för fastställande av en byggnads status. De testmetoder som finns för att fastställa betongens kvalitet studerades.

Två genrer finns, den destruktiva och den icke destruktiva. En av vardera testmetod användes. För den icke destruktiva testmetoden användes verktyget studshammare. Då den icke destruktiva testmetoden inte är giltig enligt BBK (Boverkets handbok om betongkonstruktioner), kan resultaten med studshammaren endast ses som komplementvärden till den slutgiltiga metodens resultat. För den destruktiva testmetoden användes utborrnig av cylindrar. Dessa cylindrar tryckprovades för att fastställa betongens hållfasthetsförmåga.

Den slutgiltiga metoden som valdes var tillämpning utav utborrnig av cylindrar och användande av studshammare som ett komplement. Den är framtagen med hjälp av kunniga inom området, granskande av publicerade vetenskapliga artiklar och facklitteratur. Metoden är även utförd att följa svenska standarder, eurokoder och BBK. Detta gör att resultatet av vår undersökning kan ställas till liknande resultat i Skandinavien men även i Europa. Metodiken anses tillämplig på många äldre byggnader som nu är i behov av renovering. Den framtagna metodiken har gett ett resultat som är tillförlitligt och kan kontrolleras. Detta ger metodiken en trovärdighet som i sin tur medför att den kan användas till liknande projekt.

Förord

Detta examensarbete har genomförts under hösten 2010 på det treåriga byggnadsingenjörsprogrammet vid högskolan i Gävle. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng. Utbildningen på byggnadsingenjörsprogrammet har till stor del varit projektbaserad, projekten har haft en starkt teoretisk inriktning. Eftersom teoretiska studier har utgjort huvuddelen av utbildningens projektarbeten så har intresset väckts av att även få se och utföra den praktiska delen av ett arbete och därmed få en bättre bild av arbetslivet

Examensarbetet har arbetats fram tillsammans med Universitetsadjunkt Kjell Westberg på uppdrag av Folkets hus Fred Funcke.

Först och främst vill vi tacka Kjell Westberg som har gett oss möjligheten och idén till detta examensarbete och Fred Funcke på Folkets hus för förtroendet att låta oss ha tillgång till en byggnad att arbeta med.

Ett stort tack ska ges till Pelle Palmqvist, Micke Jansson och Jonas Holmgren på PP Såg & Borr för att de ställde upp med maskiner och tid för utborrning av cylindrar och därmed gjorde att vi kunde slutföra det vi hade i tanke från början.

Ett stort tack till Jan Åke Grändås och gänget på Forsmarks Research and Development i Älvkarleby för att vi fick tillgång till deras laboratorium.

Vi vill även tacka :

Irene Wretemo på stadsarkivet som hjälpte oss med glädje bland alla dokumenten.

Thomas Carlsson för hjälp med standarder och studshammare.

Patrik Gadd på Bygg och Miljö, Gävle kommun.

Gävle, Januari 2011.

Christoffer Pettersson

Andreas Nordman

Innehållsförteckning

1	Inledning	10
1.1	Bakgrund	10
1.2	Problem	11
1.3	Syfte.....	11
1.4	Mål.....	11
1.5	Avgränsning	11
1.6	Målgrupp	11
2	Genomförande	12
3	Hållfasthetsprover på betong.....	13
3.1	Allmänt	13
3.2	Icke förstörande testmetoder	14
3.2.1	Studshammare	14
3.2.2	Stötvågsmåting.....	15
3.3	Förstörande testmetoder	16
4	Skador på betongkonstruktioner.....	18
4.1	Karbonatisering	18
4.2	Fysikaliska angrepp.....	19
5	Genomförande av metodik.....	20
5.1	Arkiv.....	20
5.2	Okulär besiktning.....	21
5.3	Val av relevanta delar	21
5.4	Studshammare	21
5.5	Utborring av provkropp.....	22
5.6	Efterbehandling av provkroppen.....	23
5.7	Provtryckning.....	23
5.8	Bestämning av hållfasthetsklass.....	25
6	Resultat.....	26
6.1	Metodik	26
6.2	Beskrivning	27
6.3	Avvikande från metodik	29
6.4	Resultat av metodiken på folkets hus.	30

7	Diskussion	31
7.1	Teoretiska delen	31
7.2	Praktiska delen	32
7.3	Erfarenheter	33
8	Slutsats.....	34
9	Fortsatta studier	35
	Referenslista	36
	Inspirerande litteratur.....	37
	Bilaga A - Resultat studshammare	38
	Bilaga B - Resultat av tryckprovning.....	42
	Bilaga C - Hållfasthetsklasser	45
	Bilaga D - Lastnedräkning.....	48
	Bilaga E - Handlingar från Vattenfall Research and Development.....	52
	Bilaga F - Ritningar & handlingar	55

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sverige är på väg ut ur en lågkonjunktur. En av de sektorer som snabbast har ökat efterfrågan på arbetskraft är byggsektorn. Den svenska byggmarknaden består till stor del av om- och tillbyggnationer. På grund av höga kostnader vid köp av tomtmark utgör nybyggnationer endast en liten del av verksamheten inom byggsektorn.

Vid ändring av en byggnad krävs beräkningar av byggnadens bärförmåga, dessa beräkningar spelar en avgörande roll om resultat skall bli bra. Alla större ändringsarbeten bör föregås av en förundersökning där byggnadens värden, kvaliteter och brister tydliggörs. Förundersökningen bör göras så tidigt att dess resultat kan ligga till grund för den övriga projekteringen (BÄR, 2006)

Oavsett om det gäller småhus eller större byggnader bör man alltid göra en förundersökning, detta för att vara säker på vad man handskas med. I ett småhus behöver inte förundersökningen vara lika omfattande som i en mer komplex byggnad. Det är alltid en fördel att inledningsvis samla in så mycket information som möjligt om byggnaden man ska arbeta med. Det gäller såväl arbeten som endast omfattar rivning av en vägg till att driva ett byggnadsprojekt som innebär att det ska tillföras ett flertal våningar på ett befintligt hus.

Genom en förundersökning får man kunskap om byggnadens kvalitéer och brister samt om den teknik byggnaden har uppförts med. Med utgångspunkt från denna kunskap går det att ta fram ett varsamt tillvägagångssätt för att identifiera metoder och lösningar som ger ett gott resultat. Detta examensarbete har som mål att just ta fram en metodik för fastställande av bärande betongkonstruktion samt att pröva denna metodik på en befintlig äldre byggnad. En förundersökning måste ta hänsyn till objektets omfattning och art. Lämpliga punkter enligt BÄR 2006 är:

- Byggnadens historiska och stilhistoriska sammanhang och hur det kommer till uttryck i byggnaden.
- Tidstypiska utföranden och tidigare användning
- Byggandens teknik, konstruktion och skick
- Tillgänglighet

Betong finns i princip i alla byggnader och är en av våra viktigaste byggnadsmaterial. Betong utmärks av god beständighet, formbarhet och hållfasthet. Det är ett av de billigaste byggnadsmaterialen och anpassas lätt efter förfrågan. Betongens användningsområde är framför allt i bärande konstruktioner.

1.2 Problem

Hur tar man fram en byggnads bärförmåga? Vad finns det för standardprocesser vid ändring av en byggnad? Att ha tillgång till grundlig dokumentation är en förutsättning när man arbetar med äldre byggnader. Var och hur kan man hitta ritningar och handlingar om en byggnad?

1.3 Syfte

Ta fram en metodik för bestämning av bärförmågan på en befintlig byggnad och pröva metodens funktionalitet. En teoretisk studie ska visa hur bärförmågan på en befintlig byggnad tas fram. Studien ska visa vad det finns för standardprocesser vid utförande av ändring av byggnad. Handlingar i form av ritningar och annan dokumentation ligger till grund för studien.

1.4 Mål

Målet med detta examensarbete är att ta fram en metodik och att pröva metodiken på en befintlig byggnad. En bedömning av hur metodiken har fungerat konstateras.

Läsaren av rapporten ska få kunskap om behov av förundersökning som krävs vid ändring av byggnad.

1.5 Avgränsning

Vi har valt att avgränsa oss till byggnader med stomme i betong, som ligger i stadsmiljö och som är uppbyggda av pelare -balk system. Studien kommer behandla en specifik byggnad med betongstomme i Gävle. Studien kommer att omfatta en metodik för fastställande av bärförmåga. Resultatet av provtryckningen kommer bara reflektera de provtryckta kropparnas hållfasthet och inte hela byggnaden.

Vi kommer inte att göra mätningar av karbonatiseringsdjupet, mätningar av tjockleken på armeringens betongskikt, analys av eventuellt kloridinnehåll eller se efter risken för aluminatcement genom grundämnesanalys.

Vi kommer borra på de delarna av byggnaden där fastighetsägaren gett sitt godkännande, det betyder således att vissa intressanta delar av byggnaden kommer att falla bort.

1.6 Målgrupp

Examensarbetet riktar sig i synnerhet till byggnadsingenjörstudenter som önskar få en förståelse för och uppfattning om hur fastställande av bärförmåga på befintliga betongkonstruktioner går till. Även andra personer som är allmänt intresserade av vår metodik kan ha behållning av detta examensarbete.

2 Genomförande

Till grund för examensarbetet ligger litteraturstudier, ritningsstudier och samarbete med fackligt kunniga personer.

Många olika metoder har använts för insamlandet av information. För att få en överblick av byggnaden har en ritningsstudie genomförts med hjälp av ritningar som har sökts fram genom arkivstudier.

I studien av ritningar har originaldokument från byggnadens uppförande tillhandahållits från Gävle stadsarkiv, Bygg & Miljö på Gävle kommun samt Arkiv Gävleborg. Dokumenten består mest av A- och K- ritningar samt bygglovshandlingar, -dokument och protokoll från möten under byggnadstiden.

Litteraturstudier inom områden som betong, -provning, -tryckning, förundersökning samt skador på betong har gjorts. Litteraturstudierna har främst gjorts genom sökning på Google, GoogleScholar, ScienceDirect och DiVa. Referenser från de källor som har utnyttjats har lästs igenom och eventuellt använts. Viss litteratur har även tillhandahållits från handledare Kjell Westberg och Fo-ing./T.Lic. Thomas Carlsson.

Utredningar över vilka byggföretag i Gävle och angränsade kommuner som skulle kunna hjälpa oss att provborra, provtrycka och tillhandahålla material har utretts. Telefon och mail kontakt har tagits med dessa utvalda företag för att komma fram till en lösning. Önskemål från vår sida var att vi inte skulle behöva betala för arbetet.

Intervju har genomgjorts med Fred Funcke, som jobbar för Folkets hus Fastighet i Gävle AB, för att få en uppfattning om vad han har i åtanke med projektet, även en film från när byggnaden uppfördes har studerats.

3 Hållfasthetsprover på betong

3.1 Allmänt

Betong består av cement, ballast och vatten. Dessa beståndsdelar blandas efter varierande recept för att få fram olika egenskaper. Betongens tryckhållfasthet är större än dess draghållfasthet. Det behöver inte bara vara recepten på betongen som avgör dess hållfasthet det kan även bero på yttre förhållanden i samband med gjutning. Några sådana faktorer är t.ex. ballastseparation, härdning, komprimering och hantverksskickligheten. Tidigare blandades betongen på plats vilket gör att betongens hållfasthet kan variera. Detta faktum kan bli ett problem vid provning av betong, då resultatet av ett provområde inte kan appliceras på resten av byggnaden.

Enligt Bungey och Millard (1996) har behovet och intresset för att utföra provning av platsgjuten betong ökat avsevärt sedan 1960-talet. En av orsakerna är det ökande antalet betongkonstruktioner som visat försämrade hållfasthet och beständighet, en annan är att fler betongkonstruktioner måste hållfasthetsbestämmas vid t.ex. ändring.

Med anledning av ovanstående har särskild uppmärksamhet ägnats åt utveckling av testmetoder som är relaterade till hållbarhet, prestanda och integritet. Idag finns därför en uppsjö av testmetoder och testutrustning för provning av betong. Det finns också en ökad medvetenhet om bristerna i provningen då proverna inte alltid är representativa mot hela konstruktionen, en provkropp ger bara ett mått på den enskilda provkroppen och inte hela konstruktionens hållfasthet (Bungey & Millard, 1996).

Enligt Molin (2004) finns det några steg som är viktiga för att ta fram betongens skick, dessa steg är:

- Mätning av karboniseringsdjupet med fenol-ftaleinindikering¹ i mindre slagborrade hål,
- Mätning av tjockleken på armeringens betongskikt med elektromagnetisk mätning samt
- Analys av eventuellt kloridinnehåll

Och i vissa fall

- Borra ut cylindrar för bl.a. hållfasthetsprovning
- Kolla risken för aluminatcement² genom grundämnesanalys eller
- Göra en petrografisk³ analys vid svårare problem

Detta arbete kommer att koncentrera sig på hållfasthetsprovning.

Det finns en mängd olika tester man kan göra för att ta reda på hur betongen ser ut. Man skulle kunna dela upp dem i två grupper; en icke-förstörande och en förstörande. Vi kommer främst ta upp tester med studshammare och utbörning av cylindrar men även andra testmetoder, deras fördelar respektive nackdelar, kommer att granskas.

¹ PH-indikator

² Typ av cement som användes mellan 1925-1941 i Sverige och som har visat sig tappa upp till 90% av hållfastheten efter ca 30år

³ Detaljerad analys av betongen på laboratorium

3.2 Icke förstörande testmetoder

3.2.1 Studshammare

Studshammaren är en av de vanligaste och mest kända icke destruktiva metoder som finns på marknaden idag (Bungey & Soutsos, 2001). Studshammaren mäter en ytas hårdhet.

En studshammare utgörs av en yttre behållare, kolv, spiral och mätavläsare. Kolven skjuts fram genom instrumentet vilket gör att en spärrmekanism i den yttre behållaren greppar hammaren. Efter det trycks instrumentet mot ytan som ska mätas, därefter trycks kolven in och belastningsfjäders sträcks ut. Genom kraften av fjädern släpps spärrmekanismen som håller greppet om hammaren. Kraften av hammarens studs bromsar upp av fjädern och därefter läses instrumentet av. Om man har en modell som är direkt kopplad till en dator så läses värdet av där (Pettersson, 1999).

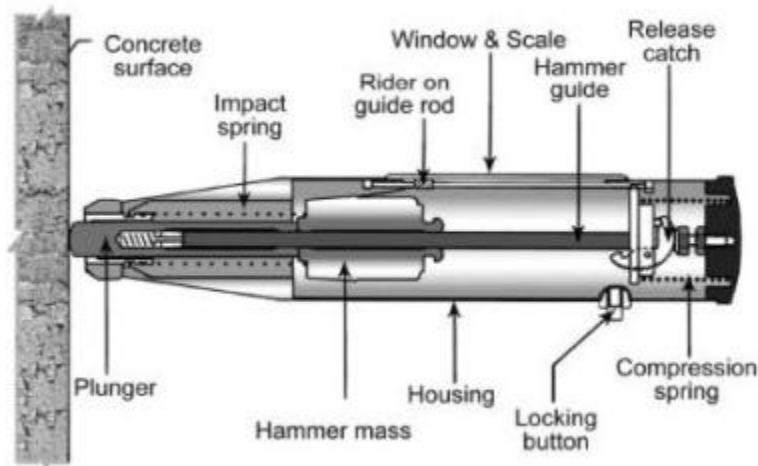


Bild 1 Konstruktion på studshammare (<http://www.spectro.in/images/rebound-hammer.jpg>)

Det värde som ges är R, ett värde som sedan kan läsas av med hjälp av ett diagram där du kan få fram en trolig tryckhållfasthet. Det finns ingen direkt exakt relation mellan hårdhet och hållfasthet i betong, vilket gör att metoden inte är så tillförlitlig som det finns uppfattningar om. På grund av betongens yta kan resultatet variera vid testtillfället (Aydin & Saribiyik, 2010).

Faktorer som kan påverka resultatet från studshammaren är dels betongmassans och betongelementets egenskaper, t.ex.

- Karboniserad
- Mättnad av betongen
- Ytstrukturen
- Temperatur
- Utförande av den
- Typ av ballast
- Ålder
- Cementtyp
- Cementinnehåll
- Massa

För att ta fram ett hållfasthetsvärde med studshammaren bör hänsyn tas till att det finns många faktorer som påverkar resultatet. Studshammaren kan lämpligen ses som ett komplement till andra metoder som bättre kan uppskatta hållfastheten i konstruktioner.

Ett sätt studshammaren kan användas på är att hitta utsatta partier i konstruktionen som man sedan kan borra ut kärnor på.

3.2.2 Stötvågsmätning

Stötvågsmätning kan utföras på olika material, de tester som kommer nämnas i kommande text avser betongkonstruktioner. Grundläggande går det ut på att man skickar in en ljudvåg eller impuls i väggen som sedan studsar tillbaka eller går genom väggen till en avläsare. Utifrån tiden detta tar kan man avläsa hur konstruktionen ser ut. Hastigheten av vågfronten är relaterad till betongens E-modul, som i sin tur har viss relation till betongens hållfasthet. Sådant som kan påverka testerna är temperaturen, spänningstillstånd, sträckan mellan sändaren och mottagaren och till sist fuktförhållandet. Några av dem som finns redovisas här (Wiberg, 1995).

3.2.2.1 Ultrasonic puls velocity, UPV

Metoden grundar sig på utbredning av ultraljudvågor i en direkt transmissionsmätning. En sändande sökare appliceras på ena sidan av betongkonstruktionen och en mottagare på den andra. En långitudvåg får utbreda sig genom materialet och tiden det tar för pulsen att passera materialet mäts. Med kunskap om gångsträckan kan en utbredningshastighet i materialet bestämmas. Den uppmätta hastigheten ger en genomsnittlig bild av konditionen hos materialet mellan sökarna. Stora hastighet avvikelser lokalt i materialet kan på detta sätt få som enda mätbara effekt en ringa avvikelse i medelhastighet över sträckan. Den uppmätta ljudhastigheten kan användas för att uppskatta relativ hållfasthet, variationer i materialsammansättning och skadegrad (Wiberg, 1995).

3.2.2.2 Acoustic emission, AE

Akustisk emissionsmätning grundar sig på registrering av ljudimpulser som ett material ger ifrån sig under påkänning. Vid mätning appliceras en mottagande sökare på betongens yta och de ljudimpulser som når ytan registreras. Förutsättningen för mätningen är att materialet är utsatt för någon form av belastning som förorsakar t.ex. mikrospricktillväxt. Analysen bygger på att de ankommande ljudpulsernas styrka, karaktär och täthet utvärderas. Det har påvisats att material i olika stadier av nedbrytning ger olika ljud ifrån sig vid ökad belastning. Det finns med hjälp av de akustiska emissionerna också möjlighet att lägesbestämma de områden i konstruktionen som ger ifrån sig ljuden (Wiberg, 1995).

3.3 Förstörande testmetoder

3.3.1 Utborrade cylindrar

Denna testmetod är en av de vanligaste och mest lämpade metoderna för mätning av befintliga betongkonstruktioners hållfasthet. Innan borrning påbörjas bör armeringens läge fastställas för att undvika att armering borrar av. Detta kan göras med täckskiktetsmätare.

Provutförandet kan delas upp i tre moment: *utborrning av provkropp, behandling av provkropp och drag/tryckprov av provkropp*. Metoden går ut på att en provkropp borrar ut ur konstruktionen med hjälp av en specialborr. Provkropparna testas sedan på ett labb enligt svensk standard. Utborrning av en provkropp bör göras efter att studier av ritningar och bedömningar av konstruktionen genomförts. Det medför att flera prover bör tas för att få en acceptabel bedömning av hållfastheten. Områdena där borrningarna görs väljs efter statistiska grunder av de intressantare delarna av byggnaden.

En cylinder är 100mm i diameter och ska vara 100mm djup enligt BBK 04, Bilaga A

För att bestämma hållfastheten av en provkropp använder man sig av omräkningsfaktorer. Dessa är av två slag: faktorer relaterade till provnings sättet och faktorer relaterade till betongens egenskaper. I den första gruppen är diameter, förhållandet l/d, fukthalt, borrhingsriktning, armering och avplanings sätt viktiga faktorer och i den andra är mognad samt porigheten viktiga faktorer.

3.3.2 LOK-test

LOK-metoden är ett test för att fastställa tryckhållfasthet på betongens mognad. Metoden utförs genom att man gjuter in en stålring med ett djup på 25 mm i den nya konstruktionen. Ett hål på 11 mm lämnas längst ner på ringen, där fäster man en dragbult till ringen och drar upp den med hjälp av en hydraulisk domkraft. Ett mothåll som är en ring med en innerdiameter på 55mm placeras över dragbulten innan man drar ut provet. Med hjälp av den uppmätta utdragskraften kan ett ungefärligt hållfasthetsvärde för betongen räknas ut.

3.3.3 CAPO-test

CAPO metoden är grundat på LOK metoden och utförs i stort sett likadant. CAPO metoden är till för befintliga konstruktioner där man inte behöver gjuta in i förväg för att få fram tryckhållfastheten. Metoden utvecklades 1975 av en dansk vid namn Claus Germann Pettersen. CAPO metoden är ett så kallat utdragstest och står för Cut And Pull Out. Själva metoden går ut på att man borrar ett 60mm djupt hål i konstruktionen som sedan arbetas med ett specialverktyg, därefter placeras en expanderskruv i hålet som kommer att användas för utdragning. En hydraulisk domkraft fästs vid expanderskruv och en betongkon dras ut, av kraften ges resultatet på en manometer.

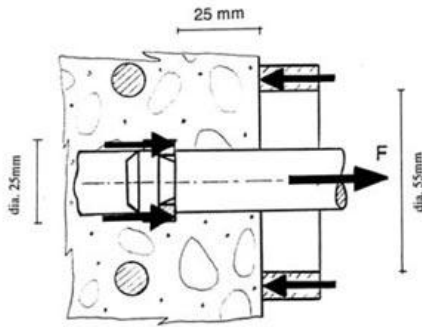
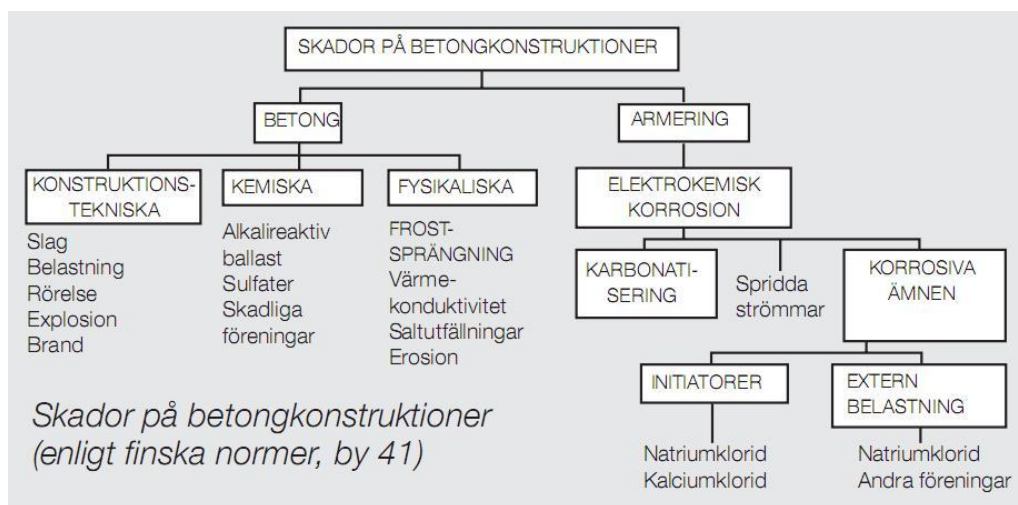


Bild 2 CAPO-test (http://www.impact-test.co.uk/images/Capo-Test_Diag.jpg)

4 Skador på betongkonstruktioner

Det finns en mängd olika skador som kan uppstå på betongkonstruktioner. Det kan uppstå skador delvis på betongen och på själva armeringen i betongen. För betong finns det tre kategorier av skador, konstruktionstekniska, kemiska och fysikaliska. Den mest relevanta skadan är fysikalisk då den är mest allmän bland de tre. Ofta uppkommer konstruktionstekniska skador industribyggnader och kemiska skador parkeringshus eller andra öppna byggnader som utsatts för föroreningar. För armering är karbonatisering den mest frekventa. Det finns ytterligare skador såsom spridda strömmar och korrosiva ämnen.



Figur 1 (http://www.alcro.se/tikkurila/produkter/pdf/Allmant_betong.pdf)

4.1 Karbonatisering

Karbonatisering sker när koldioxid från luften reagerar med kalciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i betongen varvid det bildas kalciumkarbonat (CaCO_3) som ger en minskning av alkaliniteten⁴ och ökar risken för armeringskorrosion. Detta begränsas normalt till ett ytskikt av bara några millimeters tjocklek i betong av god kvalitet medan det i en betong av sämre kvalitet kan resultera i flera centimeters djup (Roberts, 1981).

“Reinforcement corrosion is the most important durability problem of reinforced concrete structures.”
Roy, Poh & Northwood (1999)

Omfattningen av karbonatisering kan lätt analyseras med hjälp av fenolftaleinindikering, genom att pensla på en nyligen exponerad bit av betong och utvärdera färgförändringen. Utborrade kärnor kan delas och sprayas med fenol-ftaleinindikering för att se och bedöma karbonatiseringen.

Färgförändringen av fenolftaleinindikering motsvarar ett pH på cirka 9 medan armeringskorrosion möjligen kan inledas vid ett pH på ungefär 11. Det innebär att karbonatiseringen måste ses som ett ungefärligt värde i förhållande till stålkorrosionen (Theophilus, 1981). Betong har vanligtvis ett pH-värde på 12-13.

⁴ Är ett mått på vattnets förmåga att motstå en pH-sänkning.

4.2 Fysikaliska angrepp

Huvudsakliga fysikaliska angrepp på betong är frost- och saltsprängning och därtill temperatur- och fuktrörelser.

Frostsprängning uppstår när vattnet i ett materials porer fryser till is. När vatten fryser till is ökar dess volym med 9 %. Om ett materials porer är vattenfyllda när de utsätts för frost fryses dessa oundvikligen sönder. Volymökningen sker med så stor kraft att inga stenmaterial kan motstå den. För att undvika sönderfrysning skall vattnet ha utrymme för att kunna vidga sig, dvs. det skall finnas tillräckligt antal och tillräckliga stora porer. Detta kan man uppnå genom att blanda in luft i den färska betongmassan.

Avgörande för om ett material frostskastras eller inte är därför hur stor andel av porsystemet som är vattenfyllt. Frostproblematiken är alltså ett fuktproblem (Burström, 2001).

Saltsprängning uppstår när vatten avdunstar och dess innehåll av salt kristalliseras. Om saltet följer med vattnet till en yta uppstår något som kallas saltutslag, men om saltet istället stannar kvar i ett materials porer kristalliseras saltet och ett expansivt tryck uppstår. Trycket uppstår på grund av att när salt kristalliseras så ökar dess volym.

Temperatur- och fuktrörelser kan ge upphov till så stora spänningar att sprickbildningar i ytan inträffar. Detta kan uppstå vid stora variationer i temperatur på en yta, t.ex. vid nederbörd på en solvarm fasad. Hygroskopiska material som t.ex. betong, autoklaverad lättbetong, tegel och trä ändrar sin volym vid ändrad fukthalt och därmed förekommer fuktbetingade rörelser i dem. Vid ökat fukttinnehåll sväller materialet och vid minskat fukttinnehåll krymper materialet.

Vittring inträffar när flera fysikaliska angrepp samverkar, sprickor från temperatur- och fuktrörelser ger en öppning för salt- och frost sprängning och kemiska angrepp

5 Genomförande av metodik

5.1 Arkiv

Dokumentsökning kring projektets objekt, Folkets hus, började på Bygg & Miljökontoret i Gävle kommun. På kontoret fanns både om- och tillbyggnadsritningar från 80-talet, ursprungliga ritningar och A-ritningar. Ritningarna, som var i digital form, var svåra att tyda. I detta skede av projektet var intresset störst för de ursprungliga ritningarna och då i synnerhet grundplanen. Grundplanen var intressant då källarvåningen har störst statisk belastning och därför kommer att ge bäst bild av byggnadens bärförmåga. Då de digitala ritningarna var så svårtydda tvingades vi att söka originalritningarna. Upplysning gavs om att originalritningar i bättre skick fanns på stadsarkivet.

I stadsarkivet hittade vi ett flertal A- och K-ritningar av olika kvalitet, de flesta A-ritningar var av god kvalitet medan K-ritningarna var av sämre kvalitet. I arkivet fanns även grundplanen. Med stor hjälp av personalen fick vi ritningarna digitalt. Ritningarna var i dubbelt A1 format eller större.

Personalen på stadsarkivet gav råd om andra arkiv. Ett av dem var föreningsarkivet Arkiv Gävleborg, där vi fortsatte vår sökning. På Arkiv Gävleborg hittade vi intressanta handlingar från 1940-tal då byggnaden uppfördes, bland annat besiktningsprotokoll och andra handlingar om vad som var aktuellt vid uppförandet av byggnaden. Dessa dokument gav dock ingenting nytt som skulle vara av intressant vid vårt arbete. Därefter hade vi ett gott underlag av ritningar och handlingar för fortsatt arbete.

Byggnadens stomsystem och material

Efter studier av de ritningar vi hittade på kommunens stadsarkiv kunde vi fastställa att byggnaden är uppförd av pelar-balk system. På en av k-ritningarna kunde vi hitta vilka betongkvaliteter som använts vid byggnadens uppförande.

Enhet	Grundmurar	Väggar & Bjälklag runt skyddsrum	Bjälklag, Pelare, Balkar, Trappor
Kg/cm ²	200	300	250
MPa	19.64	29.46	24.55

Tabell visar betongens bärförmåga vid byggnadens uppförande (1946)

Dimensioner

Byggnadens dimensioner av bärande väggar och pelare kunde bestämmas efter genomgång av ritningar. Detta arbete var svårare än förväntat då det ofta inte fanns några mått utsatta på K-ritningarna. Eftersom ritningarna var skalenliga löste vi detta genom att uppskatta måtten med linjal.

Ombyggnader

I ritningarna framgick att byggnaden hade byggts om 1980, en ny hiss hade installerats, ny stödmur och lastkaj hade byggts till samt en ombyggnation hade gjorts av ventilationsrummet. Även mindre tillbyggnationer hade gjorts såsom ny trappa till biografmaskinrum.

Skador

Varken i intervjuer eller handlingarna framkom det att byggnaden hade haft några skador.

5.2 Okulär besiktning

En okulärbesiktning genomförs genom att hela byggnaden går igenom från källare till vindsutrymme. Kontroll sker om det finns skada på fasad eller interiör. Noterar om ombyggnation har gjorts. I ventilationsrummet noterades en större ombyggnation. Resultatet av den okulära besiktningen visar att byggnaden inte hade något större synligt fel som skulle kunna äventyra bärförmågan.

Skador

Några synliga skador påträffades inte.

5.3 Val av relevanta delar

För att finna de mest intressanta delarna i en byggnad för utbörning av betongcylindrar gör man arbetet i två delar. Det ena delen är studier av ritningar och det andra delen är studier på plats i byggnaden.

Med hjälp av ritningar och andra handlingar kan statistiskt belastade delar lokaliseras. Ritningarna ger dimensioner, bärande väggar, identifiering av de olika väggarna och dess olika innehåll.

På plats görs en bedömning av vilka av de intressanta platserna som är möjliga att utföra testerna på, då utrustningen för utbörning av cylindrar är i behov av ett större utrymme. Det är inte bara utrymmet som är väsentligt i detta skede. Exempel på andra förhinder kan vara fastighetsägarens krav, interiören eller el-installationer.

5.4 Studshammare

Vid test med studshammare skall den placeras vinkelrät mot mätytan. Utförandet upprepas med ett inbördes avstånd på minst 30mm så att sammanlagt minst 9 mätvärden erhålls. Varje avtryck granskas. Om ytskiktet har brutits igenom till en ytligt belägen por ersätts mätvärdet med ett nytt. Medelvärdena av mätvärdena beräknas. Om mer än 20 % av värdena avviker från medelvärdet med mer än 6 enheter så förkastas hela mätserien.

Enligt standard SS 13 72 37 skall betongobjektet, vid test med studshammare, vara minst 100mm i slagriktning. Ytor på hålrumsbetong, avskalade ytor, ytor med ojämn struktur eller med hög porositet skall undvikas. Mätytans storlek skall vara minst 4 dm² och dess kanter minst 30mm från objektets kanter. Från mätytan skall svaga ytskikt slipas bort och lösa partiklar avlägsnas. Eventuell vattenfilm på ytan torkas bort.



Bild 3 Egen bild över studshammare

5.5 Utborrning av provkropp

Utrustning som behövs för utborrning av provkropp är specialborr med diamantbeklätt huvud, tillhörande stativ, vattenpump, avrinningskydd och tillgång till rinnande vatten.

Stativet förankras i väggen genom att en förankringsbult borras in ca 30-35cm från det önskade borrhålet. Stativet lodas så att borren kommer vinkelrät mot väggen. På stativet finns kuggar som hjälper bormaskinen att utöva påtryckning mot väggen. Till utborrningen användes en 110 mm borr med en innerdiameter på 100 mm. Vatten kopplas till maskinen för att förhindra överhettning av borrhuvudet. En vattensug ansluts mot väggen runt borrhuvudet för att suga upp vattnet. Handkraft används för att trycka borren igenom hela väggen.



Bild 4 visar en upphängd bormaskin med 110 mm borr.



Bild 5 visar hål efter att borrkärna har tagits ur och en expanderskruv i väggen.

5.6 Efterbehandling av provkroppen

Efterbehandling av provkropparna genomförs enligt SS 13 72 30. Provkropparna kapas och planslipas var för sig enligt SS 13 11 11, så att $l = d$ och att ytorna blir släta och vinkelräta mot mantelytan.

5.7 Provtryckning

Provtryckning genomförs. Enligt EN 12390-3:2001 skall provkroppar belastas till brott i en tryckpress som uppfyller kraven i EN 12390-4. Provkroppar skall vara kuber, cylindrar eller borrkärnor som motsvarar kraven i EN 12350-1, EN 12390-1 eller EN 12504-1.

En konstant belastningshastighet inom intervallet 0,2 MPa/s till 1,0 MPa/s skall väljas. Lasten skall påföras på provkroppen mjukt med den valda belastningshastigheten $\pm 10\%$, till dess att provkroppen inte kan ta högre last. Den visade högsta lasten skall registreras

Tryckhållfastheten erhålls med uttrycket:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

där

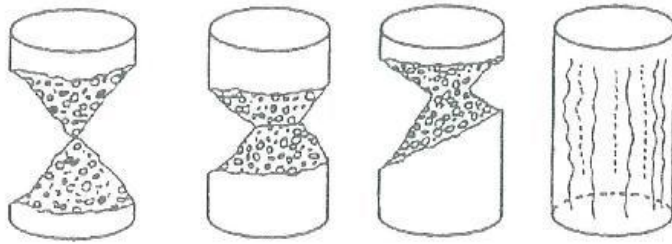
F_c är tryckhållfastheten, i Mpa

F är den maximala lasten vid brott, i Newton;

A_c är den tvärsnittsarea hos provkroppen som tryckkraften verkar på.

Brottyper

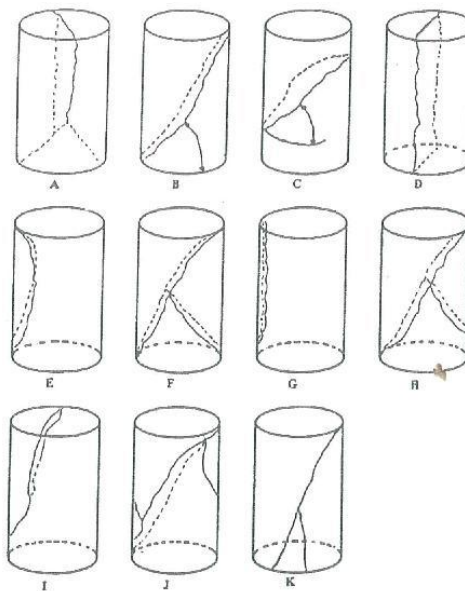
Exempel på brottbilder hos provkroppar som visar att en provning har fullföljts tillfredsställande;



Figur 3 — Tillfredsställande brottbilder hos cylinderprovkroppar

Figur 2 från SS 12390-3:2001

Enligt SS 12390-3:2001 skall om brottbilden är olämplig, detta noteras med hänvisning till beteckningen för den brottbild i figur 3 som ligger närmast det observerade.



Figur 4 — Några otillfredsställande brottbilder hos cylinderprovkroppar

Figur 3 från SS 12390-3:2001

Olämpliga brottbilder kan orsakas av:

- otillräcklig uppmärksamhet på provningsförfarandet, särskilt placeringen av provkroppen;
- fel på tryckpressen.

För cylinderprovkroppar är brott hos avjämningsbruket innan brott sker i betongen ett olämpligt brottsmönster.

Inga olämpliga provkroppar uppmärksammades vid provtryckningen.

5.8 Bestämning av hållfasthetsklass

Bestämning av hållfasthetsklasser sker enligt BBK 04, Bilaga A. Hållfastheten i en färdig konstruktion kan bestämmas med hjälp av utborrade prov eller med indirekt metod som kan påvisas ge en tillförlitlig relation till hållfastheten för utborrade prov.

I BBK 04, Bilaga A. står att uppmätt hållfasthet hos utborrade cylindrar med diametern = höjden = 100 mm som lagrats i minst tre dygn innan provning i luft med temperaturen 20 ± 2 °C och 60 ± 20 % relativ fuktighet motsvarar uppmätt tryckhållfasthet hos kuber lagrade enligt SS-EN 12390-2 T1. Om hållfastheten bestäms på utborrade cylindrar med andra mått omräknas den uppmätta tryckhållfastheten, t.ex. enligt SS 13 72 07 avsnitt 3.3.

Enligt BBK 04, Bilaga A. bör resultaten vid provning av betong i färdig konstruktion utvärderas enligt villkoren A eller B nedan. Villkor A kan tillämpas för serier om 3 till 14 prov ur en eller flera konstruktionsdelar (balk, platta, pelare o.d.). Villkor B kan tillämpas i de fall provningsomfattningen uppgår till minst 15 prov, tagna ur en eller flera konstruktionsdelar som utförts under liknande förutsättningar.

Det innebär att för tryckhållfasthet tillämpas villkor A.

Följande ekvationer anges i BBK 04, Bilaga A.

Villkor A

Tryckhållfasthet

$$m \geq f_{KK} + k_1 \quad (\text{Aa i BBK 04})$$

$$x \geq f_{KK} - 4 \quad (\text{Ab i BBK 04})$$

där

m är medelhållfasthet i MPa för en serie om n prov

f_{KK} är fordrat karakteristiskt värde = $1,14 f_{ck}$ i MPa

k_1 är en koefficient som beror på antalet provningsresultat n

$k_1 = 6$ om $n = 3 - 6$

$k_1 = 5$ om $n = 7 - 9$

$k_1 = 4$ om $n = 10 - 14$

x är hållfasthetsvärde i MPa för enskilt prov

Hållfasthetsklassen bestäms sedan genom BBK 04, Tabell 7:221a

6 Resultat

Denna metodik är framtagen i syfte att fastställa bärförmågan på befintliga betongkonstruktioner. Metodiken bygger på en undersökning och provtagning som utfördes på Folkets hus i Gävle. Metodiken har valt att tillämpa utbörning av cylindrar och prov med studshammare som komplement. Den är framtagen med hjälp av kunniga personer inom området, genom studier av publicerade vetenskapliga artiklar och facklitteratur. Den är även utförd att följa svenska standarder, eurokoder och BBK. Resultatet kan utifrån detta likställas med liknande resultat i Skandinavien och övriga Europa. Metodiken kan anses lämplig då många äldre byggnader idag är i behov av renoveringar.

6.1 Metodik

Utrustning

Vid tillämpning av denna metodik är just denna utrustning nödvändig för att ett resultat ska kunna genomföras.

- Kamera
- Sprickmätare
- Måttstock och måttband
- Studshammare
- Tillgång till borr och facklig utbildad användare.
- Täcksiktmetare

Teoretisk förundersökning

- Arkivsökning
 - Nuvarande/tidigare ombyggnationer
 - Olyckor/utsläpp
- Granska ritningar
 - Material
 - Dimensioner
 - Bärförmåga
- Göra upp ritningsförteckning
- Besök av byggnaden
 - Okulär besiktning
 - Kontroll av skada på fasad eller insida
 - Ombyggnationer
 - Dimensioner
 - Överensstämmelse mellan ritning och verklighet
 - Fotografering
 - Dokumentering
- Intervjuer
 - Erfarenhet
 - Kännedom om byggnaden

Praktisk provning

- Relevanta delar
- Provmetod
 - Förstörande eller icke-förstörande provning
- Provtagning
- Analys av prover
 - Ackrediterat laboratorium
- Bedömning av provresultaten mot betongstandarder
 - Hållfasthetsklasser
- Beräkning
 - Lastnedräkning

6.2 Beskrivning

Detta är en beskrivning av varje punkt som går in närmre på vad som bör tänkas på vid tillämpning av denna metod för fastställande av bärförmågan i befintliga betongkonstruktioner.

Teoretisk förundersökning

- Arkivsökning

I början av en arkivsökning söks tillgängliga arkiv igenom för att skapa en helhetsuppfattning av byggnaden. Det man söker efter i arkiven är A- och K-ritningar, handlingar och protokoll som har relevant information och fakta över byggnaden. Det kan vara nuvarande/tidigare ombyggnationer. Viktig information kan vara om eventuella olyckor har skett under byggnadens tid.

- Granska ritningar

Granskningen går ut på att finna just den information som kan användas i ritningarna. Vid denna punkt väljs intressanta platser för provtagning ut. Identifiering sker av vilket material byggnaden innehåller, vilka dimensioner som byggnaden har och på vilket sätt byggnaden har konstruerats. Avstämning av A- och K-ritningar sker mot varandra för att se om riktningarna har samma dimensioner. I K-ritningarna finns ofta byggnadens bärförmåga utsatt. Vanligtvis finner man hållfasthetsklasserna bland detaljritningarna.

- Göra upp ritningsförteckning

Det är av stor vikt att ställa upp en ritningsförteckning när alla ritningar har gått igenom, detta sker för att hålla ordning på alla ritningar då det ofta förekommer flertalet ritningar. Det är inte lätt att hitta tillbaka till en eller flera ritningar om de ligger som filer utan ordning. Det är också bra om det finns fler personer som vill studera ritningarna.

- Besök och dokumentation av byggnaden

Vid besök i byggnaden är det viktigt att ha både kamera och anteckningsblock med sig. Fotografering sker för att ha byggnaden dokumenterad på bild på grund av att tillgängligheten kan vara begränsad. Anteckningar upprättas för att dokumentera funderingar och synpunkter, det kan vara svårt att minnas allt som sägs. I den okulära

besiktningen ingår det kontroll av skador både utanpå och inuti byggnaden. En okulär besiktning kan med fördel göras tillsammans med en vaktmästare eftersom de ofta redan har en bra uppfattning av byggnaden. Om byggnaden byggts om ska ombyggnationen granskas för att se att alla delar i ombyggnationen genomförts. Vid kontroll av dimensionerna är det ett måste att medha måttstock och måttband för att fastställa att ritningarna är i rätt skala. Vid detta skede bör en kontroll göras av överensstämmelse över hela byggnaden med den information som tagits fram vid den okulära kontrollen.

- **Intervjuer**

Intervjuer bör föras med ägare eller tidigare ägare men även med de som bor eller arbetar i byggnaden. Om dessa personer inte vet tillräckligt om byggnaden kan andra erfarna yrkespersoner tillfrågas om vad som är viktigt att tänka på.

Praktisk provning

- **Relevanta delar**

Det är i den teoretiska förundersökningen som grunden läggs till de val av delar som är intressanta att undersöka. Relevanta delar är de delar i byggnaden som har mest statisk belastning, vilka ofta är grundmurar och pelare. Vid utbörning av cylindrar är utrymmet viktigt att tänka på vid val av borrhingsplats eftersom borren behöver stor arbetsyta. Det är inte bara utrymmet som är väsentligt i detta skede. Det kan finnas andra förhinder såsom fastighetsägarens krav, interiören eller installationer.

- **Provmethod**

De relevanta delarna av byggnaden avgör vilken eller vilka metoder som går att utföra provtagningen med, förstörande eller icke-förstörande provning. Vid provtagning med icke-förstörande t.ex. studshammare så behövs endast slipning av provyta utföras innan provtagning. Om förstörande prov kan göras är det viktigt att i god tid ta kontakt med företaget. Förstörande provtagning har en hög ljudnivå vilket medför att det är bra att förvarna eventuell personal i lokalen.

- **Provtagning**

Vid provtagningen är det viktigt att de prov som utförs märks rätt och förvaras säkert och separerade. Om proverna blandas ihop med varandra så kan det göra bedömningen mycket svår och om det uppstår skador på proverna så kan dessa skador medföra ändrade resultatet. Anteckningar måste föras under hela provtagningen.

- **Analys av prover**

Proverna måste testas och analyseras på ett ackrediterat laboratorium för att resultatet av provtagningen ska bli godkänt för användning vid klassificering av hållfasthetsklass.

- **Bedömning av provresultaten mot betongstandarder**

Vid bedömning av provresultatet så tas det värde som ges i analysen och sätts in i en ekvation som läses ifrån BBK 04, Bilaga A. Därefter så läses hållfasthetsklassen av i en tabell som finns i BBK 04, Bilaga A.

- **Beräkning**

För att provvärdena ska vara relevanta så skall en lastnedräkning göras, detta för att fastställa om ändring är möjligt för konstruktionen i fråga.

6.3 Avvikande från metodik

Det finns olika hinder som kan medföra svårigheter att arbeta efter föreslagen metodik. Dessa hinder har inte berörts och kommer inte heller ingå i denna rapport. Här nedan anges dock ett antal möjliga problem som kan uppstå under en förundersökning, för varje problem anges också förslag på möjliga lösningar för att kringgå problemet

Om handlingar saknas i stadsarkivet

- Fastighetsägaren
- Sök i fastighetens arkiv om det finns ett sådant
- Privata föreningars arkiv

Om handlingar ej finns

- Uppmätning
- Utförande av en mer omfattande provtagning och materialanalys

Ej tillgång till provtagning

- ej förstörande provning
- titta på likartade hus som ligger runt om som kan ha byggts samtidigt. Leta efter dess handlingarna för att hitta paralleller.

Ej tillgång till byggnaden (annan ort)

- Konsult på plats.
- Fotografier, handlingar digitalt, telefon intervjuer

6.4 Resultat av metodiken på folkets hus.

Metodiken som dels tagits fram har genomförts på Folkets hus i Gävle. Metodiken utfördes för att ge en uppfattning om det var möjligt att bygga till 2 våningar.

Genom vårt arbete har vi kommit fram till att byggnaden i dagsläget har en utnyttjandegrad på 64 %, uträkningen för detta värde är förenklat. Enligt Kjell Westberg ligger en betongkonstruktions utnyttjandegrad teoretiskt på 80 - 90 %. Vid en tillbyggnad på 2 våningar kommer utnyttjandegraden att öka till 90 %. Med en utnyttjandegrad på 90 % befinner sig inte byggnaden i riskzonen för att tillåtas en tillbyggnad. . Med stöd av dessa beräkningar är vår bedömning att tillbyggnaden kan utföras. Dock bör det före beslut om en tillbyggnad göras kompletteringar som omfattar noggrannare mätningar och uträkningar på flera platser i byggnaden.

Detta arbete finns att läsa mer om i Bilaga A – D.

7 Diskussion

Ordet metodik betyder olika vetenskapers tillvägagångssätt för att vinna kunskap eller lösa problem (Nationalencyklopedin, 2010). Definitionen beskriver vårt projekt mycket väl utifrån att vi inledningsvis endast kände till innebörden i ordet metod och projektets syfte. Man kan uttrycka det som att vi inte visste vart målet var eller hur det såg ut utan bara i vilken riktning vi skulle arbeta emot. Genom resans gång har vi lärt oss mycket som vi annars inte skulle ha lärt oss vid skolbänken. Vi har fått kunskap om olika testmetoder, om kommunikation mellan två parter. Informationssökning för specifika byggnader och utförande av provtagning har varit en del av de problem som vi har stött på och fått lösa när vi har jobbat med examensarbetet.

En metodik kanske inte ger en rättvis bild av verkligheten bakom examensarbetet. eftersom den bara innehåller ett visst antal punkter i följd av varandra. På så sätt kan en punkt i metodiken vara mer omfattande än vad den kan tänkas vara i en dokumentation. Till exempel kan en arkivsökning innebära ett arbete på flera timmar för att gå igenom en mängd ritningar som kanske inte i slutändan är relevanta för arbetet.

7.1 Teoretiska delen

Från början tolkade vi att en metodik var samma sak som en förundersökning. Under arbetets gång utvecklades våra kunskaper och våra begrepp så att vår tolkning ändrades till att vår metodik innehåller en förundersökning.

Efter att ha sökt, utan större framgång, efter dokument och checklistor kring förundersökningar insåg vi att förundersökningar sällan blir offentliga. Då vi endast fann två dokument innehållande intressant fakta, kunde vi med hjälp av dem se om någon viktig punkt hade utblivit i metodiken.

Under den teoretiska delen genomfördes litteratur- och dokumentstudier, dessa studier genomfördes relativt problemfritt vilket medförde mer tid för det mer tidskrävande praktiska arbetet. Det praktiska arbetet, var ett område vi inte berört under tiden på byggnadsingenjörsprogrammet. Utifrån den erfarenhet vi nu fått genom projektarbetet ser vi det praktiska arbetet som ett område som på något sätt borde finnas med i byggnadsingenjörsprogrammet. Dels för att det är en utbildning som är inriktad på miljö och arkitektur, dels för att ge viktigt kompetens i tider då allt fler äldre byggnader kommer till ett läge med krav på åtgärder.

Det finns alternativ som inte har behandlats så ingående i denna rapport. Dessa är de avvikande punkterna i metodiken som redovisas i resultatdelen. Information gavs vid projektets start om att det inte alls skulle finnas några handlingar att tillgå, förutom en del A-ritningar. Då de handlingar som söktes fanns att tillgå relativt enkelt så har de avvikande punkterna i projektet inte genomförts och vi är tacksamma att informationen om avsaknad av handlingar var felaktig.

En av punkterna under rubriken avvikande från metodiken var att ha tillgång till byggnaden eller konstruktionen som arbetet utförs på. Erfarenheten av projektet har visat att närhet och fri tillgång till byggnaden är nödvändigt för ett praktiskt arbete. Vi har återkommande gånger kommit fram till att efter varje tillfälle som spenderats i byggnaden har vi glömt något eller att vi borde gjort det på ett annat sätt istället. Detta har resulterat i att vi fått åka tillbaka till byggnaden och gjort om det vi missat.

7.2 Praktiska delen

Den praktiska delen genomfördes enligt planering. När arbetet väl kom igång så har arbetet flutit på väl och planerade test har genomförts. Under hösten har en totalreovering av byggnadens bottenplan pågått. Denna reovering har medfört att provtagning av byggnadens betong endast varit möjlig i en liten del av byggnaden. I denna del av byggnaden har det inte vart lätt att få åtkomst till de mest intressanta delarna. Åtkomst har möjliggjorts till enstaka delar av byggnaden, delar som gett oss underlag för uppfattning av bärförmågan i byggnaden. Två av väggarna har vart fullt sedda som bärandeväggar. De andra väggarna har testerna genomförts enbart för att få en bild att jämföra studshammarens resultat med samt att kunna se relationen mellan dessa två.

En tidigare och mer flexibel tillgång till byggnaden hade möjliggjort en totalanalys av byggnaden, en analys som hade resulterat i flera värden för byggnaden. En analys som gett oss hela byggnadens hållfasthet. Med uttrycket tidigare tillgång till byggnaden avses att projektet borde ha inletts innan reoveringen av källarvåning påbörjades.

Om vi tittar på de hållfasthetsvärdena vi fick från provtryckningen och de värden vi fick från ritningarna så kan vi konstatera att värdena överensstämmer med varandra inom rimliga gränser.

För att få ett helt korrekt värde på byggnadens hållfasthet hade det varit nödvändigt att borra ut flera betongkärnor på flera bärande väggar. BBK 04, Bilaga A säger att minst 3 prover behöver provtryckas för att uppfylla Villkor A. De värden vi fick är bärigheten på en liten del av byggnaden. På två av mätvärdena som är gjorda på samma vägg kan man se att hållfastheten differentierar med 1MPa. Av dessa värden kan slutsatsen dras att väggen kan ha olika hållfasthetsvärden på olika platser på väggen, detta trots att väggen är gjuten med samma cement. Enligt universitetsadjunkt/handledare Kjell Westberg kallas detta fenomen för efterkrigsbetong⁵.

Under beräkningsarbetet noterades att den fordrade hållfastheten (f_{ck}) blev högre än den karakteristiska hållfastheten på fyra av mätvärdena. Detta kan bero på att faktor 1.14 som man dividerar det fordrade värdet med är för lågt på så låga hållfasthetsvärden. På ett av värdena blev dock det karakteristiska värdet högre än det fordrade karakteristiska värdet, i detta fall var det fordrade värdet mycket högre än de andra värdena. Vi har inte hittat någon information om varför detta resultat uppkom. Den slutsats vi ändå drar är att de högre värdena inte gör någon större skillnad då man tar den lägre klassen när man gör bedömningen av hållfasthetsklasserna.

En regelmätare användes för att undvika armering så långt som möjligt, det var dock svårt att lokalisera armeringen till exakt ställe. På två av proverna kom armering med i borrkärnan. Enligt Jonas Holmgren på PP Såg och Borr, som har gjort flertalet utbörningar av betongkärnor från väggar, var det mer regel än undantag att man fick med armering när man borra. Jan-Åke Grändås på Vattenfall Research and Development menar att detta gör en marginell skillnad på tryckhållfastheten uppmätt från tryckprovingen.

⁵ Efterkrigsbetong beror på bristande teknik. Ett exempel är att en vägg kunde gjudas av flera betongsatser på plats av olika betongarbetare som innebar att olika mängd ballast, cement och vatten kunde ha tillsats. Resultatet blev att väggar kunde ha skiftande kvalitet på olika ställen i väggen och därmed inte vara homogen. Dessa fenomen inträffade främst under 1940-60talet.

Angående resultat av studshammaren framgår det i figurerna att på samma studsområde kan mycket olika resultat uppkomma. Dessa skillnader kan bero på den vinkel som man har på studshammaren när man gör själva studsens, men de kan även bero på materialet innanför yttersta betongskicket, t.ex. ballast. Ballasten i aktuell betong var upp till 64mm, en ballast som är mycket stor och inte används lika mycket i dagens konstruktioner på grund av de tillvägagångssätt man numera arbetar med.

7.3 Erfarenheter

Projektet har gjort att vi fått en bild av hur viktig kommunikationen är mellan olika parter. Vi har fått erfarenhet av att samordna ett arbete tillsammans med flera entreprenörer, att finna mötestider, att kunna kommunicera ett projekt – från idé till genomförande.

Under tiden vi jobbat med projektet har vi haft ett antal uppgifter som varit både lättare och svårare att lösa. Under det teoretiska arbetet så har litteratursökning varit tidskrävande, det har varit svårt att få fram viss dokumentation, speciellt när det kommer till standarder och eurokoder. Det har även varit en utmaning att få fram aktuell och gällande litteratur så att inte studier sker utifrån underlag som är gammalt och inte gäller.

Projektet har byggt på en teoretisk problembaserad del och en praktisk del. Det har inneburit att vi jobbat på ett sätt vi inte tidigare gjort under utbildningstiden. Den praktiska delen, som var helt ny för oss, har varit den del i arbetet som satt flest käppar i hjulet. Den största motgången vi stötte på var att vara i kontakt med två parter som var och en hade sitt schema att följa. Detta gjorde att projektet under en lång tid stod stilla och inte rörde sig speciellt fort framåt. Ett stort antal gånger ändrades datum för exempelvis fastställande av borringen. Erfarenhetsmässigt har detta varit bra då det gett en förståelse av hur ett arbete kan fortlöpa ute i arbetslivet.

Tidsplanering är något vi jobbat med under vår studietid på byggnadsingenjörsprogrammet. En erfarenhet vi tar med oss ut i arbetslivet från vår utbildning och från vårt examensarbete är att projekt ofta tar mera tid än vad planerat. Den mesta tiden försvinner ofta vid planeringsstadiet innan man kommer igång. Det vi också kan konstatera är att det är viktigt att man tar kontakt med de parter man ska jobba med innan man kommer för långt in i projektet.

En mycket viktig erfarenhet är att vi har fått vara ansvariga i en hel process inom framtagning av en byggnads hållfasthet.

8 Slutsats

Vår slutsats är att det finns många olika sätt att komma fram till ett resultat för att fastställa bärförmågan på en betongkonstruktion. Det sätt som vi arbetade fram har fungerat mycket bra för oss. Vi har fått fram ett resultat som beskriver verkligheten sanningsenligt.

Slutsatsen av vårt examensarbete är att metoden är mycket väl anpassad till äldre befintliga byggnader. Metoden som testades på en byggnad från 40-talet gav ett tillförlitligt resultat. En svaghet som metoden har är att många äldre byggnader inte får förstöras vid provtagning då konstruktionen kan ha ett värde att bevara, t.ex. ett historiskt värde i kyrkor. I dessa fall kan studshammaren vara ett alternativ för att ge ett ungefärligt hållfasthetsvärde. Men för att få ett pålitligt resultat måste man trycka betongkärnor av konstruktionen. Om man i framtiden kunde fastställa ett relationstal mellan studshammaren och den faktiska bärförmågan skulle studshammaren bli ett ovärderligt verktyg vid förundersökningar.

Vår metodik kommer att kunna användas till andra projekt som en mall, den kommer troligtvis inte att kunna följas punktvis då olika projekt har olika förutsättningar.

Med ständig utveckling kommer det alltid finnas nya sätt att lösa problem. Det kommer med utvecklingen att finns nya metoder för att fastställa bärförmågan i konstruktioner. De metoder vi använt oss av är beprövade metoder och utbörning av cylindrar kommer alltid vara den metod som ger ett resultat närmast verkligheten.

9 Fortsatta studier

För att få en fullständig bild av byggnadens bärförmåga bör en mer genomgående hållfasthetskontroll göras.

Den förenklade lastnedräkning som vi gjorde ger bara ett riktvärde på hur stor andel av bärförmågan som är utnyttjad och bör göras mer noggrann vid fortsatt arbete.

Man skulle också kunna titta på relationen mellan studshammarens värden och de korrekta hållfasthetsvärdena för betong. Att hitta ett relationsvärde mellan dessa skulle vara mycket värdefullt för branschen.

Referenslista

Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR (2006), Karlskrona ,Boverket.

Aydin, F. & Saribiyik, M. (2010) Correlation between Schmidt Hammer and destructive compressions testing of concrete in existing buildings. *Scientific Research and Essays*, Vol. 5(13), 1644-1648.

Bungey, J.H. & Millard, S.G. (1996) *Testing of concrete in structures, third edition*. London, Blackie Academic & Professionals.

Bungey, J.H. & Soutsos, M.N. (2001) Reliability of partially-destructive tests to assess strength of concrete on site. *Construction and Building Materials*, 15, 81-92.

Burström, P.G. (2001) *Byggnadsmaterial – Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund, Studentlitteratur

Khan, M.I., Lynsdale, C.J. (2001) Strength, permeability, and carbonation of high-performance concrete. *Cement and Concrete Research*, 32, 123-131.

Molin, C. (2004) Betong – Därför skadas den – Så kan den repareras. *Byggnadskultur* nr 4, 9-12

Pettersson, K. (1999) *Mätning och utvärdering av broars tillstånd-erfarenhetsinsamling av dagens kunnande. Uppdragsrapport nr 99058*. Cement och Betong Institutet, Forskning och Utveckling.

Roberts, M.H. (1981) *Carbonation of concrete made with dense natural aggregates IP6/81*. Garston, Building Research Establishment.

Roy, S.K., Poh, K.B. & Northwood, D.O. (1999) Durability of concrete-accelerated carbonation and weathering studies. *Building and Environment* 34, 597-606

Theophilus, J. (1981) Uncertainties in assessing the durability of concrete. *Civil Engineering*, Aug. 1986, 10-13.

Wiberg, U. (1995) *Stötvågsbaserade kontrollmetoder för betong*. Rapport 22, Brobyggnad, KTH.

Inspirerande litteratur

Hasselqvist, F. & Bråvall, J. (2009) *Putsfasader i kustmiljö – en undersökning av havsnära putsfasader i västra Skåne*. Lunds Universitet.

Johansson, A. (2000) *Hållfasthetsvariationer inom betongkonstruktioner – jämförelse mellan CAPO-test och utborrade cylindrar*. Luleå Tekniska Universitet.

Technical Guidance on Contaminated Sites; Checklist for Reviewing a Preliminary Site Investigation (2005) British Columbia, Ministry of Environment.

(<http://www.env.gov.bc.ca/epd/remediation/guidance/technical/pdf/tg10.pdf>) 18sept -10

Bilaga A - Resultat studshammare

Den plats i byggnaden vi blev tillovade att arbeta fritt på var området som visas i bild 6. Efter en närmare undersökning av området kom vi fram till 5 utvalda platser där vi ville testa bärförmågan.

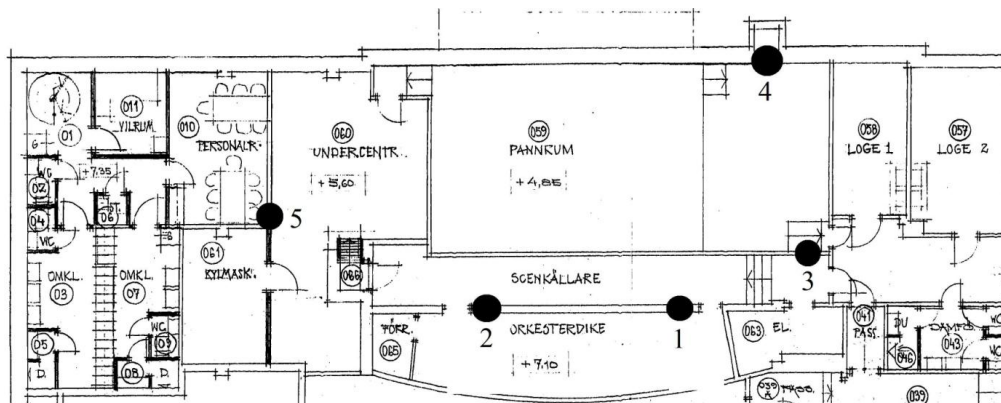


Bild 6 Del av källarplan, märkning var utborring av kärnor togs.

Studshammare

Enligt BBK 04 avsnitt 9.7.2 ska hållfastheten i en färdig konstruktion bestämmas med hjälp av utborrade prov eller med indirekt metod som kan påvisas ge en tillförlitlig relation till hållfastheten för utborrade prov. Dessa krav uppfyller inte studshammaren som därför inte får användas till bestämning av hållfastheten.

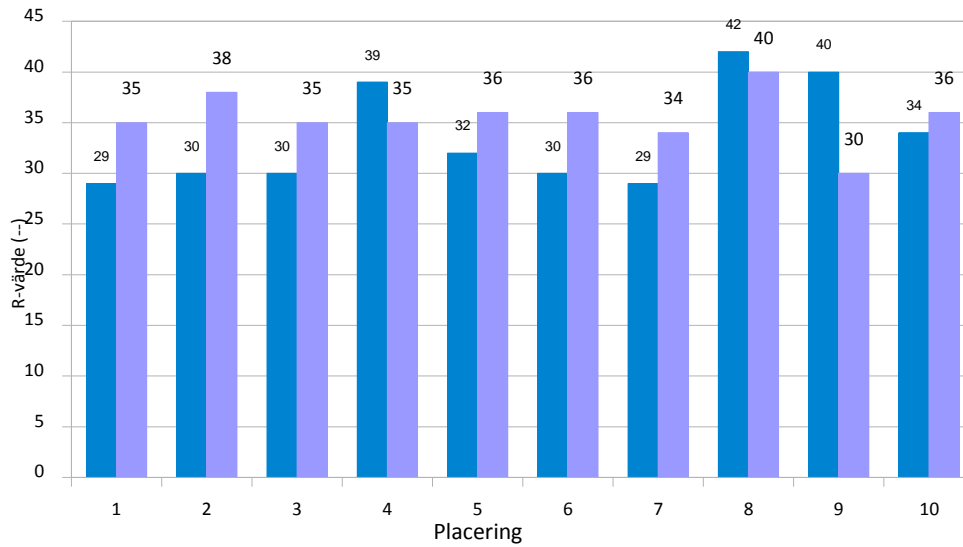
Provtryckningen påbörjades med att mäta och rita upp tryckpunkterna på väggen (se figur 4), på de platser i byggnaden som vi hade valt ut, se bild 6. Avståndet mellan varje tryck punkt var 30mm vilket är det minsta avståndet enligt standard SS 13 72 37. Under tryckningen är det viktigt att ytan som trycks är slät vilket görs med en slipsten som medföljer studshammaren. Studshammaren ska hållas vinkelrät mot ytan man trycker mot, om man ej tar hänsyn till detta kan det medföra felaktiga resultat.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

Figur 4 visar hur placeringen var på väggen

I det resultat som framkommit ska hänsyn tas till att hållfastheten som visas i diagrammen inte är hållfasthetsvärden, utan hållfastheten mätt i ett R-värde. Detta R-värde kan omvandlas till ett hållfasthetsvärde genom att avläsa det i en tabell som medföljer studshammaren. Vi tar fram ett medelvärde för R-värde och översätter det till ett hållfasthetsvärde. Det värdet jämförs sedan med de värden vi får från provtryckningen. Påpekas ska att studshammarens värden inte kan användas som hållfasthetsklasser.

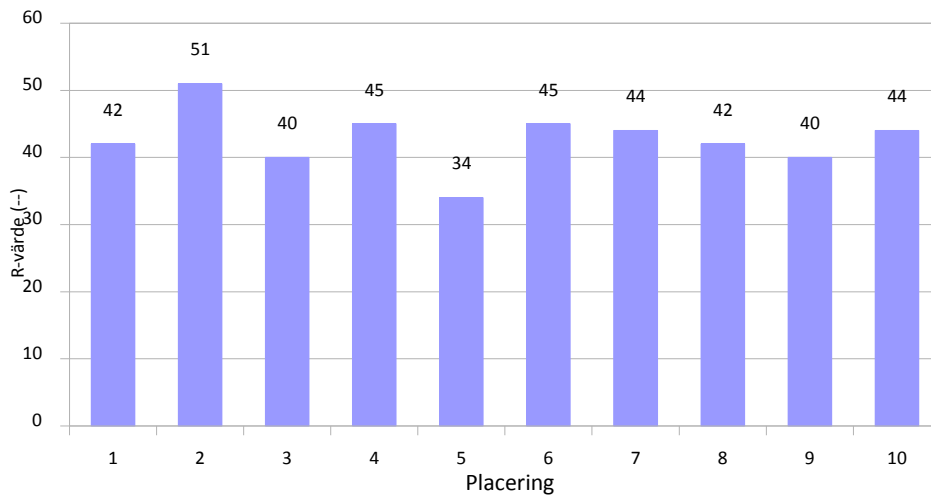
Område 1



Tabell 1

Område 1 är en bärande vägg under scenen. Denna tryckserie fick upprepas för att mätvärdena i serie 1 varierade mer än vad de får göra. Den andra serien fick medelvärdet 35,5 R och hållfasthet 27MPa.

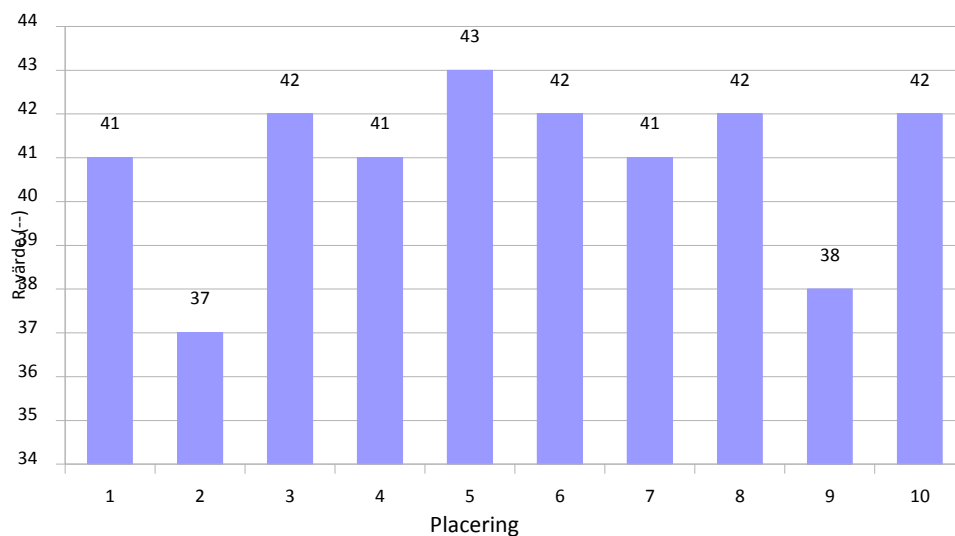
Område 2



Tabell 2

Område 2 är samma vägg som område 1. Medelvärde 42,7 R och hållfasthet 38 MPa

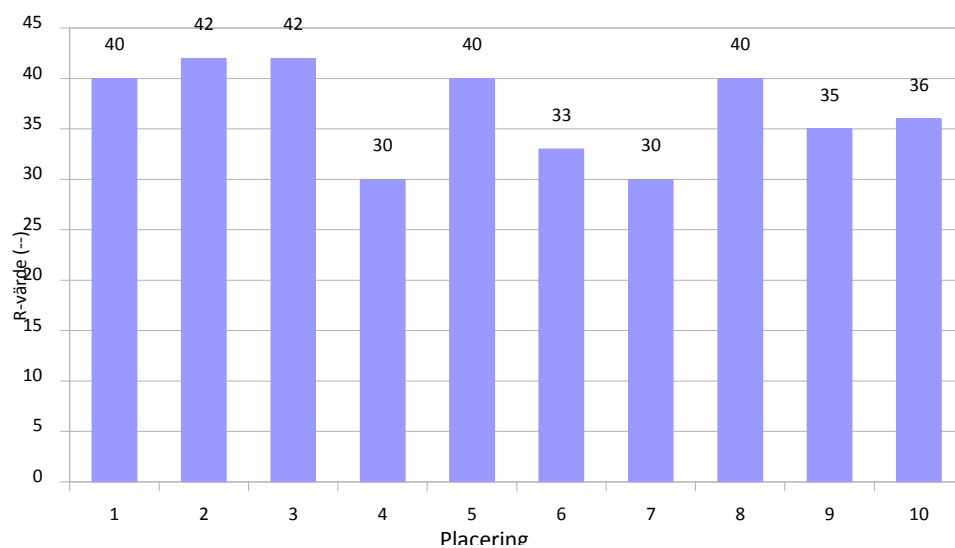
Område 3



Tabell 3

Område 3 är väggen mellan en korridor till pannrummet nuvarande ventilationsrum. Medelvärde är 40,9 R och har ett hållfasthetsvärde på 36MPa.

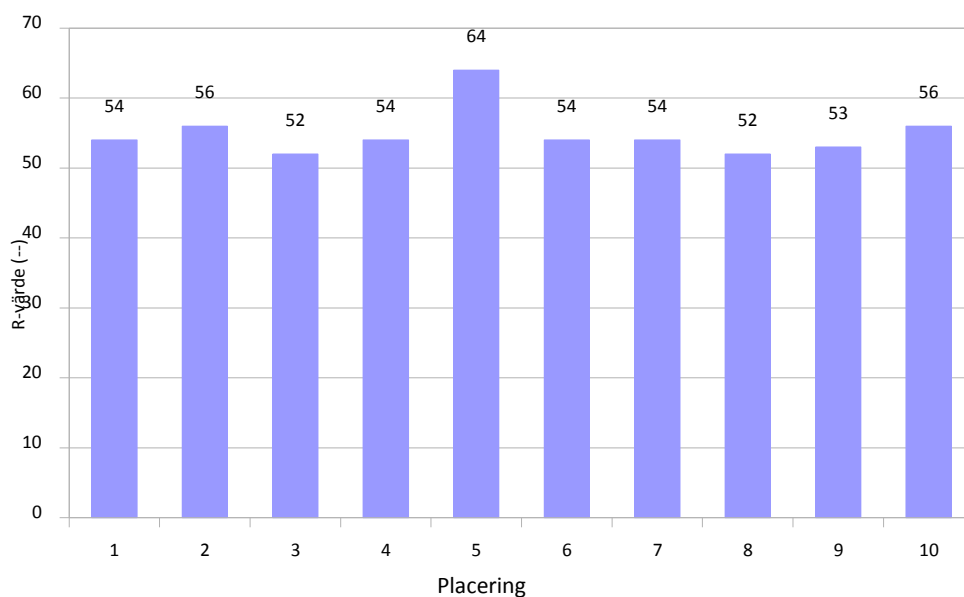
Område 4



Tabell 4

Område 4 är en grundmur som ligger i ventilationsrummet. Medelvärde på denna tryckserie blev 36,8 R. Enligt tabellen som erhålls med studshammaren ger det ett värde på 30MPa i hållfasthetsvärde.

Område 5



Tabell 5

Område 5 är en vägg som ligger fritt från jord på båda sidor. Området har ett medelvärde på 54,9 R och har ett enskilt värde som avviker från serien. Avvikelsen kan bero på olika faktorer såsom t.ex. armering eller ballast. Att detta område, en vägg, har ett högre R-värde kan bero på att den har större tryck på sig än övriga områden. Områdets har ett hållfasthetsvärde på 59 MPa, vilket är ett mycket osäkert värde.

Slutsatsen av studshammartestet är att alla väggar ger ett högre värde än de hållfasthetsvärden vi hittade på original ritningarna. Även om testet inte är tillförlitligt så kan man se en relationsfaktor på 4 av de 5 områden som prövades.

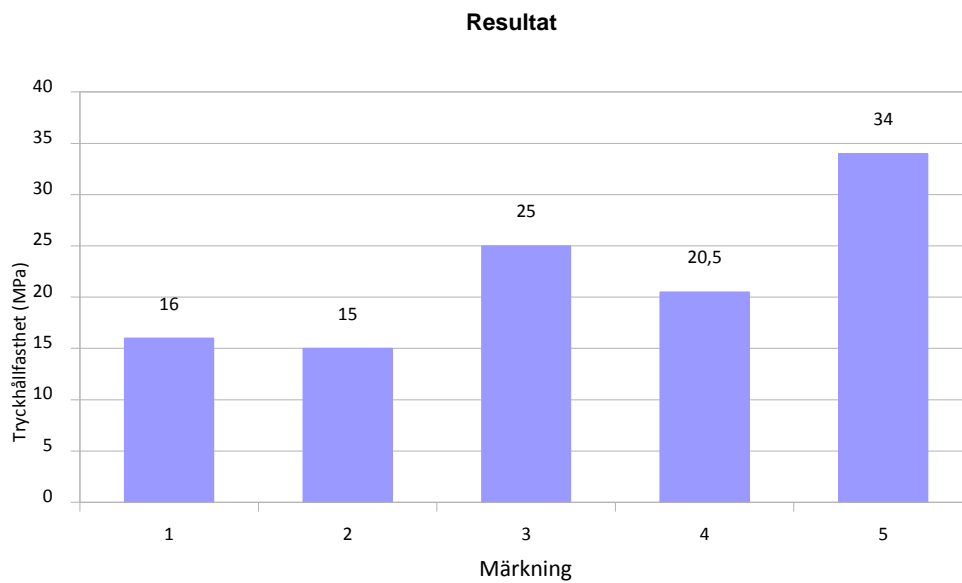
Bilaga B - Resultat av tryckprovning

Utborrade cylindrar

Totalt borrades 5 cylindrar ut varav alla blev provtryckta.

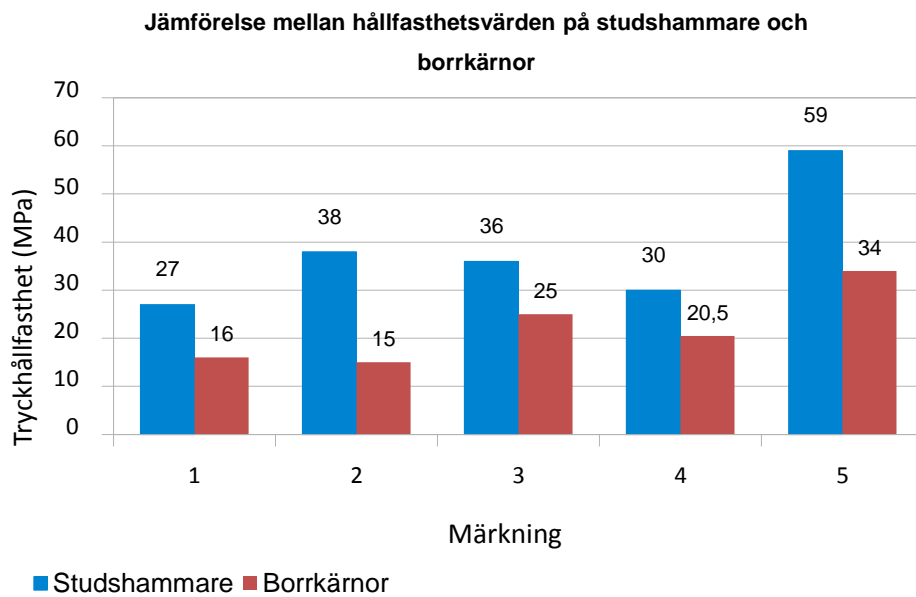
Provtryckning

Vi använde oss av Vattenfall Reseach and Developments labb i Älvkarleby vid provtryckning. Provtryckningsmaskinen som användes är av märket *Fort+Test Seidner*. Provtryckningen genomfördes enligt standard: SS-EN 12390-3 för tryckhållfasthet och SS-EN 12390-7 för densitet.

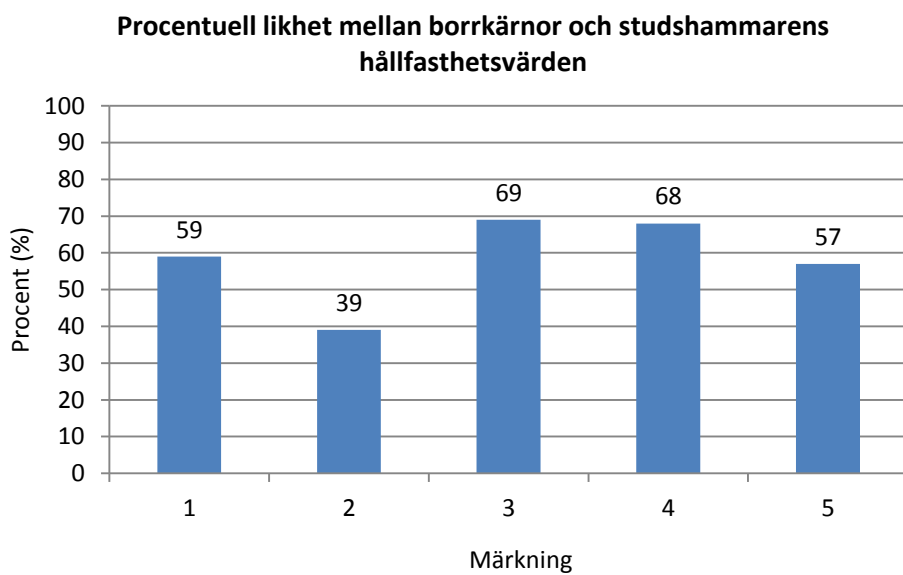


Tabell 6

Tabell 6 visar resultaten av tryckprovningen. Provmärkning 1 och 2 är ifrån samma vägg, detta syns på resultatet. Man ser en klar variation mellan väggarna som cylindrarna tagits ut ifrån. Denna variation beror troligen på att de väggar som proverna kommer ifrån inte har samma statiska belastning. Värdena blev överlag mycket lägre än de hållfasthetsvärdena vi fick från studshammaren.



Tabell 7



Tabell 8

Det kan noteras att studshammaren överlag får högre hållfasthetsvärden. Konstateras kan ändå en viss procentuell likhet 57-69 % mellan värdena på tryckprovningen och studs värdena. Förutom på märkning 2 där likheten blir mycket mindre.



Bild 7 Bild visar överblivna bitar från kapning av cylindrarna



Bild 8 Bild visar de testade cylindrarna

Bilaga C - Hållfasthetsklasser

Uträkning

För uträkningen används villkor Ab då våra prover är enskilda.

$$\text{Villkor A, ekv. Ab} \Rightarrow x \geq f_{KK} - 4 \Rightarrow f_{KK} \geq x + 4$$

Område 1

$$f_{KK} \geq x + 4$$

$$x = 16,0 \text{ Mpa}$$

$$f_{KK} \geq 20$$

$$f_{cck} = \frac{f_{KK}}{1.14}$$

$$f_{cck} = 17,5 \text{ MPa}$$

Område 2

$$f_{KK} \geq x + 4$$

$$x = 15,0 \text{ Mpa}$$

$$f_{KK} \geq 19$$

$$f_{cck} = \frac{f_{KK}}{1.14}$$

$$f_{cck} = 16,7 \text{ MPa}$$

Område 3

$$f_{KK} \geq x + 4$$

$$x = 25,0 \text{ Mpa}$$

$$f_{KK} \geq 29$$

$$f_{cck} = \frac{f_{KK}}{1.14}$$

$$f_{cck} = 25,4 \text{ MPa}$$

Område 4

$$f_{KK} \geq x + 4$$

$$x = 20,5 \text{ Mpa}$$

$$f_{KK} \geq 24,5$$

$$f_{cck} = \frac{f_{KK}}{1.14}$$

$$\mathbf{f_{cck} = 21,5 \text{ MPa}}$$

Område 5

$$f_{KK} \geq x + 4$$

$$x = 34,0 \text{ Mpa}$$

$$f_{KK} \geq 38$$

$$f_{cck} = \frac{f_{KK}}{1.14}$$

$$\mathbf{f_{cck} = 33,3 \text{ MPa}}$$

Hållfasthetsklasser

Hållfasthetsklass ¹	f_{ck} ³ (MPa)	Hållfasthetsklass ¹	f_{ck} ³ (MPa)
C 12/15	11,5	C 40/50	38,0
C 16/20	15,5	C 45/55	43,0
C 20/25	19,0	C 50/60	47,5
C 25/30	24,0	C 54/65 ²	51,5
C 28/35 ²	27,0	C 55/67	52,0
C 30/37	29,0	C 58/70 ²	55,0
C 32/40 ²	30,5	C 60/75	57,0
C 35/45	33,5		

¹ I hållfasthetsklassens beteckning (t.ex. C 25/30), motsvarar det första siffravärdet den fordrade tryckhållfastheten $f_{c,cyl}$ i MPa bestämd genom tryckprovning av betongcylindrar med 150 mm diameter och 300 mm höjd. Det andra siffravärdet i hållfasthetsklassens beteckning motsvarar den fordrade tryckhållfastheten $f_{c,cube}$ i MPa bestämd genom tryckprovning av 150 mm kuber. Provkropparna är tillverkade och lagrade enligt SS-EN 12390-2 och provade enligt SS-EN 12390-3.

² Mellanliggande hållfasthetsklasserna avpassade för dimensionering enligt svensk praxis, se SS 13 70 03.

³ Karakteristiska värden för tryckhållfasthet f_{ck} beaktar långtidseffekter. *forts.*

Bild 9 Hållfasthetsklasser BBK 04 2.4.1

Område	f_{ck} (MPa)	Hållfasthetsklass
1	17,5	C 16/20
2	16,7	C 16/20
3	25,4	C 25/30
4	21,5	C 20/25
5	33,3	C 32/40

Hållfasthetsvärdena avrundades ner till hållfasthetsklassens värde. Det kan anmärkas att område 5:s hållfasthetsvärde bara var 0,2 enheter ifrån hållfasthetsklass C35/45.

Bilaga D - Lastnedräkning

Lastnedräkning

En förenklad lastnedräkning gjordes för att få fram en bild av hur mycket av hållfastheten som utnyttjas av dagens last. Och hur stor andel last man kan tillföra innan förstärkning måste tas till.

Även en lastnedräkning på hur stor utnyttjandegraden skulle vara om 2 våningar till byggdes. Utnyttjandegraden får inte överstiga 1,0. Det vill säga lasten får inte vara högre än hållfastheten.

Vägg

$$V = b * h * l$$

$$b = 1m$$

$$h = 12,5m$$

$$l = 0,3m$$

$$V = 3,75 m^3$$

$$\text{Btg densitet} = 22.8 \text{ kN/m}^3$$

$$G = V * \rho$$

$$G = 85,5 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Bjälklag

Källare

$$V = b * h * l$$

$$b = 1m$$

$$h = 0,25m$$

$$l = 3,15m$$

$$V = 0,7875 m^3$$

$$G = V * \rho$$

$$\text{Btg densitet} = 24,0 \text{ kN/m}^3$$

$$G = 18,9 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Övriga plan

$$b = 1m$$

$$h = 0,25m$$

$$l = 4,65m$$

$$V = 1,1625 m^3$$

$$G = 27,9 \text{ kN/m}$$

$$27,9 * 4 = 111.6 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Antaget värde för tak

$$0,4 \text{ kN/m}^2 * 1\text{m} = 0,4 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Total last

$$85,5 + 18,9 + 111,6 + 0,4 = 216,4 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Snölast

$$S = u_i * C_e * C_t * S_k$$

$$S_k = 2,7 \text{ kN/m}^2 \text{ (zon 3)}$$

$$C_t = 1,0$$

$$C_e = 1,0$$

$$u_i = 0,8$$

$$S = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 2,7 = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 4,65\text{m}$$

$$S_d = 2 * 4,65 = 9,3 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Nyttig last

$$\text{Fri last} = 1 \text{ kN/m}^2 \quad \Psi = 1,0$$

$$\text{Bunden last} = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad \Psi = 0,5$$

$$Q_k = 1 + (1,5 * 0,5) = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$l = 4,65\text{m}$$

$$Q_k = 1,75 * 4,65 = 8,14 \text{ kN/m}$$

$$8,14 * 4 = 32,6 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Lastnedräkning

$$E_d = \begin{cases} y_d(1,35 \sum G + 1,5 \sum \Psi_0 * Q_k) \\ y_d(1,2 \sum G + 1,5 Q_1 + 1,5 \sum \Psi_0 * Q_k) \end{cases}$$

$$y_d = 1,0$$

$$G = 225,7 \text{ kN/m}$$

$$\Psi_0 = 0,7$$

$$E_d = \begin{cases} 1,00(1,35 * 225,7 + 1,5(9,3 * 0,7 + 32,6 * 0,7)) \\ 1,00(1,2 * 225,7 + 1,5 * 9,3 + 1,5 * 32,6 * 0,7) \end{cases}$$

$$E_d = \begin{cases} 348,7 \\ 319 \end{cases}$$

Dimensionerande lasteffekt är 349 kN.

Knäckning

$$H_k = \frac{\pi^2 * EI}{(\mu * L_2)^2}$$

$$E = 20,8 \text{ Mpa}$$

$$I = 0,025$$

$$\mu = 0,88$$

$$L_2 = 3,5 \text{ m}$$

$$H_k = 541,0 \text{ kN}$$

Utnyttjande grad

$$\frac{348,7}{541} = 64 \%$$

Utnyttjandegraden är 60 % av hållfastheten i dagsläget.

Utbyggnad 2 våningar till

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 4,8 \text{ m}$$

$$l = 0,3 \text{ m}$$

$$V = 1,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Btg densitet} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$G = V * \rho$$

$$G = 34,6 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Bjälklag

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$l = 4,65 \text{ m}$$

$$V = 1,16 \text{ m}^3$$

$$\text{Btg densitet} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$G = 27,9 \text{ kN/m}$$

$$27,9 * 2 = 55,8 \text{ kN/m}_{\text{vägg}}$$

Nya laster blir

$$G = 225,7 + 34,6 + 55,8 = 316,1$$

$$Q_k = 8,14 * 6 = 48,8 \text{ kN/m}$$

$$E_d = \begin{cases} 1,00(1,35 * 316,1 + 1,5(9,3 * 0,7 + 48,8 * 0,7)) \\ 1,00(1,2 * 316,1 + 1,5 * 9,3 + 1,5 * 48,8 * 0,7) \end{cases}$$

$$E_d = \begin{cases} 487,7 \\ 444,5 \end{cases}$$

Utnyttjande grad

$$\frac{487,7}{541} = 90 \%$$

Utnyttjandegraden blir 90% av hållfastheten vid en tillbyggnad.

Bilaga E - Handlingar från Vattenfall Research and Development



PROVNINGSRAPPORT
utfärdad av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory



**PROVNING AV
HÄRDNAD BETONG**

Sida 1(1)

TRYCKHÅLLFASTHET enligt SS-EN 12390-3
DENSITET enligt SS-EN 12390-7

Uppdragsnummer: 75-102180

Provkropp: Kärna
Diameter: 79 mm
Provstatus: Fortlöpande provning
Ankomstdatum: 2010-11-29
Provkropparna var vid ankomsten till laboratoriet torra

Högskolan Gävle

Gävle

UPPGIFTER OM BETONGEN

Byggsplatsens beteckning: <i>Idkrets Hus</i>				Betongleverantör		Fabriksnr.
Konstruktionsdel: <i>väggar</i>				Plats för provtagning		Provtagare
				<input type="checkbox"/> Byggsplats	<input type="checkbox"/> Fabrik	
Hållfasthetsklass	Exponeringsklass	Kloridhaltsklass	Cementfabrikat	Cementtyp	Cementmängd, kg/m ³	
Max stenstorlek, mm	Betongtemp, °C	Avsedd lufthalt, %	Uppmätt lufthalt efter, %			
Avsett/uppsett vct/vbt		Avsedd konsistens, m m	Uppmätt konsistens efter, m m			
			Blandning	Transport	Pump	
			Blandning	Transport	Pump	
Tillsatsmedel: Typ		Produktnamn			Mängd, % av cementvikten	
Tillsatsmedel: Typ		Produktnamn			Mängd, % av cementvikten	
Tillsatsmaterial: Typ		Produktnamn			Mängd kg/m ³	
Gjutdatum	Avsedd ålder vid provning, dygn	Övrigt				

PROVNINGSRISULTAT	Provnings-	Ålder	Yans	Brottlast	Densitet	Tryckhållfasthet	Olämplig
Märkning	datum	[dygn]	tillstånd	[kN]	[kg/m ³]	fck, is [MPa]	brottbild
1	2010-12-02	-	Torr	109,8	2 250	16,0	-
2	2010-12-02	-	Torr	103,1	2 260	15,0	-
3	2010-12-02	-	Torr	175,7	2 350	25,0	-
4	2010-12-02	-	Torr	143,9	2 320	20,5	-
5	2010-12-02	-	Torr	235,8	2 440	34,0	-
Medelvärde					2320	22,0	

2010-12-02

Peter Skärberg

Peter Skärberg (Uppdragsansvarig)

Den utvidgade (K=2) standardmätosäkerheten på tryckhållfasthet för enskilt prov är <2% och för densitet <2%.
Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Provningsresultaten avser endast de provade provkropparna.

VATTENFALL RESEARCH & DEVELOPMENT AB

BETONGPROVNING
POSTADRESS TELEFON TELEFAX E-POST
814 26 ÄLVKARLEBY 026-836 00 026-836 30 betongprovning@vattenfall.com

HEMSIDA
www.vattenfall.se/foretag
Därefter "Anläggning och Materialteknik"

BESTÄLLNING

PROVNING AV HÄRDNAD BETONG

VATTENFALL 

Ifylls av Vattenfall Research & Development AB

Löpnr.	Ankomstdatum	Provningsdatum
02180		

PROVKROPP

Antal	Kub
5	<input type="checkbox"/> 150 mm <input type="checkbox"/> mm
Borrkärna	Sprutbetongplatta
<input checked="" type="checkbox"/> 100 mm <input type="checkbox"/>	
Övrigt	<input type="checkbox"/>

PROVNING AV

Tryckhållfasthet	<input checked="" type="checkbox"/> SS-EN 12390-3	<input type="checkbox"/> SS 13 72 10	<input type="checkbox"/> SS 13 72 20	<input type="checkbox"/> SS 13 72 30
Frostresistens	<input type="checkbox"/> SS 13 72 44	Sågad yta <input type="checkbox"/> Saltvatten	Överyta <input type="checkbox"/> Sötwater	Silika 112 cykler
Böjdraghållfasthet	<input type="checkbox"/> SS-EN 12390-5	VU-SC:21 <input type="checkbox"/> (ASTM 1018)	Spräckhållfasthet	<input type="checkbox"/> SS-EN 12390-6 <input type="checkbox"/> SS 13 72 13

<input type="checkbox"/> Förprovning	<input type="checkbox"/> Fortlöpande provning	<input type="checkbox"/> Jämförande provning
Provens märkning		

Vattentäthet
<input type="checkbox"/> SS-EN 12390-8 <input type="checkbox"/> SS-EN 13 72 14
Övrig provning

UPPGIFTER OM BETONGEN

Byggplatsens beteckning	Folkets Hus		Betongleverantör	Fabriksnr.	
Konstruktionsdel	väggar		Plats för provtagning	Provtagare	
<input type="checkbox"/> Byggnadsplats	<input type="checkbox"/> Fabrik				
Hållfasthetsklass	Exponeringsklass	Kloridhaltsklass	Cementfabrikat	Cementtyp	Cementmängd, kg/m ³
Max stenstorlek, mm	Betongtemp, °C	Avsedd lufthalt, %	Uppmätt lufthalt efter, %		
		Blandning	Transport	Pump	
Avsett/uppmätt vct/vbt	Avsedd konsistens, m m	Uppmätt konsistens efter, m m			
		Blandning	Transport	Pump	
Tillsatsmedel: Typ	Produktnamn	Mängd, % av cementvikten			
Tillsatsmedel: Typ	Produktnamn	Mängd, % av cementvikten			
Tillsatsmaterial: Typ	Produktnamn	Mängd kg/m ³			
Gjutdatum	Avsedd ålder vid provning, dygn	Övrigt			

ÖNSKAD RESULTATREDOVISNING

Vid provning av frostresistens önskas delredovisning	
Vid cykler 7 14 28 42	<input type="checkbox"/> Per telefon, nr
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Per fax, nr
	<input type="checkbox"/> Per mail, adress
<input type="checkbox"/> Original till beställare	<input type="checkbox"/> Original till
Kopia till	
Kopia till	

BESTÄLLARE

Beställare	Littra/Kontonummer	Fakturaadress, om annan än vidstående
Folkets Hus		
Fastigheter AB	Organisationsnummer	
Kontaktperson	Telefon nr.	
Fred Funcke	026-611 064	

VATTENFALL RESEARCH & DEVELOPMENT AB

BETONGPROVNING
POSTADRESS
814 26 ÄLVKARLEBY

TELEFON
026-835 00

TELEFAX
026-836 30
026-836 60

E-POST
betongprovning@vattenfall.com

INTERNET
www.vattenfall.se/foretag
därefter Anläggning och Materialteknik

Uppdragsgivare 1 146
 Högskolan Gävle
 Gävle
 Tel: -
 Fax: -

Uppdragsnummer
 102 180

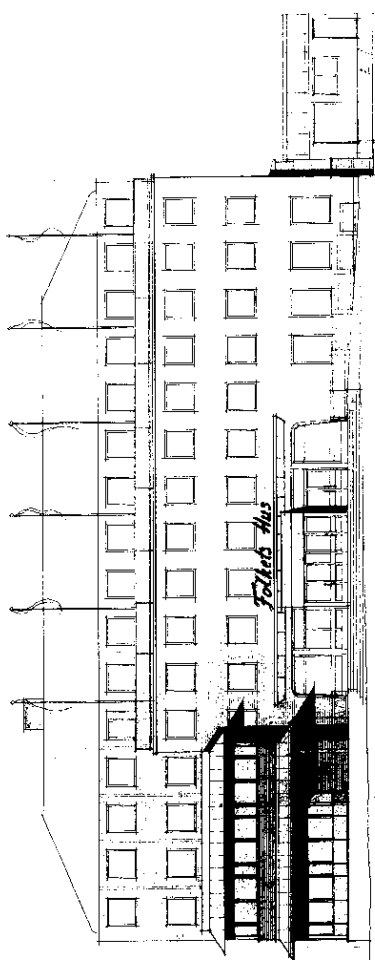
Tillverkad OKÄNT
 Ankomst 2010-11-29
 Sågning 2010-11-29
 Planslipning 2010-11-29
 Provning 2010-12-02

Uppdragsgivarens märkning
 1
 2
 3
 4
 5

Antal	Bel.hastighet [kN/s]	Ålder vid provn.
5	2,9 4,2	-
Provkropp		
Typ: Kärna		
Dimension [mm]: 79 94		
Typ av provning: Tryckhållfasthet SS-EN 12390-3		
Övrigt:		

Vår märkning	Höjd [mm]	Diameter [mm]	Vikt [g]	Brottlast [kN]	Densitet [kg/m³]	TRYCK SS-EN 12390-3 [MPa]	Provdatum	Brottbild
102 180 - 1	96,0	94,1	1504	109,8				
102 180 - 2	96,0	94,3	1514	103,1				
102 180 - 3	95,8	94,2	1567	175,7				er
102 180 - 4	96,4	94,3	1559	143,9				
102 180 - 5	96,0	94,3	1637	235,8				er

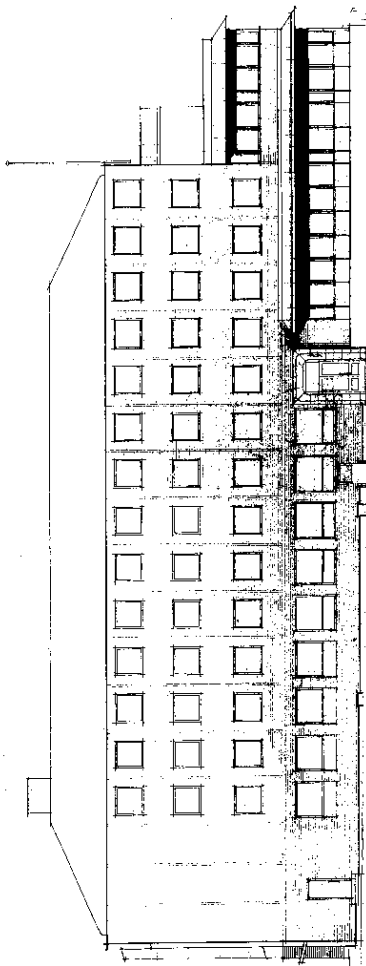
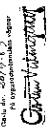
Kommentarer	Signatur
Planhet och vinkelrätthet :	



FASAD MOT NOER SK 1:1000

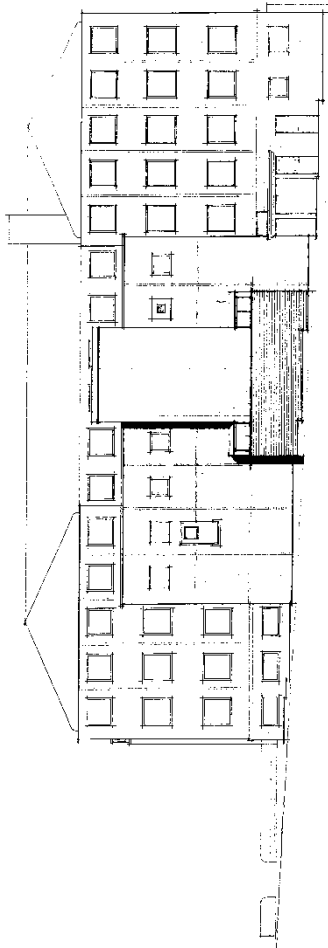
230293
 1001 083 04 77
 083 04 77

FARKSTEDEN 10.11.11
 FOLKETS HUS
 1001 083 04 77
 083 04 77
 1001 083 04 77

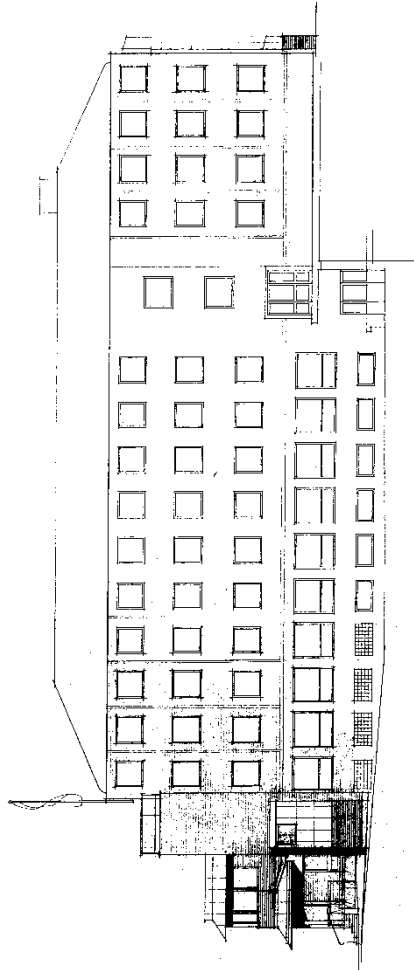


FASAD MOT ØSTER

Gørud & Vindstad Arkitektkontor AS Postboks 100 1001 Oslo	FOLKETS HUS FARKSTEDEN 10.11.11 1001 083 04 77 083 04 77	Arkitekt A2
---	--	----------------



FASAD MOT ÖSTER. sk. 1:100



FASAD MOT VÄSTER. sk. 1:100

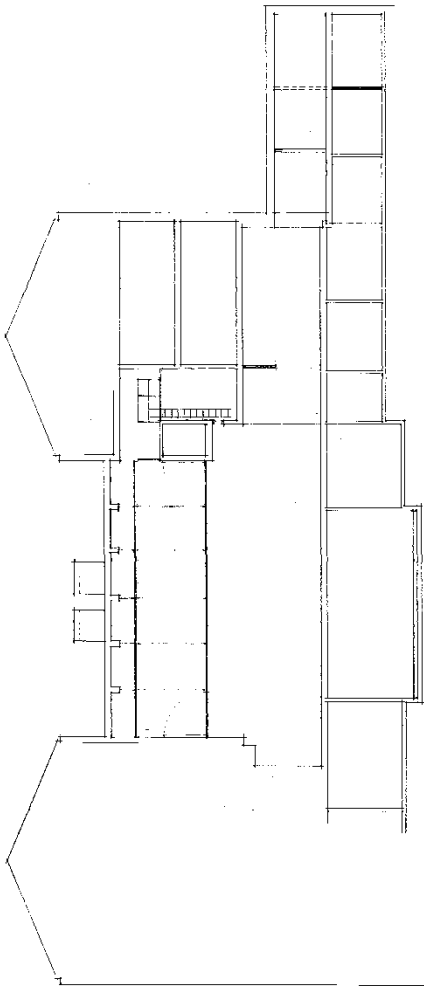
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD

BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD

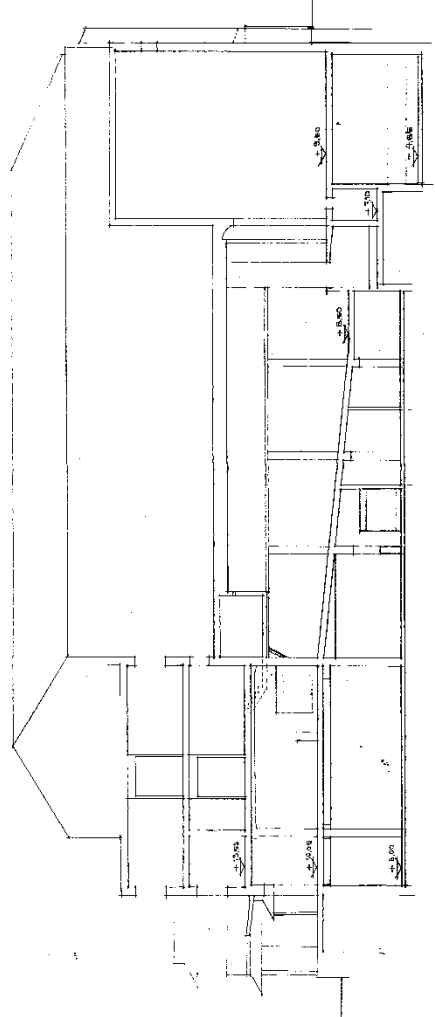
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD
BYGGNADSBYGGNAD	BYGGNADSBYGGNAD

188018

== MURALS
- - - - - VAGAN ROM KUR
- - - - - NVA VAGAN



SECTION A-A



SECTION B-B

Br. 0.2
C. 0.2
1977

KARLIS HUBALIS OM-001 MILS-0000000000 SECTION A-A	
DATE	1977
SCALE	1:500
PROF.	A7
KARLIS HUBALIS OM-001 MILS-0000000000 SECTION A-A	
DATE	1977
SCALE	1:500
PROF.	A7