#5534

LUND UNIVERSITY, LUND, SWEDEN
DEPT OF BUILDING TECHNOLOGY, BUILDING PHYSICS

LUNDS TEKNISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA HÖGSKOLA
INST. FÖR BYGGNADSTEKNIK, BYGGNADSFYSIK

FUKTSÄKERHET I BYGGNADER.

Dimensioneringsmetodik, regler och hjälpmedel.

FÖRPROJEKT.

Eva Harderup Per-Ingvar Sandberg

Lund December 1989

CODEN:LUTVDG/(TVBH-7118)/1-70/(1989)

FUKTSÄKERHET I BYGGNADER.

Dimensioneringsmetodik, regler och hjälpmedel.

FÖRPROJEKT.

Eva Harderup Per-Ingvar Sandberg

Lund December 1989

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

	SIDAN
FÖRORD	3
A INTRODUKTION	4
A1. BAKGRUND	4
A2. SYFTE	4
A3. LÄSANVISNINGAR	5
B BASINFORMATION	6
B1. FUKTTEKNISK UTFORMNING	6
B2. TILLÄMPNING PÅ BYGGNADSDELAR	7
B3. BESKRIVNING AV BYGGNADSDELAR	7
C TILLÄMPNINGAR	8
C0. UPPLÄGGNING	8
C0.0 Beskrivning och definition av byggnadsdelen	8
C0.1 Påverkan från olika fuktkällor	8
C1. TAK inkl VINDSUTRYMMEN	9
C1.0 Beskrivning av olika taktyper	9
C1.1 Påverkan från olika fuktkällor	10
C1.1.1 Nederbörd	10
C1.1.2 Luftfukt i utomhusluften	12
C1.1.3 Luftfukt i inomhusluften	13
C1.1,4 Uttorkning av byggfukt	15
C2. YTTERVÄGGAR	16
C2.0 Beskrivning av olika ytterväggskonstrktioner	16
C2.1 Påverkan från olika fuktkällor	17
C2.1.1 Nederbörd	17
C2.1.2 Luftfukt i utomhusluften	21
C2.1.3 Luftfukt i inomhusluften	21
C2.1.4 Uttorkning av byggfukt	23
C3. GRUNDKONSTRUKTIONER	24
C3.0 Beskrivning av olika grundkonstruktioner	24
C3.1 Påverkan från olika fuktkällor	25
C3.1.1 Nederbörd	25
C3.1.2 Luftfukt i utomhusluften	26
C3.1.3 Luftfukt i inomhusluften	26
C3.1,4 Uttorkning av byggfukt	27
C3.1.5 Markfukt	27
C4. FÖNSTER, DÖRRAR OCH PORTAR	28
C5. VÅTRUM	28
C6. ANSLUTNINGAR, GENOMFÖRINGAR ETC	28

D BILAGOR 29
D1. TERMINOLOGI, BETECKNINGAR, DEFINITIONER 29
D2. GRUNLÄGGANDE FUKTMEKANIK 29
D3. BERÄKNINGSHJÄLPMEDEL, ETC 29
D4. GENERELLA PRINCIPER 30
D5. RANDVILLKOR 30
D6. TABELLER 30
D7. LITTERATUR 30

E EXEMPEL PÅ FUKTDIMENSIONERING 31
E1. FLERBOSTADSHUS 31
E1.0 Beskrivning av objektet 31
E1.1 Påverkan från olika fuktkällor 31
E1.1.1 Tak inkl vindsutrymme 31
E1.1.2 Ytterväggar 33
E1.1.3 Grundkonstruktioner 53
E1.1.4 Fönster, dörrar och portar 55
E1.1.5 Våtutrymme 55
E1.1.6 Anslutningar, genomföringar mm 55
E1.2 Ritningar till flerbostadshus 56
E2. SMÅHUS / ENFAMILJSHUS 70

F KONSTRUKTÖRENS " FUKTDEKLARATION" 70

FÖRORD

Föreliggande rapport utgör redovisning för BFR-projekt 890682-9. Rapporten ger en sammanställning i rubrikform av vad som behövs för en fuktdimensionering av en byggnad, i form av regler, anvisningar, råd beräkningsmetoder och övriga hjälpmedel som tabeller diagram mm. Under vissa rubriker har anvisningarna utarbetats mera detaljerat för att kunna bedöma användbarheten av den föreslagna dimensioneringsmetodiken.

Rapporten bör fortfarande betraktas som en arbetshandling eftersom alla avsnitt ännu inte är helt genomarbetade med avseende på innehåll och redigering.

Uppläggningen har emellertid bedömts användbar för fortsatt arbete och en ansökan till BFR har inlämnats för ett fullföljande av arbetet.

Lund i december 1989

Författarna

A. INTRODUKTION

Detta avsnitt beskriver syftet med skriften och till vem den vänder sig till.

A1. BAKGRUND.

Många av de fukt- och mögelproblem vi har i våra byggnader är en följd av brister i projekteringsprocessen. Att fel begås av projektörer beror bl a på

- att myndigheter, byggherrar m fl inte ställer krav på en god fuktdimensionering
- okunnighet om fukt och dess konsekvenser
- brist på lättillgängliga hjälpmedel

Detta leder till fuktskador och andra problem med bl a beständighet och innemiljö.

För att åtgärda bristen på lättillgängliga hjälpmedel avses med detta projekt att sammanställa och bearbeta befintlig kunskap i en skrift för projektörer med dimensioneringsmetodik,regler och andra hjälpmedel.

Att utveckla metoder och hjälpmedel för att skapa byggnader utan fuktproblem, fuktdimensionering, är en verksamhet som kommer att behöva fortgå under en lång period framåt. Tidplanen för detta projekt är tre år (dvs juli 1989 - juli 1992) och under denna tid bör tillräckligt bra hjälpmedel kunna utvecklas för att möjliggöra en väsentlig förbättring av fuktdimensioneringen. Dessa hjälpmedel skall samtidigt föras ut till byggsektorn genom utbildning, information, normer och standarder. Användningen ger sedan erfarenheter som bör tas tillvara för att åstadkomma förbättringar och kompletteringar.

A2. SYFTE.

Projektets syfte är att insamla, bearbeta och sammanställa tillgänglig kunskap om fukt i byggnader på ett sådant sätt att en projektör med en rimlig arbetsinsats kan använda resultatet för en god fuktdimensionering. Projektet skall resultera i en skrift innehållande regler, anvisningar, råd samt hjälpmedel i form av beräkningsmetoder, tabeller, diagram, exempel mm.

Kunskaper om fukt finns inom Fuktgruppen i Lund men avsikten i projektet är att även inhämta kunskaper och erfarenheter från andra högskolor eller organisationer.

A3. LÄSANVISNINGAR.

Avsnitt B innehåller
- Principer för fuktdimensionering
- Beskrivning av hur avsnitt C "Tillämpning på byggnadsdelar" är uppbyggt
- En översikt av verktyg, hjälpmedel mm i avsnitt D.

Tanken är att avsnitt B skall läsas före användning av skriften. Avsnitt C skall betraktas som en checklista och all nödvändig information för att bedöma påverkan från en viss fuktkälla på en viss byggnadsdel skall finnas tillgänglig under tillämplig rubrik. Avsnitt D innehåller data,hjälpmedel, tabeller mm som kan behövas för vissa kvantitativa bedömningar. Detta avsnitt kan betraktas som en uppslagsbok/databank. Avsnitt E visar hur reglerna kan tillämpas på två exempel: ett småhus och ett flerbostadshus. Avsnitt F slutligen ger ett förslag till blankett som en projektör kan fylla i i samband med den fukttekniska utformningen av ett projekt.

B. BASINFORMATION

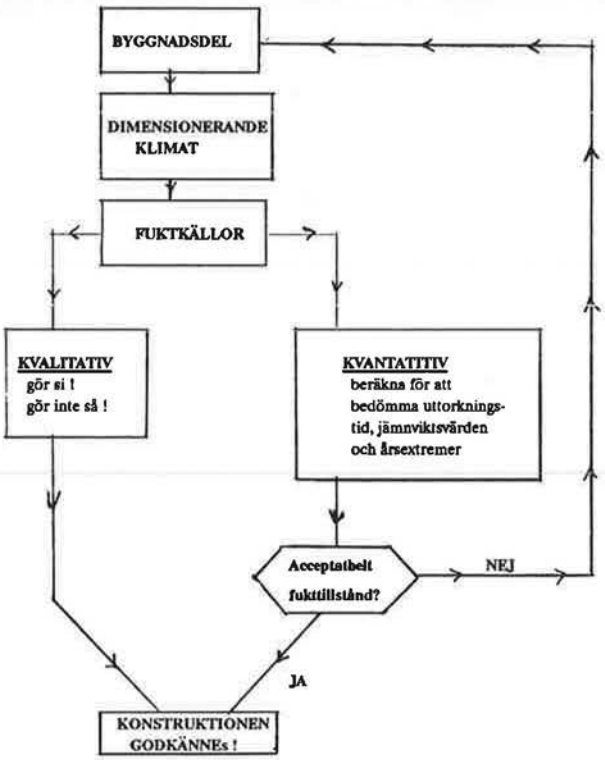
Detta avsnitt bör läsas innan anvisningarna i avsnitt C tillämpas.

B1. FUKTTEKNISK UTFORMNING

Vad är en fuktdimensionering? Syfte och principer.
Beskrivning av de olika stegen i processen. Riskanalys, säkerhetsfaktor, kriterier.
Kvalitativ eller kvantitativ behandling.

Med fuktdimensionering avses i detta sammanhang alla de åtgärder under projekteringsprocessen som har till syfte att skapa byggnader utan fukt-problem.

En schematisk beskrivning av de ingående stegen i en fuktdimensionering redovisas i nedanstående figur.



FIGUR A. Fuktdimensionerings metodik.

För varje aktuell *byggnadsdel*, och med kännedom om *dimensionerande klimat* för den ort där byggnaden skall uppföras, görs en genomgång av hur olika *fuktkällor* (nederbörd, luftfuktighet, byggfukt m fl) skall beaktas. De bedömningar och beräkningar som krävs i anslutning till respektive fuktkälla och byggnadsdel kan, med hänsyn till kunskapsnivå, konsekvenser av skador etc, göras med olika grad av fullständighet och har kallats *kvalitativ bedömning* resp *kvantitativ bedömning*, se fig A. Den kvalitativa bedömningen av en byggnadsdel innebär i princip val mellan färdiga lösningar och svar av typen ja/nej (tätt/otätt t ex) medan den kvantitativa bedömningen innebär att projektören måste göra beräkningar för bestämning av *acceptabelt fukttillstånd*.

En kvantitativ bedömning kan göras på två sätt:

FULLSTÄNDIG KVANTITATIV DIMENSIONERING
- Använda detaljerade beräkningsmodeller och datorprogram
- Beräkna säkerhetfaktor
- mm

FÖRENKLAD KVANTITATIV DIMENSIONERING
- Använda enklare beräkningar med tabeller och diagram
- Avläsa säkerhetsfaktor
- mm

En princip i arbetet bör vara att alltid anvisa minst en användbar metod för bedömning av fuktförhållandena. För att uppnå fuktsäkra konstruktioner innebär de enklare metoderna att högre säkerhetsfaktor måste väljas.

B2. TILLÄMPNING PÅ BYGGNADSDELAR.

Beskriv uppläggningen av reglerna,
Principer: Välj beprövad lösning - eller gör dimensionering
Välj fuktokänsliga material - eller gör dimensionering
mm

B3. BESKRIVNING AV HJÄLPMEDEL

Terminologi
Typer av data
Typer av beräkningsmetoder, nomogram
Generella regler och principer
mm

C. TILLÄMPNING

C0. UPPLÄGGNING

Byggnadsdelarna

C1. Tak inkl vindsutrymmen
C2. Ytterväggar
C3. Grundkonstruktioner
C4. Fönster, dörrar och portar
C5. Våtrum
C6. Anslutningar, genomföringar etc

behandlas var för sig med följande disposition:

C0.0 Beskrivning och definiering av byggnadsdelen.

Uppdelning i typer (t ex kryprum, källare, platta på mark) eller i vissa fall i komponenter (t ex ytterskal, innerskal).

C0.1 Påverkan från olika fuktkällor

OBS! Figurer, tabeller, diagram och beräkningsmetoder, som ännu ej är utarbetade anges i *kursiv stil.*

C0.1.1 Nederbörd

C0.1.1.1 Allmänt om nederbörd (hänvisning till *D5*); hur påverkar nederbörd principiellt; vad vill man undvika

C0.1.1.2 Generella anvisningar för alla typer/komponenter

C0.1.1.3 Särskilda anvisningar för typ/komponent1

C0.1.1.4 Särskilda anvisningar för typ/komponent 2

etc.

C0.1.2 Luftfukt i uteluften

C0.1.3 Luftfukt i inneluften

C0.1.4 Uttorkning av byggfukt

C0.1.5 Markfukt

C1. TAK inkl VINDSUTRYMMEN

C1.0 Beskrivning av olika taktyper.

Följande taktyper behandlas:
1) Varmtak, tex *(skisser)*
2) Varmtak med ventilation, t ex *(skisser)*
3) Kalltak inkl vindsbjälklag, tex *(skisser)*

Anslutningar mellan tak och andra byggnadsdelar skall behandlas antingen i samband med taket eller i kap C6 Anslutningar, genomföringar etc.

Följande anslutningar kan vara aktuella:

* TAK inkl VINDSUTRYMME - YTTERVÄGG
* TAK inkl VINDSUTRYMME - FÖNSTER, DÖRRAR OCH PORTAR
* TAK inkl VINDSUTRYMME - UTEPLATSER O.DYL.
* ANSLUTNINGAR MELLAN OLIKA TAKKONSTRUKTION

Utförande enligt nedanstående typritningar med åtföljande anvisningar kan betraktas som acceptabla med avseende på fuktsäkerhet.

Utförande 1

Utförande 2

etc

C1.1 Påverkan från olika fuktkällor.

C1.1.1 Nederbörd

Nederbörden förekommer i form av regn, snö, hagel etc; för detaljer se *D5*. Taket skall utformas så att nederbörden avleds och hindras tränga in i delar av byggnaden som inte får bli fuktiga.

C1.1.1.1 VATTENAVLEDNING.

Principen för vattenavledning är att antingen acceptera vattentryck mot tätskiktet och anordna ett absolut tätt tätskikt eller att undvika vattentryck och acceptera lägre krav på tätskiktet.

Följande tätskikt kan anses vara absolut täta: *lista C1a*

Om annat tätskikt väljs, skall följande punkter uppfyllas för att undvika vattentryck:

* Taklutning, minst: *tabell C1b, för olika material*
* Hinder, anslutningar, genomföringar
    - Ej nära lågpunkter (minsta avstånd etc för olika material och taklutningar) enligt *tabell C1c*.
    - Samlade så långt möjligt
    - Risk för lokal snösmältning, isbildning och vattentryck
        - Rörgenomföringarenligt *D3.14*
        - Köldbryggor enligt *D3.18* eller *D3.19*
        - Påslag för fläktens påverkan vid snösmältning , *tabell C1d*.
    - Uppdragningar tillräckligt höga, se anvisningar i *figur C11*.
    - Använd prefab hörn och vinklar
* Ränndalar
    - Lutning 1:x
    - Förstärkning

* Takbrunnar

Fast anslutning

Rörelsefog mot stuprör

-kontroll av fogrörelsen enligt *D3.15* ger val av material i *D4.3*

Risk för isbildning kontrolleras enligt *D3.14* :

-Anordna takbrunnen så att isbildning inte kan ske

eller

- väljs tätskikt och utformning av taket så att vattentryck pga igenisad brunn kan accepteras. Se *tabell C1e.*

Kontrollera risken för översvämning enligt *D3.23* .

* Undertäckning

Anpassad till takkonstruktionen så att

1) normala läckage från takpannor enligt *tabell C1f*

2) läckage från enstaka sprucken takpanna under 1år (=underhållsintervall?) enligt *tabell C1g* för vald takbeläggning och lutning

3) regnskur under byggnadstiden på oskyddad undertäckning kan accepteras utan att undertäckningens egenskaper eller dimensioner ändras varaktigt under byggnadens livstid. Kontrollera med beräkning *D3.11* och *D4.1* .

4) Vid byggnade under vinterperiod bör även frosttåligheten för den valda undertäkningen enligt *D3.10* kontrolleras.

* Trafik på taket

-Taktäckningens/tätskiktets lämplighet med hänsyn till belastningar och underlag ,se *figur C12* eller *tabell C1h* .

-Förstärkningar dimensioneras efter maximal belastning.

-Särskilda bryggor

* Regn under byggnadstiden

Skall kunna avledas; annars krävs särskilda åtgärder för uttorkning, varvid torkningen skall ske till nivåer enl *tabell C1i* .

C1.1.1.2 SLAGREGN OCH YRSNÖ.

Risken för att nederbörd förs in i byggnaden genom ventilationsspringor, genom taktäckningar eller med ventilationsluften beaktas.
Antingen hindras nederbörden helt att intränga (*skisser på luftfällor mm*)
- eller uppskattas inträngd mängd enligt *D3.8* och taket anordnas sedan så att denna mängd kan accepteras och torka ut enligt *D3.11* utan att ge skador, se beräkning *D3.26* och *D3.15* (fuktrörelser mellan olika material).

C1.1.1.3 OMVÄNDA TAK.

Värmeisoleringen befinner sig utanför tätskiktet och utsätts därför för nederbörd. Förväntade fukttillstånd efter 25 år samt inverkan på isoleringens värmemotstånd framgår av *tabell C1j*. För alternativ som inte återfinns i *tabell C1j* , görs en beräkning enligt *D3.4* . Isolering och tätskikt får inte skadas av frost, se beräkning *D3.10* , vid aktuella fukttillstånd.

TABELL C1j.

Vi har tillräcklig kunskap för att göra en sådan tabell endast för XPS; jämför även Boverkets regler för praktiskt tillämpbara värmegenomgångskoefficienter.

C1.1.2 Luftfukt i uteluften

Uteluftens ånghalt påverkar fuktförhållanden i material utanför tätskiktet samt i ventilerade konstruktioner av typ 2) och 3). Luftfuktighet i uteluften behandlas i *D5* .

Takkonstruktionen måste utformas så att fukttillståndet blir acceptabelt i **bärläkt, ströläkt och undertäckning**. Detta beror av ventilation, undertäckning, läckage mellan (genom) takpannor mm. Beakta risk för ansamling av löv, barr, getingbon etc. Antingen väljs utformning och produkter enligt *figur C12* eller görs en uppskattning av förväntade fukt-förhållanden enligt beräkning *???* och dess konsekvenser för vald utformning. *Påslag för olika risker mm?? säkerhetsfaktorer??*

Observera risk för kondens och dropp på undersidan av kalltak av plåt. Kontrollera risken med beräkning enligt *D3.22* .

Fuktbalans på vindar och fukttillstånd i ventilerade konstruktioner behandlas under C1.1.3 LUFTFUKT I INOMHUSLUFTEN.

C1.1.3 Luftfukt i inomhusluften.

Ånghalten och temperaturen i inomhusluften bestämmer

1) om byggfukt kan torka ut inåt och i så fall hur snabbt
2) jämviktsfukthalt för vissa material i taket (innanför ev ångspärr)
3) graden av olägenhet vid brister i ångspärren - transport genom diffusion
4) graden av olägenhet vid fuktkonvektion inifrån och ut till vindar och ventilerade utrymmen
5) risken för ytkondensation på kalla partier

Luftfuktighet inomhus behandlas i *D5* .

C1.1.3.1 BYGGFUKT, se avsnitt C1.1.4 UTTORKNING AV BYGGFUKT

C1.1.3.2 JÄMVIKTSFUKTHALT FÖR VISSA MATERIAL I TAKET INNANFÖR EVENTUELL ÅNGSPÄRR.

* Indragen ångspärr högst 1/3 av isolertjockleken (värmemotståndet) annars görs en beräkning av förväntade fukttillstånd enligt *D3.5* .

* För tak utan ångspärr (normalt av typ 1), kontrollera uttorkningspotential och maximal fukthalt antingen enligt metod *D3.1* resp *D3.2* (för en vinterperiod) eller också med metod *D3.4* .

Observera ångspärrens placering vid kyl- och frysrum eller lokaler som är intermittent uppvärmda eller uppvärmda till lägre temperaturer än normal rumstemperatur. Ångspärren skall vara placerad på den sida som har högst ånghalt (normalt varma sidan). Se också *D3.6* .

C1.1.3.3 BRISTER I ÅNGSPÄRRENS DIFFUSIONSMOTSTÅND. (ångdiffusion)

* Normalt små effekter av diffusion vid brister i ångspärren, men varsamhet vid konstruktioner med kontinuerlig temperaturskillnad, tex kyl- och frysrum. Beräkning av kondenserad mängd kan göras enligt *D3.2* (för byggnadens livstid).

Ångspärren utförs enligt *D4.4* .

C1.1.3.4 BRISTER I ÅNGSPÄRRENS LUFTTÄTNING.
(fuktkonvektion)

Fuktkonvektion kan ge höga fukttillstånd i takkonstruktionen. Observera även risken för fuktkonvektion vid anslutningar mellan taket och andra byggnadsdelar. Kontrollera med beräkning enligt *D3.12* samt *D3.13* eller gör enligt följande *skisser*...

Ångspärren utförs enligt *D4.4* .

Tryckförhållanden i byggnader behandlas i *D5* (vind, temperatur, fläktar).

Fuktkonvektion kan undvikas antingen genom att invändigt övertryck undvikes eller genom att utföra byggnadsdelen och anslutningar till andra byggnadsdelar helt lufttäta. Av denna princip följer följande anvisningar:

VARMTAK, typ 1):

* Undvik om möjligt invändigt övertryck
  (fläktar, filter, vind, utetemperaturer etc)
  Kontrollera risken för fuktpåverkan via påtvingad konvektion för olika typer av övertryck om inte invändigt undertryck kan garanteras ,se *D3.12* och ...
* Minst ett lufttätt skikt i taket.
* Använd inte takhättor.
* Helsvetsad ångspärr i dubbla plåttak.
* Luftspaltbildande papp skall vara tätad utmed takränderna.
* Beakta risken för luftrörelser på grund av olika tryck på ömse sidor om en mellanvägg.
* Bedöm risken för otätheter som följd av fukt- och temperaturrörelser i konstruktionen, se *D3.13* .

VENTILERADE VARMTAK, typ 2):

* Undvik om möjligt invändigt övertryck
  (fläktar, filter, vind, utetemperaturer etc)
  Kontrollera risken för fuktpåverkan via påtvingad konvektion för olika typer av övertryck om inte invändigt undertryck kan garanteras ,se *D3.12* och ...
* Skall ha ångspärr (lufttätning); täta genomföringar
* Mekanisk ventilation av luftspalt erfordras om taket har egenskaper enligt *tabell ??* . Ventilationen utformas och dimensioneras enligt figur *C14* .
* Bedöm risken för otätheter som följd av fukt- och temperaturrörelser i konstruktionen, se *D3.13* .

KALLTAK inkl VINDSUTRYMME, typ 3):

* Undvik om möjligt invändigt övertryck (eventuellt mekanisk tilluft till vinden enligt *figur C15*) (fläktar, filter, vind, utetemperaturer etc) Kontrollera risken för fuktpåverkan genom påtvingad konvektion för olika typer av övertryck i undervånningen ,om inte invändigt undertryck kan garanteras ,se *D3.12* och ...
* Ångspärr (lufttätning), *D4.4* ; täta genomföringar, *D3.15* , taklucka etc
* Sörj för tillräcklig ventilation av vinden enligt *figur C16* . *Beskriv hur detta kan göras!*
* Använd helst inte material med låg fuktkkapacitet som undertak, t ex plastbaserade eller träfiberbaserade material.Beräkna fuktkapaciteten med *D3.26* . Fungicidbehandling?
* Kondensskydd på plåttak, se *figurer* eller beräkning *D3.22* .
* Bedöm risken för otätheter som följd av fukt- och temperaturrörelser i konstruktionen, se *D3.13* .

C1.1.3.5 YTKONDENSATION.

Daggpunktsberäkning

Isolertjocklekar och konstruktiv utformning väljs så att invändig yttemperatur ligger över inneluftens daggpunkt enligt *beräkning D3.18* med en minsta säkerhetsfaktor på X.

Kontroll vid våtrum mm.

Särskild uppmärksamhet på ytmaterial och ventilation i våtrum , se kap C5 .

C1.1.4 Uttorkning av byggfukt

Byggfukten måste kunna torka ut. Taket får inte ta skada av byggfukten under uttorkningstiden och byggfukten får inte kondensera på andra för konstruktionen känsliga ställen.

Uttorkningstid.

Potential för uttorkning och uppskattning av uttorkningstidens längd kan göras enligt metod *D3.1* , *D3.3 eller D3.4* . För mer information se *D4.2.*

Ångspärr.

Lägg ångspärr på betong och lättbetong med utvändig isolering i tak av typ 1.

Lägg ångspärr på vindsbjälklag av betong eller lättbetong i tak av typ 3 *(om de byggs på hösten?)* Eventuell invändig ytbehandling får då ej vara diffusionstät (z< xxx s/m).Särskild försiktighet vid kalltak av plåt. Fuktförhållanden kan beräknas enligt *D3.3 , D3.4 eller D3.7 .*

Ytbehandling.
Undvik diffusionstät (z>xxx s/m), invändig ytbehandling på tak, typ 1 av betong, lättbetong eller träullsplatta.

Infästning av träkonstruktioner i betong eller lättbetong.
Om takkonstruktioner av trä, träkomponenter eller andra fuktkänsliga material skall infästas i betong eller lättbetong, skall ett tätskikt, se tabell C1l, placeras mellan takkonstruktion och bjälklag se *figurer C17,....*

C2. YTTERVÄGGAR.

C2.0 Beskrivning av olika ytterväggskonstruktioner.

Ytterväggar är uppbyggda av ett antal av följande komponenter: **utvändig beklädnad, luftspalt, vindskydd, isolering, bärande skikt, ångspärr och invändig beklädnad.** Se *skisser.*

Utförande enligt nedanstående typritningar med åtföljande anvisningar kan betraktas som acceptabla med avseende på fuktsäkerhet.

Utförande 1

Utförande 2

etc

C2.1 Påverkan från olika fuktkällor.

C2.1.1 Nederbörd.

Ytterväggen skall utformas så att nederbörden avleds och icke skadar byggnaden. Dels skall utvändig beklädnad ha acceptabelt fukttillstånd, och dels skall nederbörden hindras tränga in i delar av byggnaden som inte får bli fuktiga.

Dimensionering skall göras för följande fall
* Nederbörd med vindpåverkan (slagregn, yrsnö mm), se D5
* Indirekt nederbörds påverkan
  - vattenstänk från hårdgjorda ytor
  - "sommarkondens"
  -

C2.1.1.1 SLAGREGN, YRSNÖ .

Massiva ytterväggskonstruktioner och ytbeklädnad utanför utvändigt ventilerad luftspalt

* AVRINNING FRÅN FASADENS YTTERYTA
Avrinning från beklädnadens ytteryta bör ske direkt och inte ansamlas på utskjutande detaljer. Kontroll av ytråhet, se *tabell C2a* samt beräkning enligt *D3.9* (vattenfilmbildning på fasadytan).

*FROSTBESTÄNDIGHET
Det valda ytbeklädnadsmaterialet skall enligt *beräkningsmetod D3.10* erhålla fullständig frostberständighet under total kapillärmättnad eller på annat sätt redovisa sådana egenskaper att materialet är beständigt under XX år, enligt *tabell C2b* .

* VATTENTRYCK VID SNÖSMÄLTNING ELLER BRISTFÄLLIG VATTENAVLEDNING.
Insugning av nederbörden via skarvar .....
balkonger, trappor mm

* FUKTBALANS I MASSIVA YTTERVÄGGSKONSTRUKTIONER.
För massiva väggkonstruktioner ,dvs väggar där luftspalt saknas, skall beräkning göras enligt beräkningsmetod D3.2 eller D3.4 .

* UTVÄNDIG BEKLÄDNAD.
Ytterväggens beklädnadsmaterial skall förhindra att fukt intränger i ytterväggens inre delar . Utförandet skall vara sådant att

- att vatten inte rinner direkt in bakom beklädnaden
- kapillär insugning av vatten inte förekommer
- direkt inblåsning genom den utvändiga beklädnaden förhindras.

Följ nedanstående anvisningar:

- SKARVNING AV DEN UTVÄNDIGA BEKLÄDNADEN.(samma material)
Skarvar i ytterväggens beklädnadsmaterial skall utföras enligt *figur C21, (eller FUKTHANDBOKEN)* för valt ytbeklädnadsmaterial. Beräkna kapillärsugning i skarvarna enligt *D3.9* (för organiska beklädnadsmaterial) och inblåsning enl. *D3.12* (oavsett val av beklädnad) .

- UTTORKNING AV FUKT
Den fuktmängd som intränger i fasadens utvändiga beklädnadsmaterial skall kunna torka ut utan att upplagring eller andra fuktteknisk problem uppkommer. Se beräkningsmetod *D3.8 och D3.11* .

- FUKTRÖRELSER I SKARVAR (mellan olika material)
Vid anslutade byggnadsdelar med olika utvändiga material får fukt- och temperaturrörelser inte orsaka att fukt tränger in genom skarven. Om plåt e d skall täcka skarven tillse att tillräckligt stor överlappning finnes, se *tabell C2c* . Vid tätning med fogmassa tillse att rörelserna kan upptagas av fogen enligt*D3.15* . Kontrollera kapillärinträngningen via spalter med *beräknings-metod D3.11* samt åldringen i den valda fogmassan enligt *D4.3.*

- FUKT- och TEMPERATURRÖRELSER I STOMMEN
Kontrollera att fuktrörelser i byggnadens stomme på grund av variation av fuktinnehållet mellan ut - och insidan inte överför sådana krafter att det ut-vändiga beklädnadsmaterialet får sprickbildninar, skarvförskjutningar mm så att fukt kan tränga in i konstruktionen. Se *beräkningsmetod D3.13.*

- TAKFOTENS INVERKAN PÅ SLAGREGNET PÅ FASADEN

.....

- MYCKET SLAGREGN OCH/ELLER HÖG RELATIV ÅNGHALT UTOMHUS.
Om byggnaden skall uppförs på en ort som har kustklimat eller på annat sett anses ha hög relativ ånghalt bör följande beaktas vid val av beklädnadsmaterial utöver de ovan angivna

- Träfasaden bör behandlas med en färg enlig *tabell C2d* som underlättar uttorkningen samt förhindrar att vatten lagras i träet med röta som följd.
- Träfiberbaserade skivor bör endast i undantag väljas då dessa har en tendens att upplagra fukt med svällning och rötskadeproblem som följd.
- Putsade fasader bör utföras med bättre kvalitet än normalt. Beräkna frostskadefaktorer *D3.10* och välj enligt *tabell C2e.*

Ytterligare åtgärder för speciella utvändiga beklädnadsmaterial:

* PUTSADE FASADER.
  - Relationen vattenupptagning/diffusionsmotstånd hos puts eller annan ytbehandling . Se *tabell C2f* (ur Kennets rapport/ er)
  - Målning av putsad fasadyta bör ske enligt

    ...

    ...
* TEGELFASADER
  - Hårt bränt tegel ger snabbare filmbildning vilket ger stora krav på god vidhäftning mellan bruk och tegel.
* TRÄFASADER
  - Vid utvändigt beklädnadsmaterial av trä bör ytbehandling av träet ha egenskaper enligt *??????*
* NATURSTEN
* PLÅT
* m.fl

Luftspalt

Luftspaltens fuktbalans är beroende av

-val av utvändigt beklädnadsmaterial
-spaltens dimensioner och ventilationsöppningar
- luftcirkulationen i spaltens bredd- och längdriktning
- regn- och vindförhållanden
- materialval i vindskydd
- ånghalt i uteluften

Luftspaltens viktigaste funktion är att dränera ut vatten som trängt förbi en yttre ytbeklädnad. Normalt skall luftspalten inte anses kunna ventilera bort fukt i ångfas mer än i små mängder, se tabell ???.

Ånghalten i luftspalten kan antas vara .....

* DRÄNERING
  - Dräneringsmöjligheter skall finnas i luftspaltens botten/underkant med lutning ut mot väggens utsida. Se ????

* INFÄSTNING AV VATTENUTLEDARE.

Vindskydd.

Funktionen av vindskyddet är att

.....

* SKARVNING AV VINDSKYDDSKOMPONENTER.

* VAL AV MATERIAL

Materialet som skall användas bör vara av sådan beskaffenhet att
  - materalet skall vara åldersbeständigt, se D4.3.
  -

* FASTSÄTTNING AV VATTENAVLEDARE

* FUKTRÖRELSER I STOMMEN

* LUFTSPALT FYLLD MED MINERALULL ELLER SKUM

C2.1.1.2 VATTENSTÄNK MOT VÄGGEN

Vattenstänk från hårdgjorda ytor belastar ytterväggens nedre delar och därför bör en extra kontroll vidtagas så att detta vatten inte skadar väggen.

* DRÄNERING AV LUFTSPALTEN
* FROSTBESTÄNDIGHET
* DIREKT VATTENSTÄNK GENOM FOGAR I YTBEKLÄDNAD

C2.1.1.3 SOMMARKONDENS

C2.1.1.4 ÖVRIGT

Vattenavledningen från tak..
Anslutningar av stuprör; Avsaknad av stuprör (fritt fall); Läckande stuprör; Översvämningsrisker mm

C2.1.2 LUFTFUKT I UTELUFTEN.

Utomhus luftens relaitva ånghalt.
Uteluftens ånghalt påverkar i första hand fuktbalansen i den utvändiga beklädnaden och i luftspalt och vindskydd. Detta behandlas under C2.1.1 NEDERBÖRD.

Installationer.
Installationer med rördragningar skall göras i den varma delen av ytterväggen. Om detta inte är möjligt måste följande kontroller göras:
* KONDENSVATTEN
* TÄTNINGAR VID INSTALLATIONERNA.

C2.1.3 LUFTFUKT I INNELUFTEN.

Ånghalten och temperaturen i inomhusluften bestämmer
1) om byggfukt kan torka ut inåt och i så fall hur snabbt
2) jämviktsfukthalt för vissa material i väggen (innanför ev ångspärr)
3) graden av olägenhet vid brister i ångspärren - transport genom diffusion
4) graden av olägenhet vid fuktkonvektion inifrån och ut genom väggen
5) risken för ytkondensation på kalla partier

Ånghalter inomhus behandlas i D5.

Fuktrörelser i stomkonstruktionen.
Kontrollera att fuktrörelser i byggnadens stomme på grund av variation av fuktinnehållet mellan ut - och insidan inte överför sådana krafter så att det invändiga beklädnadsmaterialet får sprickbildninar, skarvförstjutningar mm så att fukt kan inträngar in i konstruktionen. Om byggnadsstommen får rörelser enligt beräkning i *D3.13* skall följande göras.....

C2.1.3.1 BYGGFUKT, se avsnitt C2.1.4 UTTORKNING AV BYGGFUKT

C2.1.3.2 JÄMVIKTSFUKTHALT FÖR VISSA MATERIAL I VÄGGEN INNANFÖR EVENTUELL ÅNGSPÄRR.

* Indragen ångspärr högst 1/3 av isolertjockleken (värmemotståndet) annars görs en beräkning av förväntade fukttillstånd enligt *D3.5* .

Observera ångspärrens placering vid kyl- och frysrum eller lokaler som är intermittent uppvärmda eller uppvärmda till lägre temperaturer än normal rumstemperatur. Ångspärren skall vara placerad på den sida som har högst ånghalt (normalt varma sidan). Se också *D3.6* .

C2.1.3.3 BRISTER I ÅNGSPÄRRENS DIFFUSIONSMOTSTÅND

Behov av ångspärr.....

C2.1.3.4 BRISTER I ÅNGSPÄRRENS LUFTTÄTNING. (fuktkonvektion)

Ång- och diffusionstätning
Ångspärren utförs enligt D4.4.

Tryckförhållanden.
Tryckförhållanden i byggnader behandlas i D5 (vind, temperatur, fläktar).

Fuktkonvektion
Fuktkonvektion kan undvikas antingen genom att invändigt övertryck undvikes eller genom att utföra byggnadsdelen och anslutningar till andra byggnadsdelar helt lufttäta.

Av denna princip följer följande anvisningar:

* UNDVIK INVÄNDIGT ÖVERTRYCK
  Undvik om möjligt invändigt övertryck (fläktar, filter, vind, utetemperaturer etc). Kontrollera risken för....

* LUFTTÄTNING
  Minst ett lufttätt skikt i väggen

* LUFTRÖRELSER
  Beakta risken för luftrörelser på grund av olika tryck på ömse sidor om en mellanvägg

* GENOMFÖRINGAR
Inga genomförningar får förekomma genom lufttätningen / ångspärren om inte dessa görs enligt *C2.1.2 eller se D3.14* .

* AVSAKNAD AV ÅNGSPÄRR.
Där inte ångspärr kan appliceras skall
- noggrann tätning utföras mellan konstruktionsdetaljer med lämplig fogmassa . *Se D3.15 och D4.*
- vid övergångar mellan ångspärr och ingen , skall tillses att materialens rörelser , se *D3.15* , på ömse sidor om fogningen kan tas upp av fogen utan att bestående skador uppkommer samt att fullständig täthet skall finnas under hela byggnades livstid, se *D4.3* .
- mm

* LOKALA ÖVERTRYCK
Kontrollera risken för lokal tryckhöjning vid inblåsningsdon.....

C2.1.3.5 YTKONDENSATION.
Daggpunktsberäkning
Isolertjocklekar och konstruktiv utformning väljs så att invändig yttemperatur ligger över inneluftens daggpunkt enligt *beräkning D3.18* med en minsta säkerhetsfaktor på X.

Kontroll vid våtrum mm.
Särskild uppmärksamhet på ytmaterial och ventilation i våtrum , se kap C5 .

Installationer.
Kondens vid eller invid elinstallationer skall inte förekomma.

Fuktskyddet vid vattenledningsrör skall utformas så att det kondenserade vattnet inte kapillärt eller direkt uppsugs av den invändiga beklädnaden .Se kap C5.

C2.1.4 UTTORKNING AV BYGGFUKT

Byggfukten måste kunna torka ut. Väggen får inte ta skada av byggfukten under uttorkningstiden och byggfukten får inte kondensera på andra för konstruktionen fuktkänsliga ställen.

Beräkning av uttorkningstiden.
Vid träregelkonstruktioner samt vid inbyggnationer av trä krävs en fuktkvot i träet på högst 18% om träet kan uttorka tvådimensionellt samt högst 16% vid det endimensionella fallet.*????*

Potential för uttorkning och uppskattning av uttorkningstidens längd kan göras enligt metod D3.3 eller D3.4. För mer information se avsnitt D4.2.

Utvändig beklädnad.

Invändig beklädnad.
Byggfukten hos stommen skall vara väl uttorkad innan invändig beklädnad av väggen sker. Se *tabell C2n* för vald byggnadsstomme och beklädnad.

C3. GRUNDKONSTRUKTIONER

C3.0 Beskrivning av olika grundkonstruktioner.

Följande grundkonstruktioner behandlas:

- Platta på mark *skisser*
- Krypgrund *skisser*
  - Uppstolpad krypgrund *skisser*
  - Traditionell krypgrund *skisser*
- Varmgrund *skisser*
- Källare *skisser*

Utförande enligt nedanstående typritningar med åtföljande anvisningar kan betraktas som acceptabla med avseende på fuktsäkerhet.

Utförande 1

Utförande 2

etc

C3.1 Påverkan från olika fuktkällor.

C3.1.1 NEDERBÖRD.

Nederbörd belastar direkt grundkonstruktionen genom
- nederbörd med vindpåverkan
- indirekt nederbörd

För vidare detaljer om nederbördsmängder, se *D5*.

C3.1.1.1 SLAGREGN OCH SNÖ

Väsentligen samma text som under C2 VÄGGAR.

*VATTENAVLEDNING FRÅN ANSLUTANDE MARK

*VATTENAVLEDNING FRÅN ANSLUTANDE KONSTRUKTIONER.
Redovisning av vattenavledning från trappor, altaner mm
Översvämningsrisk enligt *D3.23 m.fl.*

C3.1.1.2 INDIREKT NEDERBÖRD.

Byggnandens grund bör dimensioneras för följande belastningar från den indirekta nederbörden utöver de ovan nämda.

* SNÖ MOT GRUNDSULAN.
Om grundsulan befinner sig under maximalt snödjup, se D5, skall förstärkningar göras enligt följande

- kontrollera att fukt förhindras intränga via snösmältning *(Figurer, skisser)* eller beräkning enligt D3.21.
- kontrollera frostbeständighet för byggmaterial i grundkonstruktionen som ligger ovanför marknivå, se D3.10
- kontrollera köldbryggor
- mm

* ISBILDNING PÅ GRUNDKONSTRUKTIONEN.

C3.1.2 LUFTFUKT I UTELUFTEN.

Uteluftens ånghalt påverkar
- luftfuktigheten i kryprum
- tillsammans med nederbörd fuktförhållandena i yttre delarna av de partier av grundkonstruktionen som gränsar mot uteluften

C3.1.3 LUFTFUKT I INNELUFTEN.

Väsentligen samma text som för kap C2 VÄGGAR

C3.1.3.5 YTKONDENSATION.

Låg yttemperatur.
KANTISOLERING.
Den för grundkontruktionen behövliga kantisoleringen skall placeras på grundkostruktionens kalla sida(utvändigt). Kontroll mha datorberäkning , se *D3.19*

DETALJUTFORMNINGAR.
Isolertjocklekar och konstruktiv utformning väljs så att invändig yttemperatur ligger över inneluftens daggpunkt med en minsta säkerhetsfaktor på X. Beräkna enligt *D3.18 eller D3.19* för detaljer, anslutningar mm

Utrymmen med hög relativ luftfuktighet
Särskild uppmärksamhet på ytmaterial och ventilation i våtrum. Se C5.

C3.1.3.6 ÖVRIGA FUKTKÄLLOR

Brister i vattenavledning./ Direkt vattenläckage.

Vattenläkage kan förekomma under följande typer
- tappställen
- läckande vattenrör
- fukt vid rengörning.
- hushållsmaskiner

Kondens vid kallvattenledningsrör bör undvikas. Om detta beräknings-mässigt, se *D3.14* , förekommer bör anslutningen mellan röret och golvet göras på ett sådant sett att kondensvattet inte kan läcka ner i golvkonstruktionen eller kapillärt uppsugas av omgivande material. Se kap. C6 för utförandet.

C3.1.4 UTTORKNING AV BYGGFUKT.

Byggfukten måste kunna torka ut. Grundkonstruktionen får inte ta skada av byggfukten under uttorkningstiden och byggfukten får inte kondensera på andra för konstruktionen känsliga ställen.

Uttorkningstiden.
* Potential för uttorkning och uppskattning av uttorkningstidens längd kan göras enligt metod *D3.3 eller D3.4* . För mer information se avsnitt *D4.2.*

PLATTA PÅ MARK.

Vid anläggande av platta på mark skall uttorkningstiden dimensioneras med hänsyn till isoleringens ånggenomsläpplighet.

KRYPGRUNDER.

För krypgrunder skall redovisas hur kryputrymmets fuktbalans påverkas av den förhöjda fukthalten under uttorkningsförloppet, se *D4.2.*

Applicering av ytmaterial /golvbeläggning.
Byggfukten hos grundkonstruktionen skall vara väl uttorkad innan invändig beklädnad sker.

Träregelkonstruktioner.

Betong och lättbetong konstruktioner.
Ingjutningar av trä eller träkomponener är inte tillåtet.

C3.1.5 MARKFUKT.

Fuktkällor i marken är ånghalt i marken, markvatten eller grundvatten.

Markfukten påverkar fuktförhållandena i platta på mark, samt källarytter-väggar och källargolv. Fuktförhållandena i kryprum behandlas under C3.1.3. Luftfukt i uteluften.

Grundvattenytans nivå kan påverkas genom dränering. Fukttransport från grundvattenytan till grundkonstruktionen (kapillärsugning) kan förhindras genom kapillärbrytande skikt. Vattentryck mot grundkonstruktionen från markvatten kan förhindras genom att anordna dränerande skikt på utsidan av grundkonstruktionen.

Skydd mot markens ånghalt kan åstadkommas genom ångtäta skikt eller genom att skapa temperaturskillnar mellan grundkonstruktion och mark.

C4. FÖNSTER, DÖRRAR OCH PORTAR.

C5. VÅTRUM

inkl diskmaskin, tvättmaskin, vvberedare etc
jfr GVK och PER etc.

C6. ANSLUTNINGAR, GENOMFÖRINGAR ETC

D. BILAGOR.

BETECKNINGAR, HJÄLPMEDEL, DATA, BERÄKNINGSMETODER MM.

D1. Terminologi, beteckningar, definitioner

D2. Grundläggande fuktmekanik

D3. Beräkningshjälpmedel, nomogram etc

D3.1 Jämför årsmedelvärden av ånghalt inne med ånghalt under tätskikt. Årsbalans
Diskutera olika tidskonstanter för olika material.
Uppskatta uttorkningstid för byggfukt genom att räkna månad för månad eller år för år (beroende av tidskonstant)

D3.2 Beräkna kondenserad fuktmängd. Stationära förhållanden

D3.3 Diagram med Fouriertal, Biottal etc

D3.4 Beräkning av fukttillstånd med dator

D3.5 Beräkning av jämviktsfukthalt i byggnadsdelar innanför ångspärr

D3.6 För - och nackdelar med ångspärr i byggnader med intermittent uppvärmning eller rumstemperatur lägre än 18 °C.

D3.7 Beräkning av transporterad fuktmängd vid ingen temperaturgradient. Göran Hedenblads beräkningsmetod.

D3.8 Luftspalten och dess luftcirkulation samt uttorkningsförlopp.

D3.9 Fuktbalans vid fasadyta.Kapillärsugning i material och spalter

D3.10 Frostsprängning.

D3.11 Vatteninträningsdjup och uttorkningshastighet vid naturliga fuktförhållanden

D3.12 Påtvingad fuktkonvektion
Tryckförhållanden inomhus och i konstruktioner;
Konvektionsberäkningar:

D3.13 Fuktrörelser i stomme.

D3.14 Värmebalans vid rörledningar.

D3.15 Fuktrörelser mellan olika material.

D3.16 Dimensionering av dräneringssystem.

D3.17 Vattenupptagning för byggnadsdelar under mark.

D3.18 Beräkning av yttemperatur för bedömning av risken för ytkondensation. Köldbryggor, övergångstal mm. Daggpunktstemperaturen

D3.19 Köldbryggsberäkning via datorprogram(t.ex Heat2).

D3.20 Beräkning av den relativa inomhusångahalten.

D3.21 Inträning av vatten i spalter och springor under vattentryck Kapillärinträning i spalter mm.

D3.22 Beräkning av kondensrisken med konstruktioner av metall.

D3.23 Översvämningsdimensionering vid avlopp.

D3.24 Nederbörd från hårdgjoda ytor, turoblensberäkningar mm.

D3.25 Fönsterkonstruktionens värmemotstånd mot omgivande värmemotstånd mm

D3.26 Fuktbuffringsförmåga och Hysteres mm

D4. Generella principer.

D4.1 Transport och lagring av material och komponenter

D4.2 Uttorkning av byggfukt

D4.3 Förväntad livslängd hos material och komponenter

D4.4 Materialval och utformning av ångspärrar

D4.5

D5. Randvillkor.

Temperatur och fuktighet ute och inne,tryckförhållanden, vind nerbörd mm; medelvärden, extremvärden, sannolikheter (20-årsregn etc),

D6. Tabeller.

Material: 1) Typer : organiska, oorganiska, komposit-, plåt, natursten
2) Egenskaper(*även ytråhet)*

D7. Litteratur.

E. EXEMPEL PÅ FUKTDIMENSIONERING

E1. FLERBOSTADSHUS.

Kort läsanvisning. Vi har tagit ut vissa ritningar och studerat dem enligt den framtaga metodiken för fuktdimensionering av byggnader. De beräkningar och bedömningar som gjorts är endast exempel på hur man kan utföra en fuktdimensionering av en byggnad när kontroll av ritningarna skall utföras. Vi har endast pekat på risker för fuktskador eller brister i fuktdimensioneringen, men inte föreslagit ändringar i utförandet.

Alla ritningar återfinns i kapitel E1.2 och betecknas med E1.xr där x är figurnummer.

E1.0 Beskrivning av objektet.

Byggnaden, HUS 1, är placerad i Lund.Se situationsplanen E1.1r.

Platschef är Bengt Andersson, som har varit till stor hjälp vid våra besök på arbetsplatsen. Förutom Bengt Andersson, har Jan Ekblad, som är en av cheferna vid konstruktionsavdelningen på huvudkontoret i Malmö, bistått med ritningar och behövligt material för fuktdimensioneringen.

E1.1 Påverkan från olika fuktkällor.

Granskningen redovisas här med samma uppläggning och disposition som använts i kapitel C.

E1.1.1 Tak inkl vindsutrymme

E1.1.1.1 NEDERBÖRD.

Kontroll av ritningar.

Se E1.2r (Detaljen B-214) samt C1.1.1.2.

Observera risken för att nederbörd kan intränga mellan vindskivan / plåten och väggen.

E1.1.1.2 LUFTFUKT I UTELUFTEN.

E1.1.1.3 LUFTFUKT I INNELUFTEN.

Kontroll av ritningar

1)Se E1.2r(Detaljritningar A-214 till ritning F-214) och C1.3.5
Köldbrygga vid takregel (D-214)? Kontroll har gjorts och redovisas under beräkningar nedan "Fullstädigt kvantitativ bedömning/ Yttemperatur".

2) Inga anmärkningar på ång- och diffusionstätningen men dåligt beskrivning på arbetsutförande vid applicering (skarvar, överlapp, tätning vid genomföringar etc)

Beräkningar.

Fullständigt kvantitativ bedömning/ Yttemperatur.
Beräkning med PC-dator har gjorts med
HEAT2 / A PC-MODEL FOR TWO-DIMENSIONEL HEAT CONDUCTION / (TVBH-7110) av Thommas Blomberg.
För vidare information hänvisas till rapporten.

FÖRUTSÄTTNINGAR.
Inomhustemperatur +22 °C *(Normalt för flerbostadshus?)* och -12°C (DUT5) som utomhustemperatur under stationära förhållande, se *kap D5.*

RITNINGAR ENLIGT FIGUR E1.2r.
I detalj D-214 har yttemperaturen på insidan av taket kontrollerats med tanke på eventuell kondensationsrisk.

Den lägsta temperaturen mitt i gipsskivan (T_c) beräknades med hjälp av datorprogrammet till 13.5 °C . Se kommentarer nedan. Yttemperaturen på gipsskivans undersida beräknas sedan enligt ekvationen

$$T_y = T_i - (T_i - T_c) \cdot \frac{R_{si}}{(R_{si} + d/lamda)} \qquad E(A)$$

där	T_y	= yttemperatur	(°C)
	T_i	= inomhustemperatur	(°C)
	R_{si}	= värmeövergångsmotstånd	($m^2 \cdot °C/W$)
	T_c	= temperaturen i cellen	(°C)
	d	= avstånd från cellmitt till ytterkant	(m)
	lamda	= gipsskivans värmekonduktivitet	(W/m·°C)

Med R_{si} = 0.13 $m^2 \cdot {}^oC/W$ och med $lamda_{gips}$ = 0.22 $W/m \cdot {}^oC$ blir yttemperaturen 14.3 ^oC. Detta innebär att den relativa inomhusånghalten inte får överstiga kvoten $v_s(T_y)/v_s(T_i)$, dvs i det här fallet 63% RH. Observera att detta kriterium gäller ytkondens, dvs RH = 100 % på ytan, men att - beroende av bl a ytbehandling - även risk för fuktskador vid lägre RH kan uppkomma. *Utredning om ventialtion och förväntad luftfuktighet inomhus behöver göras....*

Kommentarer till beräkningen!
Vid beräkningarna antages ett lamda för den ventilerade luftspalten i konstruktionen (antagit här luftspalten = 0.7 $W/m \cdot {}^oC$.). Dessa antaganden leder till att den beräknade yttemperaturen kan bli höge eller lägre än vad beräkningen som vi har gjort redovisar. Att lamda varierar i luftspalten beror på luftcirkulationen i spalten. *Detta bör utredas närmare.*

E1.1.1.4 UTTORKNING AV BYGGFUKT.

Beräkning av uttorkning av byggfukt i betongen i vindsbjälklaget har ännu inte gjorts.

E1.1.2 Ytterväggar.

E1.1.2.1 NEDERBÖRD.

Kontroll av ritningar.

1)Se E1.3r (Ritning K33,Detaljer och armering vid tegelfasader) samt C2.1.1.1.
Byggnadens nedre delar är beklädda med betongstenar av grövre dimensioner och med djupa murfogar(15mm). Fasaden i övrigt är klädd med vanligt fasadtegel. Denna grövre utvändiga beklädnad kan leda till att regnet ansamlas i murfogarna. Regnansamlingen kan i värsta fall leda till både frostspräning av betongstenarna och nedsmutsning av fasaden.

2) I figur E1.4r (Ritning A111) eller E1.5 (A212) samt C2.1.1.1
Mycket måttligt takutsprång (endast 75 mm) vilket leder till att hela fasaden utsätts för slagregn och måste dimensioneras därefter.

3) Se E1.6 (ritning A210) samt C2.1.1.2.

Infästningen av dropplist ovankant fönster? Efter slagregn kan vatten ansamlas invid infästningen.Vattnet kan intränga kapillärt mot träregeln varvid regeln utsättes för ökad fuktpåkänning. *Tätningsförfarande?*

4) Se E1.7(ritning K05, Grundkonstruktioner) samt C2.1.1.2.

Dräneringen samt ventaltionen av luftspalten sker genom att var 4:e stötfog är öppen (tillräckligt?). Vattenutledande skikt av plåt finns i luftspaltens underkant (Bra!).

5) Se figur E1.8 (ritning K27: Stålramar plan 4) och C2.1.1.2.

Hur fästes vattenutledaren av plåt?

6) Se E1.9(Ritning K22, Detalj 2) samt C2.1.1.4.

Avvatttningen av balkonger verkar bra, men det kan bli problem vid mycket snö mot ytterväggen, då vatten eventuellt kan insugas kapillärt mot ytterväggens varmare delar.*Tätningförfarande?*

E1.1.2.2 LUFTFUKT I UTOMHUSLUFTEN.

E1.1.2.3 LUFTFUKT I INNELUFTEN.

Kontroll av ritningar.

Se E1.6r(A-210) samt C2.1.3.4.

Se beräkningsexemplet nedan "Förenklad kvantitativ bedömning/ Fuktkonvektion" på konsekvenser av brister i lufttätningen om invändigt övertryck uppkommer.

Se E1.10r (Ritningen Tegelkramling, Plan och sektioner,detalj A-A)

1) Se kap C2.1.3.4 :Kommentaren "Drevning och fogmassa kan ersättas med fogskum" är inte bra eftersom

a) fogskummets långtidsegenskaper inte är tillräckligt utredda

b) träregel och betong rör sig i förhållande till varandra och fogtätningen därför måste ha elastiska egenskaper.

2)Se kap C2.1.3.5: Då denna detalj innehåller en köldbrygga skall yttemperaturen kontrolleras t ex med hjälp av ett datorprogram .Se beräkningar nedan "Fullständig kvantitativ bedömning/Yttemperatur"

Beräkningar.

Förenklad kvantitativ bedömning / Fuktkonvektion.

LUFTMÄNGDSBEÄKNINGAR.

Luftgenomgångsmotståndet, S beräknas enligt ekvation E(B).

$S = n / B = (n \cdot d) / B_o$ (Pa·s/m) E(B)

där

n = det strömmande mediets dynamiska viskositet (Ns/m^2)
B = permeans (m)
B_o = materialets specifika permabilitet (m^2)
d = materialtjocklek (m)

Materialdata för n, B och B_o finns i kap D6.

Förutsättningar.
Beräkning har gjorts för ytterväggar med följande detaljsnitt

120	½-stens tegelmur, 19 håls
(35	luftspalt)
120	mineralull, densitet 22 kg/m^3
150	betong , K25

Vid beräkningarn har ingen hänsyn till luftspalten tagits.

Vi har valt följande stationära klimatförutsättningar

Utomhustemperatur	+ 8°C
Inomhus	+ 22°C med 50% relativ ånghalt.

Temperaturskillnaden över väggen ger följande temperaturfördelning i detaljsnittet.

	d (m)	lamda	m	delta T (°C)	T (°C)
					8.0
Ute	-	-	0.04	0.2	
					8.2
Tegel	0.120	0.7	0.17	0.7	
					8.9
Mineralull	0.120	0.04	3.00	12.2	
					21.1
Betong	0.150	1.7	0.09	0.3	
					21.4
Inne	-	-	0.13	0.6	
			3.43	14.0	22.0

För att exakt ta hänsyn till temperaturkänsligheten hos den dynamiska viskositeten (n), se D5,vid bestämning av konstruktionens luftgenomgångsmotstånd, S, skall konstruktionen delas upp i olika temperaturzoner. Om vi antager att den dynamiska viskositeten gäller för $\pm$ 2.5°C för temperaturerna enligt D6, (10,15 och 20 °C), kan konstruktionen delas upp i 3 temperaturzoner, T_{zon}. Under de angiva klimatförutsättningarna (ute :+ 8°C och inne: +22°C) så finner vi, se ovan tabell, att följande gäller

Tegel	T_{zon} = 10°C	=>	$n = 17.5 \cdot 10^{-6}$ N·s/m^2
Mineralull	T_{zon} = 10°C	till	T_{zon} = 20°C
Betong	T_{zon} = 20°C	=>	$n = 18.0 \cdot 10^{-6}$ N·s/m^2

I mineralullskiktet finns tre olika temperaturzoner varmed denna uppdelas för exakt bestämning av luftgenomgångsmotståndet, S,i ekv E(B). Men i detta här fallet kan medeltemperaturen i mineralullsskiket användas då felet är endast 1 Pa·s/m på totalsumman.

Vi gör luftmängdsberäkning för två olika fall för att erhålla en jämförelse på hur mycket luft som kan transporteras genom ytterväggskonstruktionen.

A) Bra murat tegelskal med B = $0.08 \cdot 10^{-9}$m
B) Dåligt murat tegelskal med B = $0.3 \cdot 10^{-9}$m

Dessutom görs beräkningar för sprickfri och sprucken betong.

SPRICKFRI BETONG

Tegelskal: **A** B = $0.08 \cdot 10^{-9}$m, n(10°C) = $17.5 \cdot 10^{-6}$ Ns/m^2
Ger S_A = 218 750 (Pa s/m)
B B = $0.3 \cdot 10^{-9}$m, n = $17.5 \cdot 10^{-6}$ Ns/m^2
ger S_B = 58 333 (Pa s / m)

Mineralull: B = $1.9 \cdot 10^{-9}$m, n(15°C) = $17.75 \cdot 10^{-6}$ Ns/m^2, d = 0.120 m
$S_{mineralull}$ = 1121 Pa s/m

Betong: B = $4.5 \cdot 10^{-15}$m, n(20°C) = $18.0 \cdot 10^{-6}$ Ns/m^2, d = 0.150 m
S_{betong} = 613640 Pa s/m

Totalt luftmotstånd för de båda konstruktionerna

A: $S_{totA} = S_A + S_{mineralull} + S_{betong} = 834 \cdot 10^3$ Pa·s/m

B: $S_{totB} = S_B + S_{mineralull} + S_{betong} = 674 \cdot 10^3$ Pa·s/m

En tryckskillnad över väggen på $p_{tot} = 5$ Pa antas, vilket ger följande luftflöden:

A) Bra murat tegelskal : $u_A = p_{tot} / S_{totA} = 6.0 \cdot 10^{-6}$ m^3/m^2·s

B) Dåligt murat tegelskal : $u_B = p_{tot} / S_{totB} = 7.4 \cdot 10^{-6}$ m^3/m^2·s

GENOMGÅENDE SPRICKA (SPALT) I BETONGEN.

I ovan gjorda beräkning av luftgenomgångsmotståndet, S, har betongen det största motståndet. Om betongen skulle ha en genomgående spricka, där luften fritt kan passera, medför det att större mängder luft transporteras genom väggen. För att kvatifiera detta fall, har beräkningar gjorts för både 1 mm och 4 mm bred spalt under följande förutsättningar

- Den luftmängd som går genom konstruktionen antas gå genom spalten, dvs $p_{betong} = 0$, och tryckfallet blir då

$$p_{tegel} + p_{mineralull} + p_{spalt} = p_{tot}$$

- Tryckfördelningen i väggens plan antas vara konstant och oberoende av springans storlek.*(Påverkas!)*
- Tryckfallet antas vara $p_{tot} = 5$ Pa.
- Luftflödet genom konstruktionen antas inte påverka temperturfördelningen i väggsnittet *(Det gör det!, men antagandet ger resultat på säkra sidan vid beräkningen av kondenserad fuktmängd)*
- Beräkningarna görs för 1 m^2 väggyta vilket ger

$A_{tegel} = 1$ m^2

$A_{mineralull} = 1$ m^2

A_{spalt} = spaltbredd·1.0 m^2

Ekvationen för att beräkna luftflödet vid laminär strömning genom en spalt är

$$p_{spalt} = p_{sp} + p_{in} + p_{ut} \qquad E(B1)$$

där

$p_{sp} = (12 \cdot Q \cdot n \cdot l)/(b^2 \cdot A_{spalt})$ där Q = luftmängd (m^3/s)
l = spaltlängd (m)
b = spaltbredd (m)
A_{spalt} = arean (m^2)

och

$p_{in} + p_{ut}$ = förlustfaktor· luftdensiteten·$(Q/A)^2$

där förlustfaktor = 1.8 (vid beräkningarna)
luftdensiteten = 1.19 (vid 22°C,50%RH)

Ekvationerna i E(B1) sammankopplas med den ekvationen som angavs i förutsättningarna varefter passningsberäkningar ger resultaten som redovisas i TABELL E1.a för respektive 1 och 4 mm genomgående spalter. En kontroll har gjorts av att de angiva luftflödena genom spalten är laminära.

FUKTKONVEKTION.

Allmän ekvation

$$g_{kond} = u_{tot} \cdot (v_i - (v_s)_u) \qquad (kg/m^2 \cdot s) \qquad E(C)$$

med

u_{tot} = genomströmmad luftmängd ($m^3/m^2 \cdot s$)
v_i = inneluftens ånghalt (kg/m^3)
$(v_s)_u$ = uteluftens mättnads ånghalt (kg/m^3)

Med vald temperatur och fuktighet blir

$v_i = 0.5 \cdot 19.41 = 9.7\ kg/m^3$ (22°C, 50% RH)
$(v_s)_u = 8.3\ kg/m^3$ (8°C)

Kondenserad fuktmängd redovisas i TABELL E1.a.

TABELL E1.a. Luftflöde och kondenserad fuktmängd vid invändigt övertryck, p_{tot} = 5 Pa. Yttervägg.

Fall	Bra murat tegelskal		Dåligt murat tegelskal	
	luftflöde	g_{kond}	luftflöde	g_{kond}
	$(m^3/m^2 \cdot s)$	$(kg/m^2 \cdot dygn)$	$(m^3/m^2 \cdot s)$	$(kg/m^2 \cdot dygn)$
	10^{-6}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-3}
Sprickfri yttervägg	6.0	0.75	7.4	0.9
Betong med genomgående				
1 mm spalt	19.8	2.5	54.4	6.8
4 mm spalt	22.7	2.8	83.4	10.4

Tabellen kan eventuellt kompletteras med värden gällande andra ute- och inneklimat. Jämför även pågående arbete av Nevander&Elmarsson angående riskanalys o d.

Dessa värden på fuktkonvektionen kan jämföras med vad diffusionen orsakar under samma förutsättningar med + 10°C,100% RH utomhus och +22°C, 50% RH inomhus.

$$g_{diffusion} = 0.86 \cdot 10^{-3} kg / m^2 \cdot dygn.$$

Beräkningen skall sedan fullföljas med en fuktbalansberäkning för skalmuren, där bl a uttorkningsförhållanden och slagregn beaktas.
Liknande beräkningar bör även göras för utfackningsväggarna.

Fullständigt kvantitativ bedömning / Yttemperatur.
Beräkning med PC-dator har gjorts med

HEAT2 / A PC-MODEL FOR TWO-DIMENSIONEL HEAT CONDUCTION / (TVBH-7110) av Thomas Blomberg.

För vidare information hänvisas till rapporten.

FÖRUTSÄTTNINGAR.
Inomhustemperatur +22 °C *(Normalt för flerbostadshus?)* och -12°C (DUT5) som utomhustemperatur under stationära förhållanden.

RITNINGAR ENLIGT FIGUR E1.10r

För detalj A-A, i ritning Tegelkramling planer och sektioner, har gjorts beräkning för att kontrollera invändig yttemperatur.

Bestämning av U-värdet genom ett normalt konstruktionssnitt har jämförts med vad datorprogrammet har beräknat. Denna jämförelse har visat att konstruktionsdetaljen har ett sämre U-värde (0.06 W/C^{o}m^{2} högre) än vad konstruktionen har i övrigt. Detta visar att det kan finas risk för kondens vid anslutningen tak-vägg eller golv-vägg. Detta bör utredas vidare.

E1.1.2.4 UTTORKNING AV BYGGFUKT.

Kontroll av ritningar.

Beräkningar.

Beräkningar på ytterväggar och på bjälklag har gjorts med hjälp av handberäkningar (förenklad kvantitativ bedömning) samt med PC-dator (fullständigt kvantitativ bedömning).

Uttorkningen av byggfukt hos betongstommen och dess ingående komponenter görs för en byggnadsdel i taget och de olika uttorkningsprocesserna antas inte påverka varandra.

Förenklad kvantitativ bedömning.

Beräkningar har gjort med följande modeller

1) Fouriertal
   a) FUKTHANDBOKEN
   b) BETONGHANDBOKEN
2) Förenklad beräkningsmodell

1) FOURIERTAL.

Bestämning av betongens uttorkningesförlopp kan beräknas med en metod som baseras på fuktpotentialen, u som funktion av Fouriertalet, F /Pihlajavaara/.

Fuktpotentialen,u beräknas här enligt nedanstående ekvation E(D).

$$u = \frac{w - w(e)}{w(start) - w(e)} \qquad E(D)$$

där w = medelfukthalt vid tiden t (kg / m^3)
w(start) = fukthalt vid start av uttorkningen (kg / m^3)
w(e) = fukthalt vid jämnvikt med omgivningen (kg / m^3)

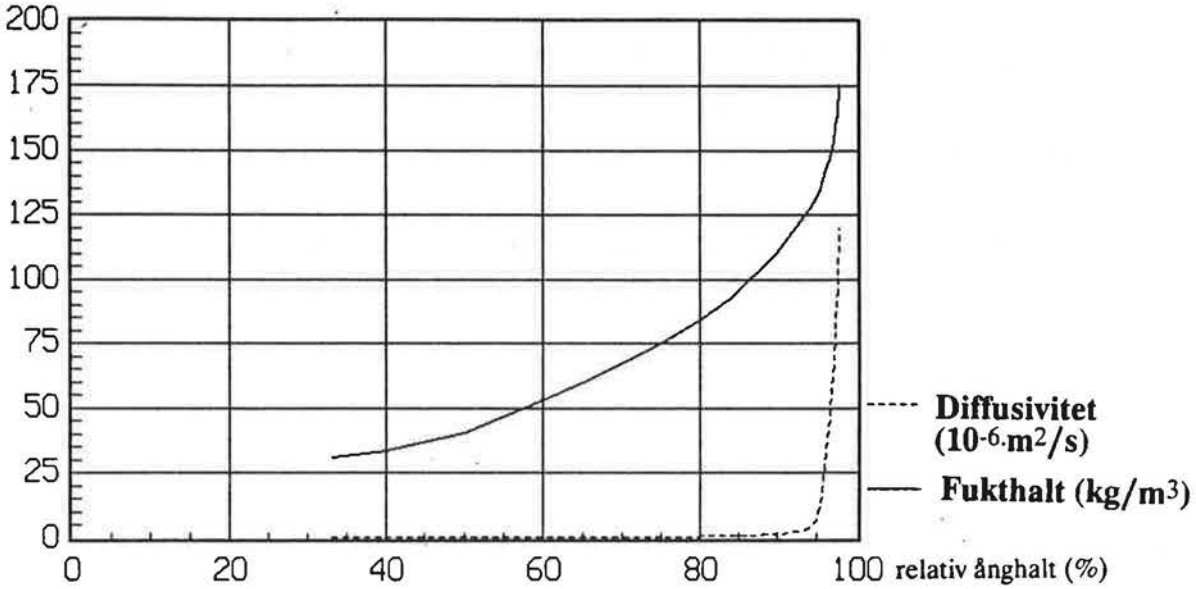
Under de kommande beräkningarna så gäller följande oavsett om FUKT-HANDBOKEN eller BETONGHANDBOKEN utnyttjas för bestämning av uttorkningstiden för yttervägg eller bjälklag.

*Btg K25 med materialdata enligt figur E1.11 och följande fukthalter:

* Start: w(start) = 156.6 kg/ m^3 (97.3%)
* Slut: w(e) = 40.5kg/m^3 (50%)
* Beräknar uttorkningstiden tills relativ ånghalt är:

90%	80%	70%	relativ ånghalt
110.2 kg/m^3	83.7 kg/m^3	67.0 kg/m^3	motsvarande fukthalt,w

* Beräkningarna sker vid +20°C .
* Båda sidor av konstruktionen antas sakna ytbehandling eller andra skikt som hindrar uttorkningen.



FIGUR E1.11.Betong K25 (vct 0.8 , C= 270 kg/m^3) vid + 20°C
/ Göran Hedenblads mätningar/

Fouriertelet, F, bestäms enligt ekvation E(E)

$$F = D_w \cdot t / (d^2) \qquad E(E)$$

där D_w = fuktdiffusivitet (m^2/s)
t = tiden för uttorkningen (s)
d = tjockleken hos materialet vid ensidig uttorkning (m)

Fuktdiffusiviteten, D_w, beräknas på olika sätt i FUKTHANDBOKEN och BETONGHANDBOKEN och därför behandlas dessa alternativ var för sig.

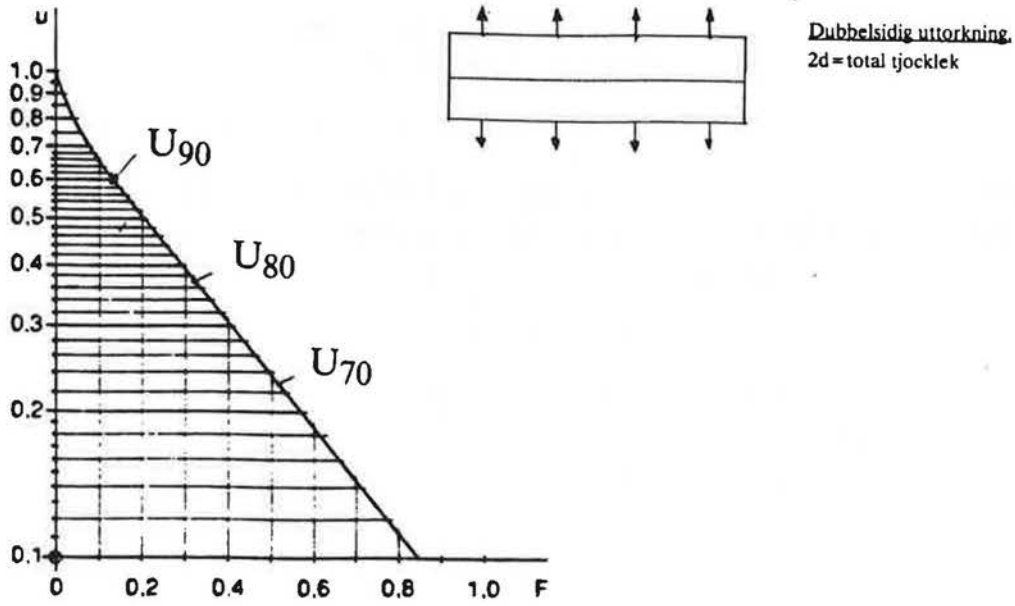
Beräkningar har gjorts för ytterväggar (0.15 m) och bjälklag(0.20 m). Varje byggnadsdel (ytterväggar och bjälklag) redovisas var för sig. Dock görs bara en detaljerad beskrivning av metodiken, se "FUKTHANDBOKEN / YTTERVÄGGAR" nedan.

FUKTHANDBOKEN/YTTERVÄGGAR.
Uttorkning kan ske på två sätt dels genom ensidig uttorkning (d=0.150 m), dels genom dubbelsidig uttorkning (d=0.075 m).

Fuktpotentialen, u, blir följande:

a) u_{90} = (110.2 - 40.5)/(156.6 - 40.5) = 0.6
b) u_{80} = (83.7 - 40.5) / (156.6 - 40.5) = 0.37
c) u_{70} = (67.0 - 40.5) / (156.6 - 40.5) = 0.23

Fouriertalet fås ur figur E1.12 med kännedom om fuktpotentialen, u.



FIGUR E1.12. Samband mellan fuktpotentialen,u och Fouriertalet, F.
/FUKTHANDBOKEN/

Enligt figur E1.12 med beräknade u, fås följande värden på F:

a) u_{90} = 0.60 ger F_{90} = 0.13
b) u_{80} = 0.37 ger F_{80} = 0.31
c) u_{70} = 0.23 ger F_{70} = 0.49

Nu gäller det att bestämma D_w så att den överrenstämma med "verkligheten". Lämpliga värden på D_w kommer att tas fram för olika material och redovisas i avsnitt D6.

Vi antar för denna beräkningen att $D_w = 140 \cdot 10^{-12}$ m²/s. Enligt ekv E(E) är $t = F \cdot d^2 / D_w$ och resultatet redovisas i Tabell E1.b både för enkelsidig (d=0.15m) och dubbelsidig uttorkning (d=0.075m).

FUKTHANDBOKEN/BJÄLKLAG.
Betongbjälklaget har (200 mm) 0.200 m tjocklek. Samma förutsättningar som för ytterväggar - dock med d=0.10m (dubbelsidig uttorkning). Resultat redovisas i Tabell E1.b.

Tabell E1b. Uttorkningstider enligt FUKTHANDBOKEN för ytterväggsstomme och bjälklag.

Relativ ånghalt %	u ekv E(D) -	F Figur E1.12	Ytterv ägg Enkelsidig uttorkning år	Ytterv ägg Dubbelsidig uttorkning år	Bjälklag Dubbelsidig uttorkning år
90	0.6	0.13	0.7	0.2	0.3
80	0.37	0.31	1.6	0.4	0.7
70	0.23	0.49	2.5	0.8	1.1

b) BETONGHANDBOKEN. Beräkningar har gjorts med materialdata från Byggnadsmaterial, LNTH,enligt figur E1.11. Beräkningarna genomförs under samma förutsättningar som vid beräkningarna enligt FUKTHANDBOKEN. Detta för att få jämförelse med

- FUKTHANDBOKEN's resultat och
- datorberäkningar, se "fullstädig kvantitativ bedöming".

I Betonghandboken använder man följande ekvation för att beräkna D_w.

$$D_w = D_r \cdot (1 + b \cdot u^n) \qquad E(F)$$

där D_r = diffusiviteten vid låga relativa ånghalter (m^2/s)

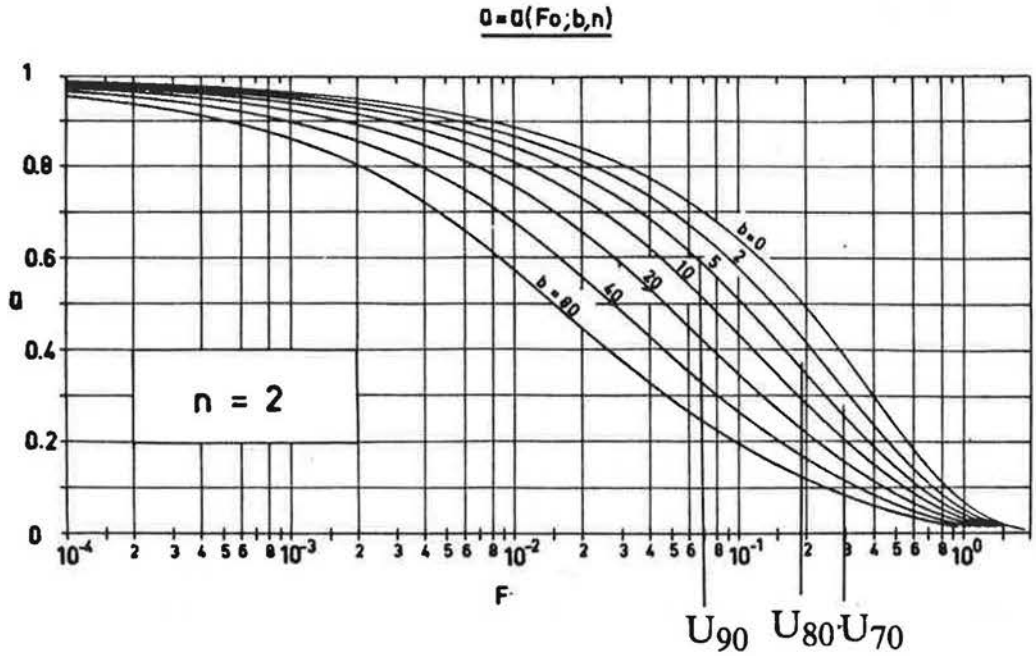
b,n = är materialkonstanter

Uppskattning av materialkonstanterna har gjorts vilket har lett till b = 4 och n=3 då $D_r = 21.5 \cdot 10^{-12}$ m^2/s. Dessa materialkonstanter har för närvarande ingen Fourierkurva och därför har beräkningar gjorts för två fall

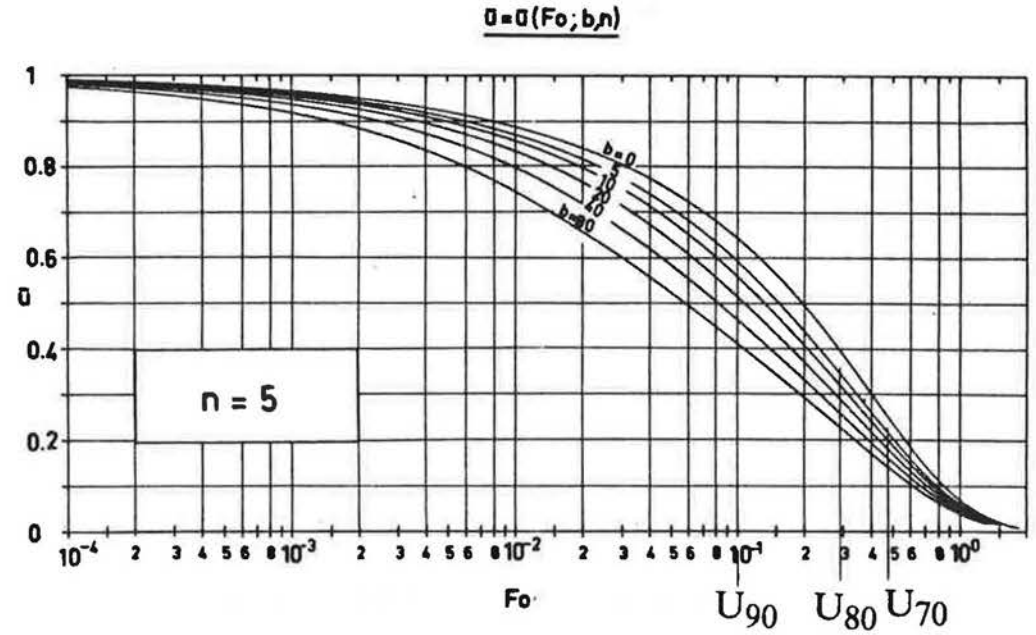
I) n=2, b= 4

II) n=5, b= 4

Fouriertalen fås fram enligt figur E1.13 för fall I) och för fall II) i figur E1.14.



Figur E1.13 Fouriertal för n=2 /PIHLAJAVAARA/



Figur E1.14 Fouriertal n=5 /PIHLAJAVAARA/

Resultaten av beräkningarna redovisas i TABELL E1.c både för ytterväggar och för bjälklag.

Tabell E1.c. Uttorkningstider med Betonghandboken för yttervägg och för bjälklag.

Relativ ånghalt %	u ekv E(D)	F_I	F_{II}	YTTERVÄGGAR Enkelsidig uttorkning I(år)	II(år)	Dubbelsidig uttorkning I(år)	II(år)	BJÄLKLAG Dubbelsidig uttorkning I(år)	II(år)
90	0.6	0.069	0.10	2.3	3.3	0.6	0.8	1.0	1.5
80	0.37	0.195	0.29	6.5	9.6	1.6	2.4	2.9	4.3
70	0.23	0.30	0.48	10.	15.9	2.5	4.0	4.4	7.1

FÖRENKLAD BERÄKNINGSMODELL.

Beräkningsmodell som utförs i tabellform som innehåller följande kolumner.

KOLUMN

nr 1 RH anger mellan vilka relativa ånghalter som beäkningsteget görs mellan.

2 Anger fukthalten,w, i materialet vid den relativa ånghalten RH.

3 Beräkning av hur mycket som fukthalten skall minska under beräkningssteget w(ut)

4 Vattenhalten G(ut) anger hur mycket vatten som skall torka ut under beräkningssteget ,
$G(ut) = w(ut) \cdot d$ där d=tjockleken

5 RH_m anger medelvärdet av den relativa ånghalten RH under beräkningssteget.

6 v anger medelvärdet av ånghalten i väggen under beräkningssteget
$v = v_s \cdot RH_m$ där v_s= mättnadsånghalten

7 v_i är inomhusånghalten $v_i = v_s \cdot RH_{inomhus}$.

8 delta ånggenomsläppligheten vid RH_m för materialet.

9 Z anger ånggenomsläppligheten
$Z = (d/2) / delta$.

10 t_{steg} anger tiden för beräkningssteget enligt följande ekvation
$t_{steg} = G(ut) \cdot Z / (v - v_i)$

11 t anger den totala uttorkningstiden till ett visst RH,
t = Summan av samtliga tider innan RH.

Beräkning för uttorkningstider för YTTERVÄGGAR görs enligt två fall

I) Ensidig uttorkning d=0.150m se Tabell E1.d

II) Dubbelsidig uttorkning d= 0.075m se Tabell E1.e

Förutsättningar.

Btg K25, Materialdata enligt figur E1.11

Inomhus- och uttorkningsklimat +20°C och 50% relativ ånghalt under stationära förhållanden.

Redovisning för bjälklaget kommer inte att ske för denna beräkningsmodell.

Tabell E1.d. FALL I, Ensidig uttorkning

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RH	w	w(ut)	G(ut)	RH_m	$v10^{-3}$	v_i10^{-3}	delta10^{-6}	Z	t_{steg}	t
97.3	156.6									0
		25.1	3.8	96.2	16.62	8.64	31.0	2419	13	
95	131.5									13
		21.3	3.2	92.5	15.98	8.64	2.3	32610	165	
90	110.7									178
		15.2	2.3	87.5	15.12	8.64	1.02	73530	302	
85	95.5									480
		11.8	1.8	82.5	14.26	8.64	0.7	107143	397	
80	83.7									878
		8.6	1.3	77.5	13.39	8.64	0.4	187500	594	
75	75.1									1471
		8.1	1.2	72.5	12.53	8.64	0.32	234375	837	
70	67.0									2308

Tabell E1.e. FALL II, Dubbelsidig uttorkning

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RH	w	w(ut)	G(ut)	RH_m	$v10^{-3}$	v_i10^{-3}	$delta10^{-6}$	Z	t_{steg}	t
97.3	156.6									0
		25.1	1.9	96.2	16.62	8.64	31.0	1210	3	
95	131.5									3
		21.3	1.6	92.5	15.98	8.64	2.3	16304	41	
90	110.7									44
		15.2	1.1	87.5	15.12	8.64	1.02	36765	72	
85	95.5									116
		11.8	0.9	82.5	14.26	8.64	0.7	53571	99	
80	83.7									215
		8.6	0.7	77.5	13.39	8.64	0.4	93750	163	
75	75.1									378
		8.1	0.6	72.5	12.53	8.64	0.32	117187	209	
70	67.0									587

Fullständigt kvantitativ bedömning.
Beräkningar med PC-dator med programmvaran
JAM-1 / DATORMODELLER FÖR FUKTTRANSPORT I PORÖSA MATERIAL / (TVBH-7108) av Jesper Arfvidsson.
För vidare information hänvisas till rapporten.

FÖRUTSÄTTNINGAR.
Beräkningarna utförs med betong enligt figur E1.11 samt med stationära förhållanden både utom- och inomhus med temperatur +20 °C och 50% relativ ånghalt. Uttorkningsstart är vid 97.3% relativ ånghalt vilken är samma som vid den förenklade kvantitativa beräkningen för både ytterväggar och bjälklag.

YTTERVÄGGAR.

Betongtjocklek 150 mm, K25 har följande fall studierats.

1) Ensidig uttorkning
   a) direkt avdunstning från invändiga utan utan invändigt övergångsmotstånd, dvs $Z_v = 0$ s/m.
   b) Med ett invändigt övergångsmotstånd, dvs $Z_v = 360$ s/m.

2) Dubbelsidig uttorkning
   a) direkt avdunstning från invändiga utan utan invändigt övergångsmotstånd, dvs $Z_v = 0$ s/m.
   b) Med ett invändigt övergångsmotstånd, dvs $Z_v = 360$ s/m.

Resultatet redovisas i nedan tabell E1.g

För att kontrollera om de invändiga övergångsmotstånden har betydelse för uttorkningstiden har studier gjorts för ett fall: Ensidig uttorkning. Dessa redovisas som skillnader mellan inget, $Z_v = 0$ s/m (avdunstning från fri vattenyta), och övergångsmotståndet, $Z_v = 360$ s/m, i TABELL E1.f.

TABELL E1.f. Skillnader i fukthalt på olika djup i materialet vid beräkning med två olika övergångsmotstånd vid ensidig uttorkning.

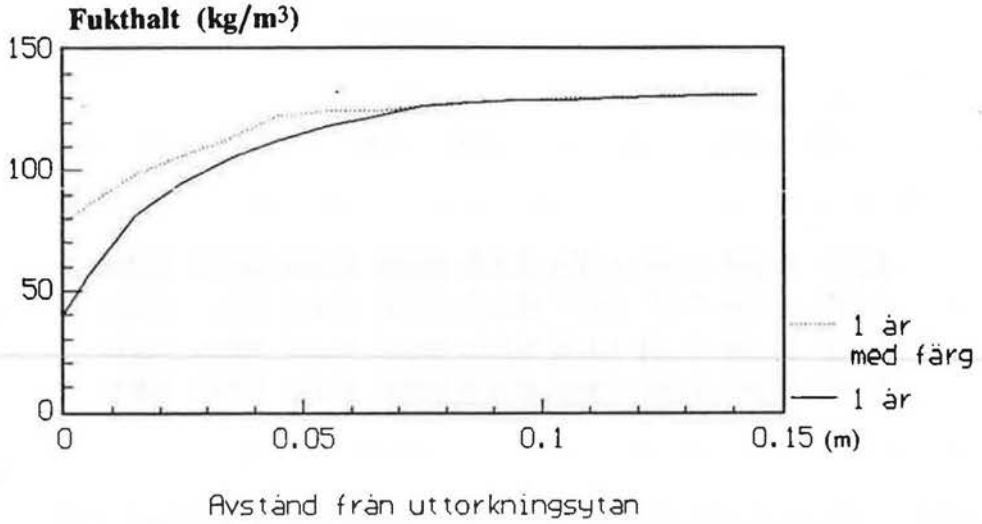
Uttorkningstid	Skillnad i fukthalt, w (kg/m^3)								
	0	15	35	55	75	95	115	135	150
månader	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6	0.317	0.140	0.050	0.024	0.013	0.009	0.006	0.004	0.004
12	0.189	0.108	0.050	0.037	0.022	0.002	0.011	0.011	0.011
24	0.115	0.102	0.051	0.038	0.030	0.022	0.017	0.016	0.016
48	0.085	0.097	0.046	0.040	0.028	0.022	0.022	0.024	0.021

Som resultatet redovisar i tabell E1.f så ger ökad luftomsättning, (dvs Z_v- > 0 s/m), invid en vägg o.dyl inte så stor förbättring av uttorkningshastigheten. Detta kan även konstateras vid studier av TABELL E1.g Uttorkningstider för ytterväggar.

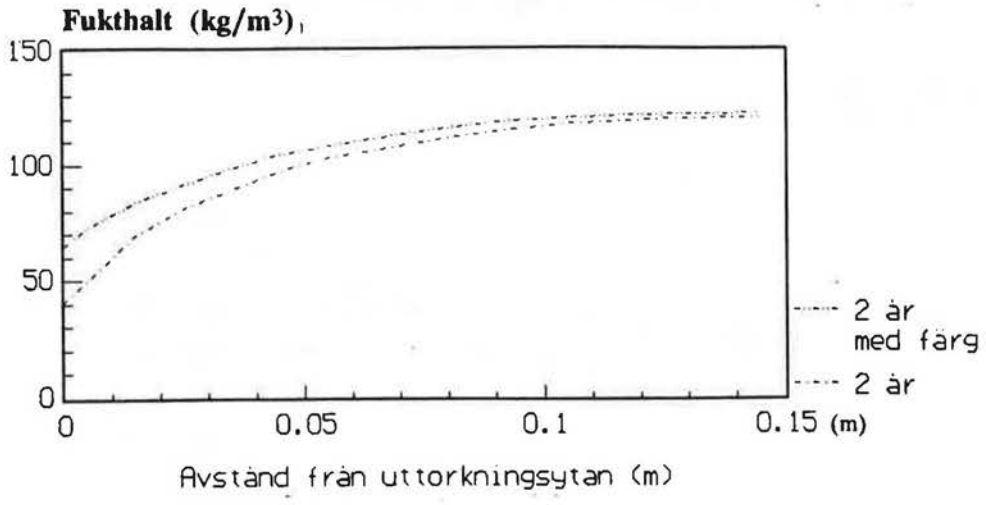
TABELL E1.g Uttorkningstider för ytterväggar.

Vald RH %	Ensidig uttorkning Z_v=0 s/m år	Ensidig uttorkning Z_v=360 s/m år	Dubbelsidig uttorkning Z_v=0 s/m år	Dubbelsidig uttorkning Z_v=360 s/m år
90	3.2	3.2	0.8	0.8
85	5.5	5.5	1.4	1.4
80	7.8	7.8	2	2
75	> 10	> 10	2.7	2.7
70			3.7	3.7

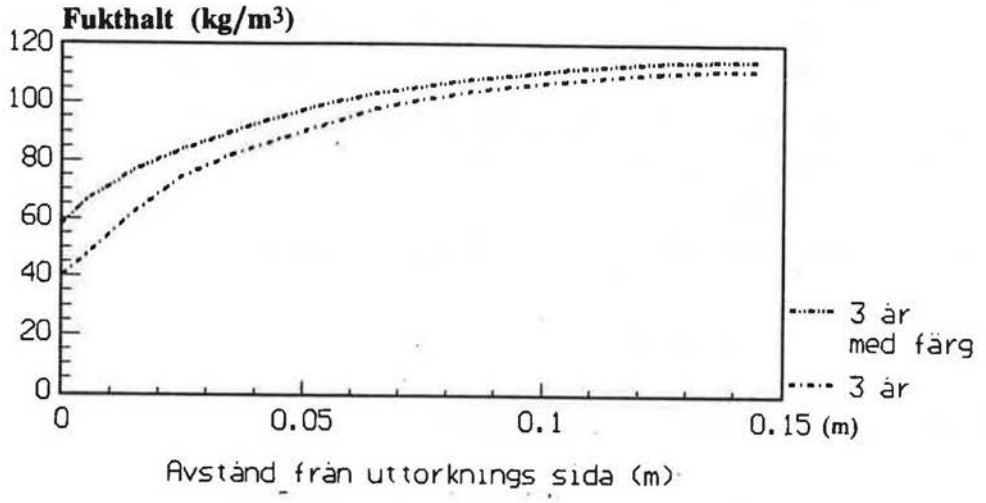
För att studera hur uttorkningsförloppen hos ytterväggen påverkas av ett övergångsmotstånd, har beräkningar gjorts med en ganska tät färg (Z_v= $70 \cdot 10^3$ s/m) som appliceras efter tre månader efter uttorkningens start. Resultatet redovisas vid olika tidpunkter (efter 1, 2 och 3 år) i figurerna E1.15 till E1.17.



Figur E1.15 Jämförelse mellan en målad väggyta och omålad vid 1 år efter uttorkningens start,(97,3% relativ ånghalt, 20°C).



Figur E1.16. Jämförelse mellan en målad väggyta och omålad vid 2 år efter uttorkningens start,(97,3% relativ ånghalt, 20°C).

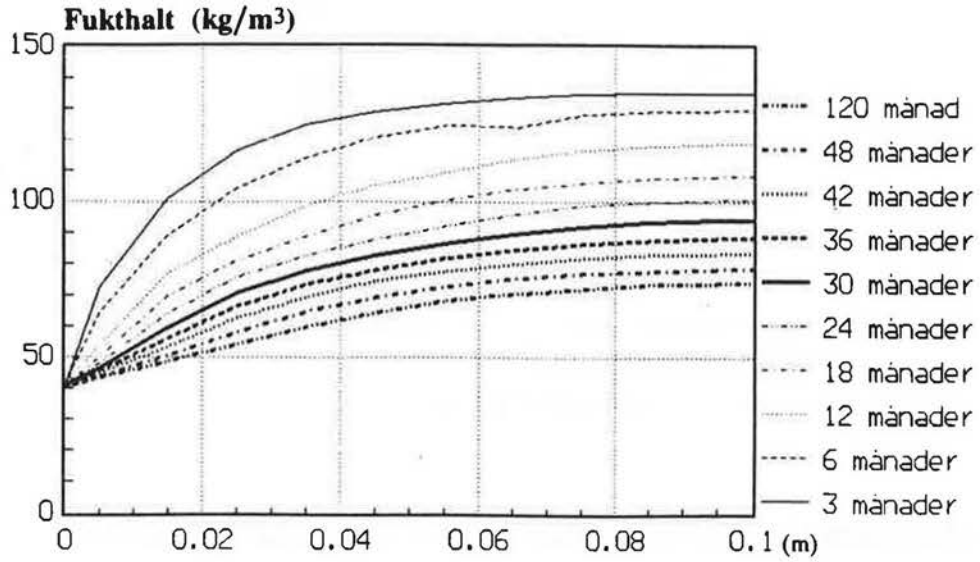


Figur E1.17 Jämförelse mellan en målad väggyta och omålad vid 3 år efter uttorkningens start,(97,3% relativ ånghalt, 20°C).

BJÄLKLAG.

Resultatet redovisas i tabell E1.h under samma förutsättningar som för ytterväggar men med dubbelsidigt uttorkningsförlopp(d=0.1 m).

Fukthaltens fördelning i betongen vid olika tidpunkter med ett övergångsmotstånd enligt alternativ a) redovisas i figur E1.18 för halva tjockleken.



Figur E1.18 Uttorkningstider för betongbjälklag, K25

För att bestämma hur fuktfördelningen i bjälklaget blir om en golvbeläggning med PVC - matta samt målning av taket på undersidan med ganska tät färg ($Z_v = 70 \cdot 10^3$ s/m) sker innan erfoderlig uttorkning av bjälklaget skett, har en beräkning under stationära förhållanden gjorts under antagande att

- appliceringen av materialen sker 3 månader efter uttorkningens påbörjan samt att
- det invändiga övergångsmotståndet är $Z_v = 360$ s/m.

Resultatet redovisas i tabell E1.h

TABELL E1.h Uttorkningstider för 200 mm betongbjälklag.

Vald RH %	Utan ytskikt $Z_v = 0$ s/m år	$Z_v = 360$ s/m år	Med ytskikt enligt ovan år
90	1.4	1.4	3.2
85	2.4	2.4	> 10
80	3.5	3.5	-
75	4.8	4.8	-
70	6.5	6.5	-

Kommentarer till beräkningsresultaten!
Beräkningarna redovisar olika resultat beroende på vad man använder för metodik. Dessa olikheter beror på att vid användning av beräkningsmodeller saknas behövlig materialdata mm. För att uppnå korrekta bedömingsgrunder krävs att materialdata framtages samt eventuellt bearbetas.

De beräknade, i vissa fall ganska långa, uttorkningstiderna måste föranleda olika typer av åtgärder, t ex val av fuktokänsliga material, påskyndande av uttorkningen genom avfuktare e d, ändring av betongtjocklek eller kvalitet etc.

E1.1.3 Grundkonstruktioner.

E1.1.3.1 NEDERBÖRD.
Kontroll av ritningar.

1) Se E1.19r (Ritning K10: trappor.) och C3.1.1.1.
Hur avledning av ytvatten från trappor mm skall ske framgår inte av ritningarna.

2) Se E1.4r (Ritning K05) och C3.1.1.1.
Lutningen på markytan är inte utsatt.

E 1.1.3.2 LUFTFUKT I UTELUFTEN.

E1.1.3.3 LUTFFUKT I INNELUFTEN.
Kontroll av golvtemperaturen mhp kondensrisk mm bör göras.

E1.1.3.4 UTTORKING AV BYGGFUKT.
Kontroll av ritningar.

Beräkningar.
För mera information om olika beräkningssätt vid uttorkning av byggfukt samt för- och nackdelar mm: Se ytterväggar.

Förenklad kvantitativ bedömning.
MULTIPLIKATORMETODEN.

Förutsättningar

-Betongplatta med tjockleken 100mm och betongkvalitet Btg II K25T, enkelsidig uttorkning.

-Uttorkning antas börja då betongen är en månad gammal, membranhärdad.

-För "normalfallet" blir uttorkningstiden 60 dygn för att fuktigheten i betongen skall avtaga till ett värde motsvarande 90% relativ ånghalt. Denna relativa ånghalt utgör ett kritisk fukttillstånd för många golvbeläggningar.

Beräkningsmetod.

Beräkning görs enligt nedanstående TABELL E1.i.

TABELL E1.i UTTORKNING; KORREREKTIONSFAKTORER

Vid avvikelser från "normalfallet " enligt ovan beskrivning multipliceras erfoderig torktid med enlitg nedan angiva "multiplikatorer".

Variabel	Multiplikator					Anmärkning
Betong-kvalitet		K15	K25	K25L	K40	K40L	L=kraftig luftinblandning
	(2x)	(1 x)	(0.5 x)	(0.5 - 0.6x)	(0.3 x)	
			Får ej utsättas för vatten-begjuktning eller regn			
Ålder	1 veckas ånder vid torkstar					
	Plattjocklek		≤ 150 mm		(0.7 x)	
			> 150 mm		(1 x)	
Torkklimat	Relativ ånghalt i omgivningen					
	20 -50 %		60%		80%	
	(1 x)		(1.2 x)		(1.5 x)	
	Temperatur i omgivningen					
	10°C		20°C		30°C	
	(1.3-1.4 x)		(1 x)		(0.6 - 0.7 x)	
Platttjocklek d (mm)	60		80		100	Vid dubbelsidig uttorkning d= halva plattjockleken
	(0.4 x)		(0.7 x)		(1 x)	
	120		140		160	
	(1.4 x)		(1.8 x)		(2.3 x)	
	200		300			
	(3.3 x)		(6.3 x)			
	Gäller vid K25, Högre kvalitet ger läger värden					
Värmeisolering under plattan.	Cellplast 50mm		Lättklinker 150 mm		Mineralull 50 mm	Ej ång- eller diffusionstätning mellan betongen och värmeisoleringen
	(0.9 - 1 x)		(0.7 - 0.8 x)		(0.6 - 0.7 x)	

Exempel.
Beräkningen görs här endast för betongplattan i grundkonstruktionen med 70 mm isolering som randisolering eller utan isolering . Betongkvalitet är K25, plattjocklek d = 100 mm och inomhusklimat väljs till 20°C med 50% i relativ ånghalt.

Uttorkningen sker till 90% realtiv ånghalt.

Tabell E1.i ger följande multiplikatorer...
Utan isolering: 60 x 1 x 0.7 x 1 x 1 x 1 x 1 dygn = 42 dygn
med Isolering : 60 x 1 x 0.7 x 1 x 1 x 1 x 0.6 dygn = 25 dygn

Kommentar till ovan beräkning! Värdena för uttorkningstiden för grunplattan bör göras bättre med en fullständigt kvantitativ bedömning.
E1.1.3.5 MARKFUKT.

Kontroll av ritningar
Se E1.20r (Ritning K05,Grundkonstruktioner) och C3.1.5.2.

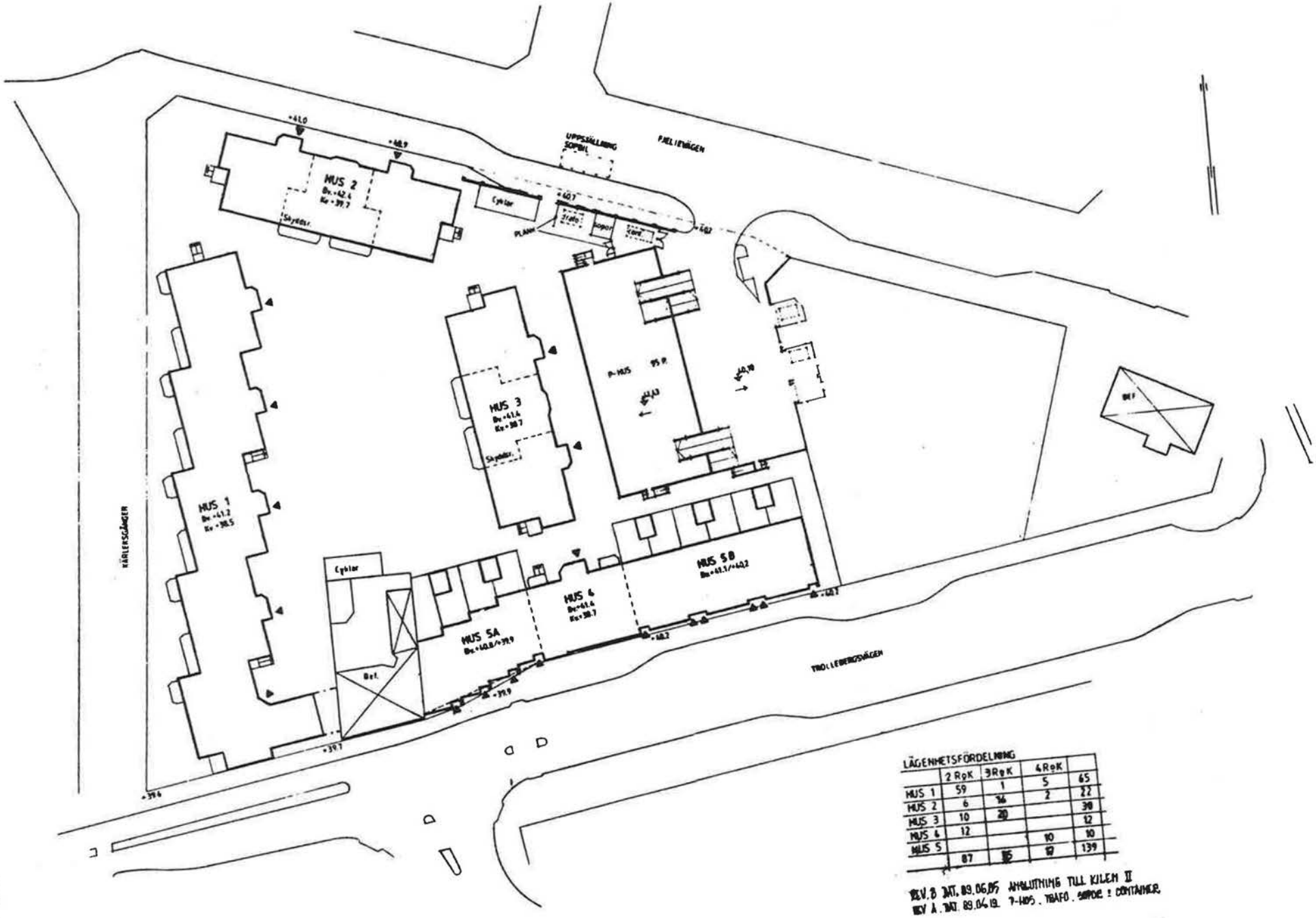
a) Geotextilduk mellan befintlig jordart och dränerande grus. Bra.
b) Dräneringshål ¤ 37mm c/c 3000mm för att bortdränera inkommande vatten i isoleringen i källarväggen. Detta kan vara vanskligt om dessa hål igensätts eller på annat sätt leder till att vatten i vätskefas kan tränga in i isoleringen.
c)Lutningen på kanförstyvningen är inte utsatt.
d) Kvaliteten på det dränerande gruset är inte utsatt.
e) Tätningen mellan källarvägg och bottenplatta?
f) Inget utvändigt fuktskydd ? behövs inte??
g)Ångspärr under grundplattan saknas!

E1.1.4 Fönster, dörrar och portar.

E1.1.5 Våtutrymme.

E1.1.6 Anslutningar, genomföringar mm.

E1.2 Ritningar till flerbostadshus.

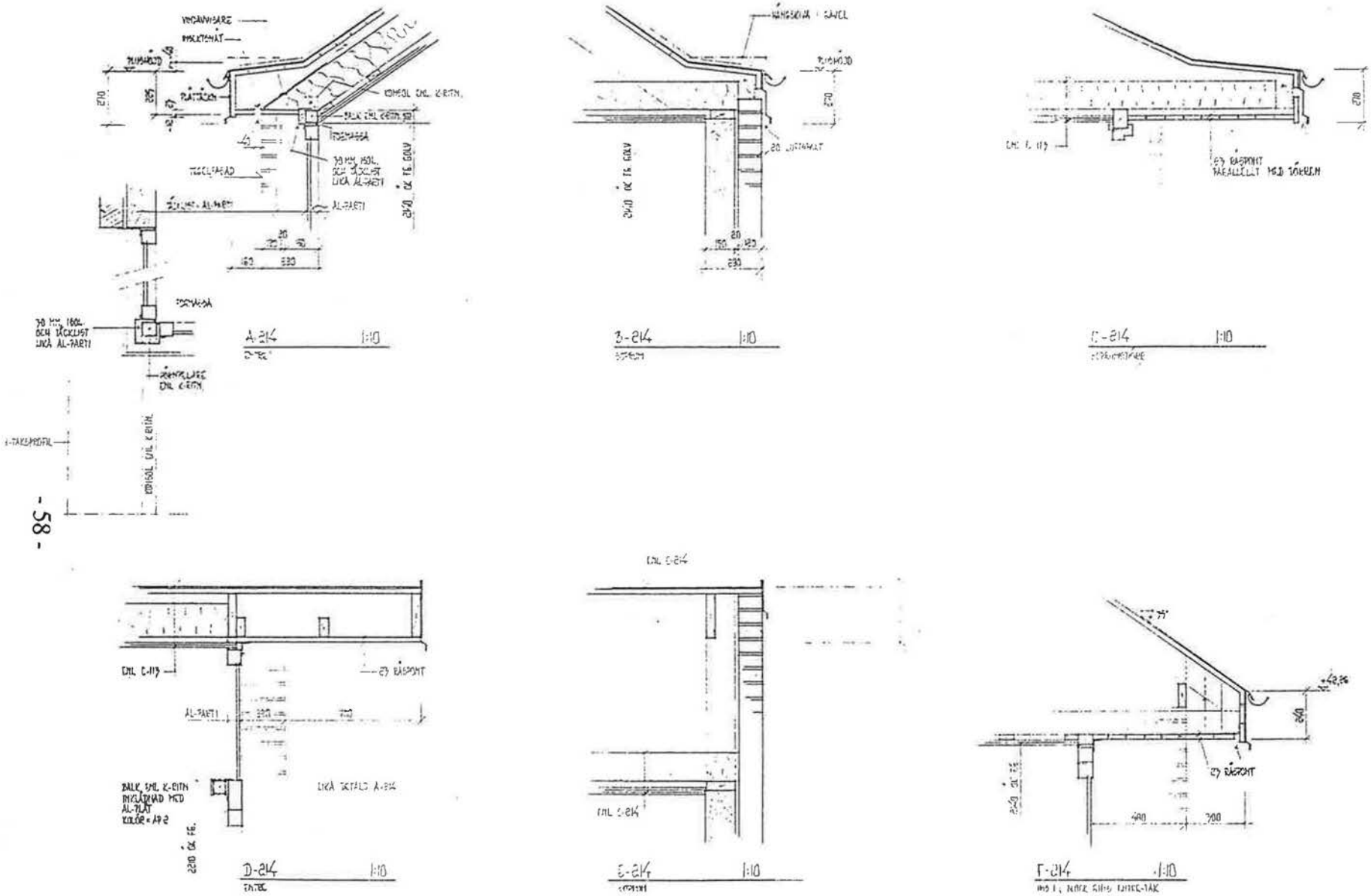


LÄGENHETSFÖRDELNING

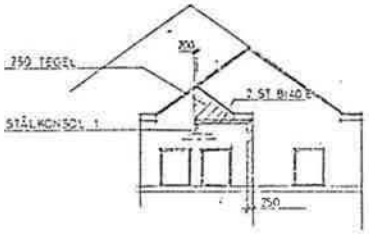
	2 RoK	3 RoK	4 RoK	
HUS 1	59	1	5	65
HUS 2	6	16	2	22
HUS 3	10	20		30
HUS 4	12			12
HUS 5			10	10
	87	35	17	139

REV. B DAT. 89.06.05 ANPASSNING TILL KILEN II
REV A. DAT. 89.04.19. P-HUS. TRAFO. SOPOR. + CONTAINER

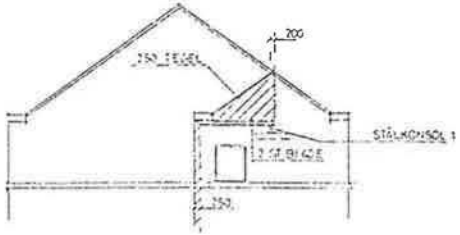
E1.1



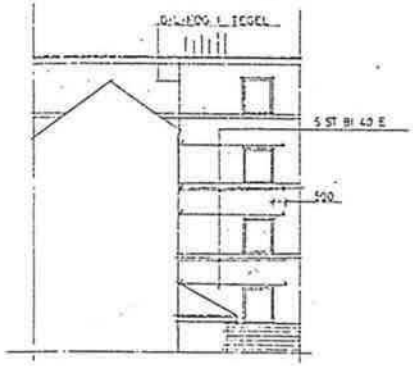
E1.2



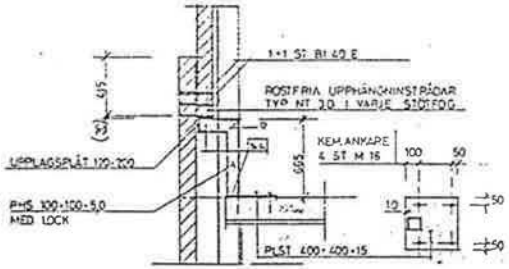
GAVEL HUS 1 G-H – 1:100 –



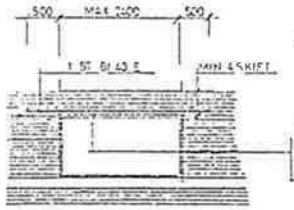
GAVEL HUS 1 A-B – 1:100 –



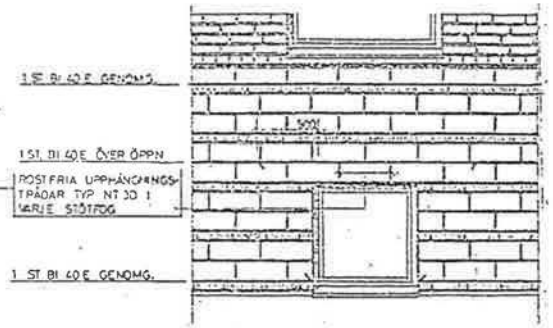
ARM. ÖVER ENTRÉ VID HUS 1 G-H – 1:100 –
GÄLLER AVEN GH DEL 2



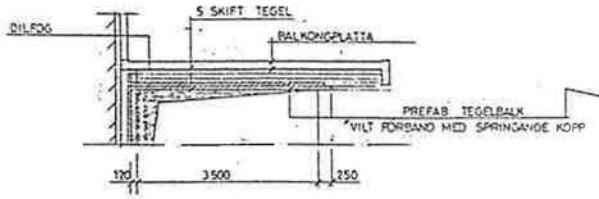
STÅLKONSOL 1 – 1:20 –



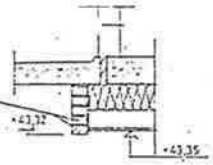
ARM. ÖVER FÖNSTERÖPPN. – 1:50 –
GÄLLER GENERELLT TEGELVÄGG



ARMERING AV BTG-STEN – 1:20 –



TEGELBALK ÖVER PORT HUS 1 G-H DEL 2 – 1:50 –
GÅRDSSIDA



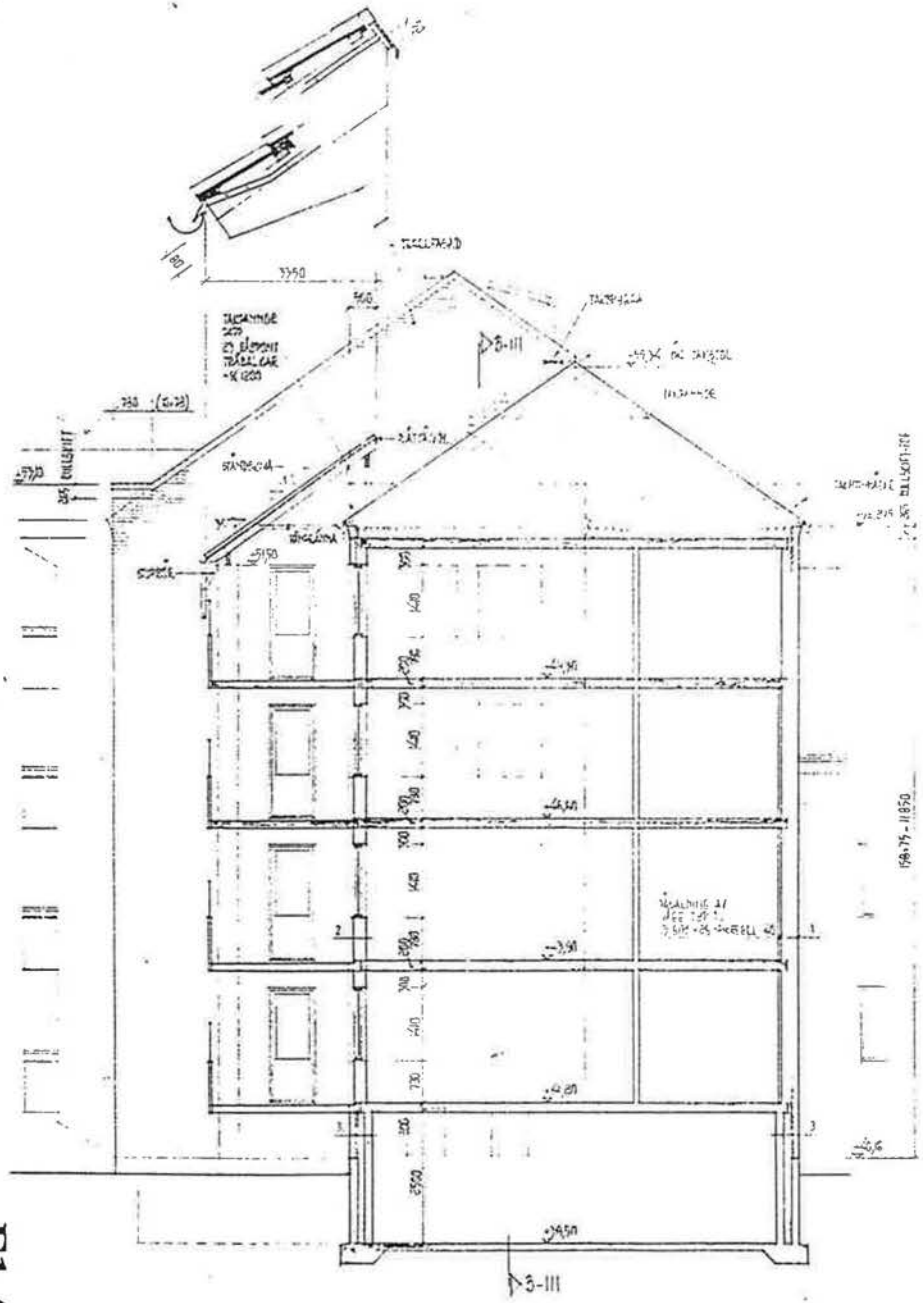
DETALJ – 1:20 –

FÖRESKRIFTER.
SE K01
STÅL MILJÖKLASS: M3, RS 7-9

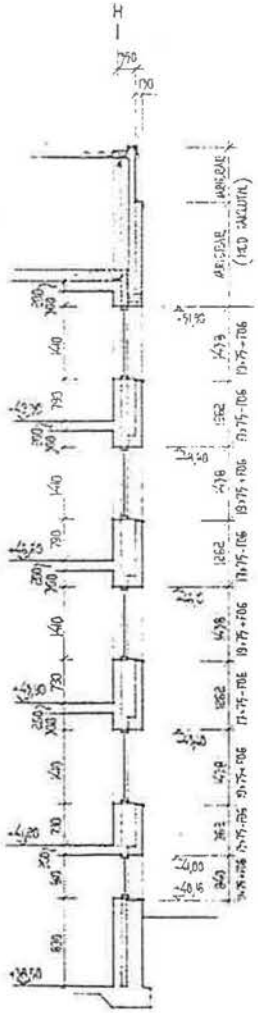
A	TEGELBALK	JO	87.07.29

E1.3

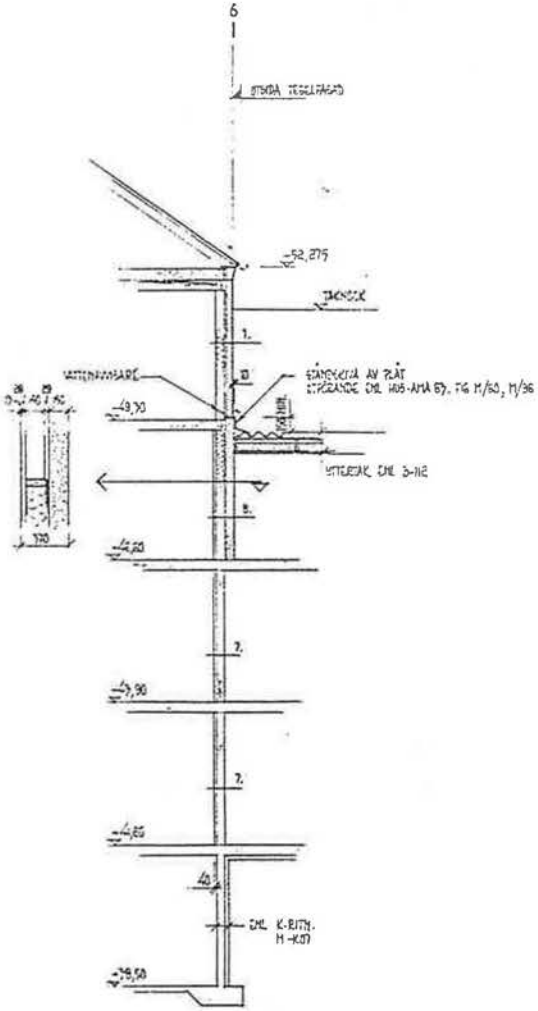
E1.4



A-III 1:50



3-III 1:50



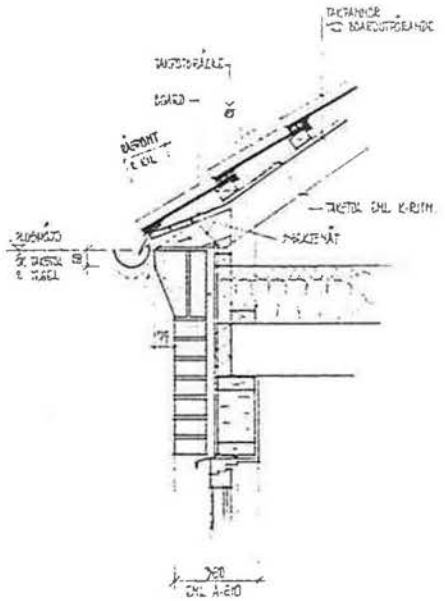
C-III 1:50

VÄGGTYPER

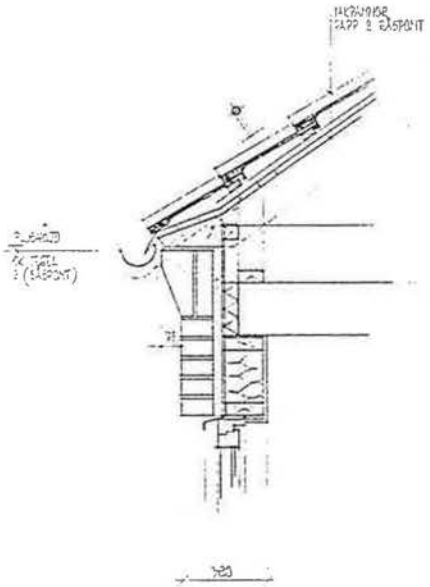
1.	120	TEGEL	2.	22	TÄNCL (LUGANDE)	3	120	TEGEL	7. 150 MTS
	33	LUFTSPALT		28-70	SPÄCKEGEL (LUFTER)		35	LUFTSPALT	28 SPÄCKEGLAR
	9	GIPS		9	GIPS		20	ISOL.	17 GIPS
	145	ISOL-GLGLAR		145	ISOL-GLGLAR		150	MTR	
		DITT-SPÄCR			DITT-SPÄCR				100
	17	GIPS		17	GIPS				
									405

MTS
150 JÄRNBETONG
12 LUFT
9 GIPS
145 ISOL MELLAN GLGLAR
17 GIPS
28 SPÄCKEGEL (VERTIKALT)

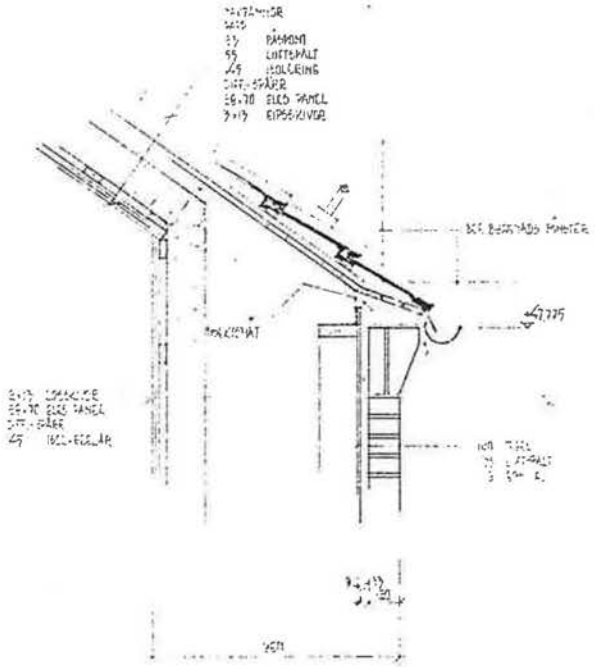
E	MÅLNINGSTAB DETALJER	SK	98.09.01
C	GRÄNSNITT ÖK TAKFÖTTR. (A-III)	SK	98.09.19
B	FASADSNITT C-III	SK	98.09.22



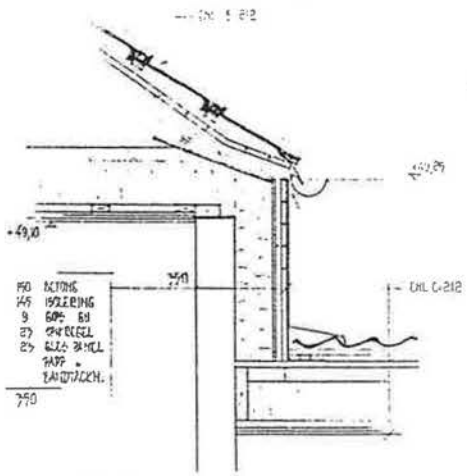
A-212 1:10



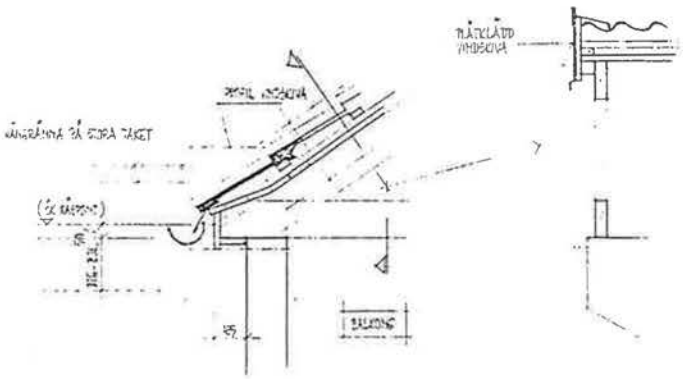
B-212 1:10



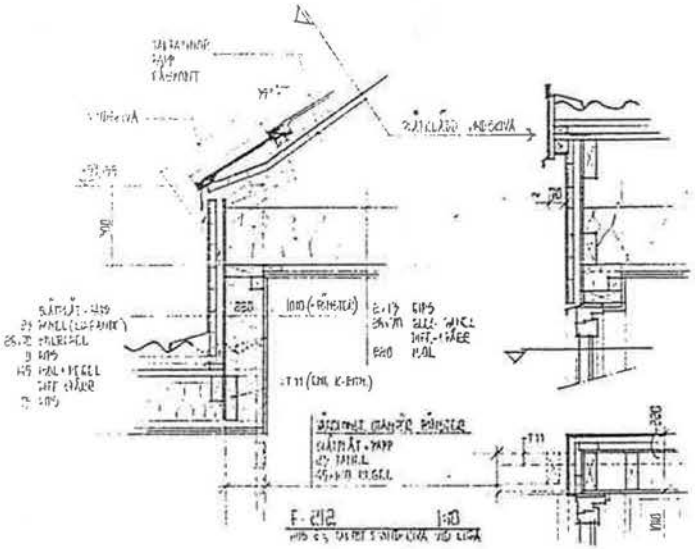
C-212 1:10



D-212 1:10

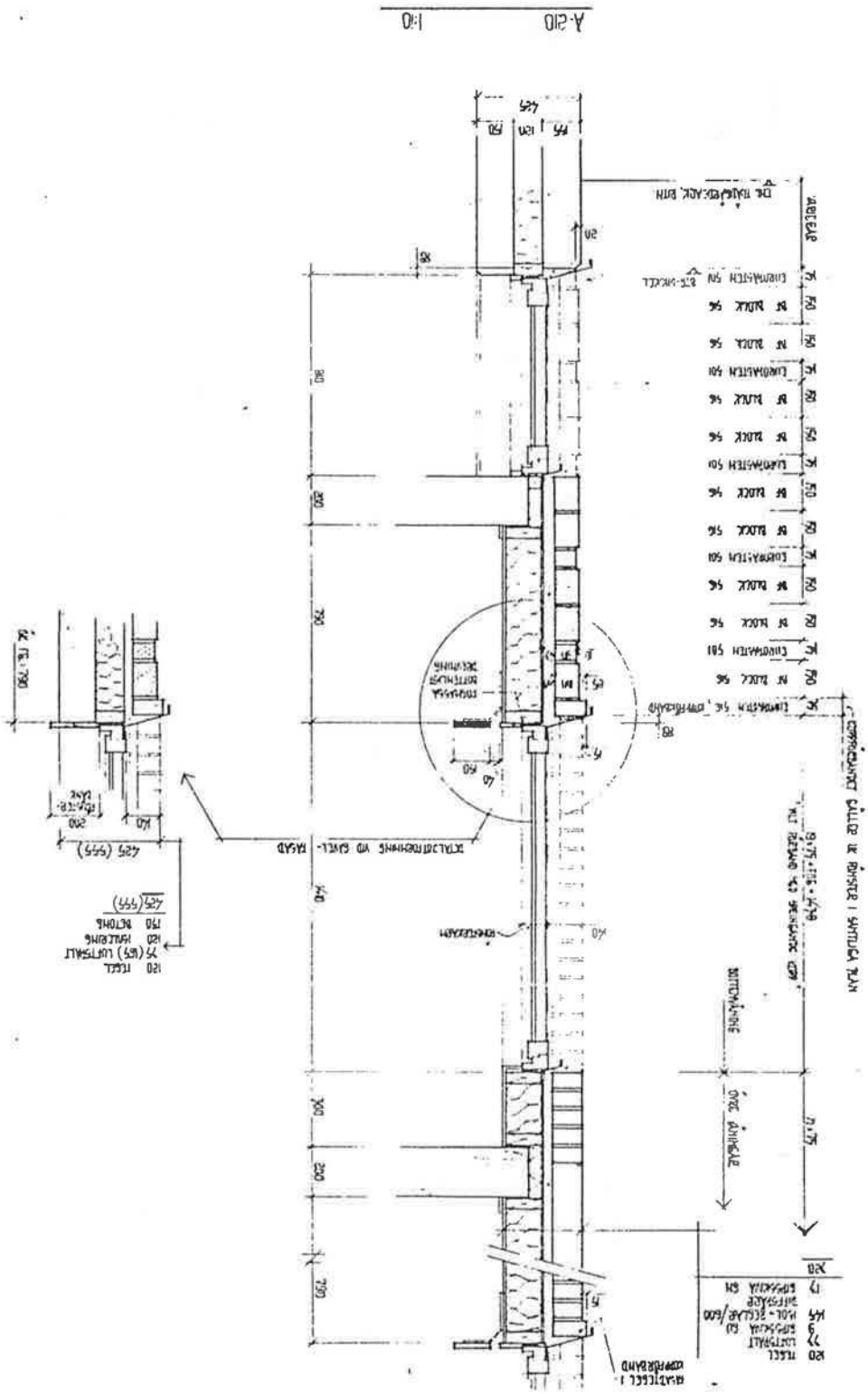


E-212 1:10

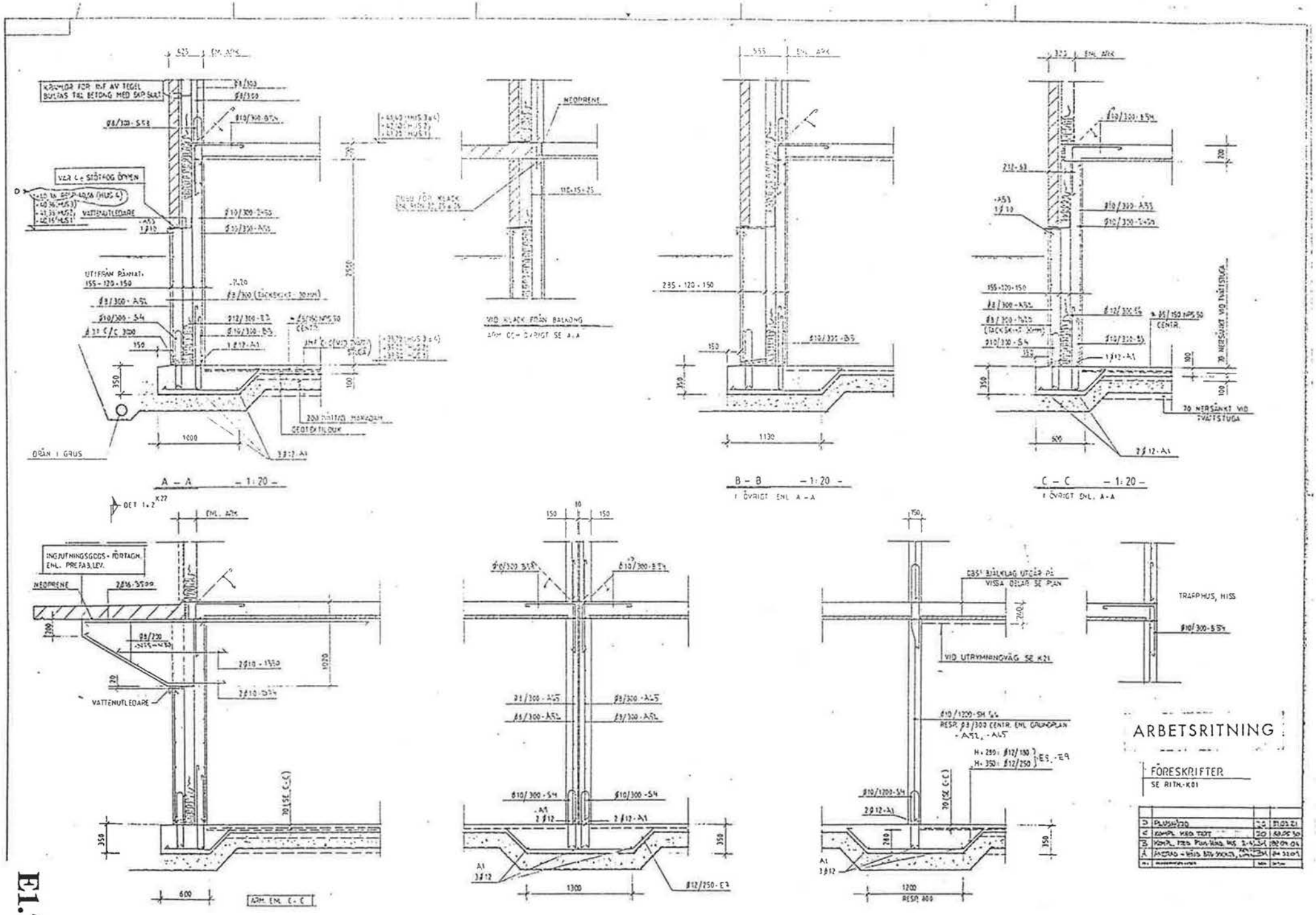


F-212 1:10

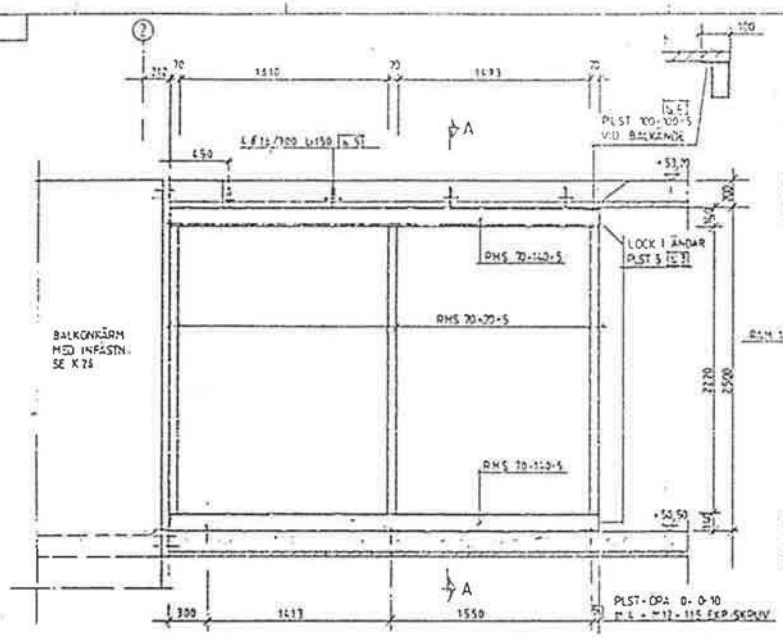
E1.5



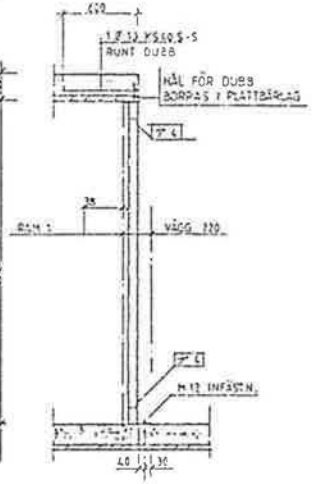
E1.6


A – A – 1:20 –
B – B – 1:20 –
C – C – 1:20 –
D – D – 1:20 –
E – E – 1:20 –
F – F – 1:20 –
NEOPRENE
DRÄN I GRUS
GEOTEXTILDUK
VATTENUTLEDARE
TRAPPHUS, HISS
ARBETSRITNING
FÖRESKRIFTER
SE RITN. K01

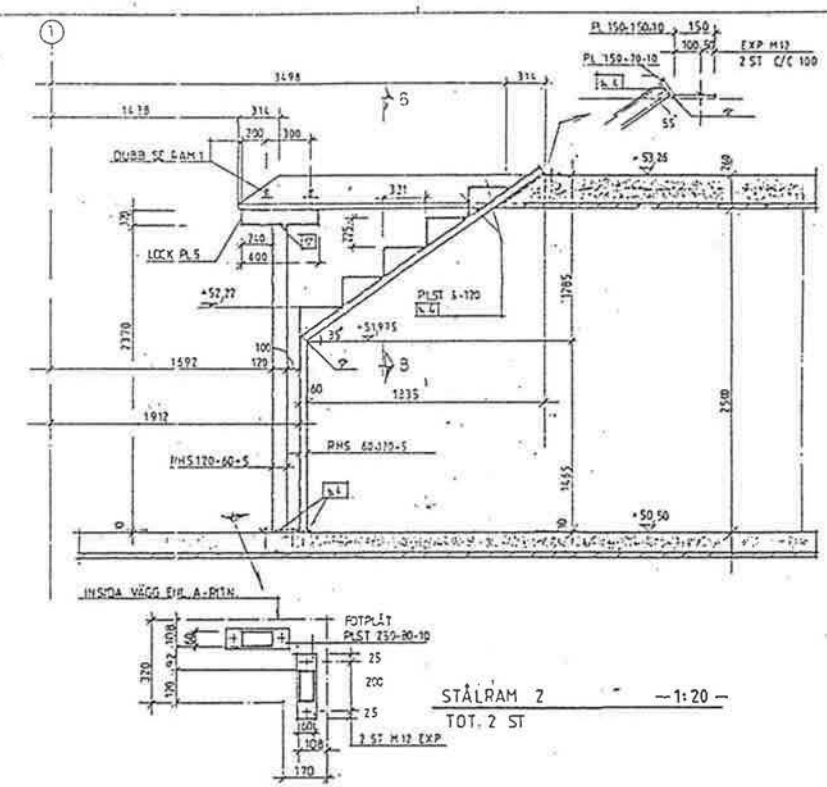
E1.7



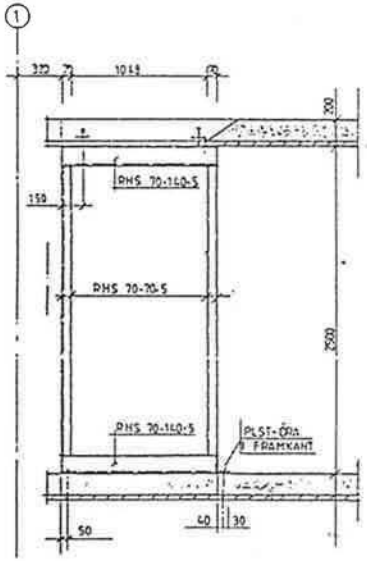
STÅLRAM 1 — 1:20 —
TOT. 2 ST



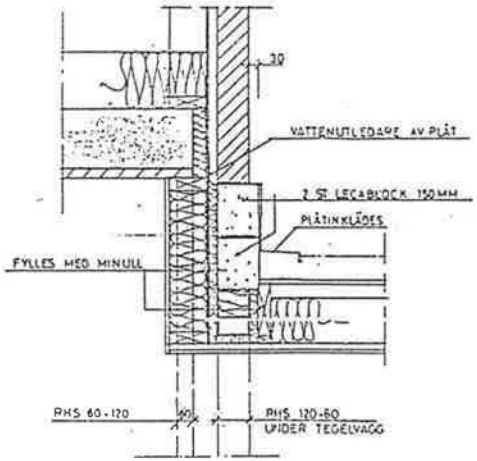
A — A — 1:20 —



STÅLRAM 2 — 1:20 —
TOT. 2 ST



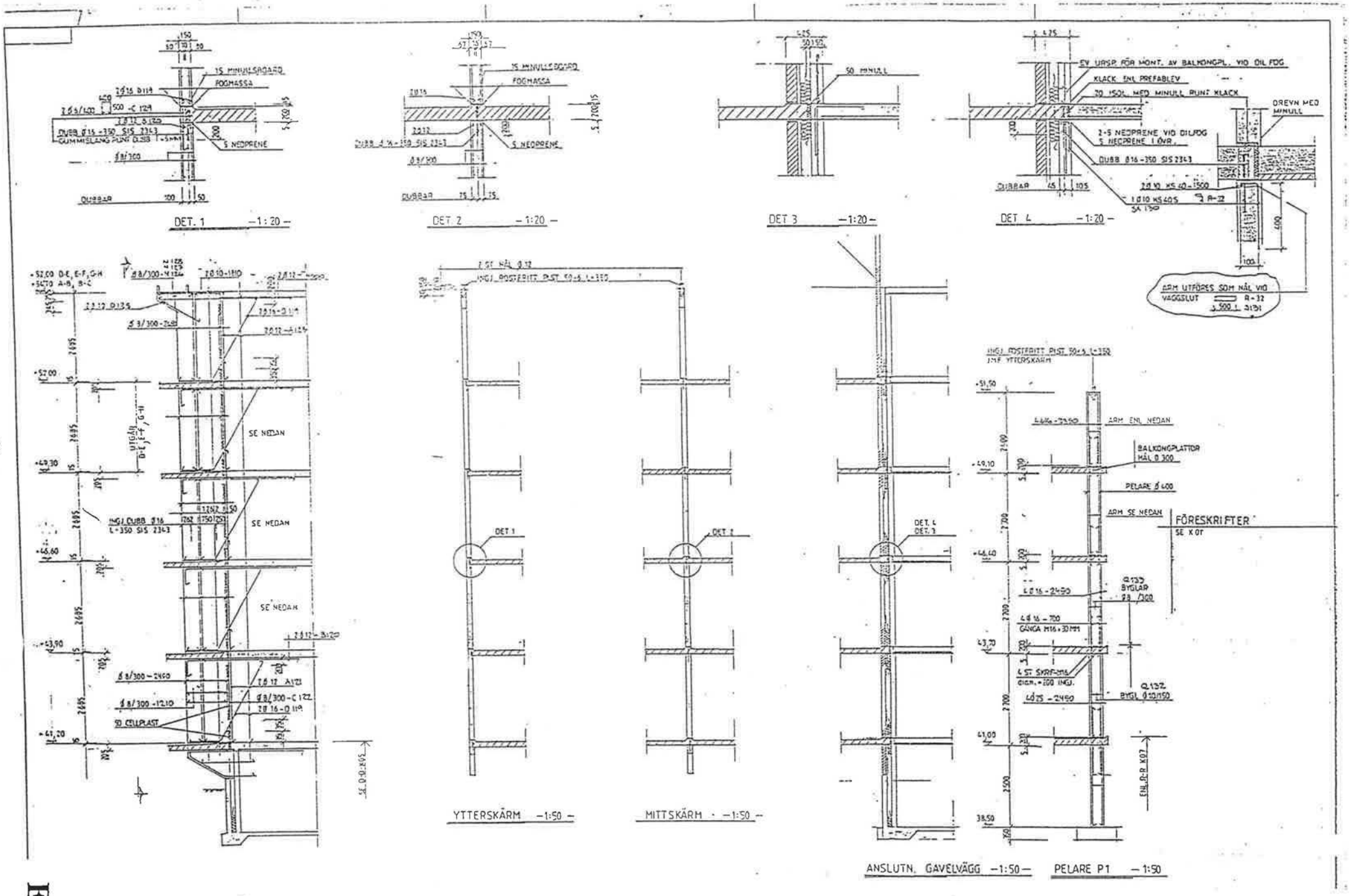
STÅLRAM 3 — 1:20 —
I ÖVRIGT SE STÅLRAM 1
TOT. 2 ST



B — B — 1:10 —

FÖRESKRIFTER
SE RITNING K01

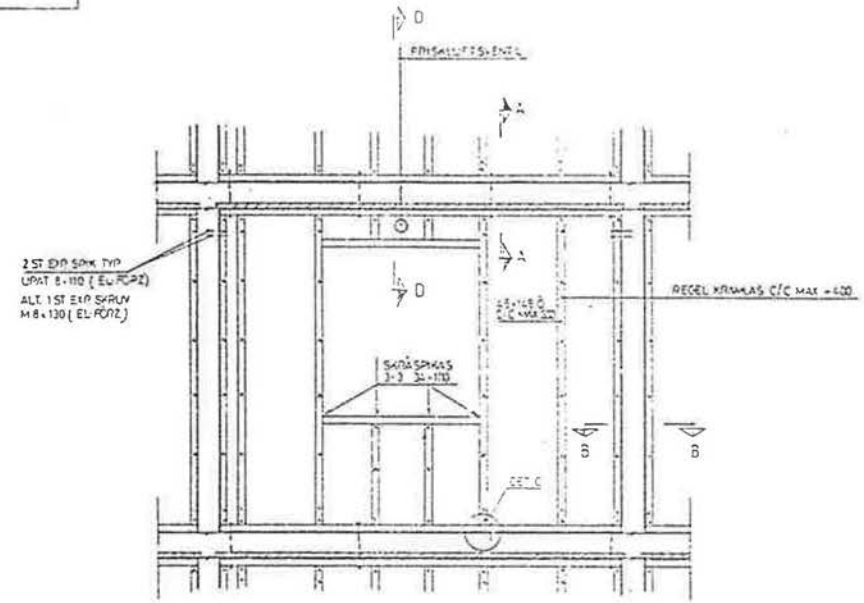
E1.8



ARM. BALKONGSKÄRM BS -1:50-

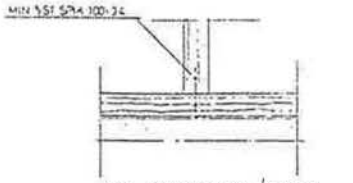
HUS 1 A-B ; B-C.
PRINCIP .D-E ; E-F , G-H.

E1.9

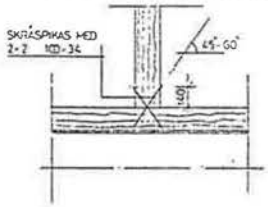


ELEVATION TEGELKRAMLING – 1:20 –

**LÄGE KRAMLA



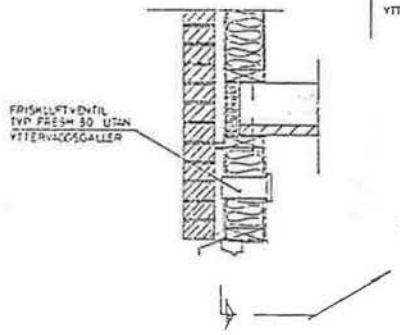
ALT. SPIKNING SYLL/STOLPE



DETALJ C – 1:5 –

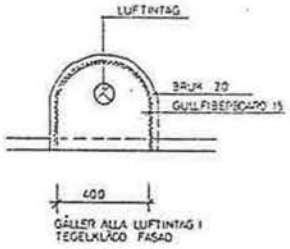
FÖRESKRIFTER

TEGELINF. I UT-FACKNINGSPARTI	KRAMLA Ø4 l=100 MÄRLA Ø4 l=75 h=40 STÅLKVAL. SIS 2343 MÄRLAN SLÅS IN MINST 50MM I REGEL KRAMLOR MURS IN MINST 50MM I TEGELFT TILLÅTEN LAST PER INFÄSTN. 0,30 KN
TEGELINF. I BETONG-VÄGG	4 ST KRAMLOR PER M² JÄMT FÖRDELADE KRAMLA Ø5 l=225 BYGEL Ø5 H=100 STÅLKVAL. SIS 2343 TILLÅTEN LAST PER INFÄSTN. 0,50 KN ALT. 4 ST KRAMLOR PER M² JÄMT FÖRDELADE TYP SKALMEX 205 SIS 2340-04 TILLÅTEN LAST 0,5 KN/INF
YTTERHÖRN	4 M UT FRÅN YTTERHÖRN ÖKAS ANTALET KRAMLOR MED 50%

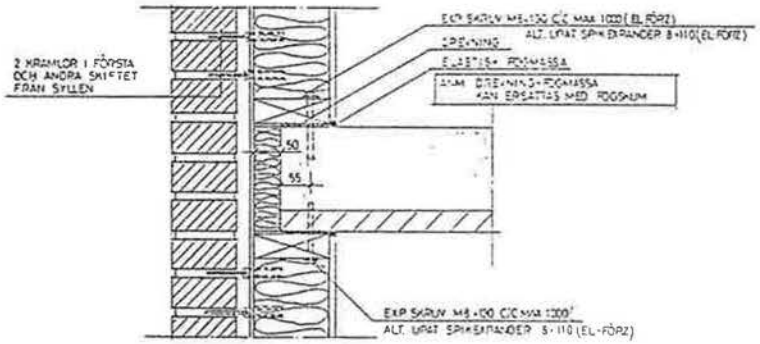


D – D – 1:10 –

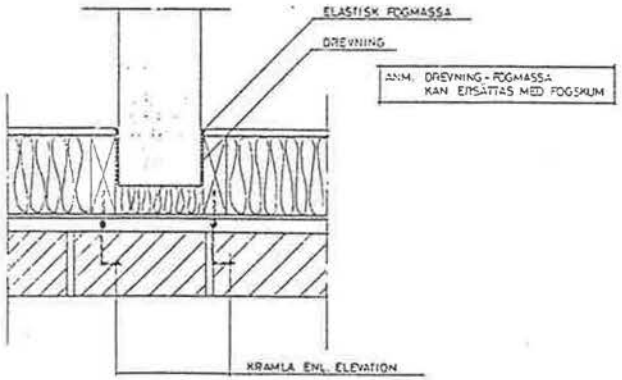
BRANDISOLERING VID TILLUFT



GÄLLER ALLA LUFTINTAG I TEGELKLÄDD FASAD

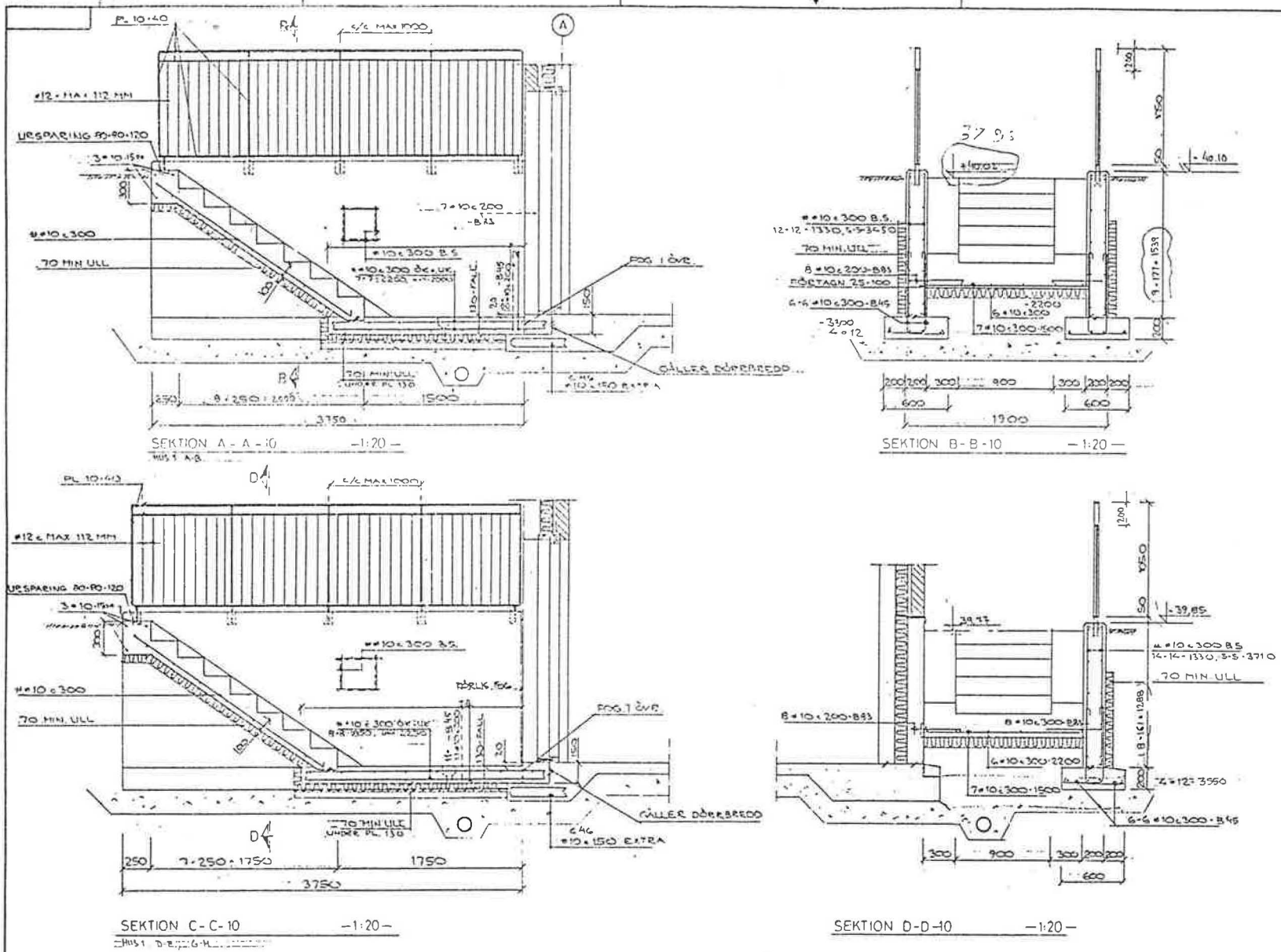


A – A – 1:5 –

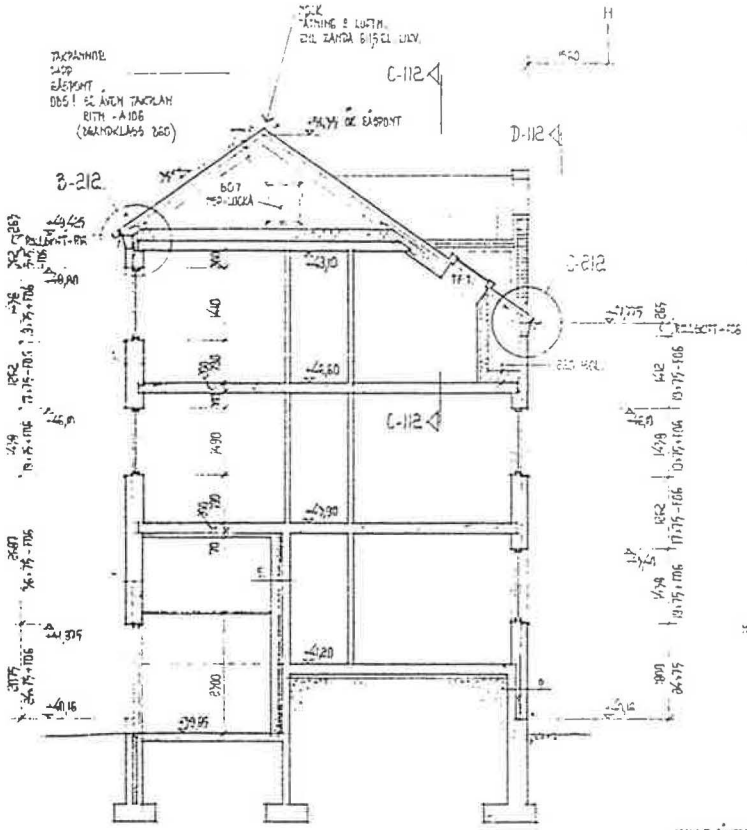


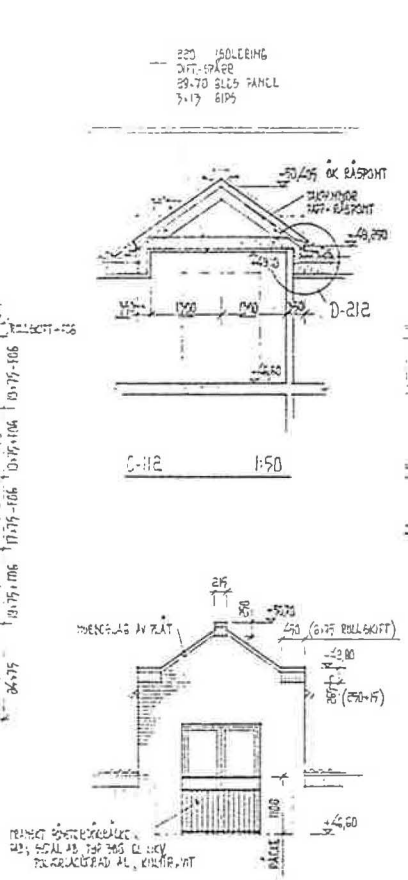
B – B – 1:5 –

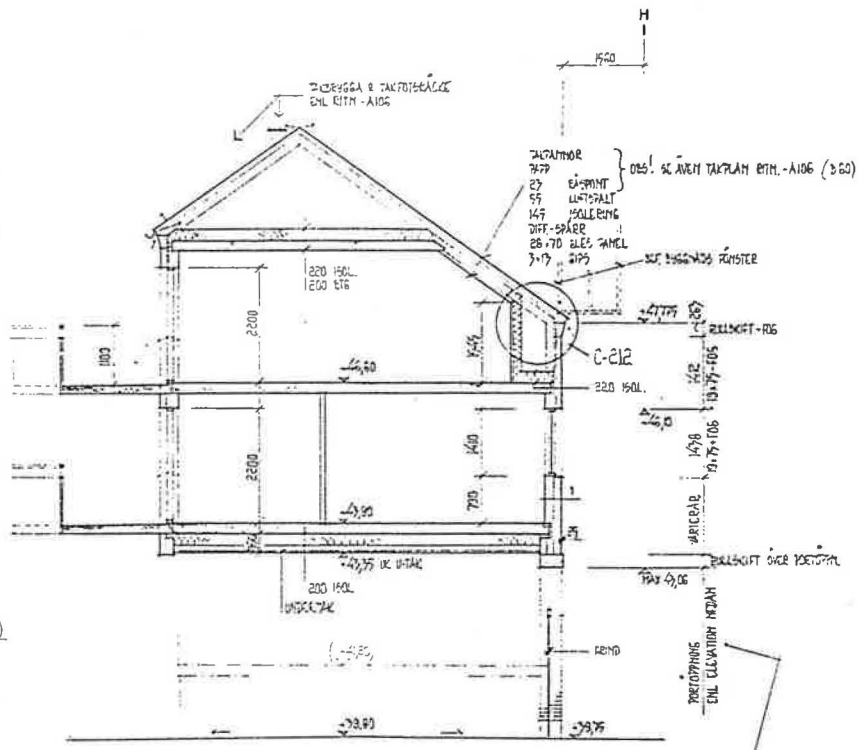
E1.10

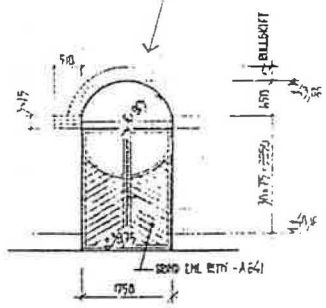

SEKTION A - A - 10 —1:20—
SEKTION B - B - 10 —1:20—
SEKTION C - C - 10 —1:20—
SEKTION D - D - 10 —1:20—
UTSPARING 80-80-120
70 MIN ULL
FOG I ÖVE
GÅLLER DÖRRBREDD
3750
1500
1900
1750

E1.19 —









VÄGGTYPER

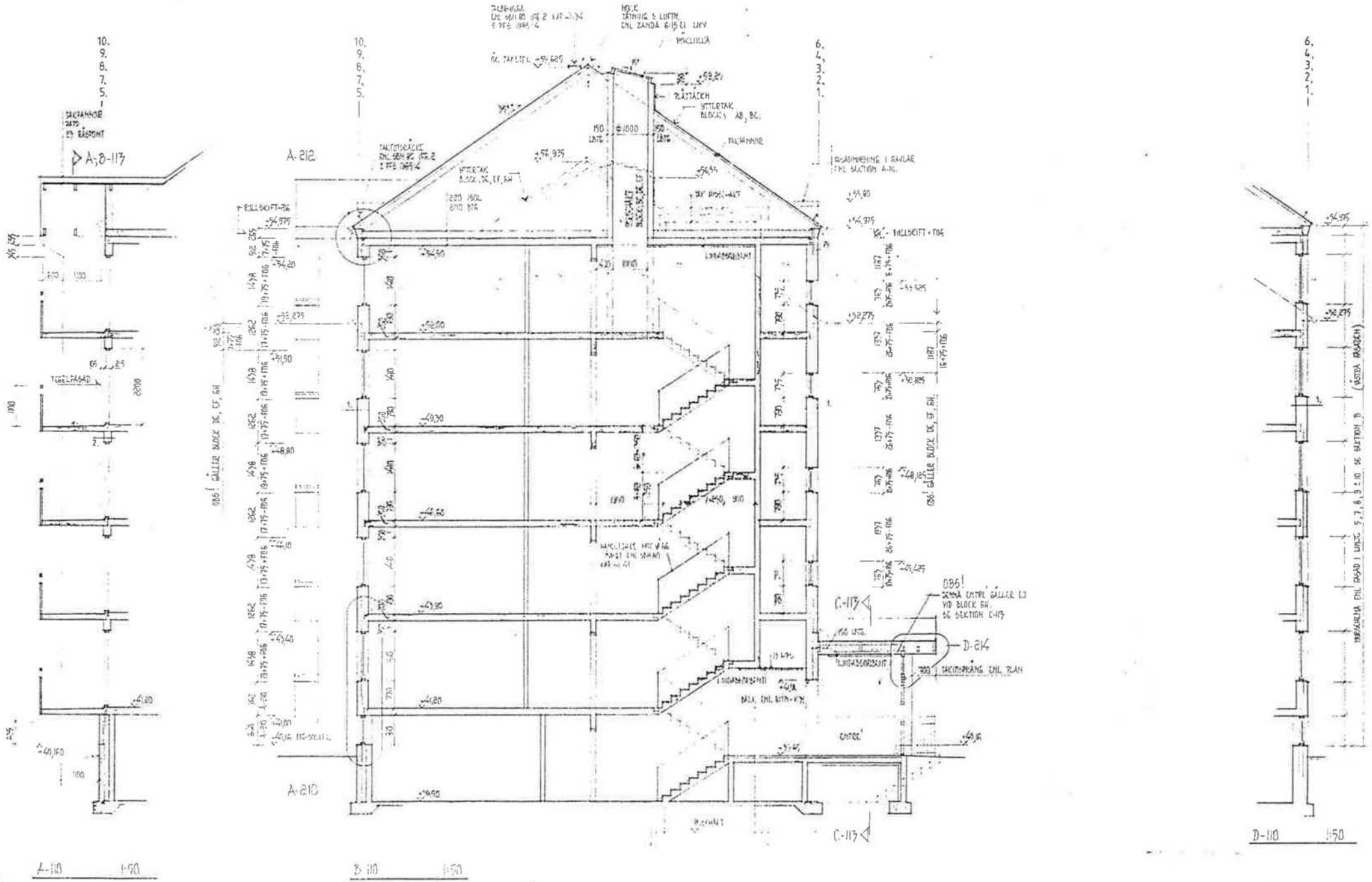
1. 120 TEGEL
   22 LUFTSPALT
   9 GIPS
   45 ISOL. + REGLAR
   DIFF-SPÄRR
   2 GIPS
   230

4. 120 TEGEL
   45 LUFTSPALT
   150 LÄTTBETONG
   315

5. 150 LÄTTBETONG
   20 LUFTSPALT
   50 ISOL.
   50 [illegible]

6. 120 TEGEL
   45 LUFTSPALT
   20 ISOL.
   150 BTG
   335

E1.20


A-110 1:50
A-210 1:50
D-110 1:50
A-212
A-210
D-214
C-117
A-8-117
086! GÄLLER BLOCK DE, EF, GH
086! GÄLLER BLOCK DE, EF, GH
086! SAMMA CENTRI GÄLLER EJ VID BLOCK GH. OG SEKTION C-117
TAKTOMRÅNG ENL PLAN
MEKANISKA ENL FASAD I LINJE 5, 7, 8, 9 ± 10 OG SEKTION B (VÄSTRA FASADEN)
VÄRMEPUMPAR

E1.21

E2. SMÅHUS / ENFAMLIJBOSTADSHUS.

F. KONSTRUKTÖRENS "FUKTDEKLARATION"

TAK inkl VINDSUTRYMMEN

		Skadlig inverkan beaktad	
	JA	NEJ	INTE AKTUELL
Nederbörd			
Luftfukt utomhus			
Luftfukt inomhus			
Byggfukt			

YTTERVÄGGAR

		Skadlig inverkan beaktad	
	JA	NEJ	INTE AKTUELL
Nederbörd			
Luftfukt utomhus			
Luftfukt inomhus			
Byggfukt			

GRUNDKONSTRUKTIONER

		Skadlig inverkan beaktad	
	JA	NEJ	INTE AKTUELL
Nederbörd			
Luftfukt utomhus			
Luftfukt inomhus			
Byggfukt			
Markfukt			

FÖNSTER, DÖRRAR OCH PORTAR

		Skadlig inverkan beaktad	
	JA	NEJ	INTE AKTUELL
Nederbörd			
Luftfukt utomhus			
Luftfukt inomhus			
Byggfukt			