

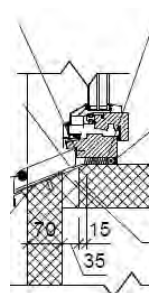
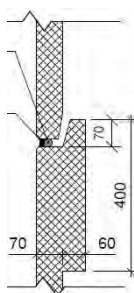
Regntäthet hos prefabricerade betongsandwichväggar och anslutningar - etapp 2 del 2

Guide baserad på laboratorietester av förbättrade lösningar

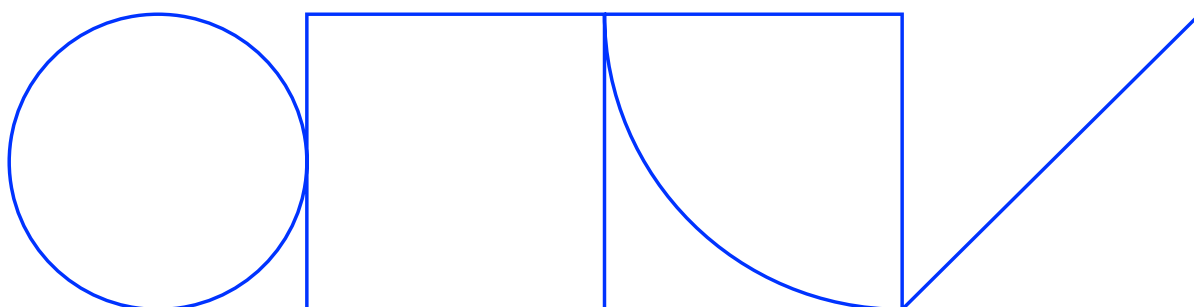
Lars Olsson, RISE

Mattias Gunnarsson och Filip Ekroth, PEAB Sverige AB

2025-04-22



PEAB
NORDENS SAMHÄLLSBYGGGARE



Förord

Projektet har finansierats av SBUF (huvudfinansiär), PEAB och medverkande företag. PEAB sökte projektet och Lars Olsson, RISE, har varit projektledare och författare. Detta projekt är en fortsättning av SBUF 13818 och 14102. I de tidigare projekten har det vid besiktningar i fält och i laboratorieförsök, av fasader med betongsandwichväggar, framkommit många funktionsbrister vilket bland annat pekade på behov av förbättrade lösningar. Förhoppningen är att denna rapport ska inspirera till användning av funktionstestade lösningar och vidare utveckling, verifiering och dokumentering av fungerande lösningar.

Tack till betongelementtillverkare för tillverkning av testobjekt. Tack till Filip Ekroth, PEAB, för uppritning av lösningar. Tack till André Martinsson för labbprovningar och Eva Sikander, båda RISE, för synpunkter på rapporten.

Tack till projektdeltagare för stort engagemang, förslag och värdefulla synpunkter.

Projektgrupp:

Henrik Carlsson	WSP
Mattias Gunnarsson, Filip Ekroth	PEAB
Johnny Kronvall	Strusoft
Anders Lindgren, Andreas Simfors, Jack Björnberg	UBAB
Krister Olausson	Byggelement/K-system
Johan Olofsson, Mikael Zackrisson	Fog och brandskyddsföretagen
Roger Persson	NCC
Krister Svensson, Anders Sandberg	Riksbyggen
Göran Östergaard	Abetong

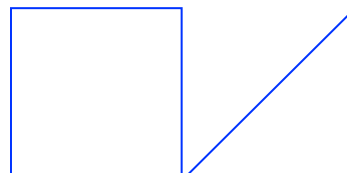
Referensgrupp:

Per Hilmerzon	Akademiska Hus
Carl-Eric Hagentoft	Chalmers
Kristina Mjörnell	RISE

Tack till FoU-Väst för synpunkter på projektupplägg och för att ha följt arbetet. Under projektets gång har det både slutat och tillkommit personer i FoU-Väst, men det är dessa personer som ingår i utskottet vid slutrapportens färdigställande:

Anders Ljungberg	NCC
Annika Eriksson	RO-Gruppen
Charlotte Svensson Tengberg	Skanska
Daniel Lillieroth	Besab
Joakim Dahlgren	Persson Hyrmaskiner
Linnéa Kiiskinen	Bygg & Konsult i Väst
Mats Karlsson	Thomas Concrete
Rasmus Öhman	Peab
Tobias Hagrenius	Brixly
Christine Olofsson	Byggföretagen

/Lars Olsson
Kalmar, april 2025



Sammanfattning

I tidigare genomförda SBUF projekt (ID:13652, 13818) har det påpekats och konstaterats problem med vatteninträngning i ytterväggar av betongsandwichelement. Exempel på påträffade orsaker är otätheter i enstegstätningar och i de fall det tillämpats en sekundär tätning så har det inte funnits en säkerställd vattenutledning.

Syftet med denna studie är att visa på goda tätningsprinciper genom utveckling och förbättring av lösningar och verifiering genom laborietester.

Utveckling, förbättring och granskning av lösningar har utförts av projektdeltagare genom workshops. Testväggar har tillverkats och levererats av betongelementtillverkare och testats för slagregn, upp till 300 Pa tryckskillnad, och vattenutledning. Detta motsvarar den tryckskillnad som uppmäts över den yttre tätningen i en tidigare studie (ID:13818). Genom att minska storleken på elementen har vanligt förekommande fasaddetaljer inrymts, såsom flera horisontella och vertikala elementskarvar, balkong-, fönster-, tak- och sockelanslutningar, och detta antas kunna motsvara fasader i flervåningsbyggnader.

Testresultat visade att ett eller flera alternativ av respektive fasaddetalj var slagregnstäta. Den primära tätningen i elementskarvar har bestått av fogmassa. I flera av alternativen fanns det ett andra hinder eller sekundär tätning, vilket är en funktion som kan anses utgöra en extra säkerhet om den yttersta tätningen inte håller helt tätt. Den vattenavledande funktionen hos det andra hindret har också testats och uppvisade avsedd funktion.

Tvåstegstätning eller dubbeltätning av fogmassa uppvisade fullständig tryckutjämning i dess luftspalt vilket torde minska risken för inträngning genom den yttersta tätningen samtidigt som det finns ett andra hinder och vattenutledning. Dock har detta alternativ ingen lösning för uppsamling och utledning av vatten om det exempelvis skulle finnas genomgående sprickor med inläckage genom fasadelementen.

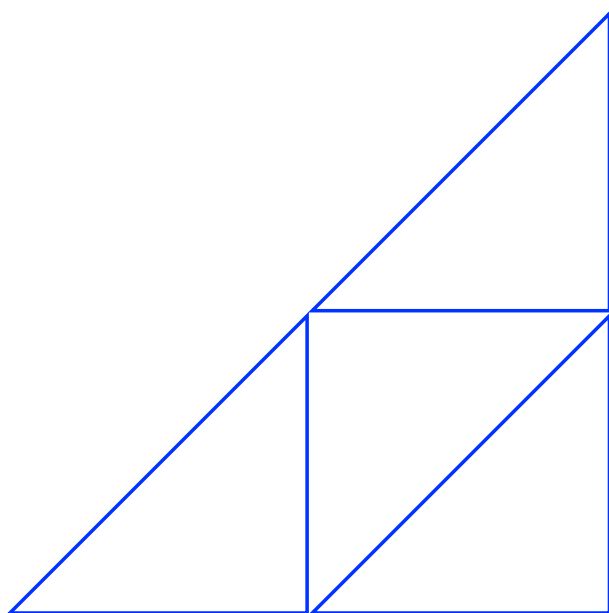
Det konstaterades att lutningen av sekundär tätning med vattenutledning under fönster behövde gå in tillräckligt långt under karmbottenstycket, i annat fall uppkom inläckage.

När det gäller överlappande fog som skapar TDV-öppningar så förefaller de ha en viktig vattenutledande funktion vid varje våning. Dock följde det med små droppar in via luftströmmen i TDV-öppning framför allt vid betydande tryckskillnader, men det mesta verkar ha kunnat rinna tillbaka och ut, varför det kan behöva utvecklas en lösning som stoppar dropparna i luftströmmen.

Det fanns flera detaljer av alternativet med expanderande fogband som inte var slagregnstäta. Detta alternativ behöver således förbättras avseende tätning och förmodligen kombineras med ett andra hinder med vattenutledning.

Det uppkom några inläckage i enstegstätning med fogmassa och det kunde förklaras av bilad, ojämn och porig betongyta, sprickor i betongytan eller brister vid rengöring inför omfogning. Samtidigt pekar tidigare studier på inläckagerisker med enstegstätning. Därför förefaller det nödvändigt att tillämpa ett andra hinder med säkerställd vattenutledning.

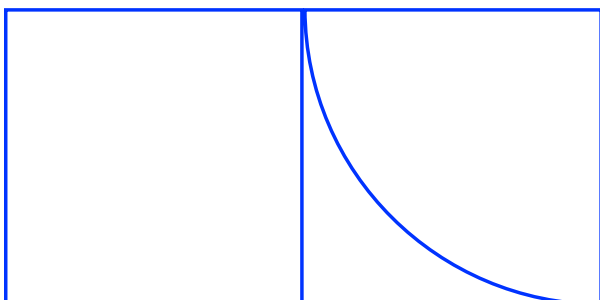
Sammantaget visade testerna i denna studie på ett eller flera alternativ på täta lösningar för vanligt förekommande fasaddetaljer. Detta har gett underlag till en guide med principiella lösningar som redovisas. Överlappande fog som skapar TDV öppning kan i vissa fall behöva förbättras. De lösningar som visat sig fungera väl i dessa labbtester kan behöva följas upp i projektanpassad tillämpning i fält.



1 Innehåll

1	Innehåll	4
2	Bakgrund	6
3	Syfte och målsättning	7
4	Förfarande och testuppställning	7
5	Översiktlig resultatsammanställning av labbtester	10
5.1	Resultat testomgång 2	10
5.1.1	Kommentarer testomgång 2	11
5.2	Kommentarer testomgång 1	11
6	Diskussion	12
7	Slutsatser	16
8	Guide med principiella lösningar	18
8.1	Vägganslutning mot tak-/väggkrön	18
8.1.1	Kommentarer	19
8.2	Elementskarvar-alternativ A	20
8.2.1	Kommentarer	21
8.3	Balkonganslutning-alternativ A	21
8.3.1	Kommentarer	22
8.4	Fönsteranslutning-alternativ A	22
8.4.1	Kommentarer	23
8.5	Elementskarvar-alternativ B	23
8.5.1	Kommentarer	23
8.6	Balkonganslutning-alternativ B	24
8.6.1	Kommentarer	25
8.7	Fönsteranslutning- alternativ B	25
8.7.1	Kommentarer	25
8.8	Elementskarvar-alternativ CC	26
8.8.1	Kommentarer	27
8.9	Balkonganslutning-alternativ CC	28
8.9.1	Kommentarer	28
8.10	Vägganslutning mot sockel/grund	29
8.10.1	Kommentarer	29
8.11	Elementskarvar-alternativ C	30
8.11.1	Kommentarer	30

8.12	Balkonganslutning-alternativ C	31
8.12.1	Kommentarer	31
8.13	Elementskarvar-alternativ D	32
8.13.1	Kommentarer	33
8.14	Balkonganslutning- alternativ D	33
8.14.1	Kommentarer	33
8.15	Fönsteranslutning- alternativ D	34
8.15.1	Kommentarer	34
9	Förslag på fortsatt forskning	35
	Litteraturförteckning	36
	Bilaga 1 - Provningsrapporter testomgång 1	
	Bilaga 2 - Provningsrapporter testomgång 2	



2 Bakgrund

I en tidigare genomförd SBUF studie (ID:13651) pekades det på problem med vatteninträngning i ytterväggar bestående av betongsandwichelement (Brycke & Svensson Tengberg, 2019), samt att det finns behov av en guide för utformning av tätningslösningar med betongsandwichelement. Historiskt sett har det förekommit vatteninträngning (Jerling & Schechinger, 1983, Hasselblad & Andersson, 1972). Det finns ingen entydig bild över omfattningen men däremot att det finns problem idag. Inläckageområden som översiktligt pekas ut är skarvar och fogar i betongelement, fönster, balkonganslutningar och bjälklags-/loftgångsanslutningar. Dock finns det oklarheter vad gäller den exakta orsaken. Exempel på artiklar med liknande ämne har publicerats internationellt (Lacasse et al., 2009, Kudder & Erdly, 1998). Det är vanligt att prefabricerade betongsandwichväggar fogas med fogmassa och utformas som enstegstättning. Enstegstättning är generellt sett en problematisk tätningsprincip framför allt om den exempelvis inte är korrekt konstruerad och utförd.

I en tidigare SBUF studie (ID:13818) "Regntäthet hos prefabricerade betongsandwichväggar med vanligt förekommande fasaddetaljer" benämns etapp 1, (Olsson, 2021, Olsson, 2024), framkom flera väsentliga avvikelser vid besiktningar och vid laborieförsök av fasader. Exempelvis påträffades för smala fogbredder i samtliga byggnader, som förmodligen förklarar de många fall av vidhäftningssläpp i fogmassa i fogar, felaktigt placerade eller monterade TDV-rör, betongsprickor i långa fasadelement vid försvagning av fönster- och dörröppningar och balkonger. I laborieförsök uppkom regninläckage i flera fönsteranslutningar förmodligen på grund av exempelvis icke verifierade lösningar och olämpliga materialkombinationer, regninläckage genom TDV- och TUDV-rör vid förhållandevis låga tryckskillnader över fasadskiktet. En relativt ny tätningsmetod av expanderande fogband har börjat användas mellan betongelement varför det också testades. Tätning med expanderande fogband visade sig ha svårt att hålla tätt mot slagregn samt att fogbandet vattenmättades både i fasadfogar men även runt fönster. Inläckage uppmättes i försöksväggarna framför allt vid tryckskillnad men hur representativ resultaten var förelåg det en viss oklarhet kring eftersom det saknades uppgifter om dokumenterade tryckskillnader och tryckutjämning av befintliga betongsandwichväggar i fält. Utifrån försöken uppvisade de i princip ingen tryckutjämnande funktion. Resultaten pekade på många olika problemområden. Problematiken berör flera parter i branschen vilket kanske gjort det svårt att felsöka och åtgärda. Studien anger att det krävs det mer och ingående kunskap om betongsandwichlösningars funktion, tätningslösningar och en helhetsbild för att lösa problemen.

I den senaste föregående SBUF studien (ID:14102) "Regntäthet hos prefabricerade betongsandwichväggar -etapp 2 del 1- Fältmätningar och tryckskillnad över fasader" (Olsson, 2022, Olsson, 2024) visade fältmätningar, exempelvis på, betydande tryckskillnader över fasader även vid relativt låga vindhastigheter. Uppmätta fasader var fogade med fogmassa och bottningslist samt hade TDV-rör eller öppningar i överlappande fog i fogkors. Fasaderna kan således inte anses ha en tryckutjämnande funktion (jämnställning av tryck). Fasader med aktuella TDV-öppningar har förmodligen

otillräckligt med öppningar. Detta bekräftar också den tidigare laboratoriestudien där tryckutjämnande funktion inte erhöles med aktuella TDV-öppningar.

Regntäthet tycks inte vara en egenskap hos prefabricerade betongsandwichväggar som har tilldragit överdrivet stort intresse inom fib, the International Federation for Structural Concrete (Fib 2014, Fib 2017, Fib 2021) i förhållande till många andra egenskaper. Det förefaller som det redan fanns litteratur med ingående kunskap om inläckagemekanismer och principer med mer robusta lösningar för 50 år sedan i Sverige. Det finns i litteraturen spridda studier om specifika lösningar och vissa egenskaper men något heltäckande för hela fasadens och anslutningsdetaljers regntäthet verkar inte finnas att tillgå trots allt. Genomgående framhålls i den nationella och internationella litteraturen att tvåstegstätning ska vara en mer pålitlig och tätare metod än enstegstätning. Detta med tvåstegstätning förefaller inte vara så vanligt i Sverige idag.

3 Syfte och målsättning

Syfte:

- Föreslå och granska förbättrade tätningsprinciper och välja ut principiella lösningar, som visar på potential för svenska konstruktioner, som verifieras med laboratorietester.
- Sammanställa en guide tillsammans med uppkomna för- och nackdelar för olika tätningsprinciper och lösningar.

Målsättningen och nyttan är att det ska ge en fördjupad och dagsaktuell kunskap som framför allt är baserad på testade lösningar med dokumenterad funktion. Nyttan är att visa på principiella lösningar, som kan ha förutsättningar att fungera väl och vara ett stöd inför projektanpassade lösningar och för mer ingående utveckling, där entreprenörer ges möjlighet att kunna producera byggnader med känd och säkerställd funktion och god hållbarhet.

4 Förfarande och testuppställning

Totalt fyra stycken olika alternativ på tätningslösningar av betongelementskarvar föreslogs av deltagare i projektgruppen. Dessa har sedan granskats utifrån kända inläckagemekanismer, funktioner, praktiska svårigheter och tidigare resultat. Dock har flera förslag inte omfattat alla typer av vanliga fasaddetaljer, men i de fallen har gemensamma lösningar föreslagits. Utbyte av kunskap och erfarenheter och utveckling av föreslagna lösningar har skett i samband med workshops där fokus har varit att arbeta fram förbättrade principiella lösningar. Alternativen har sammanställts på ritning. Det teoretiska arbetet har utförts under perioden januari till augusti 2024. Två betongelementtillverkare tog fram tillverkningsritningar och tillverkade elementen. Elementen levererades till RISE slagregnslaboratorium.

Genom att skala ned storleken på elementen så har provramar på 3 x 3 meter kunnat inrymma två testobjekt åt gången. Dessutom har det samtidigt gått att få med flera

element och elementskarvar, vilket bedöms kunna motsvara fasader i flervåningsbyggnader, se figur 1 och 2.

I tidigare laboratorieförsök (SBUF 13818) uppkom betydande tryckskillnader på omkring 300 Pa över själva tätningarna i fasader. Genom att tillämpa motsvarande tryckbelastning över den yttre betongskivan så har isolering och den inre betongskivan kunnat utelämnas generellt förutom närmast runt fönster och vid sockel. Detta gjorde baksidan av fasadelementen mer åskådliga, se figur 3 och 4, under testerna och underlättade dokumentering av resultat och kontroll av funktioner. I de fall vatten har trängt längre in än vad som var en planerad funktion eller om den fortsatta inläckagevägen inte kunnat följas, så har det också bedömts som inläckage i testerna.

Det har genomförts två testomgångar av samtliga testväggar och omgång 2 är ett omtest med fokus på ytterligare förbättrade lösningar. Testerna har utförts enligt provningsstandarden SS-EN 12865 "Fukt- och värmeteknisk funktion hos byggkomponenter och byggnadsdelar-Bestämning av ytterväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck" (SIS, 2001) samt med vissa avsteg och tillägg, se bilaga 1 och 2. Det har också utförts indikativa vattenutlednings- och dräneringstester. Utförlig beskrivning av metoder och tester redovisas i bilaga 1 och 2. Testerna har pågått under perioden november 2024 till och med januari 2025.

De detaljer och lösningar som varit med är:

1. Fyra olika tätningsalternativ av fogar/elementskarvar har testats såsom tvåstegstättning med vattenutledning, kombinationen primärtättning och ett andra hinder eller avledning, samt enstegstättning.
2. Vattenuppsamlande och vattenutledande rännor i ovankant av betongelement.
3. TDV-öppning (Tryckutjämning, Dränering, Ventilerings) av typen överlappande fogmassa och med flera olika nivåskillnader mellan öppning på framsida och baksida.
4. Två typer av fogtätningmaterial i elementskarvar: fogmassa och expanderande fogband.
5. Sju olika utförande av tätning av balkonganslutning såsom fogmassa och med och utan ett andra hinder och vattenutledning, tätning med fogband och med och utan delvis ett andra hinder, intäckning med plåtbeslag.
6. Fönsteranslutningar med plåtbeslag eller fogtätning samt sekundär tätning/vattenutledning. Lutning under fönster var indragen olika långt under karmbottenstycket.
7. Vattenavledande plastlist i väggisolering ovanför fönster.
8. Vagganslutning mot sockel/grund med vattenutledning.
9. Vattenframledande plastlist, i väggisolering, i nederkant av väggelement.
10. Vagganslutning mot tak-/väggkrön.

I avsnittet Guide med principiella lösningar finns många detaljer redovisade och samtliga detaljer finns redovisade i 4 stycken provningsrapporter i bilaga 1 och 2.



Figur 1. Fasad/framsida av testobjekt A (t.v. i bild) och D (t.h. i bild) monterade i slagregnskammare inför testomgång 2.



Figur 2. Fasad/framsida av testobjekt C (t.h. i bild) och B (t.v. i bild) inför testomgång 2.



Figur 3. Baksida av testobjekt A (t.h. i bild) och D (t.v. i bild) inför testomgång 2.



Figur 4. Baksida av testobjekt B (t.h. i bild) och C (t.v. i bild) inför testomgång 1.

5 Översiktlig resultatsammanställning av labbtester

Ingående beskrivning av provföremål, detaljer och resultat redovisas i provningsrapporter i bilaga 1 och 2.

5.1 Resultat testomgång 2

Tabell 1. Resultat av testomgång 2 för detaljerna och de olika alternativen. Se beskrivning av alternativen under tabellen.

Alternativ	Detalj	Tätt vid primärtätning	Tätt vid sekundärtätning	Tätt vid andra hinder/vattenavledning	Kommentar
-	Vägganslutning mot tak	Nej	Ja	-	
A	Horisontell elementskarv	Ja	-	Ja	
A	Vertikal elementskarv	Ja	Ja	Ja	
A	TDV-öppning	-	-	Ja	
A	Balkong	Ja		Ja	
A	Fönster	Nej	Ja	Ja	
B	Horisontell elementskarv	Ja	-	Ja	
B	Vertikal elementskarv	Ja	-	-	
B	TDV-öppning	-	-	Nej	Lite droppskvätt
B	Balkong	Nej	-	Ja	Dålig rengöring vid omfogning
B	Fönster	Nej	Ja	Ja	
CC	Horisontell elementskarv	Ja	Ja	Ja	
CC	Vertikal elementskarv	Ja	Ja	Ja	
CC	TDV-öppning	Ja	Ja	-	
CC	Balkong	Ja	Ja	Ja	
CC	Fönster	Nej	Ja	Ja	
D	Horisontell elementskarv	Nej	-	Ja	Saknar vattenutledning
D	Vertikal elementskarv	Nej	-	-	Saknar vattenutledning
D	Balkong	Nej	-	-	Saknar vattenutledning
D	Fönster	Nej	Ja	Ja	
-	Vägganslutning mot sockel	Nej	Ja	Ja	

A= Horisontalfog av fogmassa och fals, vertikalfog av fogmassa-luftspalt-TB fog förbunden med överlappande fog som skapar TDV öppning.

B= Horisontell fog av fogmassa och ränna, vertikal fog av fogmassa förbunden med överlappande fog som skapar TDV-öppning.

CC= Horisontal- och vertikalfog av fogmassa-luftspalt-fogmassa förbunden med överlappande fog som skapar TDV-öppning.

D= Horisontalfog av fogband och fals, vertikalfog av fogband.

5.1.1 Kommentarer testomgång 2

De inläckage som uppkom i testomgång 2 var:

- I elementskarv och vid balkong i samband med en tryckskillnad av 75 Pa. Inläckage i horisontell elementskarv ovanför balkong och inläckage i vertikal elementskarv vid en tryckskillnad av 300 Pa. (Denna punkt avser vägg D med tätning av expanderande fogband).
- Lite droppskvätt från överlappande fog som skapar TDV-öppningar vid tryckskillnad av 75 Pa (vägg B).
- Genom sprickor i betongelement redan vid 0 Pa tryckskillnad, se testomgång 1, (vägg B).

5.2 Kommentarer testomgång 1

De inläckage som uppkom i testomgång 1 var:

- Vid plåtintäckt balkonganslutning vid 150 Pa, inläckage med flera rännilar (väggdel B).
- Vid fönster där lutning av sekundär tätning inte var indragen under karmbottenstycket, redan vid en tryckskillnad av 0 Pa (väggdel A och D).
- I vertikal elementskarv med expanderande fogband vid 0 Pa, vid balkong med en tryckskillnad av 75 Pa, i horisontalfog vid 75 Pa. (väggdel D).
- Vid fog med fogmassa där betongen var bilad, ojämn och porig, vid en tryckskillnad av 75 Pa (väggdel C).
- Skvätt från överlappande fog som skapar TDV-öppningar vid tryckskillnad av 300 Pa (vägg A), vid 150 Pa för väggdel C med mindre nivåskillnad, vid 300 Pa uppkom skvätt och rinnande vatten men det kan förklaras av en brist i fogmassan i bakkanten på TDV-fogen där det också fanns en spricka i betongen (väggdel B).
- Genom sprickor i betongelement redan vid 0 Pa och 75 Pa (vägg B och C)

6 Diskussion

Testvägg B-C hade flera genomgående sprickor och betongytan var vid några kanter delvis rejält porig. I en av de horisontella elementskarvarna var ballasten också synlig i betongkanten. Dessutom, i samband med infästning, uppkom ytterligare några sprickor vid försvagningar i elementen som försökte lagas inför testerna.

Vid större porer eller sprickor i kanterna på betongelementen uppkom inläckage i elementskarvar både för fogmassa och expanderande fogband. Dock upphörde exempelvis inläckage via spricka i betongelements-kanten i testomgång 2 för alternativ CC med dubbla tätningar av fogmassa. Möjliga förklaringar kan vara dubbeltätning, och att delar av betongkanten var fullständigt tryckutjämnad, se bilaga 2, genom luftförbindelse med utsidan via överlappande fog som skapar TDV-öppning.

Mätning av tryckskillnad, se bilaga 2, utfördes också i spalter runt balkong för alternativ CC och där visades sig att de spalterna var inte tryckutjämnade. En förklaring kan vara att fogtätningen i väggens djupled vid väggavslut, i provväggens vertikala mittavdelning, var inte helt lufttät.

Det uppkom inläckage genom sprickor i betongelement redan vid 0 Pa. Förväntade drivkrafter är då kapillärsugning och gravitation. Betydande inläckage uppkom vid 75 Pa tryckskillnad vilket således utgör en bidragande drivkraft. I sockeln uppkom inläckage i form av att en fuktfläck som uppstod, redan vid 0 Pa, men något rinnande vatten eller ökning av inläckade uppkom inte. En möjlig förklaring kan vara kapillärtransport i sprickan och att ytan närmast sprickan, på baksidan av sockeln, också vattenmättades och då upphörde nog kapillärtransporten som tagit vid där sprickan slutade. Drivkraften för inläckage i sprickan i sockeln pekar i så fall på enbart kapillär vattentransport när det gäller konstaterad fuktfläck på baksidan av sockeln.

Det uppkom inget skvätt från överlappande fog som skapar TDV-öppning i vägg A men däremot i vägg B, gäller testomgång 2, omgång 2 hade ökad nivåskillnad i TDV-kanalen. Däremot följde lite droppar med luftströmmen uppåt, vid höga tryckskillnader, och träffade därefter ovanförliggande hinder, såsom elementskarv, stålram eller undersida av TDV formation, se exempelvis figur 7, och droppade tillbaka i TDV-öppning och ut, gäller både vägg A och B.

Det framkom en möjlig indikation på att en trappstegsformation i en TDV-kanal kan ha stoppat vattendroppar att följa med luftströmmen, se figur 8.

Vattenavledningstest i horisontella rännor och falsar i ovankant element visade att vattnet leddes ut via anslutande TDV-öppningar, gäller vägg A, B och CC, på avsett sätt. Test av vertikal elementskarv med TDV-öppning, vägg A och CC, visade också att vattnet avleddes ut via TDV-öppning på avsett sätt.

När det gäller dränagetest av sockeldetaljen, för vägg B-C, så trängde vatten fram på baksidan av väggen, varför önskad funktion inte erhöles. En orsak kan vara att den framåtledande plastlisten, se figur 5, var delvis ingjuten i framkant, se figur 6, vilket kan ha förhindrat eller försämrat vattenutledningen.

I vägg D fanns det en U-list i isoleringen ovanför fönster, se figur 4D3. Experiment visade att vatten som kom uppifrån avleddes på sidorna av fönsteröppningen såsom avsett.

Utförandet av rännor, spår och håltagning i betong som skapades inför testomgång 2 ska ses som tidiga prototyper. Indikerande resultat visade att vattnet avleddes via rännor och hål på avsett sätt.

Den sekundära tätning, membran, under fönster bestod av ett textilskikt vilket utgör risk för inläckage vid skarvning om det utsätts för vattentryck. Det torde också vara svårt eller omöjligt att täta mot den av samma anledning. Dock torde inte något nämnvärt vattentryck kunna uppkomma om den appliceras med god lutning och vattenavledning samt att den inte översköljs av vatten.

Gavlarna på fönsterblecken var inte infällda i fasaden för vägg B-C men däremot fanns det en indragen vattenutledning med lutning under karmbottenstycket. Däremot uppkom inläckage vid fönster i testomgång 1 för A-D trots infällda gavlar men där saknades indragen vattenutledning med lutning under karm. Däremot uppkom inget inläckage i testomgång 2 men då hade lutningen dragits in en bit under karmbottenstycket. Utifrån detta förefaller det som att indragen vattenutledning med lutning är avgörande för att undvika inläckage och förmodligen tillsammans med tryckutjämnad spalt runt fönstret.

Enligt fogentreprenören var det svårt att montera TB-fogen och den vred sig. Dock verkade det som att den vattenavledande funktion i vertikalled fungerade ändå.

När det gäller dubbeltätning, såsom i alternativet CC, krävs det rejält djupa kanter på den yttre betongskivan för att få plats att applicera dubbla tätningar. En eventuell möjlighet kan vara att ta stöd mot bakomvarande väggsisolering och drevisolering för att applicera den andra bottningslisten.

Bottningslistens syfte är att skapa mothåll och formning av fogmassa vid applicering av fogmassa. Bottningslisten förväntas släppa från fogmassan relativt kort tid efter applicering och det kan eventuellt påverka luft- och vattentransport.

De expanderande fogbanden tätades särskilt i sin skarvning med en föreskriven massa. Detta verkar förbättra skarvningen.

I samband med ett avgränsat dränagetest av fogband så trängde inget vatten igenom fogbandet. Detta visade, eller i vart fall vid detta test, att det expanderande fogbandet inte i sig släppte ut vatten som hamnat bakom.

Det uppkom indikationer på att högre komprimering av fogband och större eller bredare band gav bättre täthet. Samtidigt kan det vara svårare att sätta fogband med högre komprimering. I de fall det trängde in vatten så uppkom de dominerande inläckagen på den sida av fogbandet som inte hade en självhäftande kant.

Applicering av tätningar har skett i aktuell laboratoriemiljö vilket är under optimala förhållanden, klimat och arbetsställningar. Trots det har det uppkommit inläckage både med fogmassa och expanderande fogband och även i testomgång 2. Detta indikerar,

tillsammans med tidigare erfarenheter, att det är svårt eller omöjligt att helt undvika inläckage genom primärtätningen.

I testomgång 1 konstaterades lite vidhäftningssläpp i den invändiga lufttätningen med akrylfogmassa runt samtliga fönster. Detta påverkade tryckutjämnningen något. Vid större otätheter torde det kunna få betydelse både avseende slagregnsinläckage, förbi den yttre tätningen, och att luft kan dra med sig vatten in. Denna typ av fogmaterial är sannolikt inte lämplig mot betong.

Exempelvis behöver tätningsmaterial i fogar vara resistent mot högalkaliskt underlag.

Gällande fönsteranslutning var det tänkt att en sekundär tätning av ett expanderande fogband skulle monteras mellan luftspalt och drevutrymme i drevutrymmet, på båda sidor om fönstret samt i ovankant, se bilaga 2. Detta utfördes inte inför testomgång 1 och 2 av oförklarlig anledning. Betydelsen av att utelämna denna sekundära tätning har inte studerats.



Figur 5. Vattenframledande plastlist i nederkant av betongsandwichelement. Elementet ligger ner på en lastpall.



Figur 6. Plastlisten har råkat bli ingjuten i bakkanten av fasadskivan, se pil, varför vattenutledning var förhindrad. Elementet ligger ner på en lastpall.



Figur 7. Skvätt från vattendroppar, se pil, ovanför TDV-öppning i horisontell elementskarv vid balkong.



Figur 8. Friläggning av sekundär tätning från baksida fasad, vägg CC. Det ser ut som att bottningslisten består av flera bitar bakom primärtätningen, strax ovanför TDV-öppning, och utgör en trappstegsformation, se pilar.

7 Slutsatser

I testerna ingick vanligt förekommande fasaddetaljer såsom elementskarvar, balkong-, fönster-, tak- och sockelanslutningar. Ett eller flera alternativ av tätningslösningar för sådana fasaddetaljer visade sig vara slagregnstäta vid tester. I flera av alternativen fanns det ett andra hinder (avledande, sekundärtätning), vilket är lösningar som kan ses som en nödvändig säkerhet om den yttersta tätningen inte håller helt tätt. Den avledande funktion hos det andra hindret har också testats och uppvisade avsedd funktion.

Tätningsalternativen (A, B och CC) med principen ett andra hinder med vattenutledning vid varje våning har uppvisat att vatten som tränger igenom den yttersta fogtätningen (primärtätningen) hindras från att tränga vidare in i väggen, och vattnet kunde ledas ut. Dessa alternativ kan kombineras med en gemensam lösning för tak, sockel/grund, balkong samt två alternativa lösningar för fönsteranslutning.

Dubbeltätning av fogmassa (alternativ CC) uppvisade fullständig tryckutjämning i mellan tätningarna, i luftspalten, vilket torde minska risken för inträngning genom den yttersta tätningen. Dock har detta alternativ ingen lösning för uppsamling och utledning av vatten om det skulle finnas genomgående sprickor i fasadelementen.

När det gäller överlappande fog som skapar TDV-öppningar har det visat sig att de har en viktig vattenutledande funktion vid varje våning. Dock följde det med små droppar in via luftströmmen i TDV-öppning vid framför allt höga tryckskillnader och utan fullständig tryckutjämning. Elementskarv med fals och TB-fog, vägg A, verkar ha bidragit till att hindra från skvätt till bakomvarande vägg.

Lutningen av sekundärtätning under fönster visade sig behöva gå in tillräckligt långt under karmbottenstycket. Detta eftersom inläckande vatten förbi primärtätning uppkom i testerna samt att det sedan tidigare kan både förväntas och att det kan tränga in och rinna i den yttre delen av drevspalten runt fönstret.

Det fanns flera detaljer av alternativ D med expanderande fogband som inte var slagregnstäta. Detta i kombination med avsaknad av vattenutledning och delvis avsaknad av andra hinder bidrog till inläckage och vattenspridning i väggen. Dock hade lösningen ett andra hinder vid horisontell elementskarv men vattenutledning saknades för att förhindra vattenspridning i väggen. Detta alternativ behöver förmodligen förbättras avseende tätning, andra hinder och vattenutledning.

Det uppkom några inläckage med enstegstätning (vägg C) med fogmassa och det kunde förklaras av bilad, ojämn och porig betongyta, betongsprickor och bristfällig rengöring inför omfogning. Tidigare studier pekar på inläckagerisker med enstegstätning såsom alternativ C. Därför bör detta alternativ förbättras med ett andra hinder och vattenutledning.

Sammantaget visade testerna på att ett eller flera alternativ på täta lösningar erhållits för vanliga fasaddetaljer, förutom balkongdörranslutning som inte inrymdes i testerna. Dessutom har de täta lösningarna ett andra hinder eller sekundär tätning med vattenutledning. Detta har gett underlag till en ny guide med principiella lösningar, se följande avsnitt. Överlappande fog som skapar TDV öppning kan i vissa fall behöva

förbättras. De lösningar som visat sig fungera väl i dessa labbtester kan också behöva följas upp i exempelvis projektanpassad tillämpning i fält.

8 Guide med principiella lösningar

Guiden i detta avsnitt är baserad på de lösningar och detaljer som varit med i laborietester, avseende slagregnsexponering, och framför allt från testomgång 2. Observera att ritningarna i detta kapitel redovisar de testade detaljerna. Testerna redovisas ingående i bilaga 2. Tätningar mellan testram (UPE300) och provföremål ingår inte i de testade lösningarna utan ska enbart ses som en provningsteknisk förutsättning. Några fasaddetaljer har flera möjliga alternativ. Alternativen A, B, CC har kombinationen primärtätning och ett andra hinder (tätning, hinder eller uppsamlande ränna) med avledning av vatten vid varje våning. Detta med avledning av vatten vid varje våning finns inte för alternativ D. Ett andra hinder finns inte med i alternativ C och delvis inte heller i alternativ D. Alternativ C och D behöver således förbättras. Överlappande fog som skapar TDV öppning kan i vissa fall behöva förbättras. En detalj som inte inrymdes i testerna var balkongdörranslutning.

De lösningar som visat sig fungera väl i dessa labbtester kan behöva följas upp i projektanpassad tillämpning i fält.

A= Horisontalfog av fogmassa och fals, vertikal fog av fogmassa-luftspalt-TB fog förbunden med TDV öppning.

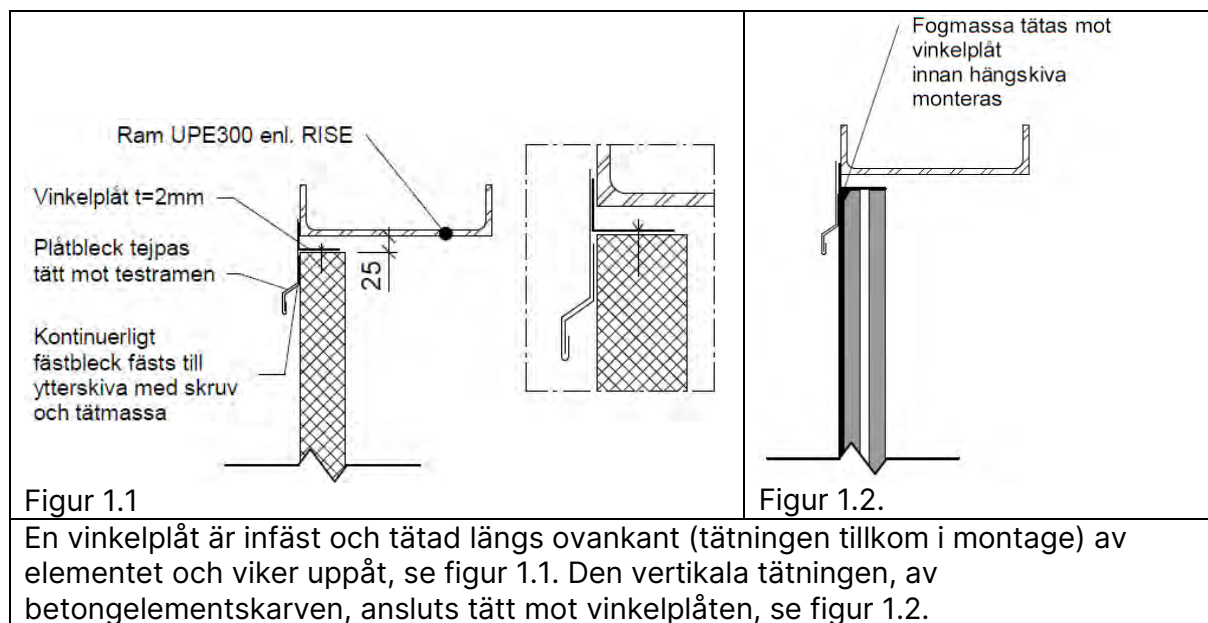
B= Horisontell fog av fogmassa och ränna, vertikal fog av fogmassa förbunden med överlappande fog som skapar TDV-öppning.

CC= Horisontal- och vertikal fog av fogmassa-luftspalt-fogmassa förbunden med överlappande fog som skapar TDV-öppning.

C= Horisontal- och vertikal fog av fogmassa, vertikal fog förbunden med överlappande fog som skapar TDV-öppning.

D= Horisontalfog av fogband och fals, vertikal fog av fogband.

8.1 Väggsanslutning mot tak-/väggkrön

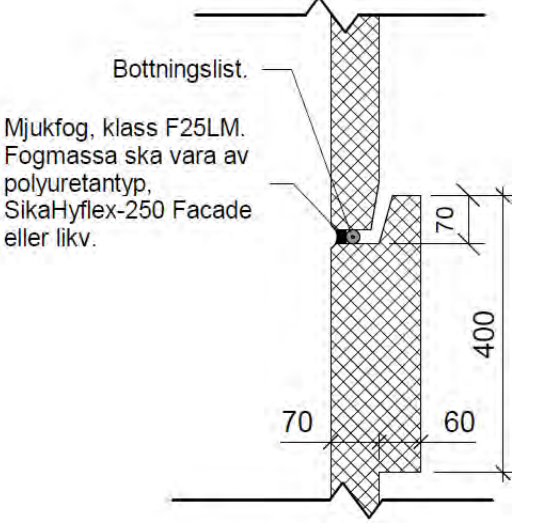
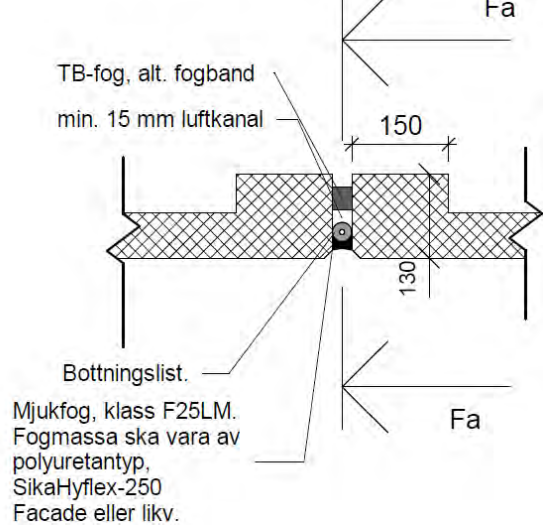
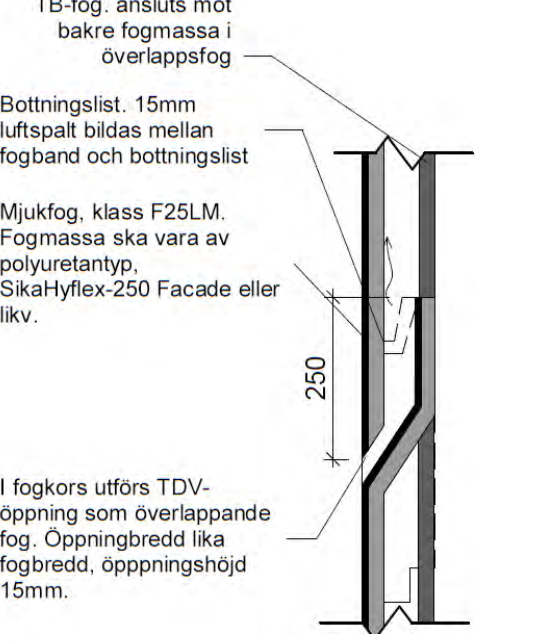


8.1.1 Kommentarer

Denna lösning var slagregnstät vid den aktuella provningen.

Denna lösning har ett yttre skydd av plåtbleck och en inre tätning av vinkelplåt som var tätad mot ovankant av betongelementet. Övergången till provramen ingår inte i denna lösning. Vinkelplåten är också avsedd för att en tänkt lösning, med uppifrån kommande tätskiktsmatta ska kunna anslutas tätt mot vinkelplåtens utsida och betongelementet. Plåtblecket utgör det yttre skyddet.

8.2 Elementskarvar-alternativ A

 Bottningslist. Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. 70 60 400	 TB-fog, alt. fogband min. 15 mm luftkanal 150 130 Bottningslist. Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. Fa Fa
 TB-fog, ansluts mot bakre fogmassa i överlapps fog Bottningslist. 15mm luftspalt bildas mellan fogband och bottningslist Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. 250 I fogkors utförs TDV- öppning som överlappande fog. Öppningbredd lika fogbredd, öppningshöjd 15mm.	

Figur 2A3.

Den yttre horisontella, se figur 2A1, och vertikala tätningen, se figur 2A2, utgörs av fogmassa applicerad mot bottningslist. Den horisontella elementskarven går omlott, fals, samt skapar en sidoledande vattenränna, se figur 2A1, som står i förbindelse med överlappande fog som skapar TDV-öppning, vattenutledning i fogkors, se figur 2A3. Den sekundära tätningen i vertikalskarven är en TB-fog med tät anslutning mot fogmassa i bakkant av TDV. Det undre elementet har en klack på 60 mm, som ger en total tjocklek 130 mm, och skapar omlottskarvning och möjliggör uppsamling av eventuellt vatten som rinner nedåt på baksida av den övre betongskivan (70 mm skivtjocklek), förutom närmast vertikal elementskarv där betongskivan är förtjockad. Vattenutledningen sker genom överlappande fog av fogmassa som skapar TDV-öppning i vertikal skarv, se figur A3. Nivåskillnaden i TDV-kanalen är 250 mm, se figur 2A3.

8.2.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

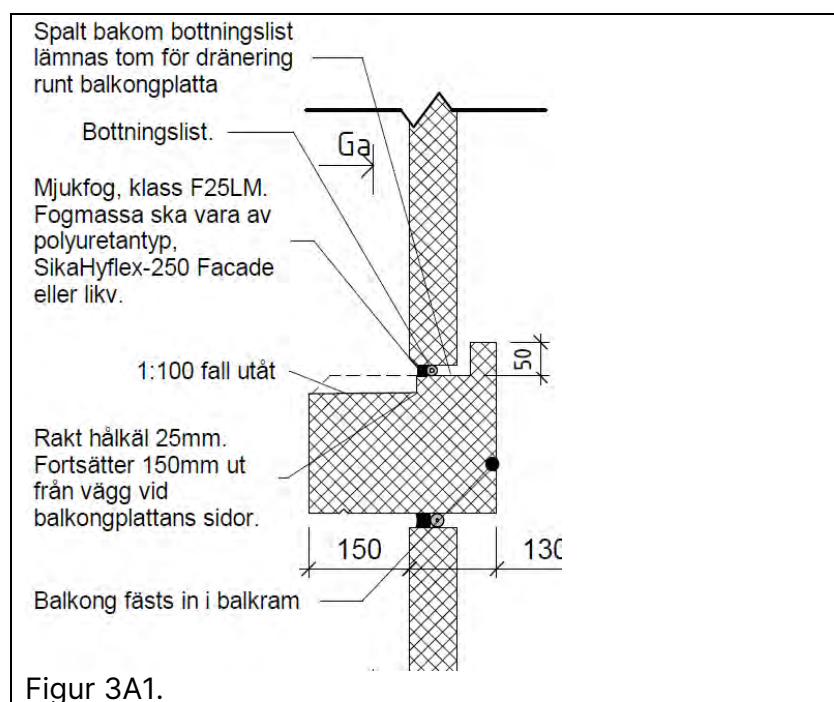
Dock följde det med små vattendroppar in via luftströmmen, i överlappande fog som skapar TDV-öppning, som rann tillbaka och ut. Detta alternativ har ett andra hinder både i vertikal och horisontell elementskarv samt vattenutledning i TDV-öppning vid varje våning. Om det uppkommer läckage genom exempelvis sprickor eller kondens på baksidan av fasadelementet, och letar sig inåt i isoleringen, så är det tänkt att det vattnet ska framåtledas av en plastlist i nederkant av respektive väggelement, principiellt som i figur 5.1, och ansluta till och uppsamlas av den horisontella rännan, fals, och ledas ut som beskrivits ovan. Plastlisten placeras i underkant av isoleringen med en lutning utåt.

Fönsteranslutning i alternativ B bedöms kunna fungera för fönsterdetaljer här.

Det kan vara en fördel om den vertikala förtjockningen kan minskas i tjocklek samt att den horisontella klackens överyta lutar utåt, så att vatten som rinner på baksidan av den vertikala förtjockningen leds till rännan. Behovet av detta torde minska om den framåtledande plastlisten ansluter till rännan.

Enligt uppgift var TB-fogen svår att montera och vred sig.

8.3 Balkonganslutning-alternativ A



Figur 3A1.

Den yttre horisontella och vertikala tätningen, se figur 3A1, utgörs av fogmassa som är applicerad mot bottningslist. Denna lösning var tänkt att utföras med överlappande fog som skapar TDV-öppning på vardera sida om balkongen med förbindelse med rännan i ovankant element, men TDV-öppningen skapades aldrig.

8.3.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

Lösningen har inte testats med överlappande fog som skapar TDV-öppning och vattenutledning då utförandet missades vid fogning. När det gäller utformning av TDV-öppningar bredvid balkong, och ett andra hinder och vattenutledning under balkong, så kan principen i alternativ B vara en lösning som sannolikt fungerar här också.

8.4 Fönsteranslutning-alternativ A

Figur 4A1.	Figur 4A2.
Figur 4A3.	Figur 4A4.

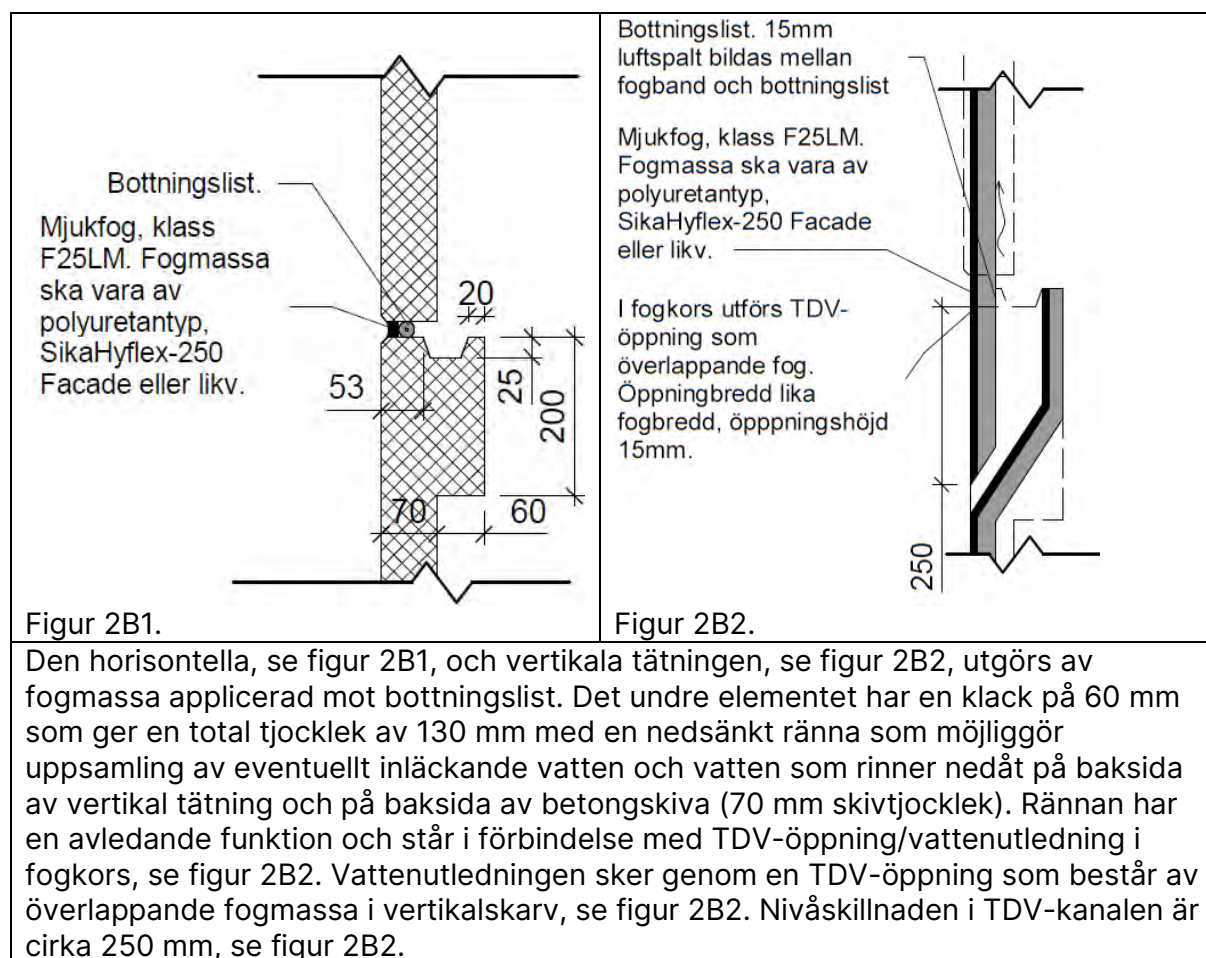
Det finns en sekundär tätning under fönsterblecket med lutning utåt, se figur 4A1. Lutningen går in minst 15 mm under karmbottenstycket. Det vatten som hamnar på den sekundära tätningen kan rinna ut via det perforerade fästbläcket, se figur 4A1 och 4A2. Den sekundära tätningen har omlottskarvats med 400 mm på mitten, men den har ingen skarvning på djupet. Tätning mellan betongkant och utsida metallbeklädd fönsterkarm testades med två alternativ av tätningar nämligen expanderande fogband, se figur 4A4, respektive fogmassa.

8.4.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

En viktig förutsättning är att lufttätningen på insidan, det vill säga den invändiga lufttätningen mot fönsterkarmen är helt lufttät. Det konstaterades att vatten tog sig till den sekundära tätningen rakt under bakkanten av fönsterblecket och rann sedan framåt och ut.

8.5 Elementskarvar-alternativ B



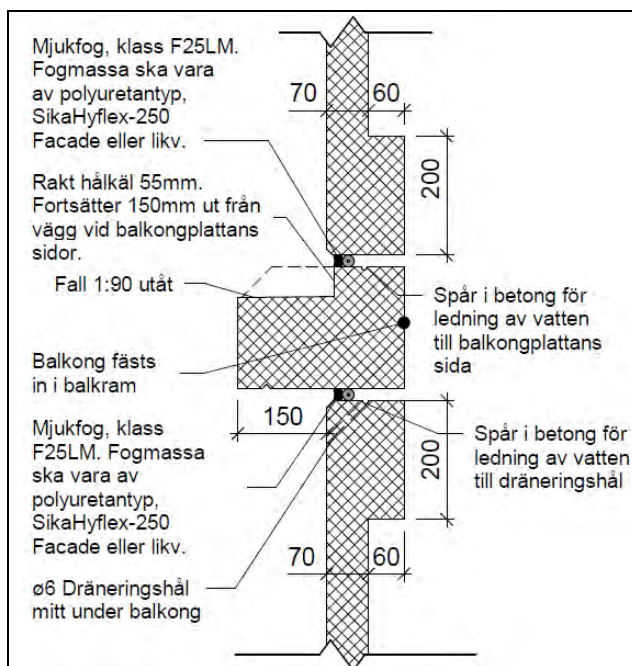
8.5.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

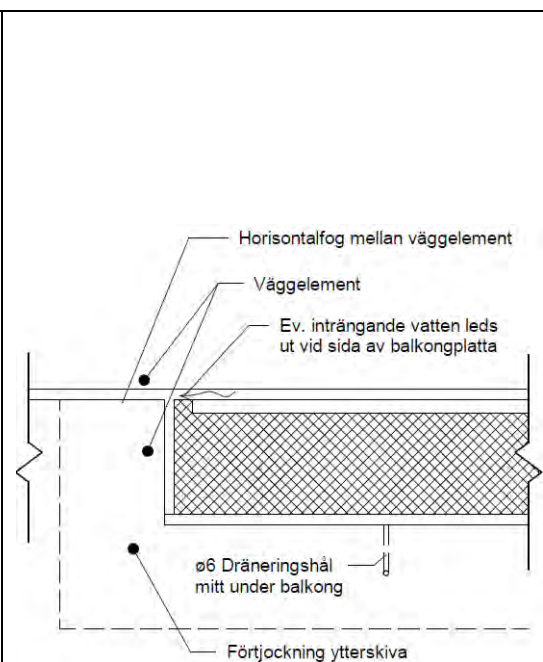
Dock följde det med små vattendroppar in via luftströmmen i överlappande fog som skapar TDV-öppning och det mesta rann tillbaka och ut, men det orsakade också lite skvätt innanför. Om det uppkommer inläckage genom exempelvis sprickor eller kondens på baksida av fasadelement, och letar sig inåt i isoleringen, så är det tänkt att det vattnet ska ledas utåt av en plastlist i nederkant av väggelement, principiellt såsom i figur 5.1, och uppsamlas av den horisontella rännan och ledas ut vid TDV-öppning för varje våning. Plastlisten placeras i underkant av isoleringen med en lutning utåt. I detta alternativ finns det inget andra hinder för vatten i vertikalskarv om det letar sig inåt i väggen före det når vattenutledningen/TDV-öppningen.

Fönsteranslutning i alternativ A bedöms kunna fungera för fönsterdetaljer här.

8.6 Balkonganslutning-alternativ B



Figur 3B1.



Figur 3B2.



Figur 3B3. Foto efter demontering.



Figur 3B4. Foto efter demontering.

De horisontella, se figur 3B1, och vertikala tätningarna, se figur 3B2, utgörs av fogmassa som är applicerad mot bottningslist. Elementen har en klack, förtjockning på 60 mm, av provningstekniska skäl. På vardera sida om balkongen finns också en överlappande fog som skapar TDV-öppning, se figur 3B2 och 3B4, som står i förbindelse med en ränna på ovansidan av balkongplattan. Vid testerna saknade balkongen hålkäl, se figur 3B4 (limrester från testomgång 1 finns kvar på ovansidan av balkongen utanför primärtätningen).

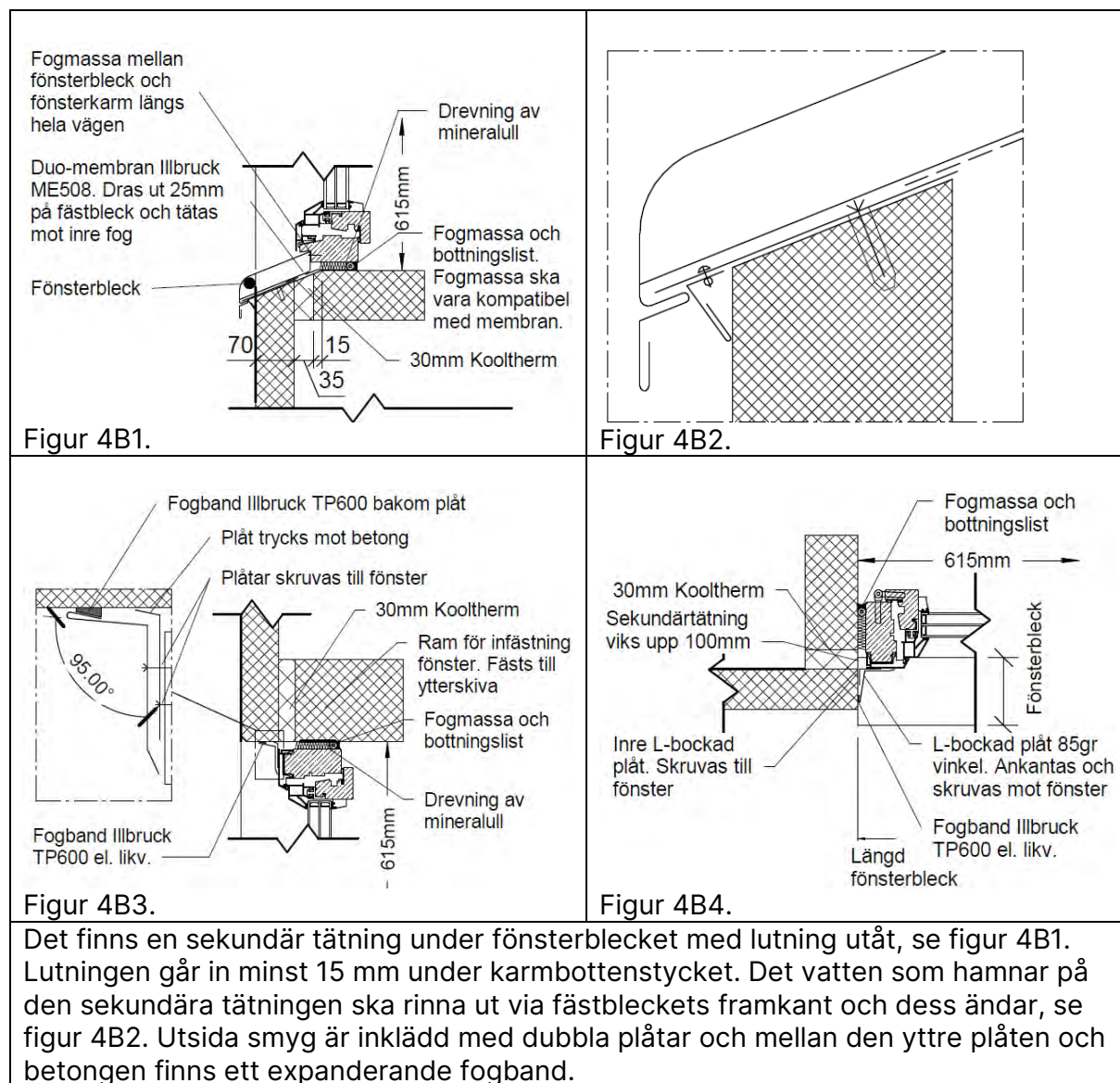
Det finns en ränna i ovankant av betongelementet, under balkongen, se figur 3B1 och 3B3. Vid hörnen avslutas rännan 20 mm från baksida elementet. Rännan är ansluten till ett 5-6 mm dräneringshål i betongen med ca 45 graders lutning utåt, med placering mitt under balkongen.

8.6.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

Vattenutledningen testades och rännorna hindrade vatten att rinna inåt och vatten leddes ut via ränna och hål respektive överlappande fog som skapar TDV-öppning.

8.7 Fönsteranslutning- alternativ B

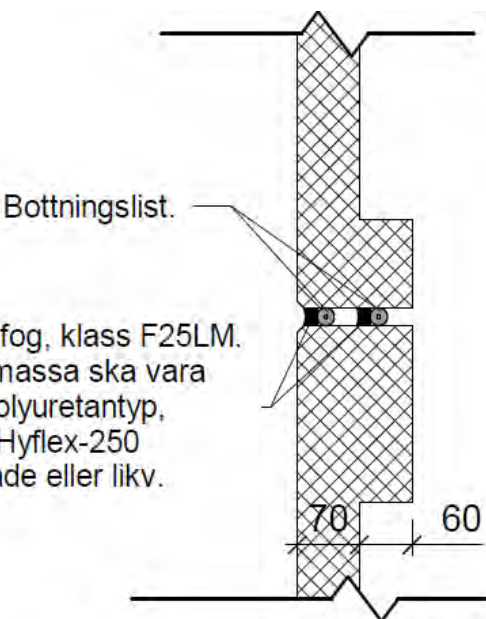
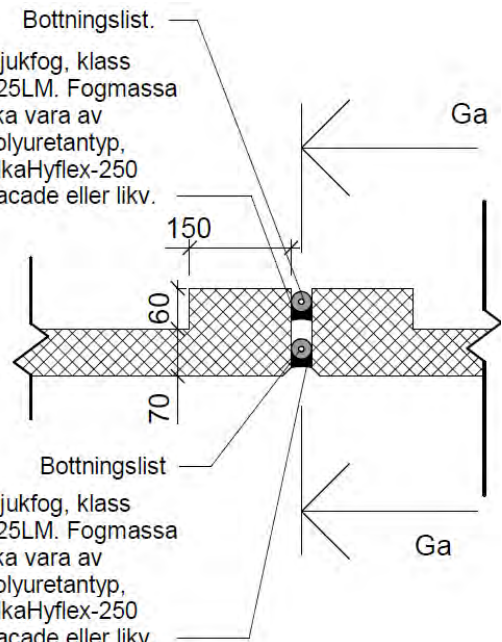
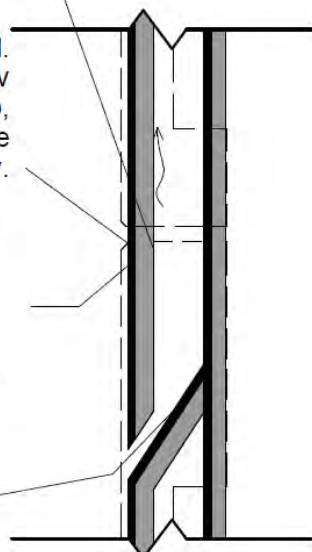


8.7.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

Det konstaterades att vatten tog sig in till den sekundära tätningen, rakt under bakkanten av fönsterblecket, och rann sedan framåt och ut.

8.8 Elementskarvar-alternativ CC

 Bottningslist. Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. 70 60	 Bottningslist. Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. 150 60 70 Bottningslist Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. Ga Ga
Figur 2CC1. Bottningslist. 15mm luftspalt bildas mellan fogband och bottningslist Mjukfog, klass F25LM. Fogmassa ska vara av polyuretantyp, SikaHyflex-250 Facade eller likv. I fogkors utförs TDV-öppning som överlappande fog. Öppningbredd lika fogbredd, öppningshöjd 15mm. Överlappsfog ansluts mot inre fog 	Figur 2CC2.
Den horisontella, se figur 2CC1, och vertikala tätningen i elementskarvar, se figur 2CC2, utgörs av dubbla tätningar av fogmassa med luftspalt i mellan. Fogmassan är applicerad mot bottningslist. Det undre elementet har en klack på 60 mm som ger en total tjocklek av 130 mm, samt att vertikal skarv har en förtjockning på 60 mm med total tjocklek av 130 mm. Luftspalten står i förbindelse med TDV-öppning/vattenutledning i fogkors, se figur 2CC3. Vattenutledningen sker genom en TDV-öppning som består av överlappande fogmassa i vertikalskarv, se figur 2CC3. Ingen tryckskillnad uppkom i luftspalten gentemot ute, tryckutjämnad funktion, varför drivkraften av vindtryck då inte är förväntad över den yttre tätningen.	

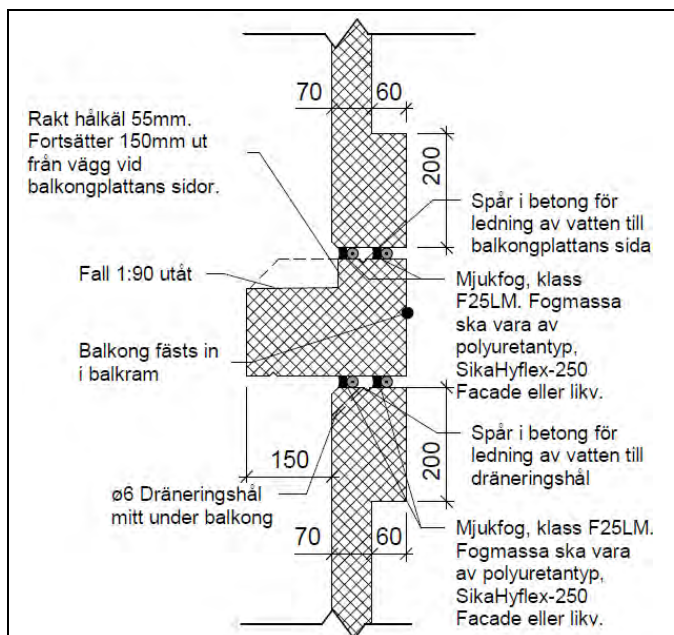
8.8.1 Kommentarer

Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

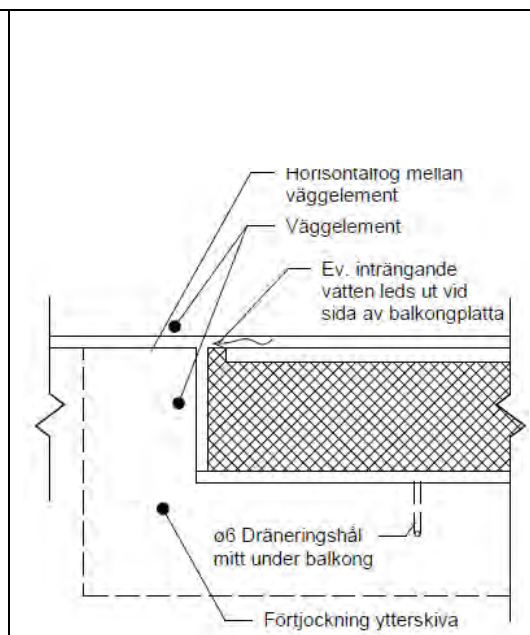
Om det uppkommer läckage genom exempelvis sprickor eller kondens på baksidan av fasadelementen så kan det vattnet sprida sig i väggen. Eventuellt kan en del vatten ledas ut vid sockeln om det når dit.

Fönsteranslutning i alternativ A och B bedöms kunna fungera för fönsterdetaljer här.

8.9 Balkonganslutning-alternativ CC



Figur 3CC1.



Figur 3CC2.



Figur 3CC3.



Figur 3CC4.

Den yttre horisontella, se figur 3CC1, och vertikala tätningen, se figur 3CC2, utgörs av dubbla tätningar av fogmassa med luftspalt i mellan. På vardera sida om balkongen finns också en TDV-öppning, se figur 3CC2 och 3CC4 (bild efter demontering), som står i förbindelse med rännan i ovankant av balkongen, se figur 3CC1.

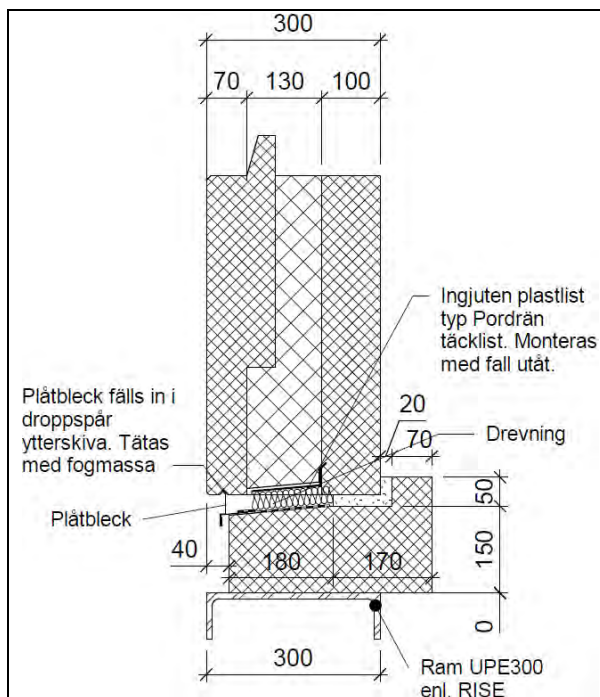
Det finns en ränna (spår) i ovankant av betongelementet, under balkongen, se figur 3CC1 och 3CC3. Rännan är ansluten till ett 5-6 mm dräneringshål, se figur 3CC2, i betongen med ca 45 graders lutning utåt, med placering mitt under balkongen. Vid hörnen avslutas rännan 20 mm från baksida element.

8.9.1 Kommentarer

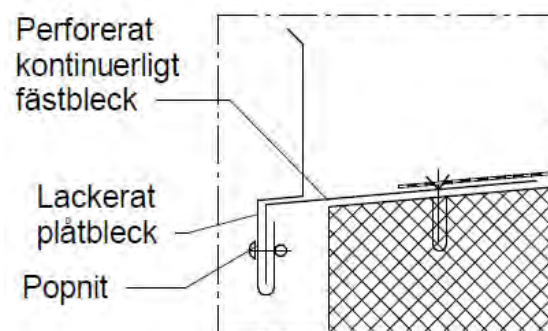
Detta alternativ var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

Vattenutledning med ränna på ovansida av balkong och väggelement testades och vatten leddes ut via TDV öppningar, se figur 3CC4, respektive hål, se figur 3CC3.

8.10 Väggslutning mot sockel/grund



Figur 5.1.



Figur 5.2.

Det finns en plastlist, se figur 5.1 med fall utåt i nederkanten av väggisoleringen, som ska leda vattnet utåt. Betongsockeln är utförd med lutning utåt och lutningen börjar ca 20 mm in under utsidan av den inre betongskivan. Lutningen är täckt med ett membran för att förhindra vattenuppsugning i sockeln. Utsidan är skyddad med plåtbleck och vatten tillåts rinna ut via perforerat fästbleck, se figur 5.2.

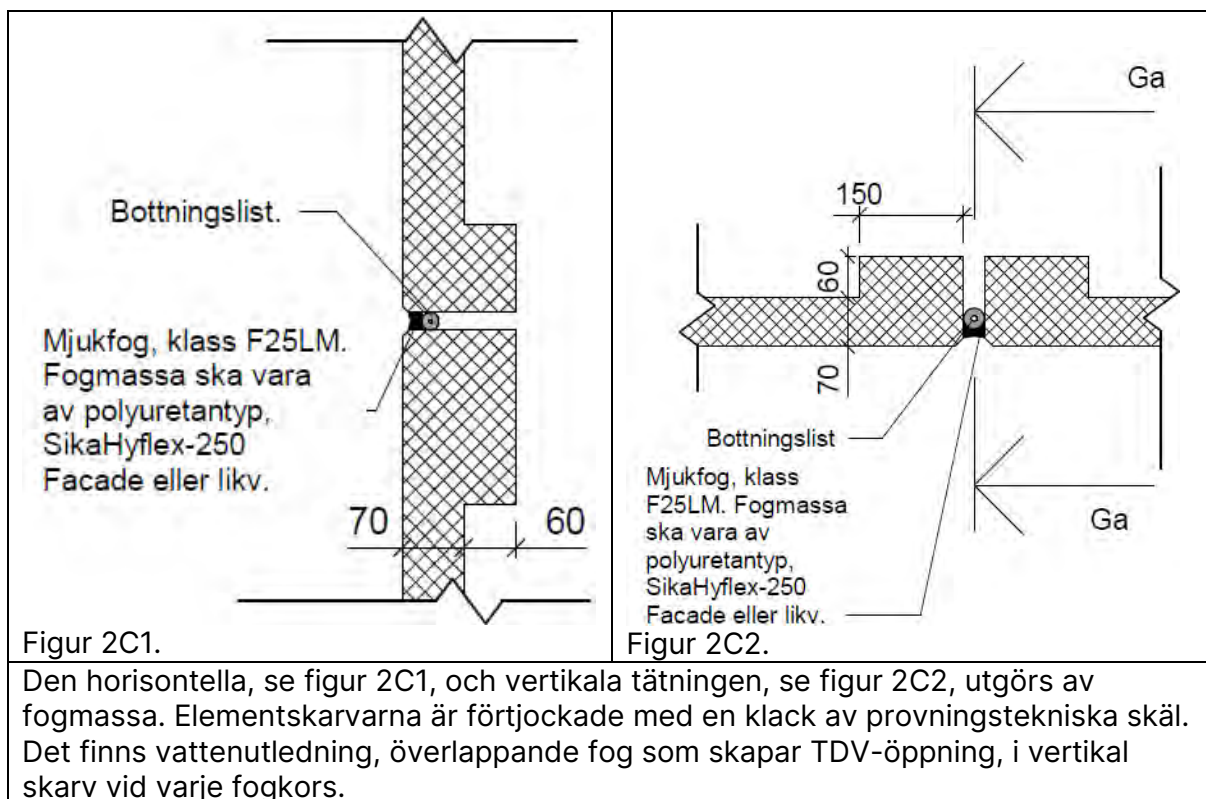
8.10.1 Kommentarer

Detta var slagregnstätt vid den aktuella provningen.

Dräneringen i sockeln testades och vatten som kom uppifrån via isolering och elementskarv rann ut.

8.11 Elementskarvar-alternativ C

Detta alternativ behöver förbättras.



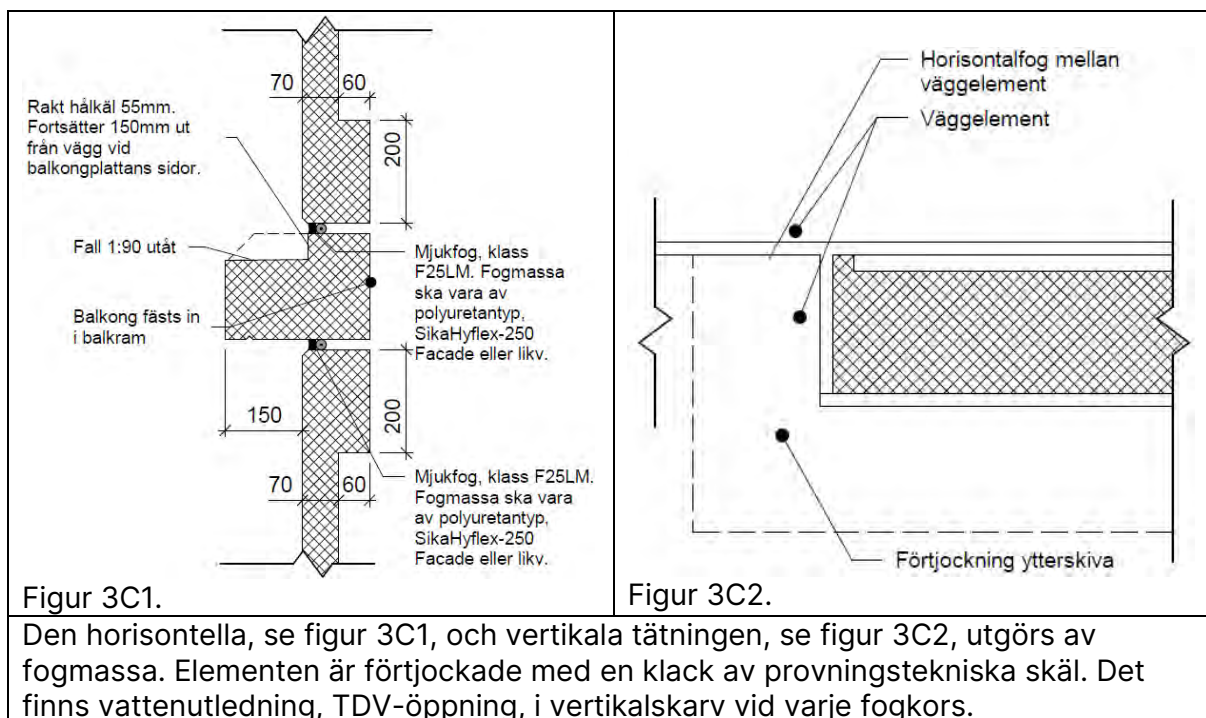
8.11.1 Kommentarer

Detta alternativ behöver förbättras.

I tidigare studier pekades det på risker med enstegstätning såsom detta alternativ har. Tätning i elementskarvar utgörs av fogmassa. Detta alternativ saknar funktionen ett andra hinder i horisontella elementskarvar varför det krävs helt täta fogtätningar vilket förefaller vara svårt att säkerställa praktiskt och över tiden enligt indikationer i denna och tidigare studier. Därför hänvisas det i denna guide till alternativen A och B, samt även CC om elementsprickor kan undvikas.

8.12 Balkonganslutning-alternativ C

Detta alternativ behöver förbättras.



Figur 3C1.

Figur 3C2.

Den horisontella, se figur 3C1, och vertikala tätningen, se figur 3C2, utgörs av fogmassa. Elementen är förtjockade med en klack av provningstekniska skäl. Det finns vattenutledning, TDV-öppning, i vertikalskarv vid varje fogkors.

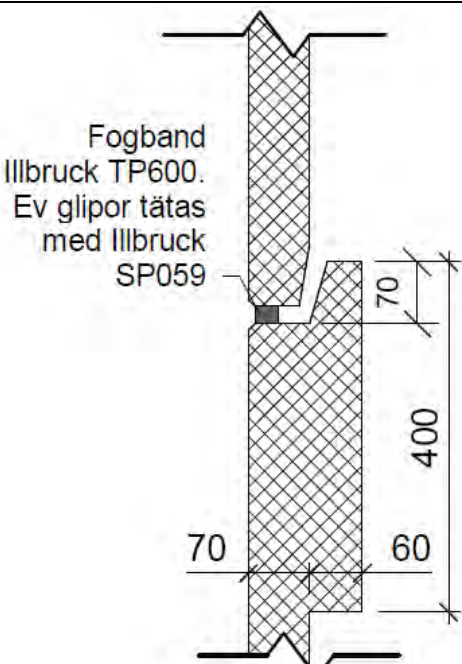
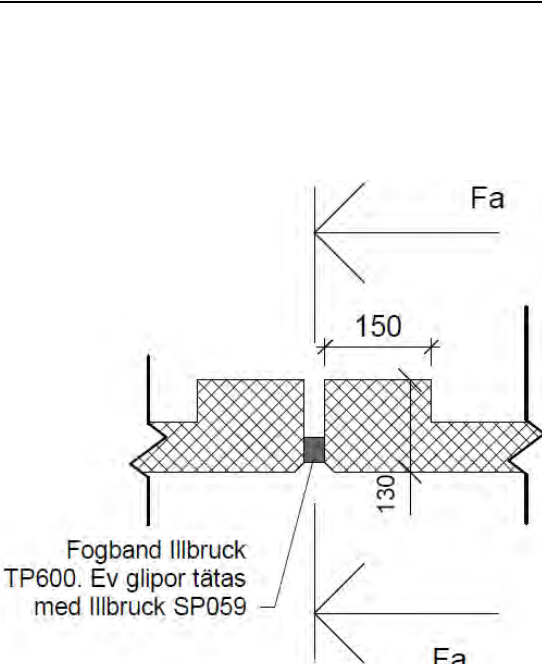
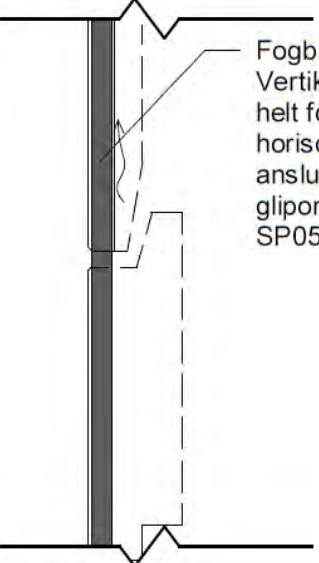
8.12.1 Kommentarer

Detta alternativ behöver förbättras.

I tidigare studier pekades det på risker med enstegstätning såsom detta alternativ har. Detta alternativ saknar funktionen ett andra hinder i elementskarvar varför det krävs helt täta fogtätningar och anslutningar vilket förefaller vara svårt att säkerställa praktiskt och över tiden enligt indikationer i denna och tidigare studier. Därför hänvisas det i denna guide till alternativ A och B.

8.13 Elementskarvar-alternativ D

Delar av detta alternativ behöver förbättras.

 Fogband IIIbruck TP600. Ev glipor tätas med IIIbruck SP059	 Fogband IIIbruck TP600. Ev glipor tätas med IIIbruck SP059
 Fogband IIIbruck TP600. Vertikalt fogband löper helt förbi fogkors, horisontella fogband ansluts mot vertikalt. Ev glipor tätas med IIIbruck SP059	

Figur 2D1.

Figur 2D2.

Figur 2D3.

Figur 2D4

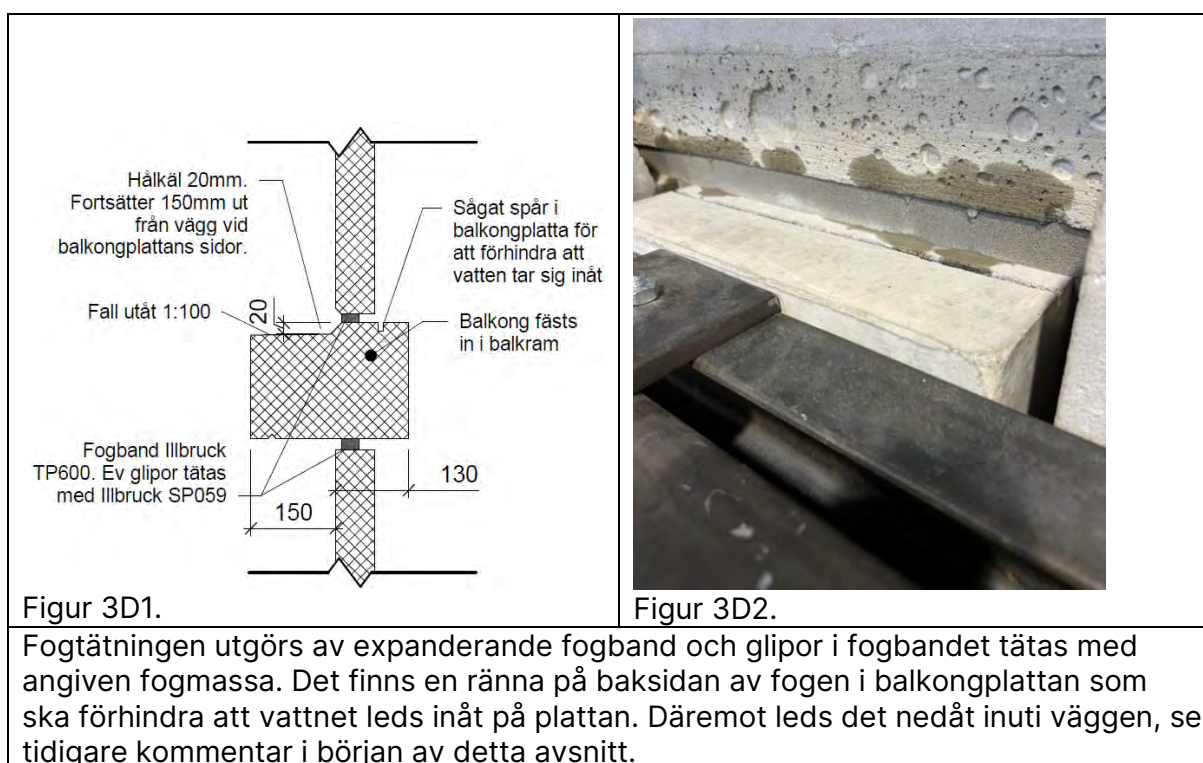
Den horisontella, se figur 2D1, och vertikala tätningen, se figur 2D2, utgörs av fogband. Den horisontella elementskarven går omlott, fals, samt skapar en sidoledande vattenränna, se figur 1, som står i förbindelse med vertikal elementskarv, se figur 2D2. Det undre elementet har en klack på 60 mm som ger 130 mm total tjocklek, som skapar omlottskarvning, och möjliggör uppsamling av eventuellt vatten som rinner nedåt på baksidan av den övre betongskivan (70 mm skivtjocklek), se figur 2D3. Vatten som leds till vertikal elementskarv ska rinna nedåt, våning för våning, och ledas ut vid sockeln. Testerna visade att vatten rann nedåt men även inåt, se foto 2D4, och ansamlades på den inre skivan i detta fall.

8.13.1 Kommentarer

Delar av detta alternativ behöver förbättras.

I detta alternativ är det tänkt att inläckande vatten ska rinna inuti väggen våning för våning men den funktionen är inte verifierad. Det vatten som eventuellt tränger förbi fogband i horisontell elementskarv leds till vertikal skarv där det visat sig kunna rinna nedåt i första läget. Men i den vertikala elementskarven har vatten även påträffats rinna eller vandra inåt i väggen. Vid eventuella inläckage från sprickor i element eller kondens så ska det vattnet rinna nedåt och framåtledas vid en plastlist i nederkant av respektive väggelement, såsom i figur 5.1, och uppsamlas av den horisontella elementenskarven och ledas till vertikalskarv. Dock visade testerna att vatten rann nedåt men även inåt, se foto 2D4, och ansamlades på den inre skivan i detta fall.

8.14 Balkonganslutning- alternativ D

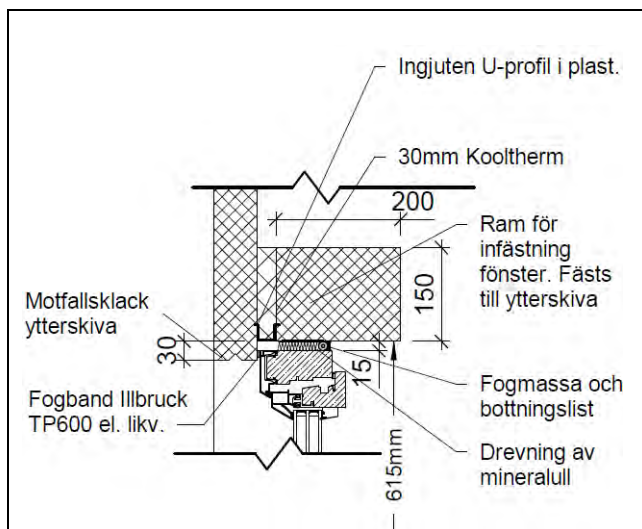


8.14.1 Kommentarer

Delar av detta alternativ behöver förbättras.

Det vatten som trängde förbi fogbandet ovanpå balkongen rann åt sidan med hjälp av spåret på ovansidan, se figur 3D2. Detta vatten rann sedan nedåt på baksidan av underliggande elementet men någon särskild vattenuppsamling eller avledning finns inte med risk för vattenspridning i väggen.

8.15 Fönsteranslutning- alternativ D



Figur 4D3.

Det finns en ingjuten U-profil av plast som är placerad i väggisoleringen ovanför fönstret, rakt ovanför luftspalten i drevutrymmet.

8.15.1 Kommentarer

Experiment visade att vatten som kom uppifrån avleddes, via plastlisten, på sidorna av fönsteröppningen såsom avsett.

9 Förslag på fortsatt forskning

Det finns ett behov av

- Utveckling och förbättring av överlappande fog som skapar TDV-öppning, framför allt när det gäller att förhindra att vattendroppar följer med luftströmmen in i väggen. Vilka risker finns det med överlappande fog som skapar TDV-öppning gällande skadedjur och insekter och hur kan risker förebyggas eller minimeras?
- Utveckling och förbättring av balkongdörranslutningar. Denna detalj var inte med i studien.
- Att undersöka betydelsen av en sekundär tätning innanför luftspalt mot drevisolering i drevutrymmet, på båda sidor om fönstret samt i ovankant.
- Att undersöka sprickors betydelse i betongväggar gällande regntäthet och korrosion av armering. Går det att minska eller eliminera sprickor?
- Dimensioneringsmetodik och utformning av luftspalter/luftkanaler för att åstadkomma tryckutjämning behöver studeras i betongsandwichväggar. Hur stora behöver ventilationsöppningar (TDV-öppningar) vara och dess fördelning i fasader?
- Uppgifter om inläckagevattnets spridning, dräneringsförmåga och kvarvarande vatten i betongsandwichväggar som behöver tas fram för att kunna göra relevanta riskanalyser och fuktberäkningar.
- Bättre uppgifter om tätningsmaterialens beständighet avseende åldring och fuktexponeringar behövs för hållbarhetsbedömning.
- Fältstudier av fasader med expanderande fogband som tätning.
- Att studera tätningar i fasader med ingjutet tegel.
- Att studera fukttransporter, förväntade fukttillstånd, uttorkningstider på grund av byggfukt och inläckage.
- Uppföljning av laborietestade lösningar, i full skala, i fält.
- Att studera förväntade variationer i arbetsutförande och dess inverkan på funktionen hos tätningslösningar.

Litteraturförteckning

- BRYCKE, E. & SVENSSON TENGBERG, C. 2019. Fukt i prefabricerade betondsandwichelement (Moisture in Precast Sandwich Elements (ID:13651). Stockholm, Sweden: SBUF Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.
- FIB 2014. Planning and design handbook on precast building structures, Manual - textbook (Bulletin 74), International Federation for Structural Concrete.
- FIB 2017. Precast Insulated Sandwich Panels. State of the art report - State of the art report (Bulletin 84), International Federation for Structural Concrete.
- FIB 2021. Precast Concrete in Tall Buildings - State of the art report (Bulletin 101), International Federation for Structural Concrete.
- HASSELBLAD, V. & ANDERSSON, K. A. 1972. Fogar i betongelementfasader (R42:1972). Stockholm: Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm (anslag C 529).
- JERLING, A. & SCHECHINGER, B. 1983. Fogars beständighet - Fogar i ytterväggar "Joint resistance - Joints in exterior walls"(R89). Statens råd för byggnadsforskning 790200-0. Stockholm: Chalmers University of Technology, Gothenburg.
- KUDDER, R. J. & ERDLY, J. L. 1998. Water leakage through building facades, ASTM International.
- LACASSE, M. A., MIYAUCHI, H. & HIEMSTRA, J. 2009. Water Penetration of Cladding Components—Results from Laboratory Tests on Simulated Sealed Vertical and Horizontal Joints of Wall Cladding. Journal of ASTM International, 6.
- OLSSON, L. 2021. Regntäthet hos prefabricerade betongsandwichväggar med fönster- och balkonganslutningar (ID:13818). Stockholm: SBUF Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.
- OLSSON, L. 2022. Driving Rain Tightness of Prefabricated Concrete Sandwich Walls with Joints, Windows and Balcony. 2022 Buildings XV International Conference. Clearwater Beach, Florida, US: ASHRAE.
- OLSSON, L. 2023. Regntäthet hos prefabricerade betongsandwichväggar-etapp 2-Fältmätningar av tryckskillnad över fasader (ID:14102). Stockholm: SBUF Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.
- OLSSON, L. 2024. Driving rain tightness and defects of prefabricated concrete sandwich walls with joints, windows and balconies. Science and Technology for the Built Environment, 30, 2024
- SIS 2001. SS-EN 12865 Hygrothermal performance of building components and building elements-Determination of the resistance of external wall systems to driving rain under pulsating air pressure. The European Standard EN 12865:2001 has the status of a Swedish Standard. Stockholm: SIS, Swedish Standards Institute.

Bilaga 1 - Provningsrapporter testomgång 1

Kontaktperson
André Martinsson
Lars Olsson
Bygg och fastighet
+46 10 516 51 83
andre.martinsson@ri.se

Datum
2025-01-09

Beteckning
P121325 A-D_01

Sida
1 (6)

SBUF 14298

Bestämning av betongsandwichväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck enligt SS-EN 12865:2001-med avsteg

(2 bilagor)

Provföremål

Provföremålet utgjordes av en yttervägg, bestående av betongsandwichelement, som var uppdelade i två delar (två spegelvända halvor). Hädanefter kallade väggdel A (till vänster i bild) och väggdel D (till höger i bild). (Se figur 1 i bilaga 1 och ritning i bilaga 2).

Provföremål D hade fogarna tätade med expanderande fogband (Illbruck TP600). Fogbandet i den vertikala fogen har måttet 13-24/30, de övre- respektive nedre horisontella fogbanden har måtten 17-32/35 respektive 22-40/40. Fogning med fogband utfördes av en representant för tillverkaren.

Tillverkarens representant monterade betongelementen i RISE provram. Provföremål A hade fogarna tätade med fogmassa (SikaHyflex -250 Facade) med primer (Sika Primer 3N). I den horisontella fogen i provföremål A hade två öppningar skapats, så kallade TDV-öppning (*Tryckutjämning -Dränering -Ventilation*). Dessa var placerade strax nedanför de bågige fogkryssen. Hädanefter kallade TDV-1 (övre) och TDV-2 (undre). Fogning med fogmassa var utförd av fogentreprenör.

Provföremålet hade två 6 x 6 fasta, aluminiumbeklädda träfönster, ett placerat i väggdel A och ett i väggdel D. Avvattning under fönstren utgjordes av en sekundärtätning med (Illbruck ME508 med primer), underbeslag/fästbleck i plåt och underbleck i plåt. Mellan anslagsfals i betongytterskivan och fönstren fanns fogband (Illbruck TP600 20mm 10-18) (se detaljer i ritning i bilaga 2). RISE labbpersonal utförde montaget av balkonginfästningar, applicering av tätmembran mot sockel (Resitrix SK/W med tillhörande primer) (se bild 21 och 22 i bilaga 1), samt tätade delvis elementskarvar på baksidan av elementen närmast sockel med transparent polykarbonatskiva (se figur 1). Fönstermontage och tätningar i anslutning mot betong utfördes av byggtreprenör. (Se bild 21 i bilaga 1) samt att insidan av fönsteranslutningen tätades med (Danaseal Akryl 504). (Se bild 22 i bilaga 1). Alla plåtarbeten utfördes av plåtslagare.



RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress
Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress
Brinellgatan 4
504 62 Borås

Tfn / Fax / E-post
010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå
K2 - Intern

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE Research Institutes of Sweden AB i förväg skriftligen godkänt annat.

Provningens genomförande

Provningen utfördes enligt tillämpbara delar i SS-EN 12865:2001. Det gjordes vissa avsteg, se avsnittet Avsteg från SS-EN 12865:2001 nedan. Mängden påfört vatten för provföremålet beräknades till $25,1 \pm 0,1$ l/minut i enlighet med standarden. Läckage fastställdes genom observation från provföremålets baksida samt via två detektorer med tillhörande vattenlarm placerade i drevspalten under fönstren.

För att minska risken att eventuella läckage i ovanliggande detaljer skulle påverka detaljer längre ner så hade takanslutningen inledningsvis täckts över med skyddsfolie i samband med tryckskillnad (Se steg 2-4 i tabell 1). Takanslutningen exponerades fullt under steg 1, 5 och 6. (Se Tabell 1).

Avsteg från SS-EN 12865:2001

Provningen genomfördes som en del i ett pågående forskningsprojekt varför trycksteg och exponeringstid var anpassade och Tabell 1 visar utförd provningsföljd.

Tabell 1. Provningsschema

Steg nr:	Tryck [Pa]	Exponering [minuter]	Ej regnbelastade detaljer har angivits med (*)
1	0	60	Full exponering
2	0-75	60	*Takanslutning ej exponerad
3	0-150	30	*Takanslutning ej exponerad
4	0-300	30	*Takanslutning ej exponerad
5	0-150	20	Full exponering
6	0-300	20	Full exponering

Resultat SS-EN 12865:2001

Tabell 2. Redovisning av läckage vid respektive steg och bildhänvisning.

Tryck [Pa]	Steg	Nr:	Väggdel A (med mjukfog)	Nr:	Väggdel C (med fogband)	Bildhänvisning (se bilaga 1)
0	1			L1	Fönstrets drevspalt (dolt läckage)	Dold konstruktion
0	1			L2	Vertikal fog	Bild 2A
0	1			L3	Vertikal/horisontalfog	Bild 3
0-75	2			L4	Ovankant balkong horisontalfog	Bild 4
0-75	2			L5	Ovankant vertikal/horisontalfog	Bild 5
0-75	2			L6	Vertikal/horisontalfog	Bild 6
0-150	3			L7	Horisontalfog	Bild 7
0-150	3	*L8	Vertikalfog. Skvätt från TDV-2			Bild 8
0-150	3			L9	Vertikal fog	Bild 9
0-150	3			L10	Ovankant balkong	Bild 10

					horisontalfog/vertikalfog	
0-150	3			L11	Ovankant balkong horisontalfog	Bild 11A
0-150	3			L12	Vertikal fog	Bild 12
0-150	3	L13	Mellan ytterskiva och cellplasten runt fönster			Bild 13
0-150	3	L14	Mellan ytterskiva och cellplasten runt fönster			Bild saknas pga. oåtkomlighet
0-300	6			L11	Ovankant balkong horisontalfog	Bild 11B
0-300	4			L15	Vertikal fog	Bild 2B
0-300	4			L16	Horisontalfog	Bild 14
0-300	6	L17	Fönstrets drevspalt (dolt läckage)			Dold konstruktion
0-300	6			L18	Mellan ytterskiva och cellplasten i underkant av fönster	Bild 15

*L8. Ej klassat som läckage under Steg 3 men under Steg 6 skvätte det över in på innerskivan.

För översikt och placering av läckagen i förhållande till hela provobjektet (se bild 1 i bilaga 1).

Tryckskillnad i fönstrens drevspalter samt vid sockel gentemot angränsande lokal, med inomhusklimat, uppmättes under pågående provning vid trycksteg 0-150 Pa och vid 0-300 Pa, se tabell 3. (För placering av mätpunkter se bild 1 i bilaga 1). Resultaterande tryckfall över utsida fönster- och sockelanslutning framgår i Tabell 3.

Tabell 3. Uppmätta tryckskillnader och resulterande tryckfall

Tryck mot fasad i regnkammare [Pa]	Drevspalt N1 [Pa]	Tryckfall [Pa]	Drevspalt N2 [Pa]	Tryckfall [Pa]	Sockel N3 [Pa]	Tryckfall [Pa]
150	147	3	147	3	2	148
300	286	14	283	17	14	286

Läckagesökning för drevspalt runt fönster

Efter avslutad aktiv provning avlägsnades fönsterblecken och fönster med avsikt att fastställa en läckageväg.

Någon enskilt uppenbart läckageväg kunde inte fastställas. Följande noteringar gjordes:

- Anslutningen mellan underbleck-uppvik och betongen vid sidorna uppvisade glipor mot betongen. Ingen kompletterande tätning med fogmassa var utförd.
- Lim- och tätmassan uppvisade brister i kontakt mellan underbleck och karm (se bild 16 i bilaga 1)
- Mellan nedre avslut anslagskant och underblecket skapades, på båda sidor av fönstret, en hålighet ovanför underbleckets innerhörn där vatten kan ta sig in.

- Fönstrens aluminiumbeklädnad är inte vattentät utan medger visst dränage enligt konstruktion och kan därför leda vatten in innanför aluminiumbeklädnaden och förbi fogbanden runt anslagskanten. Särskilt känslig del är skarvar i aluminiumbeklädnaden. (Se ritning bild 24 i bilaga 1).
- Vatten som tar sig in innanför primärtätningen och hamnar mot sekundärtätningen kan ansamlas på den plana yta som drevspaltens konstruktionen medger utan att kunna dränera ut. (se bild 23A och 23B i bilaga 1).
- Vatten som ansamlas på sekundärtätningen kan antingen kapillärt ta sig mellan de överlappande butylflis-skikten (Illbruck ME508) och därmed ta sig förbi sekundärtätningen och vidare in i isoleringsskiktet eller runda butylflis-skiktet i bakkant och ta sig vidare in i isoleringsskiktet.

Provningen enligt SS-EN 12865:2001 avslutas.

Indikativt funktionsprovning av dränageförmåga

Efter avslutad provning enligt SS-EN 12865:2001 utfördes en tre separata indikativa funktionsprovningar med syfte att fastställa om vatten innanför betongelementfogen kan dränera ut. Om vatten tar sig in genom otätheter eller bildas genom kondensering innanför fogen skall detta antingen fångas upp i horisontell fals och dräneras ut genom TDV-öppning eller dräneras ut vid sockeln. Där ingen ränna eller fals finns ska vattnet dränera ut genom skiktet av cellplastisolering och ut genom sockelöppning.

I väggdel A med fogmassa (SikaHyflex -250 Facade) fanns två TDV-öppningar skapade genom överlappande fogmassa i vertikalskarven. (Se detalj F1-F1 i ritning i bilaga 2). Dessa var medvetet placerade i olika höjd i förhållande till respektive elementyta vid horisontalskarv. TDV-1 (se bild 1 i bilaga 1) hade öppningen placerad cirka 20 cm nedanför fogkrysset.

Kanalen var uppdragen i nivå med betongelementet på baksidan.

TDV-2 (se bild 1 i bilaga 1) hade öppningen placerad cirka 12 cm nedanför fogkrysset.

Kanalen var uppdragen cirka 6 cm ovanför betongelementet på baksidan. Dränageförmågan genom fals och TDV-2, provades i Indikativ funktionsprovning 1.

Dränageförmåga i isoleringsskikt med plastlist och ut genom sockel provades i Indikativ funktionsprovning 2.

Vattenavledande förmåga av ingjuten plastfals i skiktet med fenolcellplast runt fönsteröppningen provades i Indikativ funktionsprovning 3.

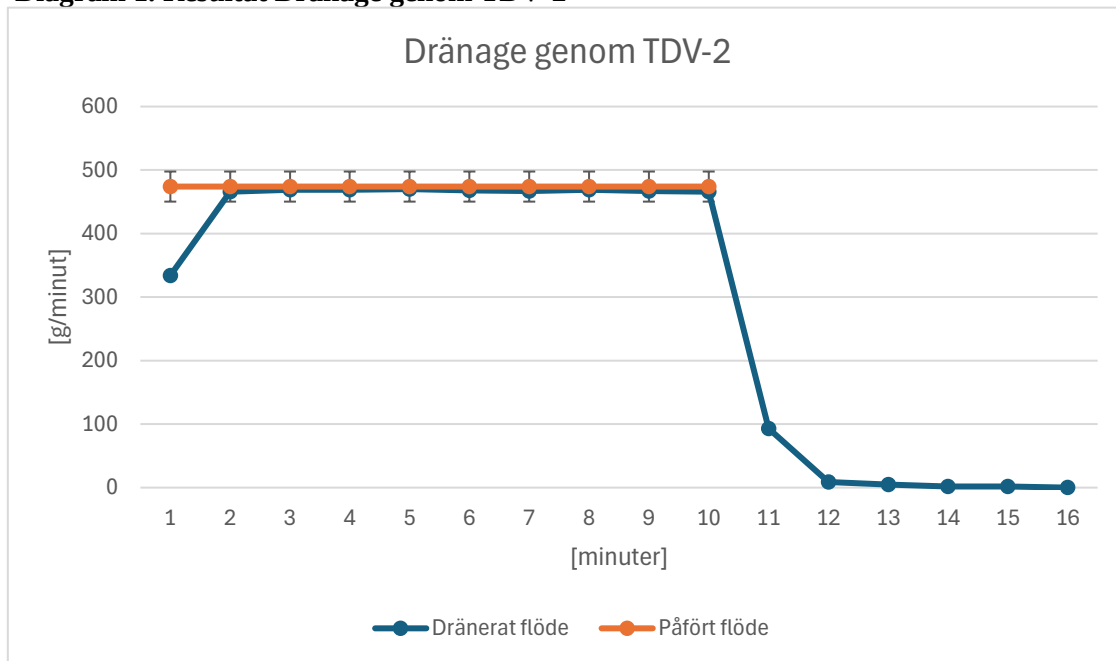
Indikativt funktionsprovning 1. Dränage genom fals/TDV-öppning

Indikativ funktionsprovning 1. utfördes för att fastställa hur mycket vattnen som dränerar ut och hur mycket vatten som eventuellt tas upp i konstruktionen. Provningen genomfördes på provföremålets väggdel A. Funktionen av falsen och TDV-2 provades genom att falsen belastades med ett kontrollerat vattenflöde. Dränerat vatten ur TDV-öppningen samlades upp på utsidan av provföremålet. När mängden tillfört vatten bedömdes motsvara mängden dränerat vatten avslutades provningen.

Flödet för påfört vatten kontrollerades före- och efter provningen och mätosäkerheten fastställdes till $\pm 5\%$ för påförd vattenmängd. Kvarvarande fritt vatten i falsen samlades upp och kontrollerades efter avslutad provning. Vatten som inte dränerat ut eller samlats upp i falsen efter provning redovisas som avvikelse (se tabell 4).

Resultat- Indikativt funktionsprovning 1

Diagram 1. Resultat Dränage genom TDV-2



För tabellvärden över Diagram 1. se Tabell 5 i bilaga 2.

Tabell 4. Påfört- och dränerat vatten genom TDV-öppning.

Påfört vatten	Uppskattad mätosäkerhet	Dränerat vatten	Fritt vatten kvar i rännan	Avvikelse	
[g]	[%]	[g]	[g]	[g]	[%]
4740	5%	4656	28	*84	*1,77%

*Avvikande mängd vatten ligger inom uppskattad mätosäkerhet för påfört vatten.

Indikativt funktionsprovning 2. Isolering med bottenplastlist

Indikativ funktionsprovning 2. utfördes på provobjektets halva väggdel D för att fastställa om vatten kunde dränera ut genom isoleringsskiktet och ut via sockelöppningen. Inga flöden kontrollerades under den här delprovningen. Endast den faktiska funktionen provades. (Se bild 18 i bilaga 1).

Resultat- Indikativt funktionsprovning 2

Påfört vatten dränerade ut rakt under platsen för påfört vatten samt följde sockelbeslaget i sidled. Vatten i isoleringsskiktet dränerade ut vid sockelöppning. (Se bild 19A, 19B och 19C i bilaga 1).

Indikativt funktionsprovning 3. Isolering med ingjuten plastlist

Indikationsprovning 3 utfördes på betongelementets baksida med fönsteröppning i väggdel A. I isoleringsskiktet fanns en ingjuten plastlist ovanför fönstret med syfte att avleda och förhindra att vatten kan tränga in i fönstrets drevspalt. (Se bild 20A i bilaga 1).

Resultat- Indikativt funktionsprovning 3

Påfört vatten leddes vid sidan om fönstret som funktionen var avsedd men vattnet vandrade inåt. En del vatten kom att landa på den inre betongskivan. (Se bild 20B i bilaga 1). Inget vatten trängde in i fönstrets drevspalt.

Provningsförutsättningar

Provningsresultaten avser enbart det provade föremålet.

Utrustning med RISE individnummer:	Provrigg 202210 med tryckgivare BX90056 Manometer 202429 Vattenflödesmätare KWP09031
Uppskattad mätosäkerhet:	Lufttryckskillnad ± 2 Pa, luftflöde ± 5 % Vattenflöde: SS-EN 12865:2001 $\pm 0,1$ l/minut, Vattenflöde dränage ± 5 %, Vikt ± 2 g
Akreditering omfattar:	SS-EN 12865:2001
Omgivande klimat:	Lufttemperatur 19,7 °C, RH 41 %, Lufttryck 1008,7 hPa
Vattentemperatur:	Inom standardens krav
Konditionering:	I laboratorieklimat efter ankomst till RISE

RISE Research Institutes of Sweden AB Byggnadsfysik och hållbara byggnader - Byggnadsfysikprovning

Utfört av

Granskat av



André Martinsson



Lars Olsson



Börje Gustavsson

Bilagor

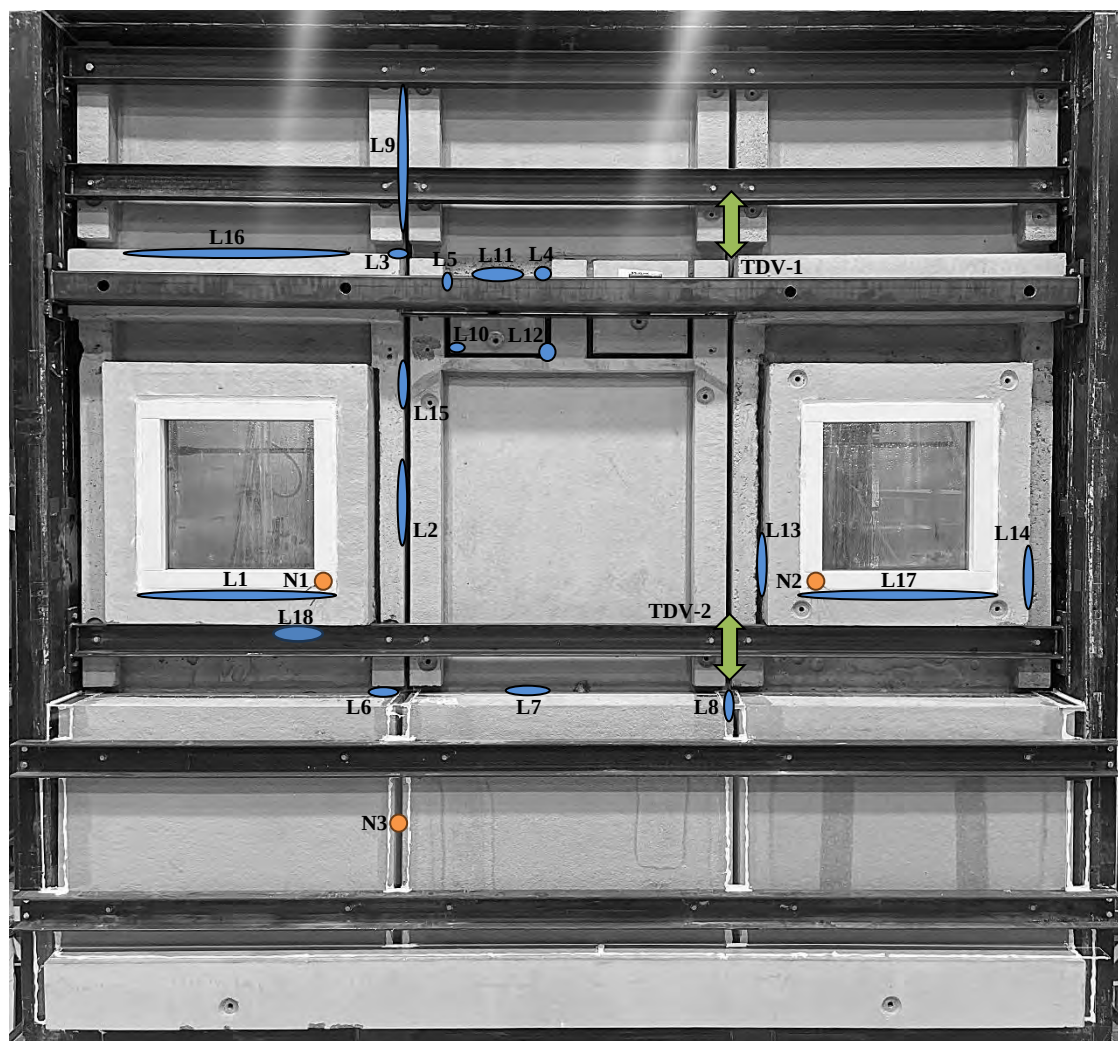
Bilaga 1.

Bilder.

Bilaga 2.

Ritning och tabellvärden för Tabell 5.

Bilaga 1



1. SS-EN 12865:2001. Översiktssbild över läckagens placering i förhållande till provföremålets insida markerade med blå färg och läckagenummer. TDV-öppningar markerade med gröna pilar. Tryckfall över fasaden under pågående provning uppmättes i drevspalten för båda fönstren samt längs sockel/vertikalskarv. Se brandgula punkter. Vägghel D till vänster i bild och vägghel A till höger i bild.

Bilaga 1



2A. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L2. Vertikalfog. Vid 0 Pa, Steg 1.

Bilaga 1



2B. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) Vatten från L2 och L15 -vertikalfog. Vattnet rann nedåt och mot insidan av den yttre betongskivan, vid 300 Pa för steg 4.

Bilaga 1



2C. Pågående provning (SS-EN 12865:2001). Vatten från L2. Vattnet vandrade mot insidan av den yttre betongskivan, i den vertikala fogen, se även bild 2 och 2B.

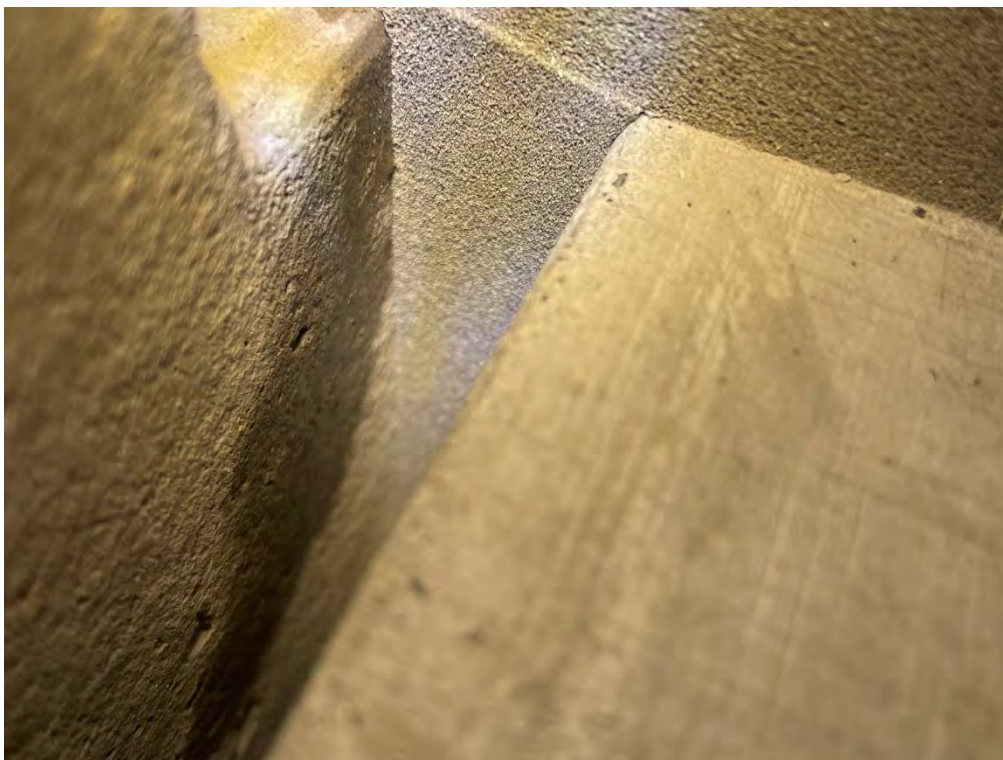


3. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L3. Vid vertikalfog- fogkryss underkant fogband vid 0Pa, Steg 1. Se blå pil.

Bilaga 1

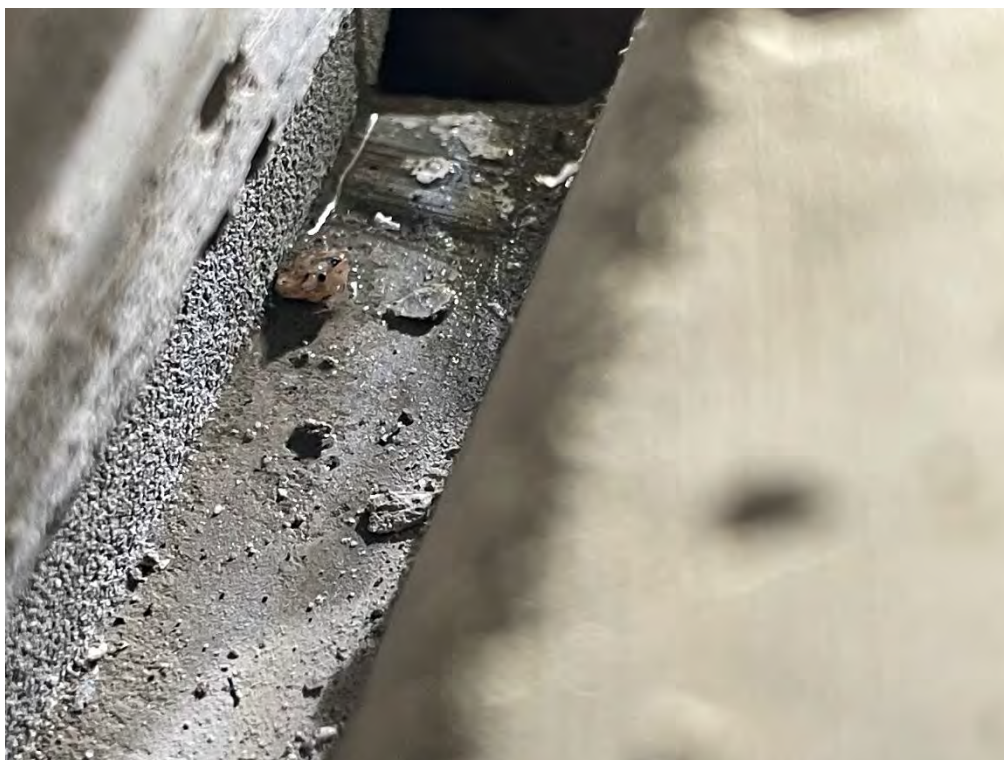


4. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L4. Ovankant balkong, ovkant fogband.
Vid 0-75Pa, Steg 2.

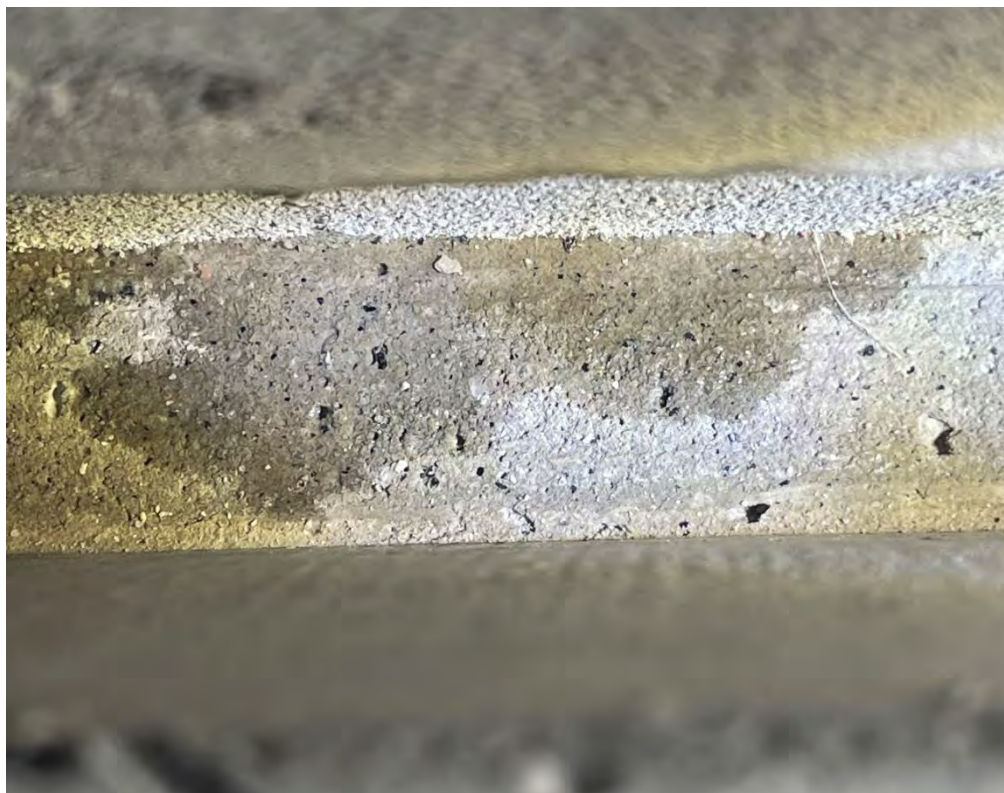


5. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L5. Balkong-element. Vertikalt fogband mot elementsida.
Vid 0-75Pa, Steg 2.

Bilaga 1



6. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L6. Fogkryss. Fogbandsmöte vid horisontal/vertikal. Vid 0-75Pa, Steg 2.



7. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L7. Horisontalfog "ränna" vid undersida fogband. Vid 0-75Pa, Steg 2.

Bilaga 1



8. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L8. TDV-öppning, (TDV-2). Vatten skvätter upp ur TDV-öppning och in i rännan. (ej klassat som läckage under Steg 3 men skvätter över in på betonginnerskivan under steg 6). Bild vid 0-150Pa, Steg 3.

Bilaga 1



9. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L9. Vertikalfog med fogband. Se blå pil.
Vid 0-150Pa, Steg 3.

Bilaga 1



10. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L10. Underkant balkong (vänster). Fogbandsmöte. Vid 0-150Pa, Steg 3.



11A. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L11. Ovansida balkong. Ovansida fogband. Vid 0-150Pa, Steg 3.

Bilaga 1



11B. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L11 Ovensida balkong. Ovensida fogband. Vid 0-300 Pa, Steg 6.



12. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L12. Underkant balkong (höger). Fogbandets mot elementsida hörn. Vid 0-150Pa, Steg 3.

Bilaga 1



13. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L13. Vattengenomslag i isoleringsskiktet runt fönsterhålet. Vid 0-150Pa, Steg 3.



14. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L16. Horisontalfog. Ovankant fogband. Vid 0-300Pa, Steg 4.

Bilaga 1



15. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L18. Mellan den yttre betongskivan och isoleringen under fönstret. Vid 0-300Pa, Steg 6.



16. Läckagesökning efter provning (SS-EN 12865:2001). Fogsprång på baksida av underbleck.

Bilaga 1



17. Pågående provning (Indikationsprovning 1.) Påförsel av vatten med bestämt flöde i ”ränna” vid horisontell fog på en meters höjd. Vattnet applicerades ungefär 80 cm från fogkryss (vertikal fog med TDV-öppning).

Bilaga 1



18. Vid pågående provning (Indikationsprovning 1.). Vatten dränerar ut genom TDV-öppningen.

Bilaga 1

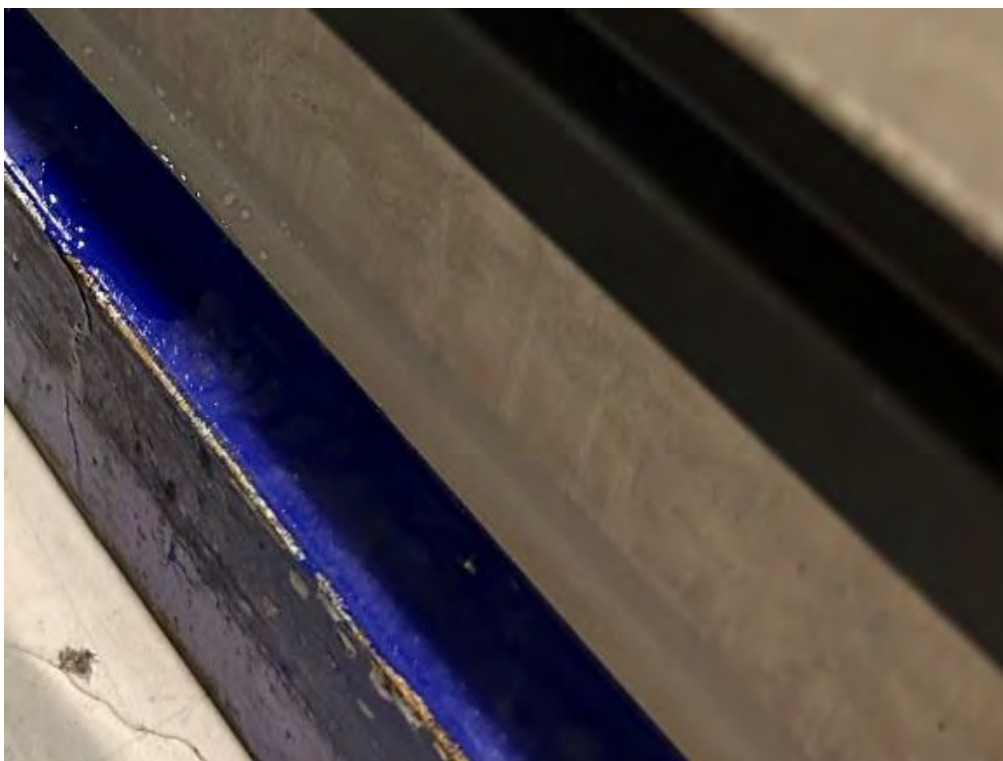


19A. Vid pågående provning (Indikationsprovning 2.) Indikerande funktionstest av dränageförmåga. Ett kontrollerat vattenflöde påförs i betongelementets överkant (ca 1 meter upp i vägg och ca 20 cm från elementhörn mellan ytterskiva och isoleringsskikt.

Bilaga 1



19B. Vid pågående provning (Indikationsprovning 2.) Vatten dränerade ut i betongelements underkant, rakt nedanför vattenslangen, och ut ur sockelspalten på utsida fasad, se även bild 19B. På bilden droppar vattnet från plåtskarven som är placerad ungefär 1,5 meter i sidled i förhållande till vattenslangens placering, se bild 18, då vattnet följde den uppvikta delen av sockelbeslag.



19C. På bilden droppar vattnet från plåtskarven som är placerad ungefär 1,5 meter i sidled i förhållande till vattenslangens placering, se bild 18, eftersom vattnet följde den uppvikta delen av sockelbeslag.

Bilaga 1



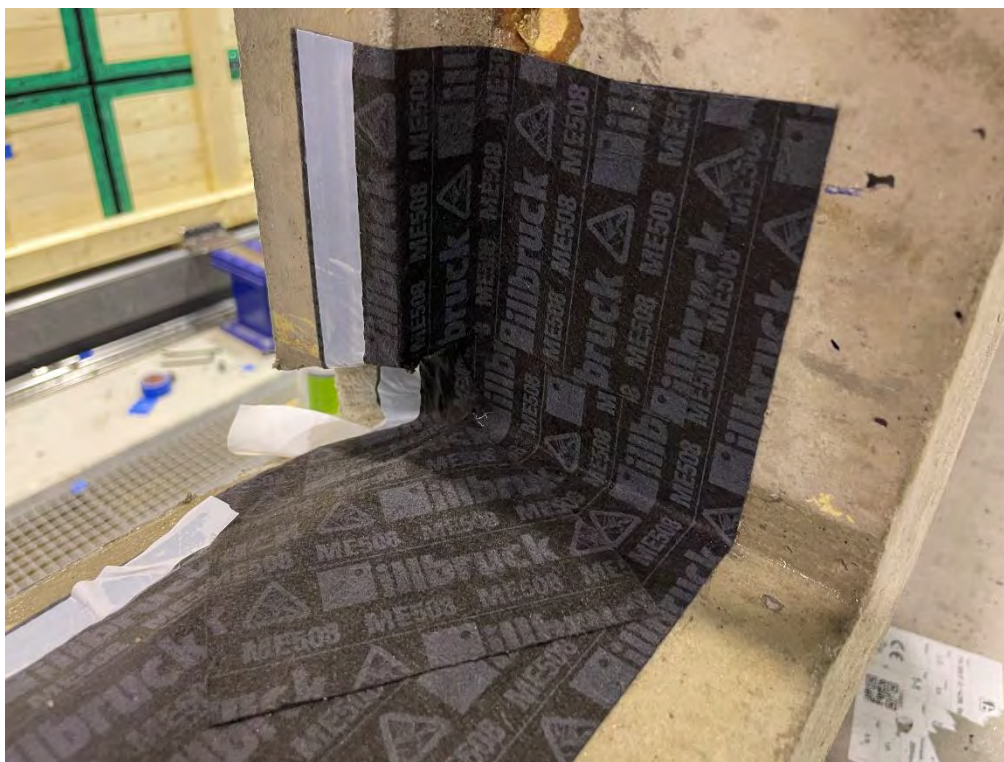
20A. Pågående provning (Indikationsprovning 3.) Isolering med plastlist ovanför fönster. Fogmassa har placerats för att valla in påfört vatten (se blå pil).

Bilaga 1



20B. Pågående provning (Indikationsprovning 3.) Vattnet tränger fram vid vardera ände på plastlisten i isoleringen och rann nedåt. Vattnet vandrade närmare insidan när det rann nedåt och samlades på ovankanten av det undre betongelementet. Vatten samlades även på den inre betongskivan.

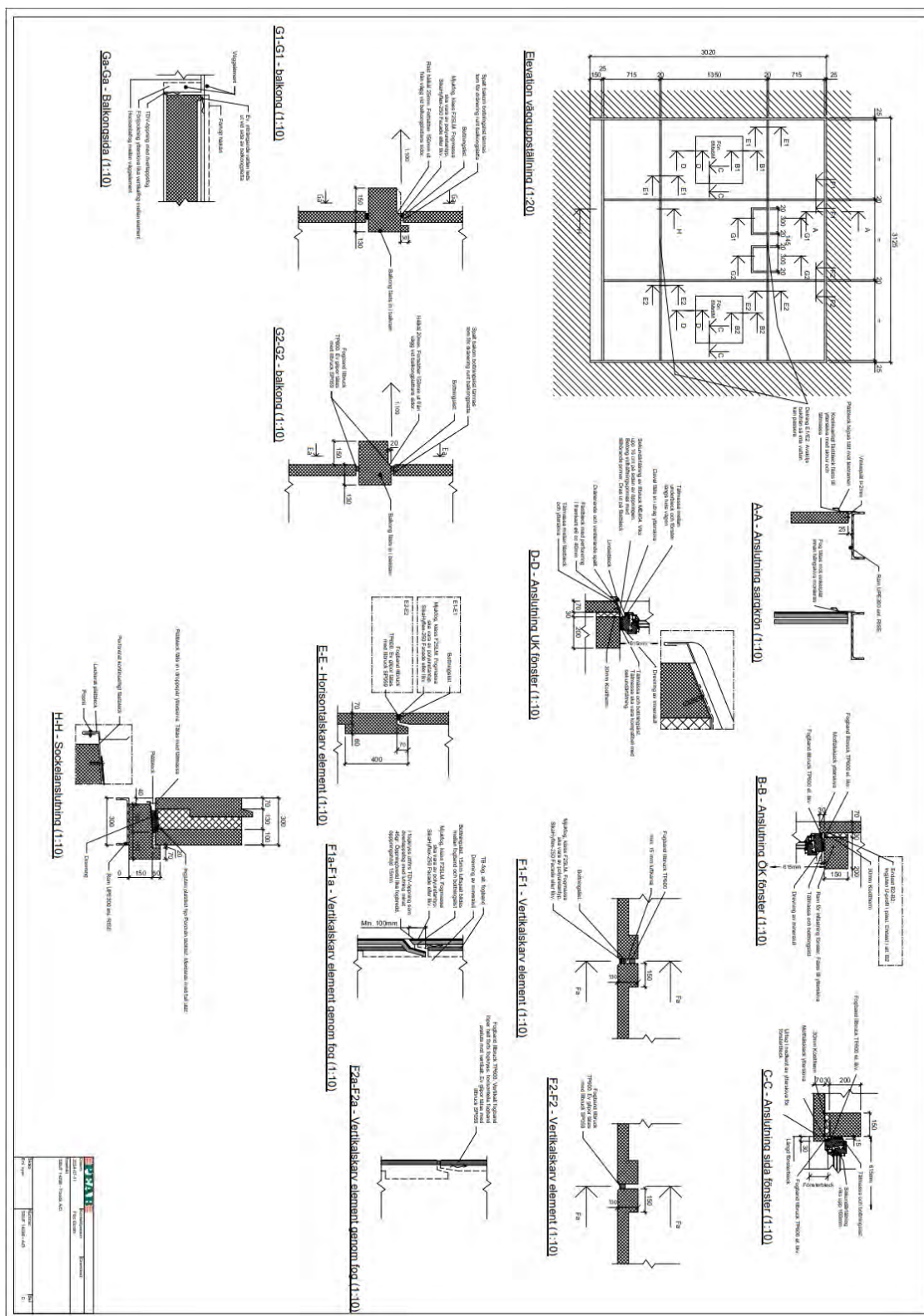
Bilaga 1



21. Under uppbyggnad innan provning. Sekundärtätning monterad i två överlappande skikt.



22. Under uppbyggnad innan provning. Montage av fönster med tätningar.



23. Ritning med montage, infattningar och tätningar.

Bilaga 2

Tabell 5. Påfört och uppsamlat vatten vid dränageprovning av TDV-överlappsfog

Tid	Tid totalt	Start	Stopp	Dränerat flöde	Påfört flöde	Dränerat flöde	Påfört flöde
[min]	[min]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/min]	[g/min]
1	1	0	334	334	474±5%	334	474±5%
1	2	334	800	466	474±5%	466	474±5%
1	3	800	1269	469	474±5%	469	474±5%
1	4	1269	1738	469	474±5%	469	474±5%
1	5	1738	2208	470	474±5%	470	474±5%
1	6	2208	2676	468	474±5%	468	474±5%
1	7	2676	3143	467	474±5%	467	474±5%
1	8	3143	3612	469	474±5%	469	474±5%
1	9	3612	4079	467	474±5%	467	474±5%
1	10	4079	4545	466	474±5%	466	474±5%
1	11	4545	4638	93	0	93	0
1	12	4638	4647	9	0	9	0
1	13	4647	4652	5	0	5	0
1	14	4652	4654	2	0	2	0
1	15	4654	4656	2	0	2	0
1	16	4656	4656	0	0	0	0

24. Tabellvärden. Se (Diagram 1. Resultat-Indikationsprovning 1.)

Verifikat

Transaktion 09222115557536161205

Dokument

A-D Bestämning av betongsandwichkonstruktions täthet
mot slagregn sign
Huvuddokument
27 sidor
Startades 2025-01-09 13:29:54 CET (+0100) av André
Martinsson (AM)
Färdigställt 2025-01-09 13:57:04 CET (+0100)

Signerare

André Martinsson (AM)
RISE Research Institutes of Sweden AB
Org. nr 556464-6874
andre.martinsson@ri.se
+46 10 516 51 83



Signerade 2025-01-09 13:30:35 CET (+0100)

Lars Olsson (LO)
RISE Research Institutes of Sweden
lars.olsson@ri.se



Signerade 2025-01-09 13:57:04 CET (+0100)

Börje Gustavsson (BG)
RISE Research Institutes of Sweden
borje.gustavsson@ri.se



Signerade 2025-01-09 13:39:49 CET (+0100)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Information i kursiv stil är säkert verifierad av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: <https://scrive.com/verify>



Kontaktperson

André Martinsson

Lars Olsson

Bygg och fastighet

+46 10 516 51 83

andre.martinsson@ri.se

Datum

2025-01-09

Beteckning

P121325 B-C_01

Sida

1 (5)

SBUF 14298

Bestämning av betongsandwichväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck enligt SS-EN 12865:2001

(2 bilagor)

Provföremål

Provföremålet utgjordes av en yttervägg bestående av betongsandwichelement, som var uppdelad i två delar (två spegelvända halvkor). Hädanefter kallade väggdel B, (till vänster i bild) och väggdel C (till höger i bild). (Se även figur 1 i bilaga 1 och ritning i bilaga 2 samt ritning i bilaga 2).



Samtliga fogar mellan betongsandwichelementen var fogade med mjukfog (SikaHyflex -250 Facade) med primer (Sika Primer 3N) mot bottenlist. De horisontella fogarna i väggdel B var försedda med en ränna i ovankant. Väggdel C hade ingen ränna. All fogning med fogmassa var utförd av fogentreprenör. Strax under varje fogkryss hade öppningar i fogen skapats, så kallade TDV-öppning (*Tryckutjämning -Dränering -Ventilation*).

Balkongen i väggdel B hade avvattning i plåt samt inklädnad av plåt undertill.

Provföremålet hade två 6 x 6 fasta, aluminiumbeklädda träfönster, ett placerat i väggdel B och ett i väggdel C. Avvattning under fönstren utgjordes av en sekundärtätning med (Illbruck ME508 med primer), underbeslag/fästbleck i plåt och underbleck i plåt. Övriga sidorna hade inklädnad av plåt med underliggande fogband i anslutning mot betongen (Illbruck TP600). Fönstermontaget med invändig tätning (Danaseal Akryl 504) mellan fönster och betong utfördes av byggentreprenör. Alla plåtarbeten utfördes av plåtslagare. RISE labbpersnol monterade betongelementen i en provram. Vid montaget uppkom skador i svagare delar av betongelementen. För placering av uppkomna skador under montage, se bild 1 i bilaga 1. Skador som kunde påverka provningens genomförande reparerades. (Se bild 3A och 3B i bilaga 1). RISE labbpersnol utförde applicering av membran på fönsterbröstning (Illbruck ME508) med primer och applicering av membran på sockel och balkong i väggdel B (Resitrix SK/W) med primer, samt tätade delvis elementskarvar på baksidan av elementen närmast sockel med transparent polykarbonatskiva (se bild 1 i bilaga 1).

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress

Brinellgatan 4
504 62 Borås

Tfn / Fax / E-post

010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå

K2 - Intern

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE Research Institutes of Sweden AB i förväg skriftligen godkänt annat.

Provningens genomförande

Provningen utfördes enligt tillämpbara delar i SS-EN 12865:2001. Det gjordes vissa avsteg, se avsnittet Avsteg från SS-EN 12865:2001 nedan. Mängden påfört vatten för provföremålet beräknades till $25,1 \pm 0,1$ l/minut i enlighet med standarden. Läckage fastställdes genom observation från provföremålets baksida samt via två detektorer med tillhörande vattenlarm placerade i drevspalten under fönstren.

För att minska risken att ett eventuella läckage i ovanliggande detaljer skulle påverka detaljer längre ner så hade takanslutningen och balkongelement B inledningsvis täckts över med skyddsfolie i samband med tryckskillnad (Se steg 2-4 i tabell 1). Takanslutningen och balkong B exponerades fullt under steg 1, 5 och 6. (Se Tabell 1).

Avsteg från SS-EN 12865:2001

Provningen genomfördes som en del i ett pågående forskningsprojekt varför anpassade trycksteg och exponeringstid tillämpades. Tabell 1 visar utförd provningsföljd.

Tabell 1. Provningsschema

Steg nr:	Tryck [Pa]	Exponering [minuter]	Ej regnbelastade detaljer har angivits med (*)
1	0	60	Full exponering
2	0-75	60	*Takanslutning, balkong B ej exponerad
3	0-150	30	*Takanslutning, balkong B ej exponerad
4	0-300	30	*Takanslutning, balkong B ej exponerad
5	0-150	20	Full exponering
6	0-300	20	Full exponering

Resultat SS-EN 12865:2001

Tabell 2. Redovisning av läckage vid respektive steg samt bildhänvisning.

Tryck [Pa]	Steg	Nr:	Kommentar	Bildhänvisning (se bilaga 1)
0	1	L1	Genomgående spricka i ytterskivan	Bild 2
0-75	2	L2	Genomgående spricka i sockeln	Bild 4 och 5
0-75	2	L3	Spricka i betongen	Bild 6 och 7
0-75	2	L4	Mjukfog – Betong i mjukfogens överkant. Betongens yta var rå, ej slät	Bild 8
0-150	3	L5	TDV-öppning. Vatten skvätter över på innerskivan	Bild 9
0-150	3	L6	TDV-öppning. Vatten skvätter över på innerskivan	Bild 10
0-150	5	L7	Vatten passerar mellan mjukfog och överliggande plåtinklädnad på båda sidor om balkongen	Bild 11 och 12

0-300	6	L8	Vatten ovanpå plåtinklädd skvätter över uppviket i bakkant	Bild 13 och 14
0-300	6	L9	Vatten trycks in med luftflödet genom TDV-öppningar och hamnar invändigt om dränagespalten	Bild 15

För bild över läckagens placering i förhållande till provobjektets baksida/insida (se bild 1 i bilaga 1). Provobjektets baksida vetter mot inomhusklimat.

Tryckskillnad i fönstrens drevspalter samt i sockel gentemot angränsande lokal, med inomhusklimat, uppmättes under pågående provning vid trycksteg 0-150 Pa och vid 0-300 Pa, se Tabell 3. (För placering av mätpunkter se bild 1 i bilaga 1). Resulterande tryckfall över utsida fönster- och sockelanslutning framgår i Tabell 3.

Tabell 3. Uppmätta tryckskillnader och resulterande tryckfall

Tryck mot fasad i regnkammare [Pa]	Drevspalt N1 [Pa]	Tryckfall [Pa]	Drevspalt N2 [Pa]	Tryckfall [Pa]	Sockel N3 [Pa]	Tryckfall [Pa]
150	148	2	148	2	2	148
300	298	2	298	2	8	292

Provningen enligt SS-EN 12865:2001 avslutas.

Indikativt funktionsprovning av dränageförmåga

Efter avslutad provning enligt SS-EN 12865:2001 utfördes tre separata indikativa funktionsprovningar med syfte att fastställa om vatten innanför betongelementfogen kan dränera ut. Om vatten tar sig in genom otätheter, skador eller bildas genom kondensering innanför fogen skall detta antingen fångas upp i en horisontell ränna och dräneras ut antingen genom en TDV-öppning alternativt genom sockel. I väggdel C där ingen ränna fanns ska vattnet dränera ut genom TDV-öppning och skiktet av cellplastisolering och ut via sockelöppning.

Dränageförmågan i ränna och TDV-öppning provades under (Indikationsprovning 1). Både väggdel B och C hade TDV-öppningar skapade genom överlappande fogmassa i vertikalskarven. TDV-1 (se bild 1 i bilaga 1) i väggdel B hade öppningen placerad cirka 20 cm nedanför fogkrysset. Kanalen var uppdragen cirka 17 cm ovanför betongelementet på baksidan. TDV-2 (se bild 1 i bilaga 1) i väggdel B hade öppningen placerad cirka 20 cm nedanför fogkrysset. Kanalen var uppdragen cirka 10 cm ovanför betongelementet på baksidan. TDV-3 (se bild 1 i bilaga 1) i väggdel C hade öppningen placerad cirka 20 cm nedanför fogkrysset. Kanalen var uppdragen cirka 17 cm ovanför betongelementet på baksidan. TDV-4 (se bild 1 i bilaga 1) i väggdel C hade öppningen placerad cirka 15 cm nedanför fogkrysset. Kanalen var uppdragen cirka 17 cm ovanför betongelementet på baksidan.

Dränageförmågan i ränna och TDV-2, provades i Indikativ funktionsprovning 1.

Dränageförmåga genom isoleringsskikt med plastlist i sockelöppning provades under Indikativ funktionsprovning 2 på provföremålets väggdel C.

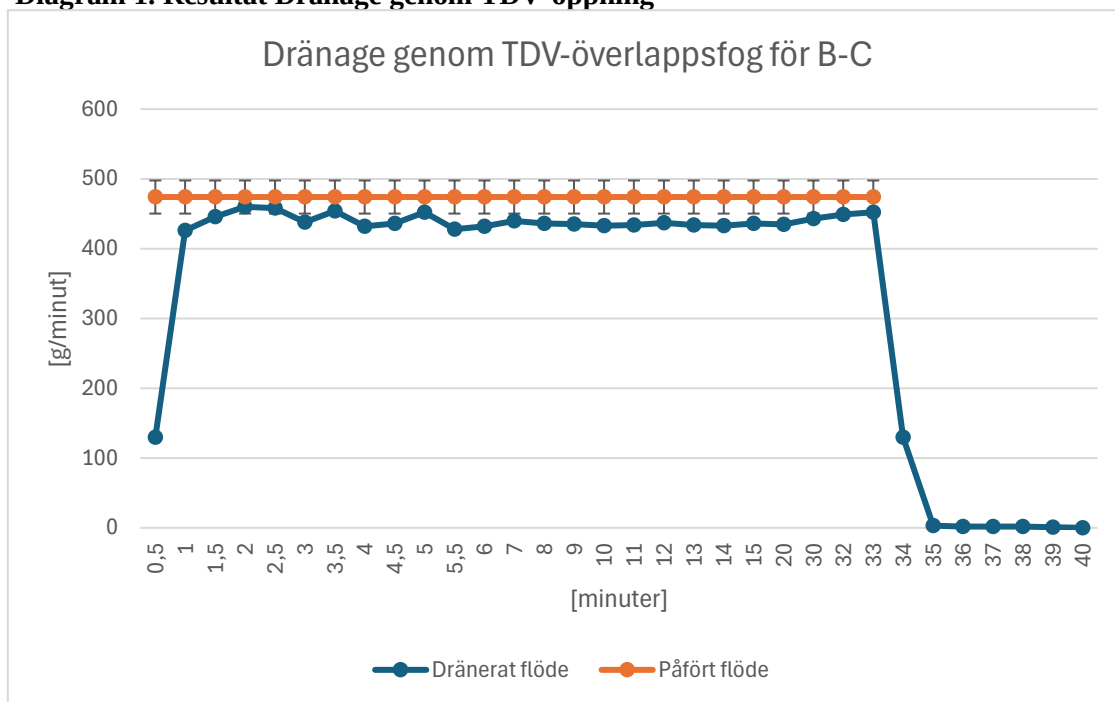
Indikativ funktionsprovning 1. Dränage ränna/TDV-öppning

Indikativ funktionsprovning 1 utfördes för att fastställa hur mycket vattnen som dränerar ut och hur mycket vatten som eventuellt tas upp i konstruktionen. Provningsen genomfördes på provföremålets väggdel (B). Funktionen av rännan och TDV-2 provades genom att rännan belastades med ett kontrollerat vattenflöde. Dränerat vatten ur TDV-öppningen samlades upp på utsidan av provföremålet. När mängden tillfört vatten bedömdes motsvara mängden dränerat vatten avslutades provningen.

Flödet för påfört vatten kontrollerades före- och efter provningen och mätosäkerheten fastställdes till $\pm 5\%$ för påförd vattenmängd. Kvarvarande fritt vatten i falsen samlades upp och kontrollerades efter avslutad provning. Vatten som inte dränerat ut eller samlats upp i falsen efter provning redovisas som avvikelse. Se tabell 4.

Resultat- Indikativ funktionsprovning 1.

Diagram 1. Resultat Dränage genom TDV-öppning



För tabellvärden i Diagram 1. se Tabell 5 i bilaga 2.

Tabell 4. Påfört- och dränerat vatten genom TDV öppning.

Påfört vatten	Uppskattad mätosäkerhet	Dränerat vatten	Fritt vatten kvar i rännan	Avvikelse	
[g]	[±]	[g]	[g]	[g]	[%]
15642	5%	14509	8	*1105	*7,06%

*Avvikande mängd vatten ligger utanför uppskattad mätosäkerhet för påfört vatten vilket indikerar viss sorption i materialet. (Se bilder 16 och 17 i bilaga 1).

Indikativ funktionsprovning 2. Isoleringsskikt med bottenplastlist

Indikativ funktionsprovning 2. utfördes på provobjektets halva (C) för att fastställa om vatten kunde dränera ut genom isoleringsskiktet via sockelöppning. Inga flöden kontrollerades under den här delprovningen. Endast den faktiska funktionen provades. (Se bilder 18 och 19 i bilaga 1).

Resultat- Indikativ funktionsprovning 2

Påfört vatten dränerade delvis ut vid sockelöppning cirka 1 meter i sida från platsen för påfört vatten. En del av vattnet blev stående längs sockelns bakkant och byggdes upp tills det slutligen rann över änden av sockeln mot provramen och vidare in på insidan/baksidan av provföremålet. (Se bild 20 och 21 i bilaga 1). Dränageförmågan var således bristfällig då vatten dels ansamlades bakom sockelplåten men även läckte in vid provföremålets insida samt lämnade stående vatten kvar vid sockelns bakkant efter avslutad provning.

Provningsförutsättningar

Provningsresultaten avser enbart det provade föremålet.

Utrustning med RISE individnummer:	Provrigg 202210 med tryckgivare BX90056 Manometer 202429 Vattenflödesmätare KWP09031
Uppskattad mätosäkerhet:	Lufttryckskillnad ± 2 Pa, luftflöde ± 5 % Vattenflöde: SS-EN 12865:2001 $\pm 0,1$ l/minut, Vattenflöde dränage $\pm 5\%$, Vikt ± 2 g
Akreditering omfattar:	SS-EN 12865:2001
Omgivande klimat:	Lufttemperatur 19,5 °C, RH 44 %, Lufttryck 1003,3 hPa
Vattentemperatur:	Inom standardens krav
Konditionering:	I laboratorieklimat efter ankomst till RISE

RISE Research Institutes of Sweden AB Byggnadsfysik och hållbara byggnader - Byggnadsfysikprovning

Utfört av

Granskat av



André Martinsson



Lars Olsson



Börje Gustavsson

Bilagor

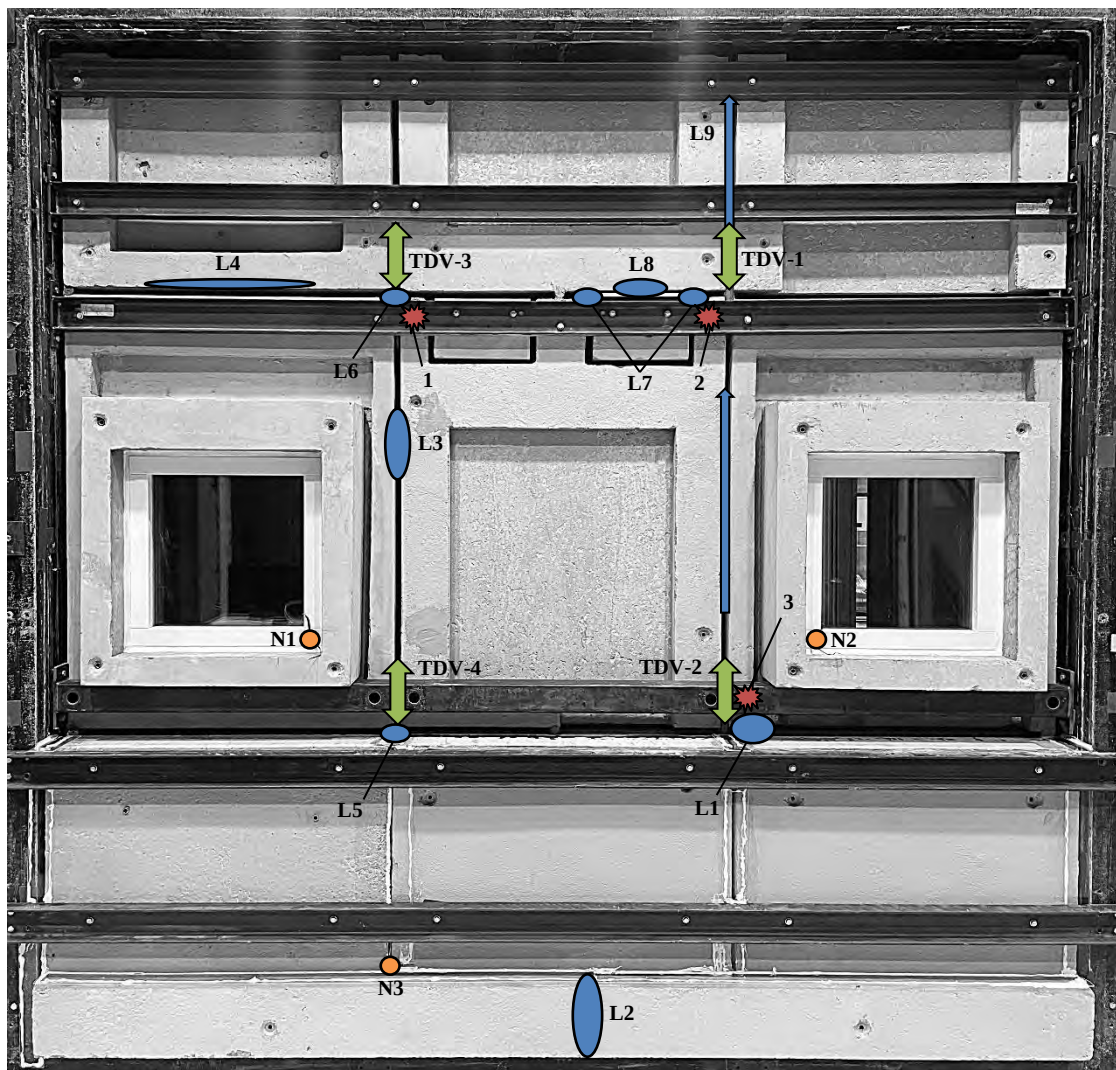
Bilaga 1

Bilder.

Bilaga 2

Ritning och tabellvärden Tabell 5.

Bilaga 1



1. Vägghel C -till vänster i bild. Vägghel B -till höger i bild.

Översiktsbild över läckagens placering i förhållande till provföremålets insida markerade med blå färg och läckagenummer.

Tryckfall över fasaden under pågående provning uppmättes i drevspalten för båda fönster samt längs sockeln. (Se brandgula punkter). Placering av TDV-öppningar markerade med grön pil.

Röda markeringar visar placering för uppkomst av montageskador. Skada 1 och 2 var inte genomgående. Endast den inre delen av rännan sprack. Skada 1 och 2 lagades med SikaHyflex -250 Facade” med primer och bedöms inte ha påverkat provningen.

Skada 3 var genomgående med urslag på fasadsidan. Lösa delar limmades och ytan förseglades senare med SikaHyflex -250 Facade”. (Se bilder 3A och 3B i bilaga 1). Skada 3 kan ha haft inverkan på resultatet. (Se L1 samt bild 2 i bilaga 1).

Bilaga 1



2. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L1. Läckage från genomgående spricka i betongen. (Se bild 3A och 3B). Vid 0Pa, Steg 1.

Bilaga 1



3A 3B. Pågående provning (SS-EN 12865:2001)

Till vänster. Lagning utförd efter montageskada 3 (se bild 1 i bilag 1).

Till höger. Försegling av ytan vid lagning efter konstaterat inläckage i samband med vattenbegjutning 0Pa, L1. Röd pil visar en spricka i betongen med uppmätt sprickbredd 0,1 mm. Trolig men ej säkerställd uppkomst var i samband med montage och urslag.

Bilaga 1



4. L2. Pågående provning (SS-EN 12865:2001). Läckage från genomgående spricka i betongen i sockeln. Vid 0-75Pa, Steg 2. Uppmätt sprickbredd var 0,2mm. Sprickan noterades i samband med mottagningskontroll och hade uppkommit före ankomst till RISE.

Bilaga 1



5. Närbild av L2.

Bilaga 1



6. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L3. Vertikalfog. Läckage i genomgående spricka i betongen.



7. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L3. Genomgående spricka. Centimeterstock som storleksjämförelse. Sprickan uppmättes till 0,1-0,15 mm på fasadsida. Sprickan noterades i samband med mottagningskontroll och hade uppkommit före ankomst till RISE.

Bilaga 1



8. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L4. Överkant mjukfog. Vid 0-75Pa, Steg 2. Rå betongyta i överkant där ballasten är synlig.



9. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L5. Skvätt förbi TDV- 4, överlappsfog. Vid 0-150Pa, Steg 3.

Bilaga 1



10. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L6. Vatten/skvätt vid sidan av TDV-3, överlappsfog. Vid 0-150Pa, Steg 3.



11. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L7. Vatten rinner vid sidan om plåten på båda sidor om balkong. Vid 0-150Pa, Steg 5.

Bilaga 1



12. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) Närbild L7, vänster sida.



13. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L8. Vatten spiller över plåt med uppvik i bakkant, ovansida balkong. Vid 0-300Pa. Steg 6.

Bilaga 1



14. Pågående provning (SS-EN 12865:2001). Se bild 12. För att undvika att läckaget skulle påverka övriga detaljer så monterades en vattenränna med slang för att avleda läckagevatten. Dessutom gjordes en komplettering med hink vid steg 6. Detta var enbart av provningstekniska skäl. Se bild 13.

Bilaga 1



15. Pågående provning (SS-EN 12865:2001) L9. Vatten som följer med pulserande luftflöde genom TDV-1 och som rinner ner på insidan av betongskivan. Vid 0-300Pa. Steg 6.



16. Pågående provning (indikeringsprovning 1.) Kontrollerat vattenflöde påförs i rännan.

Bilaga 1



17. Pågående provning (indikeringsprovning 1.) Vattenflödet dränerar ut via TDV-öppning.

Bilaga 1



18. Pågående provning (indikationsprovning 2). Påfört vatten mellan yterskiva och isolering under dränagetest.



19. Pågående provning (indikationsprovning 2) Dränerat vatten vid sockelplåtens ända.

Bilaga 1



20. Pågående provning (indikationsprovning 2). Inläckage under dränagetest. Vatten rinner bakvägen, tränger fram på insidan. Se även bild 21.



21. Efter avslutad provning (indikationsprovning 2) Stående vatten längs sockelns bakkant som inte kunde dränera ut fullständigt.

Bilaga 1

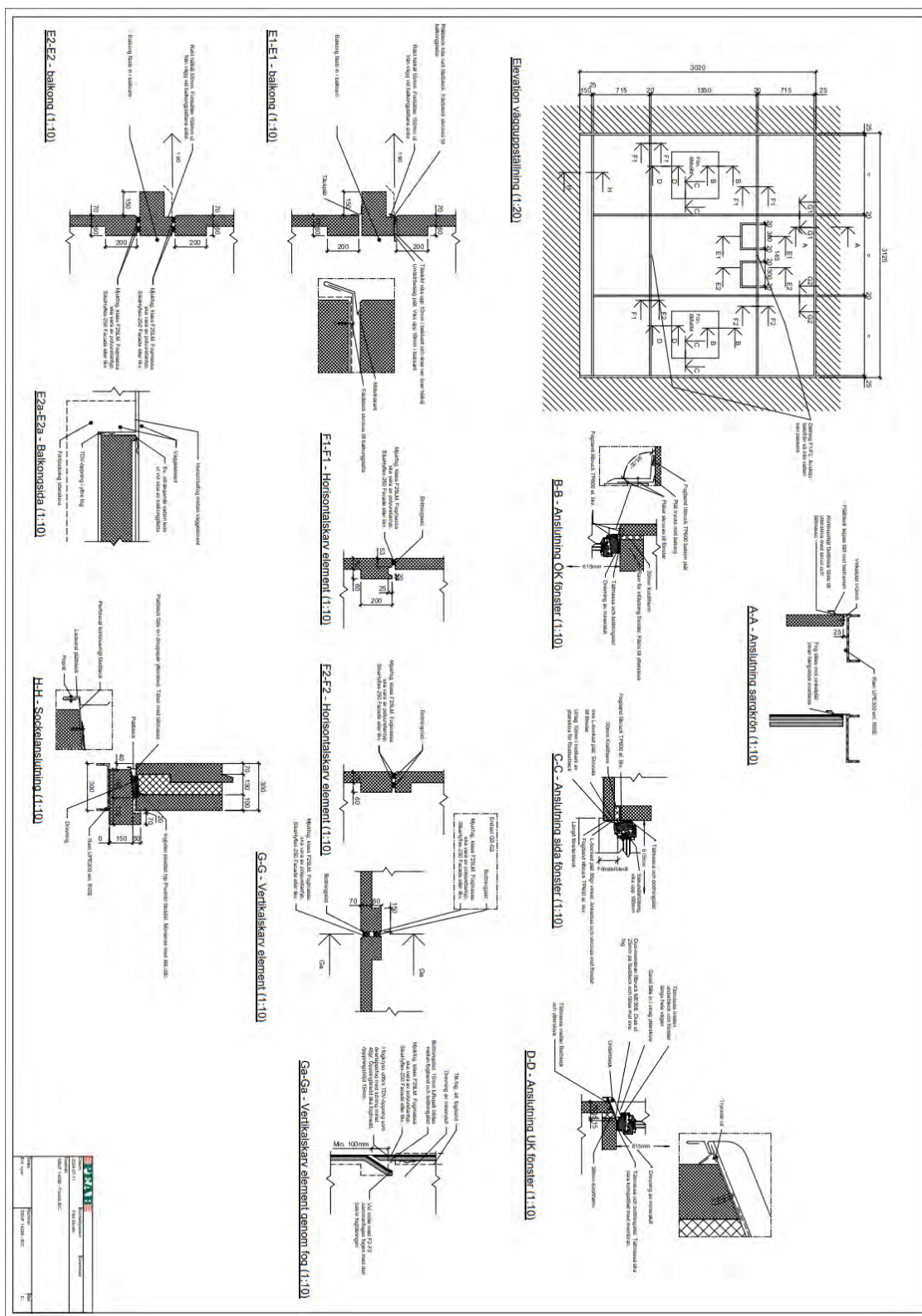


22. Under uppbyggnad innan provning. Sekundärtätning monteras i två överlappande skikt.



23. Under uppbyggnad innan provning. Montage av fönster med tätningar.

Bilaga 2



24. Ritning med montage, infattningar och tätningar.

Bilaga 2

Tabell 5. Påfört och uppsamlat vatten vid dränageprovning av TDV-öppning

Tid	Tid totalt	Start	Stopp	Dränerat flöde	Påfört flöde	Dränerat flöde	Påfört flöde
[min]	[min]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g/min]	[g/min]
0,5	0,5	0	65	65	237	130	474
0,5	1	65	278	213	237	426	474
0,5	1,5	278	501	223	237	446	474
0,5	2	501	731	230	237	460	474
0,5	2,5	731	960	229	237	458	474
0,5	3	960	1179	219	237	438	474
0,5	3,5	1179	1406	227	237	454	474
0,5	4	1406	1622	216	237	432	474
0,5	4,5	1622	1840	218	237	436	474
0,5	5	1840	2066	226	237	452	474
0,5	5,5	2066	2280	214	237	428	474
0,5	6	2280	2496	216	237	432	474
1	7	2496	2936	440	474	440	474
1	8	2936	3372	436	474	436	474
1	9	3372	3807	435	474	435	474
1	10	3807	4240	433	474	433	474
1	11	4240	4674	434	474	434	474
1	12	4674	5111	437	474	437	474
1	13	5111	5545	434	474	434	474
1	14	5545	5978	433	474	433	474
1	15	5978	6414	436	474	436	474
5	20	6414	8588	2174	2370	435	474
10	30	8588	13019	4431	4740	443	474
2	32	13019	13917	898	948	449	474
1	33	13917	14369	452	474	452	474
1	34	14369	14499	130	0	130	0
1	35	14499	14502	3	0	3	0
1	36	14502	14504	2	0	2	0
1	37	14504	14506	2	0	2	0
1	38	14506	14508	2	0	2	0
1	39	14508	14509	1	0	1	0
1	40	14509	14509	0	0	0	0

25. Tabellvärden. Se (Diagram 1. Resultat indikationsprovning 1.)

Verifikat

Transaktion 09222115557536165115

Dokument

B-C Bestämning av betongsandwichkonstruktions täthet
mot slagregn sign
Huvuddokument
22 sidor
Startades 2025-01-09 13:34:13 CET (+0100) av André
Martinsson (AM)
Färdigställt 2025-01-09 13:58:47 CET (+0100)

Signerare

André Martinsson (AM)
RISE Research Institutes of Sweden
Org. nr 556464-6874
andre.martinsson@ri.se
+46 10 516 51 83



Signerade 2025-01-09 13:34:43 CET (+0100)

Lars Olsson (LO)
RISE Research Institutes of Sweden
lars.olsson@ri.se



Signerade 2025-01-09 13:58:47 CET (+0100)

Börje Gustavsson (BG)
RISE Research Institutes of Sweden
borje.gustavsson@ri.se



Signerade 2025-01-09 13:41:21 CET (+0100)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Information i kursiv stil är säkert verifierad av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: <https://scrive.com/verify>



Bilaga 2 - Provningsrapporter testomgång 2

Bestämning av betongsandwichväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck enligt SS-EN 12865:2001-med avsteg

(2 bilagor)

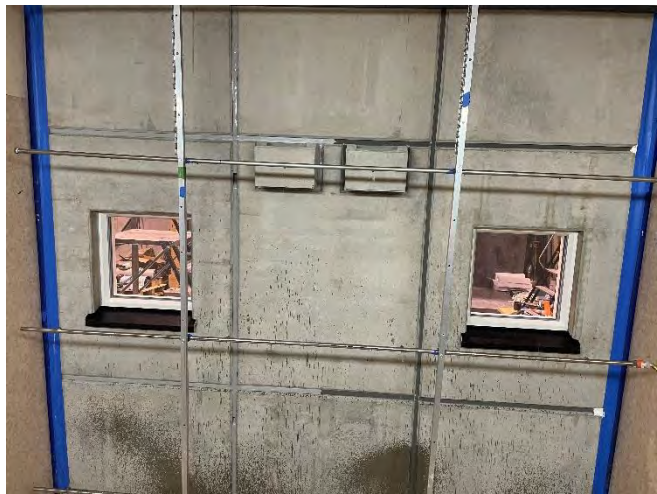
Provföremål

Provföremålet utgjordes av en yttervägg, bestående av betongsandwichelement, som var uppdelad i två delar (två spegelvända halvor). Hädanefter kallade väggdel A (till vänster i bild) och väggdel D (till höger i bild) se även (figur 1 i bilaga 1 och ritning i bilaga 2).

Provföremål D hade fogarna tätade med expanderande fogband (Illbruck TP600). Fogbandet i den vertikala fogen har måttet 13-24/30, de övre-respektive nedre horisontella fogbanden har måtten 17-32/35 respektive 22-40/40. Montering av fogband utfördes av en representant för tillverkaren.

Tillverkarens representant monterade betongelementen i RISE provram. Uppmätta fogbredder utvändig sida var mellan 20 och 28mm. Provföremål A hade fogarna tätade med fogmassa (SikaHyflex -250 Facade) med primer (Sika Primer 3N). I den vertikala fogen i provföremål A hade två öppningar skapats, så kallade TDV-öppning (*Tryckutjämning -Dränering - Ventilation*). Dessa var placerade cirka 25 cm nedanför respektive fogkryss. Hädanefter kallade TDV-1 (övre) och TDV-2 (undre). Fogning med fogmassa var utförd av fogentreprenör.

Provföremålet hade två 6 x 6 fasta aluminiumbeklädda träfönster, ett placerat i väggdel A och ett i väggdel D. Avvattning under fönstren utgjordes av en sekundärtätning med (Illbruck ME508 med primer), underbeslag/fästbleck i plåt och underbleck i plåt. Mellan anslagsfals i betongytterskivan och fönstren fanns fogband (Illbruck TP600 15mm 3-7). Det fogband (TP 600) som enligt ritning i detalj B-B sitter placerat i drevspalten utvändigt om drevremsan hade av okänd orsak inte monterats under montaget. (Se detalj B-B bild 21 i bilaga 2). RISE labbpersonal utförde applicering av membran mot sockel (Resitrix SK/W med tillhörande primer) samt invändig tätning i underkant fönster med polykarbonatskiva. Övrig del av fönsteranslutning tätades av fogentreprenör med (Illbruck Pro Flex seal SP519). Alla plåtarbeten utfördes av plåtslagare.



RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress
Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress
Brinellgatan 4
504 62 Borås

Tfn / Fax / E-post
010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå
K2 - Intern

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE Research Institutes of Sweden AB i förväg skriftligen godkänt annat.

Utförda åtgärder inför provomgång 2

Mot bakgrund av resultat erhållna från provomgång 1. (se rapport P121325 A-D) så utfördes en rad förändringar och åtgärder på provföremålet inför provning, provomgång 2.

Följande förändringar och åtgärder utfördes:

- I fönsteröppningarnas underkant, både för väggdel A och D, kapades betongen ner så att fallet för avvattningskom hamna lägre än innan. Framförallt medförde detta att fallet blev djupare in i vägglivet under fönsterkarmen. Efter åtgärd uppmättes djupet på fallet till cirka 130mm mot tidigare 75mm. Kapningen utfördes i samma vinkel som innan åtgärd.
- Montage av sekundärtätning med (Illbruck ME508 med primer) utfördes av materialtillverkarens representant med tre separata remsor av (Illbruck ME508). Två kortare remsor, en på ömse sidor fönsterhålet applicerades med 10cm uppvik följt av en remsa över fönsterhålets bredd delvis överlappande de två föregående. (Se bild 19 i Bilaga 1).
- Båda fönstren återmonterades av tillverkaren för betongelementen. För väggdel D kom det nya montaget att placeras närmare fönsterhålets anslagsfals än vid föregående montage. Mellan anslagsfals och karmens aluminium placerades ett fogband (Illbruck TP 600 15mm 3-7).
- Fönstret i väggdel A återmonterades med samma avstånd som innan men utan drevremsa och fogband. Utvändigt tätning mellan anslagsfals och karmens aluminium på väggdel A utfördes av fogentreprenör med fogmassa (Illbruck PRO FLEX SEAL SP519). Samtidigt tätades de två hålrummen mellan nederkant anslagsfals och underbleckets innerhorn med samma fogmassa.
- Invändigt tätning mellan fönster och betong ersattes med remsor av transparent polykarbonat som limmades över drevspalten mellan karm och betong. Detta utfördes för att underlätta observation i drevspalten under pågående provning, varför även drevremsan avlägsnades. Åtgärden utfördes av RISE.
- Fästblecket för underblecket kunde inte placeras under sekundärtätningen enligt ritning då sekundärtätningen redan satt på plats. Istället monterades fästblecket ovanpå sekundärtätningen av plåtslagare med betongplugg, lim och skruv. (Se bild 19 i Bilaga 1).
- Underblecken monterades av plåtslagare med riklig mängd lim mellan bleck och karm för att minska risken för fogsprång. Vid montaget skadades sekundärtätningen vid uppvik för fönster i väggdel D. (Se bild 7 i Bilaga 1).
- I balkongplattans överkant, innanför fogbandet i väggdel D sågades en skåra parallellt med väggen. Åtgärden utfördes av tillverkaren av betongelementen. (Se bild 15 och 17 i Bilaga 1).
- Vid väggdel A tillfördes en sekundärtätning till vertikalfogen i form av en TB-fog. TB-fog, en EPDM-gummilist med flänsar som pressas ihop, placerades i vertikalskarven invändigt om fogmassan. Dess placering längre in i fogspalten skapade en invändig luftspalt mellan fogmassa och bottningslist och TB-fogen. (Se bild 14 i Bilaga 1).
- Båda TDV-öppningar i väggdel A:s vertikalskarv placerades cirka 25cm nedanför respektive horizontalskarv. TDV-fogens bakkant anslöt mot den bakomliggande TB-fogen och skar på så vis av luftspalten mellan TDV-öppningarna.
- De invändigt limmade polykarbonatremsorna som under provomgång 1 täckte de nedre betongelementens fogar avlägsnades inför provomgång 2.

Provningens genomförande

Provningen genomfördes enligt tillämpbara delar i SS-EN 12865:2001 med avsteg, se avsnittet Avsteg från SS-EN 12865:2001. Mängden påfört vatten för provföremålet beräknades till $25,1 \pm 0,1$ l/minut i enlighet med standarden. Läckage fastställdes genom observation från provföremålets baksida. Vid aktuell provning skilde sig provningsföljden mot P121325 A-D_01 (för skillnader se rapport P121325 A-D_01).

Avsteg från SS-EN 12865:2001

Provningen genomfördes som en del i ett forskningsprojekt varför trycksteg och exponeringstid var anpassade. För provningschema se Tabell 1.

Tabell 1. Provningschema

Steg nr:	Tryck [Pa]	Exponering [minuter]	Exponering
1	0	60	Full exponering
2	0-75	60	Full exponering
3	0-150	60	Full exponering
4	0-300	60	Full exponering

Resultat SS-EN 12865:2001

Tabell 2. Redovisning av uppkomna läckage (L) och notering (N) för respektive väggdel med bildhänvisning.

Tryck [Pa]	Steg nr:	Nr:	Väggdel A (med fogmassa)	Nr:	Väggdel D (med fogband)	Bildhänvisning
0	1	N1	Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck			Bild 3 i bilaga 1
0-75	2			L1	Fogkryss fogband	Bild 4 i bilaga 1
0-75	2			L2	Fogbandsmöte vid balkong	Bild 5 i bilaga 1
0-75	2			L3	Undersida balkong, fogband	Bild 6 i bilaga 1
0-75	2			N2	Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck	Bild 7 i bilaga 1
0-150	3	N3	Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck			Bild 8 i bilaga 1
0-300	4			L4	Ovankant i horisontalt fogband	Bild 9 i bilaga 1
0-300	4	L5	Horisontalfog			Bild 10 i bilaga 1
0-300	4			L6	Vertikalt fogband	Bild 11 i bilaga 1
0-300	4			L7	Vertikalt fogband	Bild 12 i bilaga 1
0-300	4			L8	Vertikalt fogband	Bild 13 i bilaga 1

För översikt och placering av läckagen i förhållande till hela provobjektet (se bild 1 i bilaga 1).

Tryckskillnad med resulterande tryckfall i fönstrens drevspalter uppmättes under pågående provning vid trycksteg 0-150 Pa och 0-300 Pa. Tryckskillnad med resulterande tryckfall uppmättes i vertikalfogen över och under TDV1 vid trycksteg 0-150Pa. För mätpunkternas placering relativt provföremålet (se bild 1 i bilaga 1).

Tabell 3. Uppmätta tryckskillnader och resulterande tryckfall

Tryck mot fasad	Drevspalt runt fönster Vägg A	Resulterande tryckfall	Drevspalt runt fönster Vägg D	Resulterande tryckfall	Luftspalt i vertikal fog Väggdel A		Resulterande tryckfall
[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]		[Pa]	[Pa]
150	150	0	150	0	Över	20	130
					Under	35	115
300	300	0	300	0	--	--	--

Läckagesökning

Någon enskilt uppenbart läckageväg kunde inte fastställas. Följande noteringar gjordes:

- Vattentäthet mellan fönstrens underbleck och betongen kunde inte säkerställas.
- Vattenläckage genom fogband skedde företrädesvis vid den sida fogbandet som inte hade limmad yta. Vidare kunde relativt små ojämnheter i betongens formade yta leda till att vatten kunde kringgå fogbandet.

Provningen enligt SS-EN 12865:2001 avslutas.

Indikativt funktionsprovning av dränagemåga

Efter avslutad provning enligt SS-EN 12865:2001 utfördes en tre separata indikativa funktionsprovningar med syfte att fastställa om vatten innanför betongelementfogen kan dränera ut. Om vatten tar sig in genom otätheter eller bildas genom kondensering innanför fogen skall detta fångas upp och ledas ut, antingen genom en TDV-öppning vid varje våning eller via sockeln.

Fogbandets egenskap gällande att släppa ut vatten som hamnat innanför provades vid indikativ funktionsprovning 3.

I väggdel A med fogmassa (SikaHyflex -250 Facade) fanns två TDV-öppningar skapade genom överlappande fogmassa i vertikalskarven. (Se detalj F1-F1 i ritning i bilaga 2). Både TDV-1 och TDV-2 (se bild 1 i bilaga 1) hade öppningen placerad cirka 25 cm nedanför fogkrysset.

Indikativt funktionsprovning 1. Dränage genom fals/TDV-öppning

Indikativ funktionsprovning 1. Luftspalterna med TDV-öppningar provades genom att vatten påfördes från baksidan mellan fog och TB-fog.

Resultat- Indikativt funktionsprovning 1

Båda TDV-öppningarna dränerade ut vattnet via luftspalten mellan fog och TB-fog. (Se bild 14 i Bilaga 1).

Indikativt funktionsprovning 2. Skåra i balkongelement

Indikativ funktionsprovning 2 utfördes på provobjektets väggdel D för att fastställa om skåran i balkongplattans ovankant hade någon effekt i att begränsa eller förhindra transport av vatten vidare in på betongplattan.

Resultat- Indikativt funktionsprovning 2

Skåran i balkongplattans ovankant i väggdel D begränsade inkommande vatten från att tränga sig vidare in på betongplattan. Vattnet tog sig istället via skåran och sidorna vidare ner längs balkongens sidor, ner i fogspalten under balkongen och därifrån ner i isoleringsskiktet under balkongen. (Se bilder 15-17 i Bilaga 1)

Indikativt funktionsprovning 3. Dränage genom fogband

Indikationsprovning 3 utfördes på betongelementets baksida i väggdel D. Syftet var att bedöma fogbandets förmåga att släppa ut fritt vatten som hamnat innanför. Ett konstant vattenflöde applicerades i den horisontella falsen mot fogbandets baksida under 12 timmar, ungefär 2 mm vattendjup skapades. Eventuellt vatten som trängde ut ur fogbandet kunde sedan observeras eller fångas upp med indikationspapper på provföremålets framsida.

Resultat- Indikativt funktionsprovning 3

Efter 12 timmar konstant vattenflöde bakom fogbandet kunde inget vatten observeras på provföremålets utsida. Ingen fukt kunde fångas upp på fogbandets utsida med indikationspapper. (Se bild 18 i bilaga 1).

Provningsförutsättningar

Provningsresultaten avser enbart det provade föremålet.

Utrustning med RISE individnummer:	Provrigg 202210 med tryckgivare BX90056 Manometer 202429 Vattenflödesmätare KWP09031
Uppskattad mätosäkerhet:	Lufttryckskillnad ± 2 Pa, luftflöde ± 5 % Vattenflöde: SS-EN 12865:2001 $\pm 0,1$ l/minut, Vattenflöde dränage $\pm 5\%$, Vikt ± 2 g
Ackreditering omfattar:	SS-EN 12865:2001
Omgivande klimat:	Lufttemperatur 18,5 °C, RH 27%, Lufttryck 1002 hPa
Vattentemperatur:	Inom standardens krav
Konditionering:	I laboratorieklimat efter ankomst till RISE

RISE Research Institutes of Sweden AB

Byggnadsfysik och hållbara byggnader - Byggnadsfysikprovning

Utfört av

Granskat av



André Martinsson



Lars Olsson



Börje Gustavsson

Bilagor

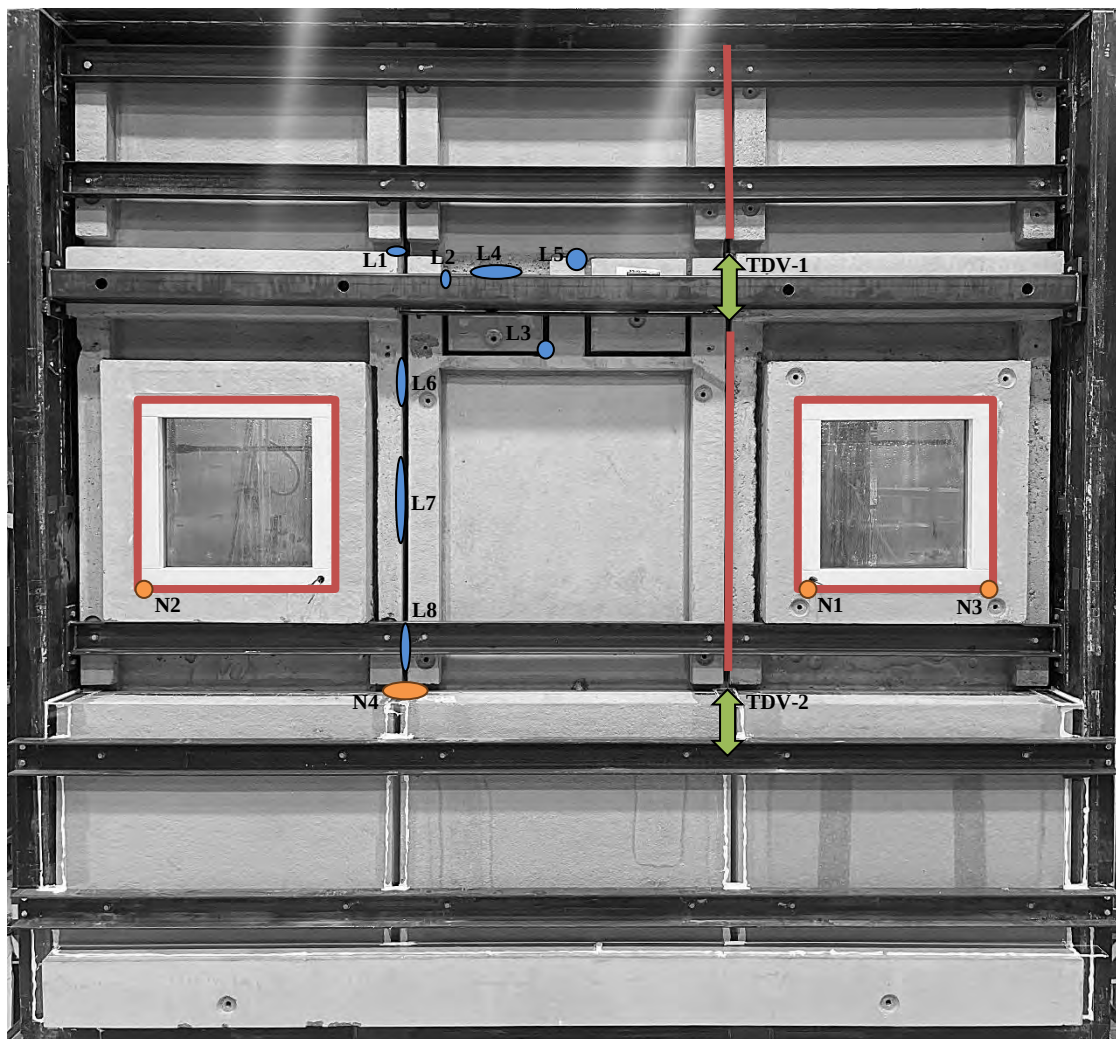
Bilaga 1.

Bilder.

Bilaga 2.

Ritning.

Bilaga 1

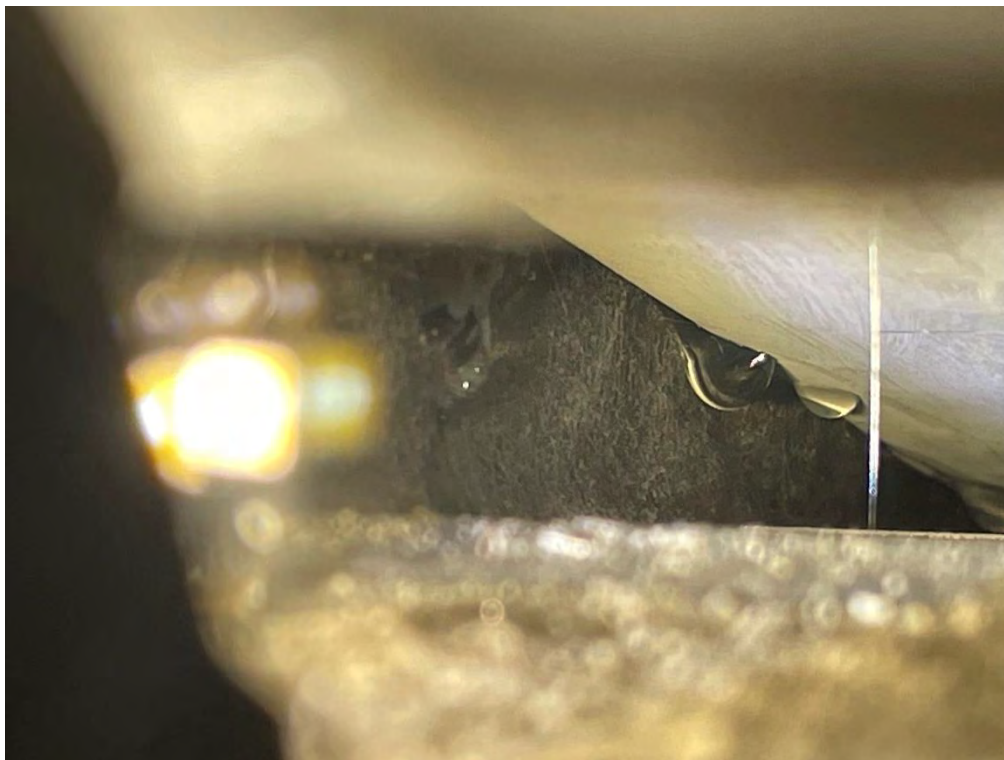


1. (Översiktsskildern visar provobjektet före åtgärder. (Se Utförda åtgärder inför provning). Bilden visar provföremålets insida. Vägghel D till vänster i bild och vägghel A till höger i bild. Placering av läckage (L) i förhållande till provföremålets insida är markerade med blå färg och läckagenummer. (Se Tabell 2 i Resultat). TDV-öppningar (TDV) är markerade med gröna pilar. Noteringar (N) är markerade med brandgult. (Se Tabell 2 i Resultat SS-EN 12865:2001) Drevspalter och fogar där tryckskillnad med resulterande tryckfall uppmättes är markerade med rött. Uppmätt tryckskillnad med resulterande tryckfall ovanför och under TDV1 utfördes endast vid trycksteg 0-150Pa. (Se Tabell 3 i Resultat SS-EN 12865:2001).

Bilaga 1



2. Pågående provning. Detaljbild av pågående vattenexponering.



3. Notering 1 (N1) vid steg 1. 0 Pa. Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck.

Bilaga 1



4. Läckage 1 (L1) vid steg 2, 0-75 Pa. Läckage vid fogkryss, fogband.

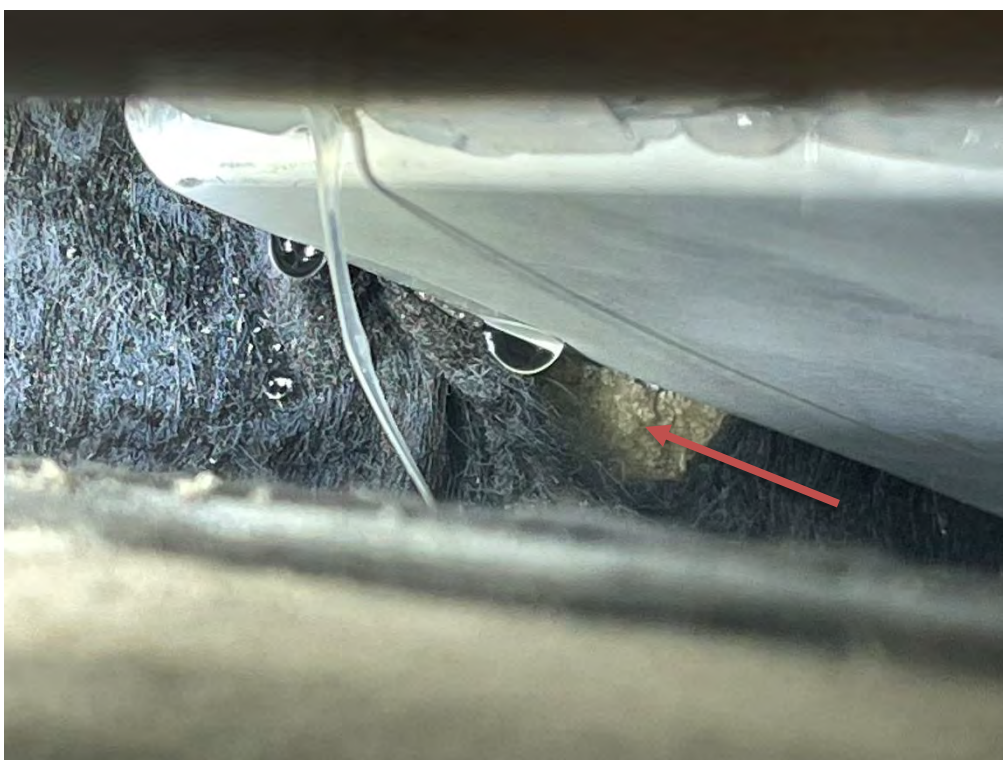


5. Läckage 2 (L2) vid steg 2, 0-75 Pa. Läckage vid fogbandsmöte vid balkong.

Bilaga 1



6. Läckage 3 (L3) vid steg 2, 0-75 Pa. Läckage i hörnet vid fogband på undersida balkong.



7. Notering 2 (N2) vid steg 2, 0-75 Pa. Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck. Notera skadan på sekundärtätning som uppkom vid montage av underbleck, se röd pil.

Bilaga 1



8. Notering 3 (N3) vid steg 3, 0-150 Pa. Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck.

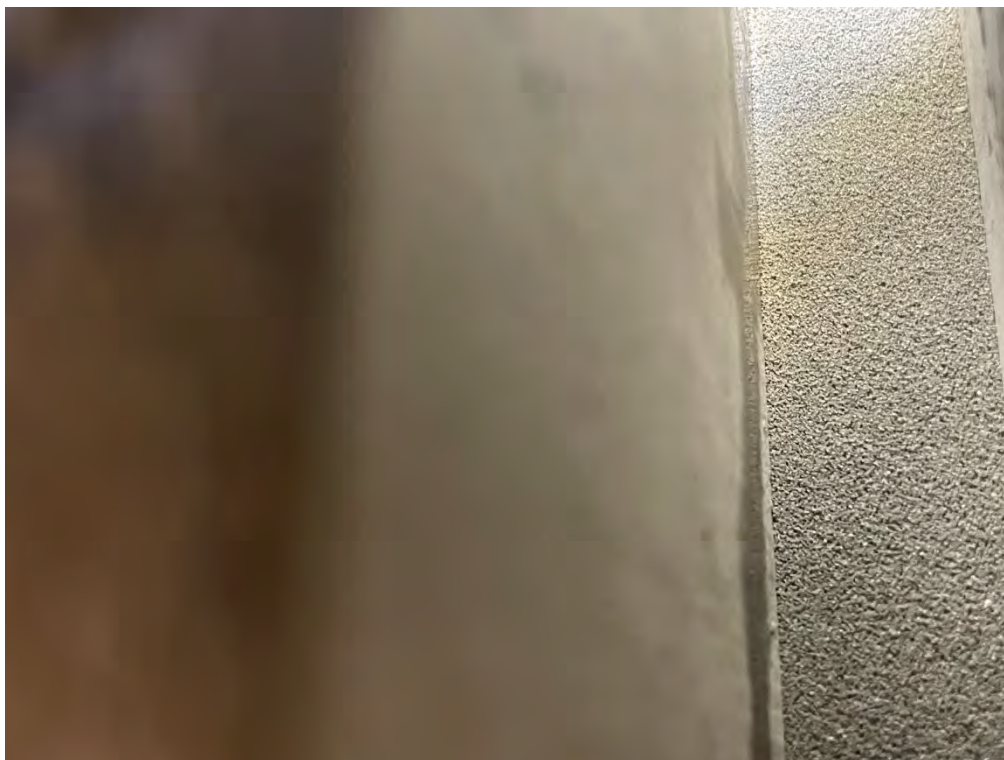


9. Läckage 4 (L4) vid steg 4, 0-300 Pa. Läckage i ovankant fogband ovanför balkong.

Bilaga 1



10. Läckage 5 (L5) vid steg 4, 0-300 Pa. Läckage i mötet mellan fog och fogband (väggdel A respektive väggdel D).



11. Läckage 6 (L6) vid steg 4, 0-300Pa. Läckage i vertikalfog fogband.

Bilaga 1



12. Läckage 7 (L7) vid steg 4, 0-300Pa. Läckage i vertikalfog fogband.

Bilaga 1



13. Läckage 8 (L8) vid steg 4, 0-300Pa. Läckage i vertikalfog fogband.



14. Indikativt funktionsprovning 1. Baksida av TB-fog.

Bilaga 1



15. Indikativt funktionsprovning 2. Skåran i balkongplattans ovkant förhindrar vidare vattentransport in på plattan.

Bilaga 1



16. Indikativt funktionsprovning 2. Vattnets väg nedanför balkongplattan på baksida fasad.



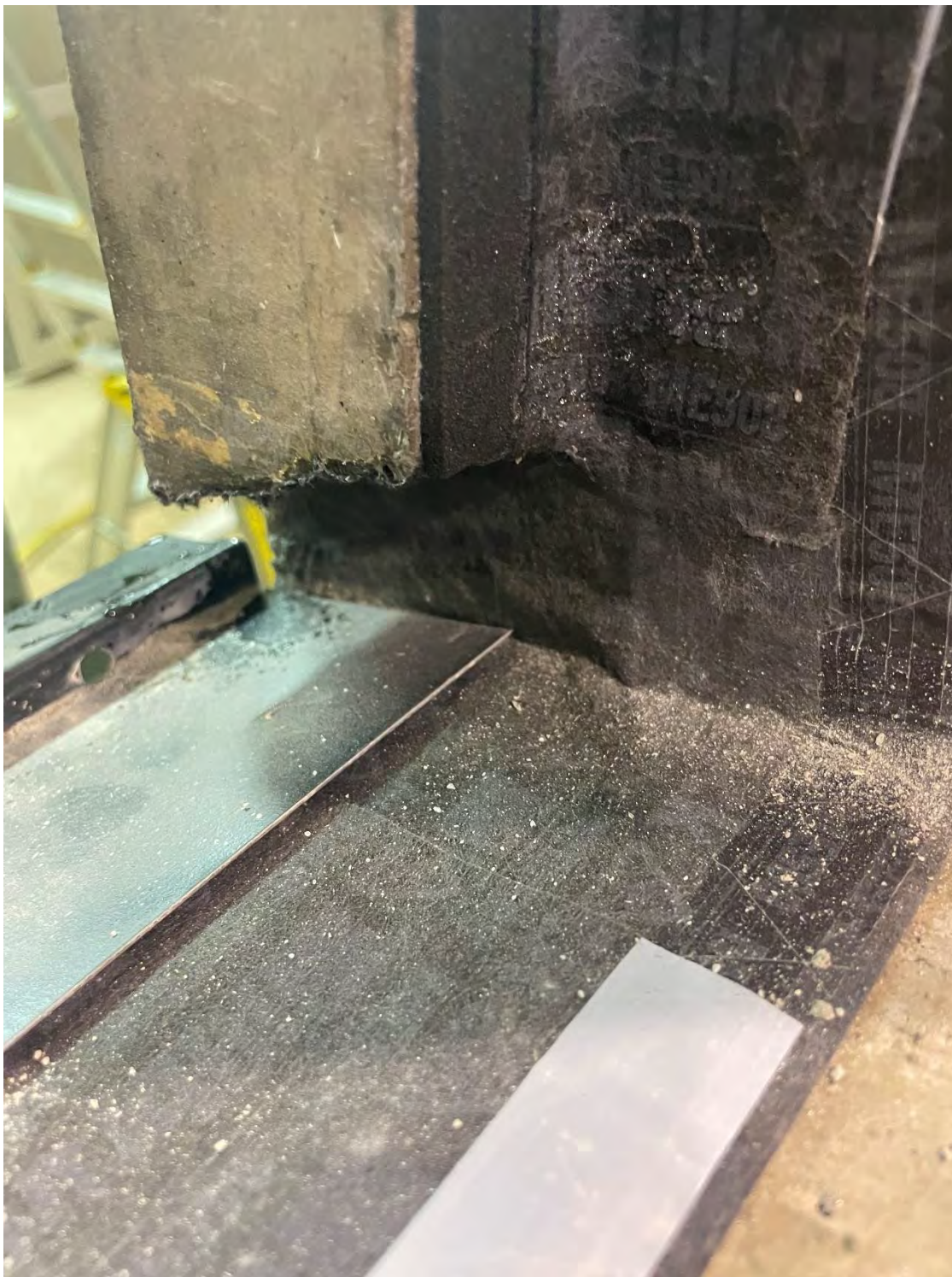
17. Indikativt funktionsprovning 2. Påfört flöde på baksida fasad. Se utfallet i bild 15-16

Bilaga 1



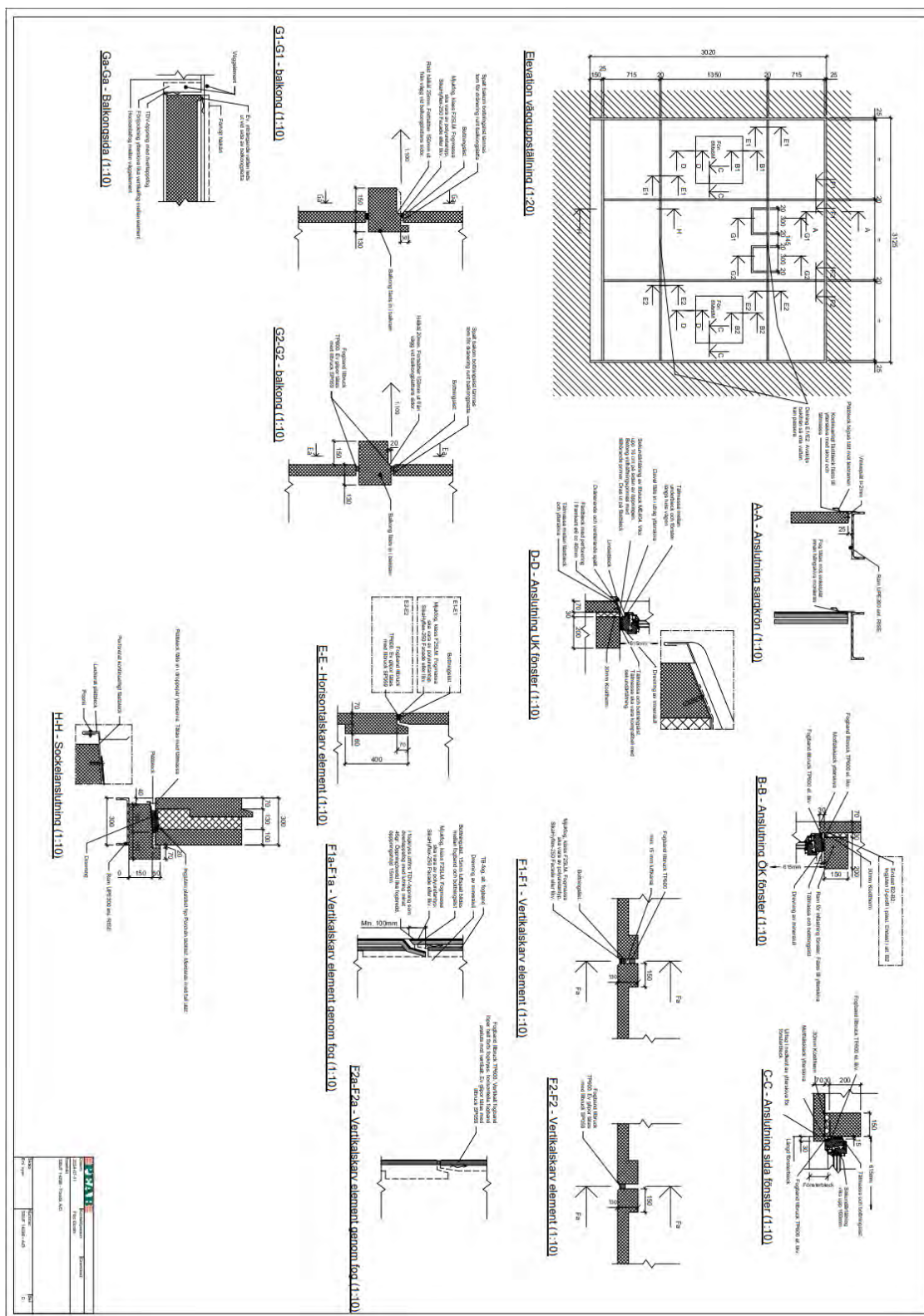
18. Indikativt funktionsprovning 3. Påfört flöde i horisontell elementskarv/fals under 12 timmar.

Bilaga 1



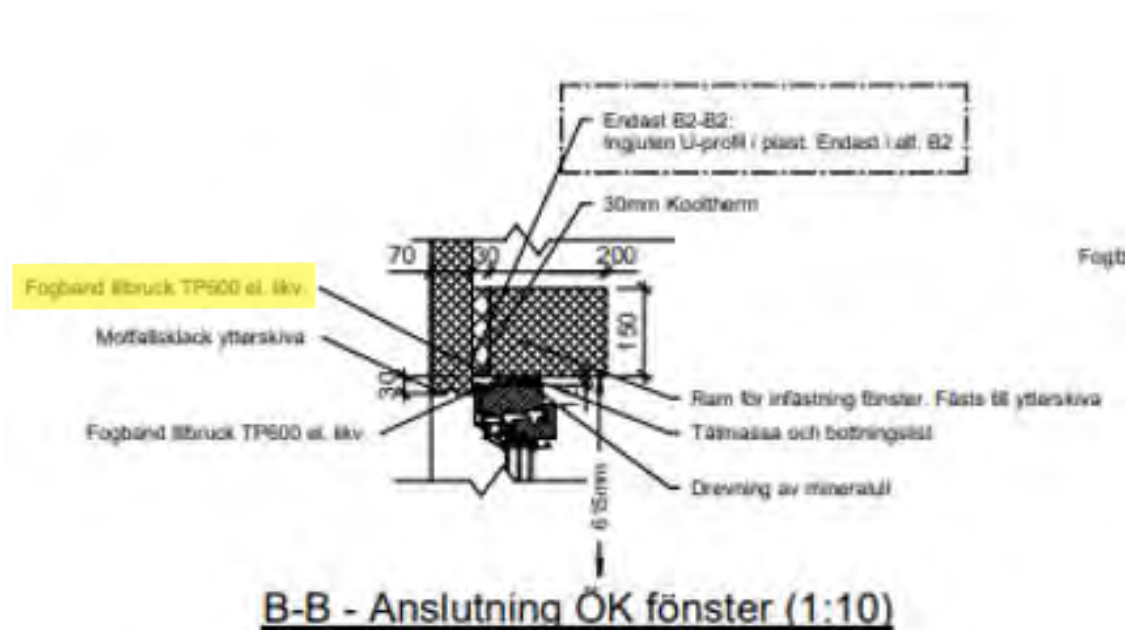
19. Efter utförd provning. Detaljbild av montage av sekundärtätning, fästbleck och (Illbruck TP 600 15mm 3-7) mot anslagskant . (Se Utförda åtgärder inför provning provomgång 2).

Bilaga 2



20. Ritning över provobjektet innan utförda åtgärder inför provomgång 2. (Se Utförda åtgärder inför provning provomgång 2).

Bilaga 2



21. Detalj B-B. Fogbandet TP600 som anges i ritningen med placering i drevspaltens sidor och ovkant hade av okänd anledning inte monterats. Därmed fanns fogbandet inte på plats under provningen. (Se gul markering).

Verifikat

Transaktion 09222115557544820486

Dokument

A-D. 2 LO_AM

Huvuddokument

20 sidor

Startades 2025-04-22 14:33:50 CEST (+0200) av André
Martinsson (AM)

Färdigställt 2025-04-23 09:07:58 CEST (+0200)

Signerare

André Martinsson (AM)

RISE Research Institutes of Sweden AB

Org. nr 556464-6874

andre.martinsson@ri.se

+46 10 516 51 83



Signerade 2025-04-22 14:34:22 CEST (+0200)

Lars Olsson (LO)

RISE Research Institutes of Sweden

lars.olsson@ri.se

+46 10 516 50 23



Signerade 2025-04-22 14:48:16 CEST (+0200)

Börje Gustavsson (BG)

RISE Research Institutes of Sweden

borje.gustavsson@ri.se

+46 10 516 51 70



Signerade 2025-04-23 09:07:58 CEST (+0200)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Information i kursiv stil är säkert verifierad av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: <https://scrive.com/verify>



Kontaktperson

André Martinsson

Bygg och fastighet

+46 10 516 51 83

andre.martinsson@ri.se

Lars Olsson

+46 10 516 50 23

lars.olsson@ri.se

Datum

2025-02-25

Beteckning

P121325 B-C-02

Sida

1 (5)

SBUF 14298

Bestämning av betongsandwichväggars täthet mot slagregn vid pulserande tryck enligt SS-EN 12865:2001-med avsteg

(2 bilagor)

Provföremål

Provföremålet utgjordes av en yttervägg, bestående av betongsandwichelement, som var uppdelade i två delar (två spegelvända halvor). Hädanefter kallade väggdel B (till vänster i bild) och väggdel C (till höger i bild). (Se figur 1 i bilaga 1 och ritning i bilaga 2).



Samtliga fogar mellan betongsandwichelementen var fogade med mjukfog (SikaHyflex -250 Facade) med primer (Sika Primer 3N) mot bottningslist. Väggdel B hade en primärfog, också den med (SikaHyflex -250 Facade) med primer (Sika Primer 3N) mot bottningslist. De horisontella fogarna i väggdel B var försedda med en ränna i ovankant. Väggdel C hade en sekundärfog innanför primärfogen men var inte försedd med ränna förutom vid balkong. All fogning med fogmassa var utförd av fogentreprenör. Strax under varje fogkryss hade öppningar i fogen skapats, så kallade TDV-öppning (*Tryckutjämning -Dränering -Ventilation*).

Även på ömse sidor av de två balkongerna fanns TDV-öppningar.

Provföremålet hade två 6 x 6 fasta, aluminiumbeklädda träfönster, ett placerat i väggdel B och ett i väggdel C. Avvattning under fönstren utgjordes av en sekundärtätning med (Illbruck ME508 med primer), underbeslag/fästbleck i plåt och underbleck i plåt. De övriga sidorna hade inklädnad av plåt med bakomliggande fogband i anslutning mot betongen (Illbruck TP600). Alla plåtarbeten utfördes av plåtslagare. Fönstermontaget med invändig tätning (Danaseal Akryl 504) mellan fönster och betong utfördes av byggentreprenör. Det fogband (TP600) som enligt ritning i detalj B-B sitter placerat i drevspalten utvändigt om drevremsan hade av okänd orsak inte monterats under montaget. (Se detalj B-B bild 12 i bilaga 2). Fogen längs insidans karmunderstycke var inte fogad utan istället försedd med en remsa polykarbonat. RISE labbpersonal monterade betongelementen i en provram. Vid montaget uppkom skador i svagare delar av betongelementen. För placering av uppkomna skador under montage, se bild 1 i bilaga 1. Skador som kunde påverka provningens genomförande

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress

Brinellgatan 4
504 62 Borås

Tfn / Fax / E-post

010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå

K2 - Intern

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE Research Institutes of Sweden AB i förväg skriftligen godkänt annat.

reparerades. (Se bild 3A och 3B i bilaga 1). RISE labbpersonal utförde applicering av membran (Illbruck ME508), på fönsterbröstning, med primer och applicering av membran (Resitrix SK/W) på sockel med primer (Se bild 1 i bilaga 1).

Utförda åtgärder inför provning provomgång 2

Mot bakgrund av resultat erhållna från provomgång 1 (se rapport P121325 B-C) så utfördes en rad förändringar och åtgärder på provföremålet inför provomgång 2.

Följande förändringar och åtgärder utfördes:

- I väggelementens ovkant, under de båda balkongerna, frästes ett spår i väggens längdriktning invändigt om primärfogen, cirka 1-2cm djupt och 1-2cm brett. Åtgärden utfördes av RISE.
- Ett hål borrades under varje balkong (Ø5mm). Hålen borrades i uppskattningsvis 30-45 graders vinkel, mitt under balkongen ca 4 cm nedanför den horisontella fogen och snett uppåt in i det frästa spåret i väggelementens ovkant. Åtgärden utfördes av RISE.
- I balkongplattornas ovkant frästes ett spår i väggens längdriktning invändigt om primärfogen, cirka 1-2cm djupt och 1-2cm brett. Åtgärden utfördes av RISE.
- I samtliga fogar i väggdel C hade en sekundärfog innanför primärfogen (SikaHyflex -250 Facade). En luftspalt skapades på så vis i vägglivet mellan de två fogarna samt att luftsplaten hade förbindelse med luften på utsidan.
- Totalt åtta TDV-öppningarna skapades, två i vertikalfogen för väggdel B och två i vertikalfogen för väggdel C vars mynningar var placerade cirka 25cm nedanför respektive horisontalskarv. I tillägg skapades fyra mindre TDV-öppningar, en på ömse sidor av de två balkongerna. Åtgärden utfördes av fogentreprenör.
- De invändigt limmade polykarbonatremsorna som under provomgång 1 täckte de nedre betongelementens fogar avlägsnades inför provomgång 2. Åtgärden utfördes av RISE.
- Vid karmbottenstyckena, för de båda fönstren, skars den invändiga lufttätningen bort och ersattes med remsor av transparent polykarbonat. Dessa limmades över drevspalten mellan karm och betong för att underlätta observation under pågående provning. I samband med detta avlägsnades även drevremsan under karmbottenstycket. Åtgärden utfördes av RISE.
- Den ena fönsterblecksgaveln på fönsterblecken tätades med fogmassa mot fasaden där det var åtkomligt utifrån. Åtgärden utfördes av fogentreprenör.

Provningens genomförande

Provningen genomfördes enligt tillämpbara delar i SS-EN 12865:2001 med avsteg, se avsnittet Avsteg från SS-EN 12865:2001. Mängden påfört vatten för provföremålet beräknades till $25,1 \pm 0,1$ l/minut i enlighet med standarden. Läckage fastställdes genom observation från provföremålets baksida. Vid aktuell provning skilde sig provningsföljden mot P121325 B-C_01 (för skillnader se rapport P121325 B-C_01).

Avsteg från SS-EN 12865:2001

Provningen genomfördes som en del i ett forskningsprojekt varför trycksteg och exponeringstid var anpassade. För provningschema se Tabell 1.

Tabell 1. Provningschema

Steg nr:	Tryck [Pa]	Tid [minuter]	Exponering
1	0	60	Full exponering
2	0-75	60	Full exponering
3	0-150	60	Full exponering
4	0-300	60	Full exponering

Resultat SS-EN 12865:2001

Tabell 2. Redovisning av uppkomna läckage (L) och noteringar (N) för respektive väggdel med bildhänvisning.

Tryck [Pa]	Steg nr:	Nr:	Väggdel B (med enkel fog)	Nr:	Väggdel C (med dubbel fog)	Bildhänvisning
0	1	N1	Dropp vid spricka /lagning i betong			Bild 2 i bilaga 1
0-75	2	L1	Fogkryss/TDV-öppning skvätt innanför rännan			Bild 3 i bilaga 1
0-75	2	L2	Läckage genom primärfog hörn undersida balkong			Bild 4 i bilaga 1
0-150	3	L3	Läckage genom spricka i sockeln			Bild 5 i bilaga 1
0-150	3	N2	Dropp in på sekundärtätning innanför underbleck			Bild 6 i bilaga 1
0-150	3	L4	Läckage genom fogmötet i vertikalskarv			Bild 7 i bilaga 1
0-300	4	L5	Läckage genom TDV in på undersida balkong men utanför ränna.			Bild 8 i bilaga 1

För översikt i förhållande till hela provobjektet (se bild 1 i bilaga 1).

Efter avslutad provning utfördes en läckagekontroll av vertikalfog i väggdel C. Sekundärfogen skars bort förekomsten av fritt vatten kontrollerades. Inget fritt vatten påträffades i vertikalfogen i luftspalten mellan primär- och sekundärfog i väggdel C.

Tryckskillnad i fönstrens drevspalter samt i luftspalten mellan primär och sekundärfog uppmättes under pågående provning vid trycksteg 0-150 Pa och 0-300 Pa, se tabell 3. (För placering av mätpunkter se bild 1 i bilaga 1). Resulterande tryckfall över utsida fönster- och fogspalt framgår i Tabell 3.

Tabell 3. Uppmätta tryckskillnader och resulterande tryckfall

Tryck mot fasad	Drevspalt B	Resulterande tryckfall	Drevspalt C	Resulterande tryckfall	Fog C1	Resulterande tryckfall	Fog C2	Resulterande tryckfall	Fog C3	Resulterande tryckfall
[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
150	150	0	150	0	150	0	144	6	105	45
300	300	0	300	0	300	0	293	7	207	93

Läckagesökning

Någon enskilt uppenbart läckageväg kunde inte fastställas.

Provningen enligt SS-EN 12865:2001 avslutas.

Indikativt funktionsprovning av dränagemånga

Efter avslutad provning enligt SS-EN 12865:2001 utfördes en två separata indikativa funktionsprovningar med syfte att fastställa om vatten innanför primärfogen i betongelements skarvar kan dräneras ut. Om vatten tar sig in genom otätheter eller bildas genom kondensering innanför primärfogen skall detta fångas upp och ledas ut.

I både väggdel B och C fanns två TDV-öppningar skapade genom överlappande fogmassa (SikaHyflex -250 Facade) i vertikalskarven (Se detalj F1-F1 i ritning i bilaga 2). Dessa är benämnda TDV-1-4 (se bild 1 i bilaga 1) och hade öppningen placerad cirka 25 cm nedanför fogkrysset. I tillägg hade mindre TDV-öppningar skapats, en på ömse sida av de två balkongelementen.

Indikativt funktionsprovning 1 - Dränage balkong

Indikativ funktionsprovning 1. Dräneringsförmågan invändigt om fogen runt balkong provades. Vatten påfördes från insidan på balkongplattans ovkant invändigt om primärfogen för väggdel B och C.

Resultat- Indikativt funktionsprovning 1

Påfört vatten dränerade ut, via det hål (Ø5mm) som var borrarat mitt under balkongen strax nedanför fogen i väggdel B (Se bild 9 i bilaga 1) och C, samt via TDV-öppningarna (Se bild 10 i Bilaga 1).

Indikativt funktionsprovning 2 - Dränage TDV-öppning

Dränangeförmågan hos TDV-öppningarna i vertikalfogen i väggdel C provades genom att påföra vatten i mellanrummet mellan primär- och sekundärfogen i vertikalfogen och horisontalfogen.

Resultat- Indikativt funktionsprovning 2

Påfört vatten dränerade ut ur TDV-öppningarna (Se bild 11 i bilaga 1).

Provningsförutsättningar

Provningsresultaten avser enbart det provade föremålet.

Utrustning med RISE individnummer: Provrigg 202210 med tryckgivare BX90056
Manometer 202429
Vattenflödesmätare KWP09031

Uppskattad mätosäkerhet: Lufttryckskillnad ± 2 Pa, luftflöde ± 5 %
Vattenflöde: SS-EN 12865:2001 $\pm 0,1$ l/minut,
Vattenflöde dränage ± 5 %,
Vikt ± 2 g

Ackreditering omfattar: SS-EN 12865:2001

Omgivande klimat: Lufttemperatur 18,7 °C,
RH 30%,
Lufttryck 989 hPa

Vattentemperatur: Inom standardens krav

Konditionering: I laboratorieklimat efter ankomst till RISE

RISE Research Institutes of Sweden AB

Byggnadsfysik och hållbara byggnader - Byggnadsfysikprovning

Utfört av

Granskat av

André Martinsson

Lars Olsson

Börje Gustavsson

Bilagor

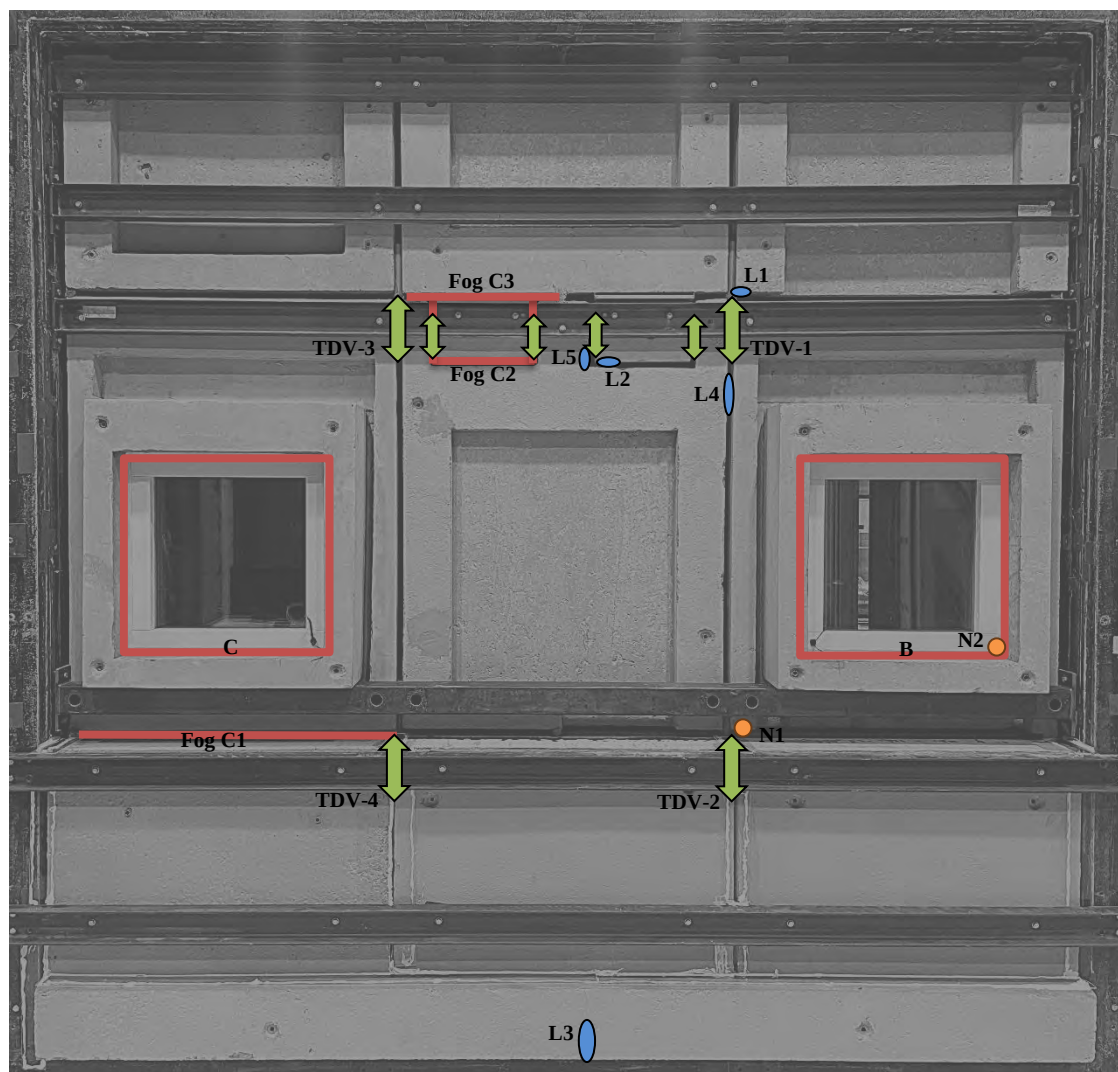
Bilaga 1.

Bilder.

Bilaga 2.

Ritning.

Bilaga 1



1. Översiktssbild som visar provobjektet före åtgärder. (Se Utförda åtgärder inför provning). Bilden visar provföremålets insida. Vägghel C till vänster i bild och vägghel B till höger i bild. Placering av läckage (L) i förhållande till provföremålets insida är markerade med blå färg och läckagenummer (Se Tabell 2 i Resultat). TDV-öppningar (TDV) är markerade med gröna pilar. Noteringar (N) är markerade med brandgult (Se Tabell 2 i Resultat SS-EN 12865:2001). Uppmätta tryckfall i drevspalter och fogspalter är markerade med rött (Se Tabell 3 i Resultat SS-EN 12865:2001). (För placering av skador uppkomna under montage se rapport P121325 B-C_01).

Bilaga 1



2. Notering 1 (N1) vid 0Pa. Dropp från spricka med lagning i betongen.



3. Läckage 1 (L1) vid 0-75Pa. Skvätt från TDV-öppning innanför rännan. Se röd pil.

Bilaga 1

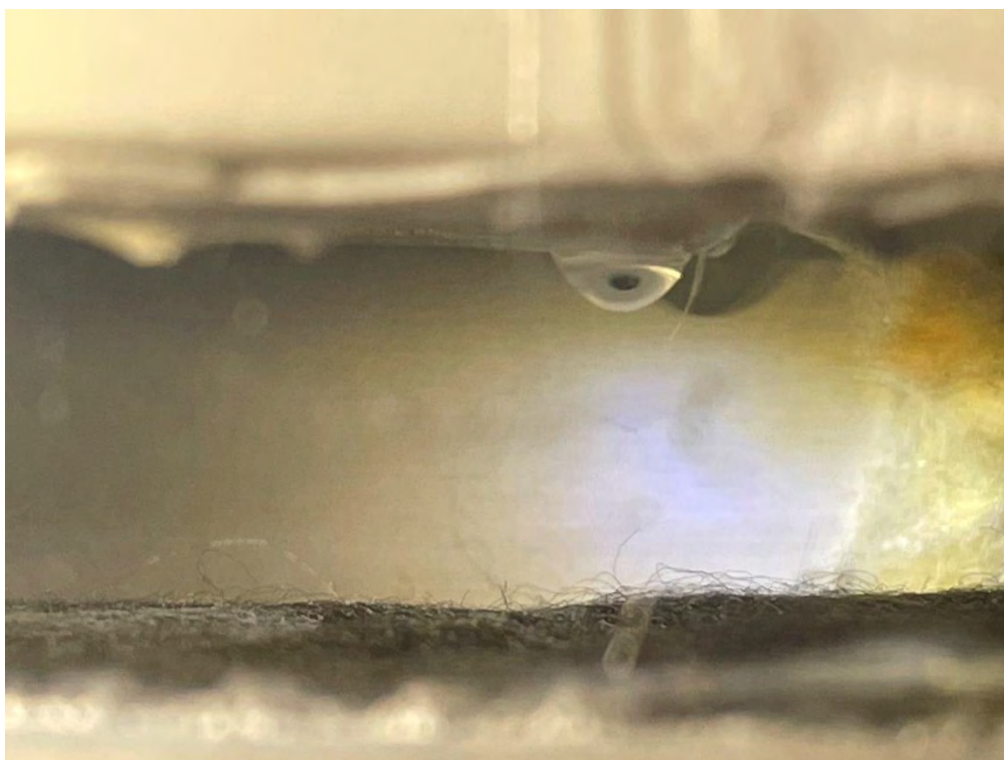


4. Läckage 2 (L2) vid 0-75Pa. Läckage mellan primärfog och balkongenselementets nederhörn. Se röd pil.



5. Läckage 3 (L3) vid 0-150Pa. Läckage genom spricka i betongsockeln.

Bilaga 1



6. Notering 2 (N2) vid 0-150Pa. Vatteninträngning vid utsida fönsterhörn in på sekundärtätning.



7. Läckage 4 (L4) vid 0-150Pa. Läckage i fogmöte i bakkant av TDV i vertikalskarv.

Bilaga 1



8. Läckage 5 (L5) vid 0-300Pa. Skvätt in via TDV-öppning vid sidan av balkong. Något vatten kom inte in innanför rännen.



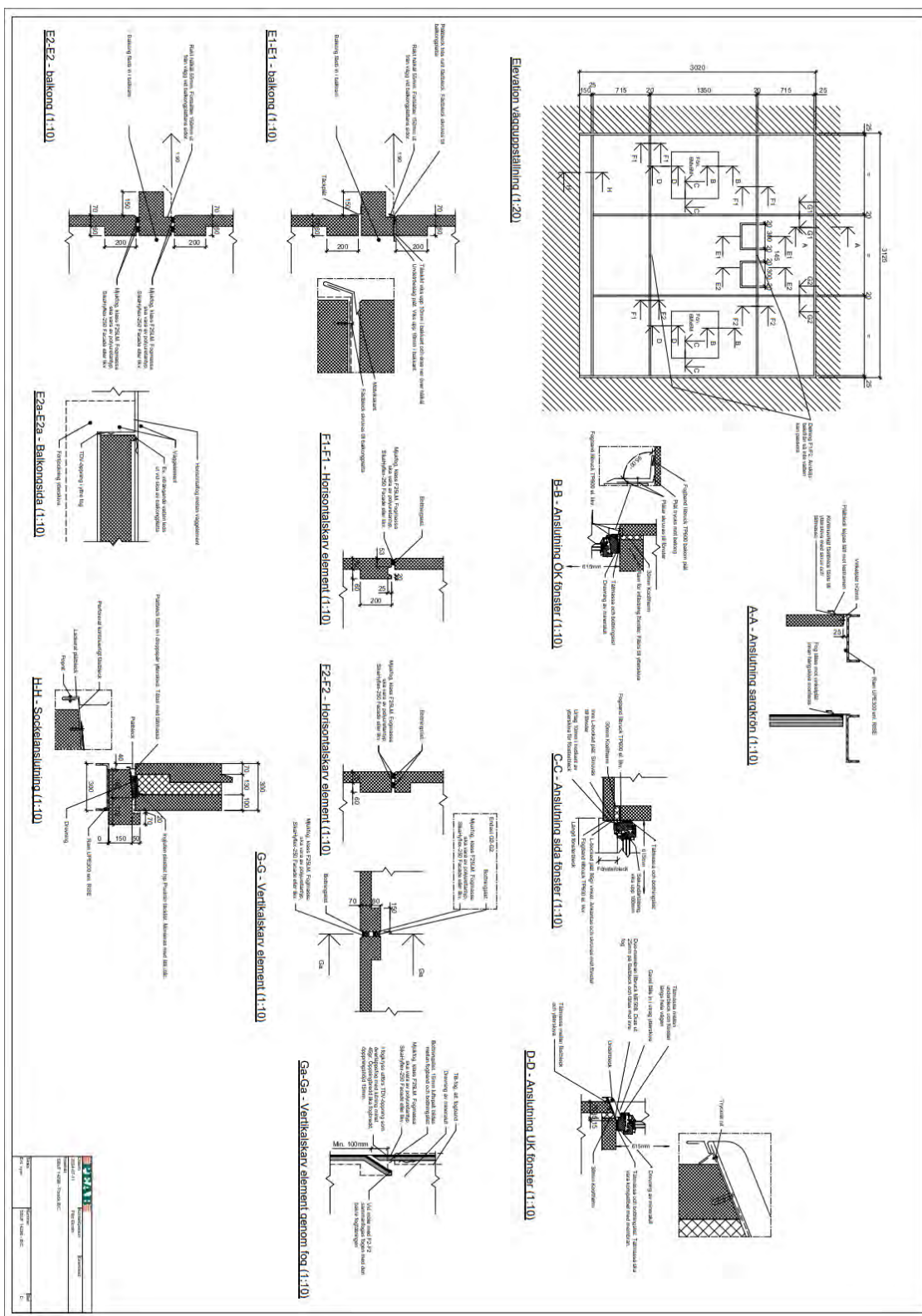
9. Indikativ funktionsprovning 1. Luftspaltens dräneringsförmåga mellan primär- och sekundärfogen provades genom att påföra vatten från insidan genom fogen i överkanten av balkongelementet.

Bilaga 1



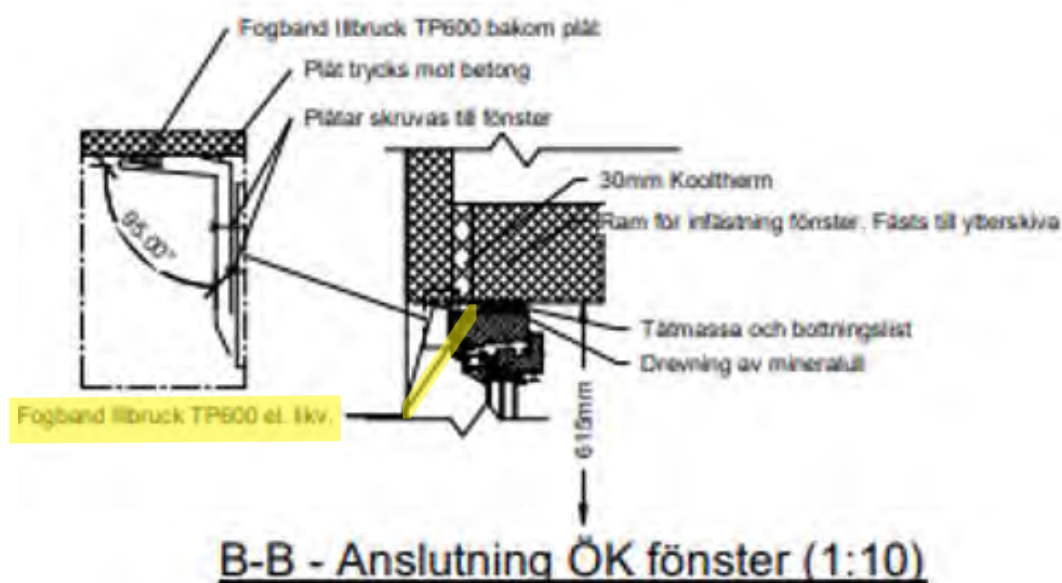
10. Indikativ funktionsprovning 2. TDV-öppningen i väggdel C, med primär- och sekundärfog provades genom att vatten påfördes från insidan.

Bilaga 2



11. Ritning över provobjektet innan utförda åtgärder inför provomgång 2. (Se Utförda åtgärder inför provning provomgång 2).

Bilaga 2



12. Detalj B-B. Fogbandet TP600 som anges i ritningen med placering i drevspaltens sidor och ovkant hade av okänd anledning inte monterats. Därmed fanns fogbandet inte på plats under provningen. (Se gul markering).

Verifikat

Transaktion 09222115557542441498

Dokument

B-C . 2 LO_AMLO
Huvuddokument
13 sidor
Startades 2025-03-25 10:26:18 CET (+0100) av André Martinsson (AM)
Färdigställt 2025-03-26 11:15:24 CET (+0100)

Signerare

André Martinsson (AM)
RISE Research Institutes of Sweden AB
Org. nr 556464-6874
andre.martinsson@ri.se
+46 10 516 51 83



Signerade 2025-03-25 10:26:46 CET (+0100)

Lars Olsson (LO)
RISE Research Institutes of Sweden
lars.olsson@ri.se
+46 10 516 50 23



Signerade 2025-03-25 10:34:00 CET (+0100)

Börje Gustavsson (BG)
RISE Research Institutes of Sweden
borje.gustavsson@ri.se
+46 10 516 51 70



Signerade 2025-03-26 11:15:24 CET (+0100)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Information i kursiv stil är säkert verifierad av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: <https://scrive.com/verify>

