



CHALMERS



Reparationer på parkeringsdäck av armerad betong

Inventering av åldrade betongreparationer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Filip Stenström

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelning för konstruktionsteknik
Betongbyggnad
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete ACEX20-19-22
Göteborg, Sverige 2019

EXAMENSARBETE ACEX20-19-22

Reparationer på parkeringsdäck av armerad betong

Inventering av åldrade betongreparationer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Filip Stenström

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Betong byggnad

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2019

Reparationer på parkeringsdäck av armerad betong
Inventering av åldrade betongreparationer
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik
Filip Stenström

© FILIP STENSTRÖM 2019

Examensarbete ACEX20-19-22
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2019

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Betong byggnad
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Bild tagen på parkeringsgarage Sandspåret innan reparation, ett av parkeringsdäcken
som ingick i underökningen. Återgiven med tillstånd.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2019

Reparationer på parkeringsdäck av armerad betong

Inventering av åldrade betongreparationer

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

Filip Stenström

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Betongbyggnad
Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

Detta examensarbete har genomförts i samarbete med HTE produktion, Torslanda. Handledaren för examensarbetet har varit Joosef Leppänen, universitetslektor på Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Det framgår av tidigare forskning att de föreligger kunskapsbrist om betongreparationers långtidseffekter som delvis blivit bättre på senare tid men fortfarande inte är tillräckligt bra för att kunna välja optimal reparationsmetod och reparationsmaterial. Det saknas också uppföljning av hur de metoder och material som använts faktiskt har fungerat under en längre period.

Rapporten sammanställer resultat från undersökning av åldrade reparationer från 4 olika parkeringsdäck konstruerade av armerad betong. I varje undersökning besiktigas objektet visuellt och tillgängligt dokumenterat material analyseras. Utifrån sammanställningen av resultatet från undersökningarna är slutsatsen att flertalet reparationer är opåverkade efter 8–10 års åldrande. Av de reparationer som har påverkats efter åldrandet är effekten med stor sannolikhet negativ med avseende på beständighet och beror trolig på felaktigt utförande. Denna observation är intressant, eftersom den kan hjälpa till att uppmärksamma problem inom området. Syftet är att bidra med underlag som kan hjälpa till att öka livslängden hos armerade betongkonstruktioner. Projektet är avgränsat till parkeringsdäck i sydvästra Sverige. Reparationsmetoden avgränsas till omarbetning av betong efter det att defekt material avverkats.

Nyckelord: Betongreparation, parkeringsdäck, betong, skadeorsaker, skador, reparationsprocess, reparationsmetod, reparationsprincip, beständighet

Repairs on parking decks constructed in reinforced concrete.
Inventory of aged concrete repairs

*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

Filip Stenström

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Structural Engineering
Concrete structures
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This degree project has been implemented in collaboration with HTE produktion, Torslanda. The supervisor for this degree project has been Joosef Leppänen, senior lecturer at Chalmers University of Technology, Gothenburg.

It is clear from previous research that there is lack of knowledge about the long-term effects of concrete repairs although it has partly been improved in recent times, however it's not good enough to be able to choose the optimal repair method and repair material. There is also no follow-up on how the repair methods and repair materials used actually have worked after aging.

This report compiles results from the studies of aged repairs from 4 different parking decks constructed of reinforced concrete. For each case study, the object is visually inspected and available documentation material analyzed. Based on the compilation of the results from the case studies, the conclusion is that most repairs are unaffected after 8–10 years of aging. Of the repairs that have been affected after aging, the effect is probably negative in terms of durability, likely caused by incorrect execution. This observation is interesting, as it can help to draw attention to the problems within concrete durability matters. The purpose is to contribute with basis that can help increase the lifespan of reinforced concrete structures. The project is delimited to parking decks in southwestern Sweden. The repair method is delimited to reworking of concrete after defective material has been removed.

Key words: Concrete repair, parking decks, concrete, damage causes, damage, repairprocess, repairmethod, repairprinciple, durability

Innehåll

SAMMANDRAG	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	2
2 ARMERAD BETONG	3
2.1 Betong	3
2.2 Härdningsprocessen	4
2.2.1 Krympning	5
2.2.2 Klassificering och cementtyper	6
2.3 Armering	9
3 BETONGSKADOR	11
3.1 Nedbrytningsmekanismer	12
3.1.1 Karbonatisering	13
3.1.2 Kloridinträngning	13
3.1.3 Frostskador	15
3.2 Korrosion	18
3.3 Korrosionshastighet	19
3.4 Sprickbildning	20
3.5 Synergieffekter	22
4 REPARATIONSPROCESSEN	24
4.1 Underhållsystem	26
4.2 Val av reparationsmetod	28
4.3 Klassificering av skador	30
4.4 Standarder och bestämmelser	30
4.5 Livslängd	31
5 REPARATION AV BETONGKONSTRUKTIONER	32
5.1 Omarbetning av betong	32
CHALMERS , <i>Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik</i> , Examensarbete ACEX20-19-22	III

5.1.1	Vidhäftning	33
5.1.2	Viktiga egenskaper hos reparationsmaterial vid omarbetning av betong i parkeringsdäck	34
5.2	Redurite-metoden	35
5.3	Avverkningsmetoder	36
6	RESULTAT AV FALLSTUDIER	37
6.1	Parkeringsgarage Lagerströmsplatsen: Göteborgs Stads Parkeringsaktiebolag	37
6.2	Parkeringsgarage Ehrenströmsgatan Göteborgs Stads Parkeringsaktiebolag	41
6.3	Parkeringsgarage Sandspåret: Bostads AB Poseidon	47
6.4	Parkeringsgarage Skolspåret: Bostads AB Poseidon	51
7	ANALYS OCH DISKUSSION	56
7.1	Förvaltningssystem	56
7.2	Osäkerheter och tolkningar	57
8	SLUTSATSER	58
8.1	Vidare forskning	58
9	REFERENSER	59
A.1	Konditionsbesiktning - Lagerströmsplatsen	62
A.2	Kvalitets- och miljöplan – Lagerströmsplatsen	63
A.3	Slutbesiktning – Lagerströmsplatsen	77
B.1	Konditions besiktning - Ehrenströmsgatan	79
B.2	Relationstiningar - Ehrenströmsgatan	80
B.3	Egenkontroller - Ehrenströmsgatan	92
C.1	Slutrapport - Sandspåret	97
C.2	Relationsritningar - Sandspåret	98
C.3	Arbetsberedning - Sandspåret	99
D.1	Inventeringsritningar - Skolspåret	100
D.2	Skadeförteckningar - Skolspåret	104
D.3	Relationsritningar - Skolspåret	110
E.1	RD-6001	115
E.2	RD-6011	116
E.3	RD-6051	117
E.4	RD-8011	118
E.5	RD-8013	119

E.6 RD-8014	120
E.7 RD-1002	121
E.8 ST-14	122
E.9 ST-11	123
E.10 ST-22	124
E.11 RD-2012	125
E.12 ST-21	126
E.13 RD-4012	127
E.14 ST-41	128
E.15 ST-42	129

Förord

Detta examensarbete utgör 15 av 180 högskolepoäng på Samhällsbyggnadsteknik, Chalmers tekniska högskola, Campus Johanneberg. Arbetet har pågått under perioden 2019-01-21 till 2019-05-28 och gjorts i samarbete med HTE produktion, Torslanda. Min handledare och examinator på Chalmers har varit Joosef Leppänen, Universitetslektor på institutionen konstruktionsteknik, betongbyggnad. Jag har även haft en handledare på HTE produktion AB, Micael Johansson som är arbetschef på avdelningen för betongreparation, Torslanda.

Jag vill tacka min handledare, Micael Johansson på HTE produktion som hjälpt mig få förståelse om det komplicerade ämnet betongreparation, inte främst genom diskussion och svara på frågor utan också genom praktiskt arbete för att få förståelse i flera dimensioner. Jag vill också tacka Joosef Leppänen som under arbetets gång läst igenom de jag skrivit, delat med sig av idéer och framförallt bjudit på intressanta samtal.

Jag vill ägna ett stort tack till Göteborgs Stads Parkering AB och Bostads AB Poseidon som har bidragit till att göra detta examensarbete möjligt genom att erhålla underlag och möjlighet till studiebesök på parkeringsdäcken, de har också delat med sig av sina erfarenheter vilket har varit mycket lärorikt.

Göteborg Maj 2019
Filip Stenström

1 Inledning

Då parkeringsdäck ofta befinner sig i en utsatt miljö är kunskapen i viss mån av generell karaktär och applicerbara på andra typer av betongkonstruktioner i liknande miljöer. Vid renovering krävs kunskap om samspelet, mekaniskt och beständighetsmässigt, mellan reparationsmaterial och konstruktion som kan vara mycket invecklat (Hassanzadeh, 2014). Kunskapen inom reparationsområdet kan utnyttjas vid nyproduktion vilket gör det möjligt att producera bättre och mer beständiga konstruktioner. Ökad kunskap är även intressant för entreprenörer som vill erbjuda beställare adekvata reparationsmetoder med lång livslängd. Det kanske största intresset är ur ett samhällsekonomiskt perspektiv, exempelvis bedömdes kostnaden för reparation av vattenkraftanläggningar vara av storleksordningen 1,5 miljarder kronor varje år (Fagerlund, 2011a).

1.1 Bakgrund

Betong är ett mycket komplext område vars livslängd samspelar med konstruktion, yttre miljö och utförande (Hassanzadeh, 2014). Att välja rätt reparationsmetod och material är därför en komplicerad uppgift som kräver lång erfarenhet, stor mängd kunskap och information. Vid val av metod och material bör man alltid ha i åtanke de nya problem som kan uppstå. Det finns brist på kunskap om reparationernas långtidseffekter som till viss del har blivit bättre på senare tid men fortfarande inte är tillräckliga för att kunna göra ett optimalt val av metod och material (Hassanzadeh, 2014). Det saknas också uppföljning av hur de metoder och material som använts faktiskt har fungerat under en längre period. Detta är anledningen till studien varför tillståndet hos åldrade reparationer ska kartläggas.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att undersöka ett urval av reparerade parkeringsdäck för att kartlägga tillståndet hos reparationer efter åldrande. Som ett led i detta redogörs och identifieras vanliga nedbrytningsmekanismer, skador, skadeorsaker, skadetyper, reparationsmetoder och reparationsprocesser. Resultaten från projektet kommer att medföra bättre förståelse av vad som påverkar kvaliteten hos betongreparationer. Avsikten är att kunna bidra med underlag som kan hjälpa till att öka livslängden hos armerade betongkonstruktioner.

1.3 Avgränsningar

Examensarbetet inriktar sig mot parkeringsdäck av armerade betong. Urvalet av konstruktioner har gjorts på parkeringsdäck i sydvästra Sverige. För att göra rapporten hanterbar har ytterligare avgränsningar gjorts mot reparationsmetoden som innefattas av omarbetning av betong efter det att defekt material avverkats för att täcka ett så brett spektra av reparationer som möjligt. På undersökningsobjekten genomfördes endast visuell besiktning följaktligen innefattades inga typer av materialprover eller liknande.

1.4 Metod

Projektet inleds med en litteraturstudie där tidigare forskning inom området studeras. I litteraturstudien betraktas huvudsakligen de aktuella skador, skadetyper, skadeorsaker, reparationsprinciper, reparationsmetoder samt regelverk. Det ingår också i litteraturstudien att ta reda på vilka nedbrytningsmekanismer som är vanligast förekommande samt vilka skador som dessa orsakar. För komplettera kurslitteraturen intervjuas sakkunniga inom området för att ta till vara erfarenheter av mer praktisk karaktär.

Fallstudierna för utvalda parkeringsdäcken genomförs främst genom undersökning av tillgängligt dokumenterat material samt skadeinventering och visuellbesiktning vid studiebesök. Eventuella skador som upptäcks fotas om möjligt, dokumenteras och sammanställs i tabeller.

2 Armerad betong

Armerad betong är en samverkanskonstruktion eller komposit där krafter överförs mellan armeringen och betongen via vidhäftning. Vid belastning kan dragpåkänningar uppkomma vilket kan orsaka sprickbildning i betongen. För att få en konstruktion i kraftjämvikt efter sprickbildning förses betongen med armering oftast i form av ingjutna armeringsstänger av stål. Vid dålig vidhäftning förloras förmågan att överföra krafter, ett så kallat förankringsbrott uppstår. Kraftöverföringen är väsentlig för armerade betongkonstruktioners funktion och påverkar bland annat sprickavstånd och sprickbredder. Armeringen har som huvuduppgift att överföra dragkrafter efter att betongen har spruckit (Mohammad, Engström, Johansson, och Johansson, 2013).

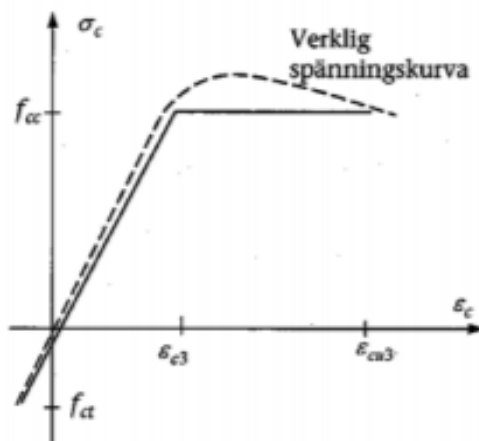
2.1 Betong

Benämningen betong används för material som är sammansatta av ett så kallat lim (bindemedel) och ballast. Betong består utav följande delmaterial: cement, vatten och ballast (volymandel cirka 65–75%) (Nawy, 2008). Eventuellt används tillsatsmaterial (till exempel flygaska eller kalksten) och tillsatsmedel (till exempel accelererande tillsatsmedel eller retarderande tillsatsmedel) för att väsentligt ändra egenskaperna hos såväl färsk som hårdnade betong.

Cement är ett hydrauliskt bindemedel i pulverform, detta betyder att den hårdnar i kontakt med vatten och produkten som bildas är beständig emot vatten. Man kan något förenklat förklara cementtillverkningen genom att kalksten och mägersten (lerblandad kalksten) upphetas till ca 1 450° Celsius och omvandlas till något som kallas klinker. Klinkern kyls ner, blandas ihop med sand och gips som sedan mals ner till ett grått pulver, detta kallas cement (Nawy, 2008).

Ballast material inkluderar sand, stenkross, grus (stenar) och singel. Ballast används bland annat för ett det är mycket billigare än cement men också för att den ger volym till betongen och har egenskaper som ger stabilitet, motståndskraft mot slitage och erosion samt minskar expansion på grund av fukt och temperatur (Nawy, 2008).

Betong kännetecknas främst av dess höga tryckhållfasthet men relativt låga draghållfasthet, normalt uppgår draghållfastheten till en tiondel av tryckhållfastheten (se Figur 2.1). Betong har även andra egenskaper såsom formbarhet, goda beständighet emot fukt och nötning samt lättillgängliga delmaterial. Betong har dessutom relativt hög densitet och värmekapacitet, densiteten av hårdnad betong är cirka 2300 till 2400 kg/m³. Andra fördelar med betong är att det finns flera olika appliceringsmetoder till exempel hälla för hand, pumpa, spruta och rappa. Genom att ändra proportionerna och typ av cement kan man relativt enkelt ändra egenskaperna hos betongen. De tidigare nämnda egenskaperna gör att betongen är ett av de mest använda byggnadsmaterialen (Mohammad et al., 2013).



Figur 2.1. Spännings töjningssamband för betong, (Mohammad et al., 2013). Återgiven med tillstånd.

2.2 Härdningsprocessen

Så snart cementet kommer i kontakt med vatten startar hydratationen. Hydratation involverar inte en komplett upplösning av all cement, reaktionerna sker istället mellan vatten och de cementkorn som är exponerade emot vattnet och bildar nya kemiska föreningar som avsätter sig i form av cementgel. Processen sker därför snabbare i mer finkorniga cementtyper. Allt vatten reagerar alltså inte med bindemedlet i cementet, det vatten som återstår binds fysikaliskt i porssystemet som hydratationen har skapat. Processen ger upphov till en volymförändring, volymen av delmaterialen innan reaktionen är något större än reaktionens slutprodukter. Resultatet av denna volymförändring är dels att betongen krymper något, dels att håligheter bildas i den. Håligheter som uppkommer bildar betongens porssystem (Nawy, 2008).

Cementgel som bildas består utav kalciumsilikathydrater (C-S-H) i form av ett nätverk samt kristaller utav kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kalciumsilikathydrater utgör störst andel av cementen och står primärt för styrkan. Kalciumhydroxiden tillsammans med alkali-innehållet i cementen leder till ett pH omkring 13, dvs betongen blir starkt alkalisk (Svensk Byggtjänst, 1994).

Cementgelens egenskaper bestäms till allra största del av vattencementtalet (se Ekvation 2.1). Det brukar vara att föredra låga vattencementtal som bland annat medför att betongen får tätare täcksikt och högre hållfasthet (Mohammad et al., 2013).

$$vct = \frac{W}{C} \quad (2.1)$$

W , mängd blandningsvatten [kg], [l/m^3] eller [kg/m^3].
 C , mängd cement [kg] eller [kg/m^3].

Härdningsprocessen är mest intensiv under de första dyggen och avtar sedan. Hur långt hydratationsprocessen har nått kan beskrivas med hydratationsgraden. Hydratationsgraden 0 är då ingen reaktion har skett överhuvudtaget och 1 är när cementet har reagerat fullt ut med vattnet. Vid beräkning på hållfasthet brukar man använda "ekvivalent mognadsgrad", vilket förknippas till hållfasthetsutvecklingen där

20° Celsius och 28 dygn är referensen. 28 dygn är bestämt utifrån standard, utvecklingen efter 28 dygn anses inte vara av väsentlig betydelse. När temperaturen frångår 20 grader justeras den med en ekvivalentålder som exempelvis är 1 vid 20 grader och 0,7 vid 10 grader (Esping, 2017).

2.2.1 Krympning

Krympning är den volymminskning som orsakas av vattenavgång vid uttorkning och kemiska reaktioner under bindningstiden. Så länge betongen inte hindras från att krympa fritt uppstår inga problem. Det är först när betongen hindras från att krympa fritt som spänningar och eventuellt sprickor kan uppkomma (Svensk Byggtjänst, 1990).

Man kan beakta betongen som ett tvåfasset system som består av ballast och cementpasta, där cementpasta är den del som krymper och ballasten är den del som hindrar krympningen hos cementpasta. Desto mer cementpasta, filler och vatten betongen består utav desto större blir volymminskningen i betongen. När cementpasta krymper uppstår ett tryck på ballastkornen. Således blir krympningen större hos betong med ballastmaterial med lägre elasticitetsmodul. Det är viktigt att minimera bruksöverskott i betongen vilket kan överkommas genom ordentlig vibrering. De tre huvudtyperna av krympning i betong är följande: plastisk, autogen och uttorkningskrympning (Svensk Byggtjänst, 1990).

Plastisk krympning

Under de första timmarna efter gjutning föreligger en risk att det obundna vattnet avgår från betongen. I detta stadiet har betongmassan inte hunnit hårdna och befinner sig fortfarande i ett plastiskt tillstånd, den krympning som uppstår i detta skede kallas för plastisk krympning. De tyngre partiklarna i betongen sätter sig på grund av gravitation, de lättare partiklarna tillsammans med vattnet trycks upp emot ytan. Temperatur, vind och fuktigheten i den omgivande miljön kan göra att ytskiktet krymper på grund av uttorkning. Betongen under ytskiktet torkar inte ut i samma hastighet vilket ger upphov till att dragspänningar och krympsprickor kan uppstå. Krympsprickorna gör att konstruktionen får sämre kvalitet än vad man avsett (Giatec scientific inc, 2014).

Exempel på arbetsgång de första timmarna efter gjutning för att minska risken för plastisk krympning:

- Gjutning
- Täckning/Hårdning
- Avtäckning/glättning
- Täckningen, täck den behandlade ytan

Strax efter gjutning är det viktigt att täcka betongen för att få en stabil temperatur men också för att hindra vattnet att avgå för hastigt. När det blir dags att ytbehandla betongen avtäckes den del som ska behandlas medan övrig täckning ligger kvar. Efter att behandlingen är klar ska ytan återigen täckas (Cementa AB, 2015).

Autogen krympning

Krympningen som sker utan fuktutbyte med omgivningen vid konstant temperatur kallas autogen krympning, det vill säga processen sker i ett förseglat system. Volymförändring beror på att cementklinkermineralerna reagerar med vatten där reaktionsprodukten har en mindre volym än reaktanterna. Den autogena krympningen sker i både normalpresterande och högpresterande betong men anses försumbar för normalpresterande betong. Högpresterande betong avser betong som har förbättrade egenskaper jämfört med betong tillverkad med konventionella metoder och material (Svensk Byggtjänst, 1997).

Uttorkningskrympning

Uttorkningskrympningen är volymändringen som sker på grund av fuktavgång efter att betongen har hårdnat. Processen är långsam och kan hålla på i flera år dock avtar krympningen med tiden och når ett slutvärde. Sprickor kan komma att uppstå om inspänningen eller armeringen helt eller delvis förhindrar krympningen (Engström, 2004).

2.2.2 Klassificering och cementtyper

Standarden SS-EN 206:2013 + A1:2016 gäller för betong avsedd för platsgjutna konstruktioner, prefabricerade konstruktioner och prefabricerade produkter för byggnader och anläggningar. Standarden anger krav på betongens beståndsdelar, leverans av färsk betong, processen för produktionskontroll, egenskaper hos färsk och hårdnad betong samt hur de verifieras.

I en betongspecifikation enligt standarden ovan ska följande ingå. Utöver dessa klasser kan även tilläggskrav ingå, exempelvis lufthalt, speciell ballasttyp eller speciell cementtyp:

- Tryckhållfasthetsklass
- Exponeringsklass
- Stenmax
- Högsta tillåtna kloridhaltsklass
- Konsistensklass

Tryckhållfasthetsklass

Tryckhållfastheten betecknas C som anger både cylinder- och kubhållfasthet. Provkroppar ska tillverkas ur ett stickprov och ska provas vid samma ålder, provningsresultatet ska vara medelvärdet av provningsvärden från två eller flera provkroppar. Utefter vad provresultatet visar kategoriseras betongen enligt Tabell 2.1.

Tabell 2.1.

Tryckhållfasthetsklasser för normal och tung betong.

Tryckhållfasthetsklass	Lägsta karakteristiska cylinderhållfasthet, N/mm², $f_{ck,cyl}$	Lägsta karakteristiska kubhållfasthet, N/mm², $f_{ck,cyl}$
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Kommentar. Hämtad från ”SS-EN 206:2013 + A1:2016” av Swedish Standards Institute, 2016, SIS Förlag AB, s. 28.

Exponeringsklass

Betongens beständighet i en viss miljö styrs av vilka komponenter den består av och hur de är sammansatta (se Tabell 2.2). Exponeringsklass används för att klassificera hur den omgivande miljön kommer att påverka konstruktionen. Exponeringsklasserna är indelade efter angreppsmekanism och varje angreppsmekanism är vidare indelad tre till fyra klasser.

Tabell 2.2.

Exempel på exponeringsklasser enligt SS-EN 206:2013 + A1:2016.

Klass beteckning	Miljöbeskrivning	Exempel där exponeringsklass kan förekomma.
Korrosion orsakad av karbonatisering		
XC1	Torr eller ständigt våt	Betong ständigt stående under vatten
XC2	Våt, sällan torr	Grundläggningar
XC3	Måttligfuktighet	Betong utomhus skyddad mot regn
XC4	Omväxlande våt och torr	Betongytor utsatta för kontakt med vatten, vilka inte hänförs till exponeringsklass XC2
Korrosion orsakad av klorider som inte kommer från havsvatten		
XD1	Måttlig fuktighet	Betongytor utsatta för luftburna klorider
XD2	Våt, sällan torr	Simbassänger
XD3	Omväxlande våt och torr	Bjälklag i parkeringshus
Angrepp av frysning/upptining med eller utan avisningsmedel		
XF1	Måttlig vattenmättnad, utan avisningsmedel	Vertikala betongytor utsatta för regn och frysning
XF2	Måttlig vattenmättnad, med avisningsmedel	Vertikala betongytor på vägkonstruktioner utsatta för frysning och luftburna avisningsmedel
XF3	Hög vattenmättnad, utan avisningsmedel	Horisontella betongytor utsatta för regn och frysning
XF4	Hög vattenmättnad, med avisningsmedel eller havsvatten	Skvalpzon hos marina konstruktioner utsatta för frysning

Kommentar. Det är ett urval av alla exponeringsklasser i standarden. Hämtad från ”SS-EN 206:2013 + A1:2016” av Swedish Standards Institute, 2016, SIS Förlag AB, s. 23–24.

Konsistensklass

Betongs konsistens är mycket viktig för utförandet och klassificeras därför utifrån något som traditionellt sätt kallas för sättnmätt. För betong med högre sättnmätt än 220 mm används utbredningsmätt (se Tabell 2.3). För självkompakterande betong (SKB) anges konsistensen oftast som flytsättnmätt.

Tabell 2.3.

Sättnmättklasser enligt SS-EN 206:2013 + A1:2016.

Klass	Sättnmätt i mm. Provat enligt EN 12350–2
S1	10–40
S2	50–90
S3	100–150
S4	160–210
S5	≥220

Kommentar. Hämtad från ”SS-EN 206:2013 + A1:2016” av Swedish Standards Institute, 2016, SIS Förlag AB, s. 26.

Täckande betongskikt

Enligt SS-EN 206:2013 + A1:2016 ska täckande betongskikt för betongkonstruktionen uppfylla minimikraven för specifika miljöförhållandena i samstämmighet med tillämplig konstruktionsstandard. Exempel på en sådan konstruktionsstandard är EN 1992-1-1, se Tabell 2.4.

Nominell tjocklek på täcksikt med hänseende på beständighet beskrivs med Ekvation 2.2 där ett rekommenderat värde på ΔC_{dev} kan sättas till 10 mm.

$$C_{nom} = C_{min,dur} + \Delta C_{dev} \quad (2.2)$$

Tabell 2.4.

Minsta täckande betongskikt, $C_{min,dur}$, med hänsyn till beständighet för armering enligt EN 10080 (ej förspänd betong).

Bärverksklass	Exponeringsklass enligt Tabell 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XC3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Kommentar. Hämtad från ” EN 1992-1-1” av Swedish Standards Institute, 2016, SIS Förlag AB, s. 26.

Cementtyper

Genom olika processer och tillsatsmedel kan man framställa flera olika typer av cement, exempelvis anläggningscement, byggcement, slaggcement etcetera. Den mest traditionella cementen är portlandcement. Standard portlandcement innehåller 95–100 % klinker och upp till 5 % gips. Kompositcement har blivit vanligare, där man blandar ner bindemedel tillsammans med portlandcementet, till exempel flygaska, slagg samt silika som på så sätt bildar en ny cement med nya egenskaper (Svensk Byggtjänst, 1994).

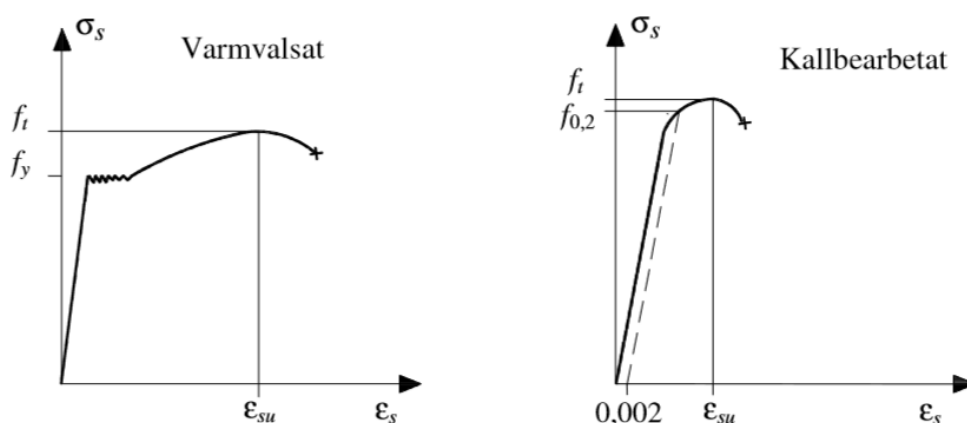
De europeiska cementklasserna kan sammanfattas enligt nedan (SS-EN 197–1:2011):

- CEM I – Portlandcement (Anläggningscement)
- CEM II - Sammansatta portlandcement (Byggcement)
- CEM III – Slaggcement
- CEM IV – Puzzolancement
- CEM V- Kompositcement

2.3 Armering

Armering har till huvuduppgift att överföra dragkrafter efter det att betongen har spruckit. Kraftupptagande armering kan delas in i: dragarmering, tryckarmering, tvärkraftsarmering och fördelningsarmering. Monteringsarmering förekommer men har istället till uppgift att stabilisera och fixera den kraftupptagande armeringen. Armeringsstänger kan vara släta, profilerade eller kamförsedda. De förekommer vanligtvis i dimensionerna 6, 8, 12, 16, 20, 25, 32 mm och tillverkas sällan längre än 12 m. Densiteten av armering varierar mellan olika armeringstyper men för den vanligaste armeringstypen B500B är densiteten 7850 kg/m^3 (Mohammad et al., 2013).

Utifrån tillverkningsprocess skiljer man på varmvalsat stål, termobehandlat stål och kallbearbetat stål. Termobehandlat stål har liknande arbetskurva som varmvalsat stål (se Figur 2.2). Ur arbetskurvan kan fyra tydliga skeden urskiljas: ett elastiskt skede, ett plastiskt skede, ett skede med töjningshårdnande upp till maximal spänning, ett brottskede fram till stångens avslitning. För kallbearbetat stål kan tre skeden urskiljas: elastiskt skede, ett skede med töjningshårdnande upp till maximal spänning, ett brottskede fram till stångens avslitning. Kallbearbetat stål saknar en markerad flytgräns men definieras utefter den spänning som efter avlastning ger en deformation på 0,2 % (Mohammad et al., 2013).



Figur 2.2. Arbetskurva för varmvalsat respektive kallbearbetat stål, (Mohammad et al., 2013). Återgiven med tillstånd.

Ibland förekommer rostfri armering som innehåller legeringar av bland annat krom och nickel vilket gör armeringen korrosionsbeständig. Den stora prisskillnaden mellan rostfri och "vanlig" armering gör att rostfri armering allt som oftast bara används för konstruktioner i särskilda miljöer som är utsatta för speciellt hög miljöbelastning, till exempel för konstruktioner i eller i närheten av marina miljöer (Mohammad et al., 2013).

Det finns ett antal olika egenskaper som påverkar valet av armeringsstål därför klassificeras armeringsstålet med hänsyn till (Mohammad et al., 2013):

- Hållfasthet
- Utmattningshållfasthet, anger armeringens förmåga att stå emot försämringar av hållfasthet orsakad av låga upprepade spänningar
- Seghetsklass A, B eller C. Seghetsklass används för att eliminera risken för sprött brott
- Vidhäftnings egenskaper, används för att beskriva hur väl betongen kommer vidhäfta till armeringen
- Tvärsnitts storlek
- Bockbarhet, beskriver hur lätt eller svårt det är att bocka/böja stålet
- Svetsbarhet, är ett mått för att ange hur bra armeringen fungerar vid svetsning
- Skjuv- och svets hållfasthet

3 Betongskador

På grund av att parkeringsdäck ofta utsätts för en mängd olika påverkan föreligger ofta en stor risk att betongen skadas på ett eller annat sätt. En kombination av exponering i aggressiva miljöer, dåligt konstruerade strukturella detaljer, negligering av hållbarhet vid konstruktion, och underskattning av underhållets betydelse kan göra att allvarliga skador uppstår (Hassanzadeh, 2014).

Betongskador kan klassificeras i 11 olika grupper efter utseende och orsak:

- Armeringskorrosion
- Erosion
- Expansion av betongens inre
- Expansion av betongens yta
- Urlakning
- Sprickbildning av fuktrörelser och temperaturrelser
- Skador av olyckslast
- Skador av överbelastning och felkonstruktion
- ”Spontan sönderfall” (ostabil materialstruktur)
- Estetisk skada
- Brandskada

Observera att 3 av 11 skadetyper beror på överpåverkan av mekanisk art eller brand medan 8 av 11 skador beror på yttre miljöpåverkan. Det är därför yttre miljöpåverkan som har störst inverkan på betongens livslängd (Hassanzadeh, 2014).

Erosion uppstår när betongen nötts ner av till exempel saltfrostattack, surt angrepp, vatten eller mekanisk last. Detta kan leda till ytavskalning eller en försvagad yta som är upplöst. Betong med vct mindre än 0,45 är mycket beständigt emot rinnande vatten även vid höga strömningshastigheter. Erosionsmotståndet brukar då också vara högt mot strömmande vatten som för med sig eroderande partiklar, exempelvis sand (Fagerlund, 2011b).

Expansion av betongen inre kan orsakas av både kemiska nedbrytningsmekanismer såväl som inre frostangrepp. Oavsett orsak är den generella skadan inre och yttre sprickbildning vilket gör att betongen tappar sin hållfasthet och kohesion. Alkaliskiselsyrareaktion, saltfrostattack och yttre aggressiva ämnen kan göra att betongens yta skadas. Yttre skador ger sig till känna genom kaviteter eller sprickbildning. Dessa har ingen väsentlig påverkan på betongens hållfasthetsegenskaper dock påverkas beständigheten och estetiken (Fagerlund, 2011b).

Vatten som strömmar genom eller omger betongen kan lösa upp kalkbaserade föreningar (främst kalciumhydroxid) men även andra lastbärande föreningar i betongen. Urlakning av föreningarna reducerar hållfastheten och kan ge mycket allvarliga konsekvenser. För att skydda betongen mot kalkurlakning måste vct-värdet vara tillräckligt lågt. Det går också att skydda betongen genom att tillsätta masungsslagg eller silikastoft eftersom ämnena minskar mängden vattenlöslig kalciumhydroxid. Dock medför dessa ämnen andra negativa effekter bland annat försämrat skydd mot korrosion genom att de sänker det kritiska kloridtröskelvärdet (Fagerlund, 2011b).

”Spontan sönderfall” (ostabil materialstruktur) kan härledas till tre olika orsaker: strukturomvandling av aluminatcementpasta, sönderfall av kalcitballast orsakad av thaumasitbildning och försenad ettringitbildning på grund av för hög härdningstemperatur. Sönderfallet leder till att betongens kohesion, hållfasthet och styvhet kommer gå förlorad (Hassanzadeh, 2014).

Damm, trafik, nederbörd och kalkutfällning kan orsaka missfärgningar. Dessa missfärgningar klassificeras som estetiska skador då det inte har någon egentlig påverkan på betongens mekaniska egenskaper men påverkar utseendet (Hassanzadeh, 2014).

Vid brand utsätts betongen för mycket hög temperatur vilket får cementpastan och ballasten att både fysikaliskt och kemiskt brytas ner. Det kemiskt bundna vattnet avgår och bygger upp ett tryck i betongen vilket leder till en explosiv spjälkning. Brand kan också medföra att aggressiva brandgaser frigörs vilket kan orsaka armeringskorrosion och kemiska angrepp på betongen (Hassanzadeh, 2014).

Hassanzadeh (2014) menar att merparten av alla skador, såväl 1970 som idag, avser armeringskorrosion samt frostnedbrytning. Hassanzadeh förklarar vidare att dessa skadeorsaker sammanhänger med fuktillståndet i konstruktionen. Kunskap om det fuktmekaniska samspelet mellan den befintliga betongen och reparationsmaterialet är grundläggande för att kunna utföra en adekvat analys av skadeorsak och funktion hos en reparerad konstruktion.

3.1 Nedbrytningsmekanismer

Det är väsentligt för en riktig analys av skadeorsaken att ha kunskap om de olika nedbrytningsmekanismerna samt om hur skador utvecklas efter reparation. Karbonatisering, kloridinträngning, inre frostangrepp och saltfrostattack är de vanligaste nedbrytningsmekanismerna som står för huvuddelen av alla skador (Hassanzadeh, 2014).

Andra nedbrytningsmekanismer:

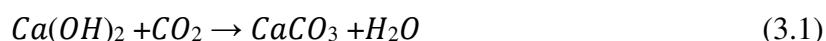
- Kalkurlakning
- Sulfatattack
- Alkali- dolomit reaktion
- Strukturomvandling av aluminatcement pasta
- Sönderfall av kalcitballast orsakad av thaumasitbildning
- Kavitation och surt angrepp
- Korrosion på ingjutningsgods
- Vidhäftningsbrott och förankringsbrott
- Alkaliballastreaktion

Hassanzadeh (2014) förklarar att det idag inte går bedöma framtida nedbrytningsförlopp tillräckligt precist och som en följd av detta reparerar (eller rivs) konstruktioner med fortlöpande nedbrytning även om det egentligen inte är behövligt. Han menar också att denna kunskapsbrist leder till att reparationsmetoder föreskrivs vilka ger alltför kort livslängd.

3.1.1 Karbonatisering

Med karbonatisering menas att koldioxid (CO₂), som finns i den omgivande miljön, penetrerar betongen och reagerar med kalkhaltiga material. Reaktionen bildar en produkt som till största del består utav kalciumkarbonat vilken sänker pH-värdet. Sänkningen av pH-värdet gör att armeringen inte längre är passiviserad och kan därför börja korrodera (Fagerlund, 2011b).

De finns två typer av karbonatiseringsprocesser: via diffusion i gasform och via jonutbyte. Jonutbyte sker endast när porerna är mättade och är en långsam process, den kan därför försummas såvida konstruktionen inte befinner sig under vatten. Den vanligaste typen av karbonatisering är via diffusion i gasform. Karbonatisering börjar vid ytskiktet på betongen, i kontakt med antingen vatten eller luft. Vid diffusion tränger koldioxid in från ytan ner i betongen där de kemiska reaktionerna kan ske. Koldioxiden (CO₂) reagerar ihop med kalciumoxiden (Ca(OH)₂) i cementpastan vilket bildar kalciumkarbonat (CaCO₃) och vatten (Lagerblad, 2005). Reaktionen kort sammanfattats med Ekvation 3.1:



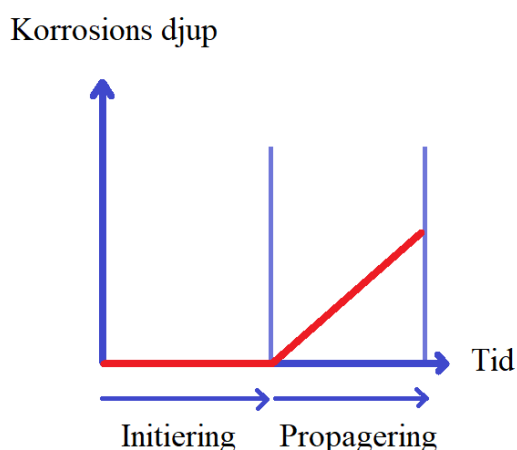
Reaktionen sker i porerna där kalciumoxiden lämnar efter sig ett hålrum som ökar permeabiliteten. Detta kan också orsaka att betongen börjar krympa vilket kan medföra sprickbildning (Nawy, 2008).

Karbonatiseringshastigheten bestäms främst av betongens täthet, vilken i sin tur bestäms av betongens vattencementtal, cementtyp och fuktnivå. Eftersom betongen aldrig blir helt tät eller har ett oändligt tjockt täcksikt kommer karbonatiseringsfronten förr eller senare att nå armering och orsaka korrosion (Fagerlund, 2011b).

3.1.2 Kloridinträngning

Det passiva skiktet, som bildas strax efter hydratationen av cementet består av Fe₂O₃ och är vidhäftat vid stålet, gör att stålet förblir intakt. Kloridjoner destruerar emellertid skiktet och i närvaro av fukt och syre uppstår korrosion (Neville, 1995).

Man kan dela in korrosionsprocessen i två faser, initiering och propagering (se Figur 3.1). Initieringsfasen innefattar tiden det tar för kloriderna att transporteras till armeringen och den tid det tar att förstöra passivskiktet på armeringen. Propageringsfasen är den fas där korrosion har startat. Kloridtröskelvärdet är vid vilken kloridhalt korrosionsprocessen övergår ifrån att vara i initierings fasen till propageringsfasen, uttrycks som, procentklorider per cementvikt (Ahlström, 2014). Det finns inget entydigt tröskelvärde dock anses risken för att korrosion ska starta mycket liten vid kloridhalter under 0,3 % (Svensk Byggtjänst, 1994).



Figur 3.1. Modell för stålkorrosion. Avritad från Ahlström (2014).

Oftast när klorider tränger in i betongen är det i form av vattenlösning. Gällande fuktig betong sker inträngningen främst genom diffusion och när det gäller betong som är torr eller betong som stundom får torka kan kapillärtransport istället vara den huvudsakliga transportmekanismen. När en torr yta utsätts för en kloridlösning kommer lösningen sugas in kapillärt, varvid diffusionsförloppet inte längre gäller. Kloridjoner binds i cementpastan och bildar en kloridprofil. Vid fortsatt kontinuerlig fukttransport övergår den primära transportmekanismen sannolikt till att istället vara diffusion (Svensk Byggtjänst, 1994).

Till en början sker korrosion som ett resultat av kloridinträngning i lokala punkter på stålytan. Detta leder till något som kallas ”gropfrätning” vilket sker snabbt och är därför mycket farligt då armeringens tvärsnitt minskar markant utan att det syns på ytan. Kloridkorrosion är även speciellt farligt på spänningsarmering eftersom de höga dragspänningarna ökar risken för gropfrätning, fenomenet kallas ”spänningskorrosion”. Särskilt farligt är gropfrätning på armering med små dimensioner eftersom man inte får någon förvarning innan konstruktionen havererar (Fagerlund, 2011b).

Cement som innehåller mineraliska tillsatser exempelvis silikastoft, masugnsslagg och flygaska är ogynnsamma gällande kloridinträngning då dessa sänker pH-värdet. Betong med högt pH-värdet är mer beständigt emot kloridjoner, det krävs alltså en högre koncentration kloridjoner för korrosionsprocessen att påbörjas (Fagerlund, 2011b).

Enligt Svensk Byggtjänst (1994) beror tiden det tar för korrosionsprocessen att starta på:

- De yttre miljöförhållandena, hur höga halter av klorider det finns i omgivande miljö.
- Inträngningshastigheten
- Mängden material i betongen som binder kloridjoner
- Tröskelvärdet
- Tjockleken på täcksiktet, är avgörande för tiden det tar innan kloridkoncentrationen når tröskelvärdet vid armeringen och startar korrosionsprocessen

3.1.3 Frostskador

Frostskador på betong kan delas in i två olika fall: frostskador som endast sker med rent vatten och frysning i närvaro av salthaltigt vatten. Frostskador som endast sker med rent vatten, avser inre frostangrepp och sker oftast i de inre delarna av betongen. Frysning i närvaro av salthaltigt vatten kallas ibland saltfrostattack och ger sig oftast till känna i form av avflagningar på ytskiktet som får en skrovlig karaktär. I sådana fall skadas ytan i första hand ty högre fuktnivå, detta innebär inte att det går att utesluta inre skador vilka döljs av ytskadorna. Avskalningar påverkar nödvändigtvis inte de mekaniska egenskaperna hos konstruktionen men kan påskynda inträngning av bland annat klorider. I annat fall framträder endast inre förstörelse som lätt går att observera då de bildar ett tätt mönster av grova och djupa sprickor i diverse riktningar. Detta påverkar konstruktionens mekaniska egenskaper, till exempel reduktion av E-modulen (Svensk Byggtjänst, 1994).

Saltfrostattack

När betongen exponeras för tösalt eller havsvatten samtidigt som den utsätts för frost kan ytskiktet skalas av och stegvis äta sig in i betongen i takt med att antalet frysningar ökar. Detta leder till att täcksiktet minskar och risken för armeringskorrosion ökar. Enligt Lindmark (1993) sker de allvarligaste skadorna när betongens yta exponeras för salthalter av storleksordningen 3 %.

Det har ännu inte bevisats vilken eller vilka mekanismer som orsakar saltfrostattack. Vissa menar att det är samma mekanismer som för inre frostangrepp, andra menar att det är två olika fenomen där salthalten på ytskiktet är avgörande. Den senare bygger på något som kallas "glue spalling"- mekanismen vilken endast verkar vid ytskiktet och presenterades av Valenza och Scherer (2006). Glue spalling teorin bygger på att is lagret på betongytan under frysning är beroende av saltkoncentration. Is har större termisk expansionskoefficient än betong och när salthalten i lösningen är av en specifik storleksordning kommer det att skapas sprickor i isen som fortplantar sig in i betongytan, vilket gör att ytan slits ut (Valenza och Scherer, 2006).

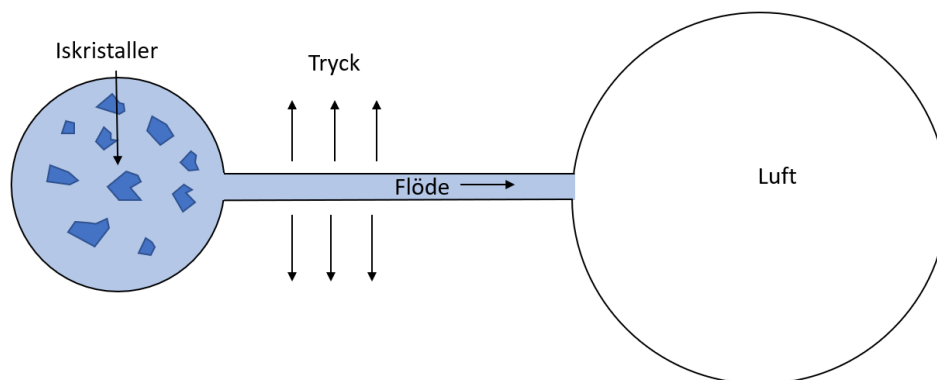
Olika mineralbaserade restmaterial har visat sig kunna ha en negativ effekt på saltfrostbeständigheten (Fagerlund, 2011b):

- Silikastoft, orsaken till att silikastoft minskar saltfrosbeständigheten är inte helt klarlagd. Troligen bidrar silikastoft till att vatten lättare tas upp i luftporsystemet som på så sätt inaktiveras.

- Flygaska har varierad saltfrostbeständighet. Troligen absorberar det resterande kolet i flygaskan det luftporbildande tillsatsmedlet. Varierande kolhalt leder till olika grad av absorption vilket leder till varierande lufthalt.
- Mald granulerad masugnsslagg, troligen är det inte möjligt att producera slaggcementbetong som är beständig emot saltfrostangrepp på grund av att karboniseringskiktet har mycket låg saltfrostbeständighet.

Inre frostangrepp orsakat av hydrauliskt tryck

När vattnet i betongen når en tillräckligt låg temperatur bildas iskristaller. Is har cirka 9 % större volym än vatten vilket gör att det uppstår ett tryck när delar av vattnet fryser. Vattnet trycks då ifrån de vattenfyllda porerna till de luftfyllda porerna, vilket sker genom rörliknande porer som då utsätts för ett hydrauliskt tryck (se Figur 3.2). Skulle trycket överstiga betongens gränsvärde kommer en skada uppstå. Hur stort trycket blir beror på längden och storleken hos poren (Svensk Byggtjänst, 1994).



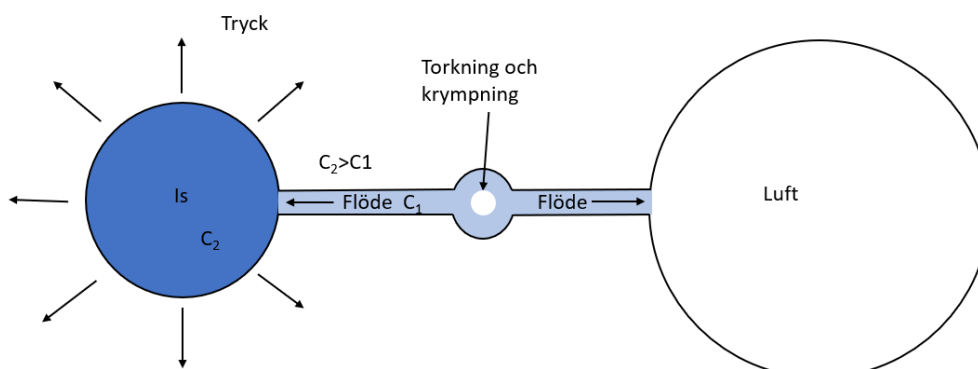
Figur 3.2. Illustration av hydrauliskt tryck. Mindre kapilärpor sammankopplad via en rör-liknade por till en större luftpor. Avritad från Utgenannt (2004).

Inre frostangrepp orsakat av mikroskopiskt istillväxt och osmotiskt tryck

Vid plusgrader befinner sig systemet i termodynamisk jämvikt (Powers och Helmuth, 1953). När temperaturen sedan blir tillräckligt låg bildas iskristaller, detta leder således till att jämvikten bryts. Eftersom is har en lägre energinivå än vattnet kommer detta leda till att vattnet leds mot iskristallerna varför iskristallerna växer ännu mer, blir trycket för stort kan de uppstå skador på betongen.

Powers (1965) förklarar att anledningen till att frysning av salthaltigt vatten orsakar större skada, speciellt av typen avskalning, är att salthaltigt vatten har lägre frystemperaturen än frysning av enbart vatten. Han menar också att den ofrusna vätskan skulle få en högre salthalt eftersom det endast är vattnet som fryser. Den förhöjda salthalten leder till ännu lägre frystemperatur. Jämvikt uppnås först med en bestämd andel iskristaller, resterande andel vätska och vid en given temperatur. Samtidigt uppstår en skillnad i salthalt mellan vätskan i kapilärporerna och vätskan i de mindre gelporerna. Något som kallas osmotisk vattentransport uppstår, flödet sker till kapilärporerna ty högre salthalt, således sänks salthalten. Det uppstår alltså två effekter som motverkar varandra: mängden is som kan bildas vid en given temperatur

gör att trycket som uppstår på grund av frysning minskar, motverkas av att potentialen för osmotiskt tryck ökar givet en specifik mängd is. För exempel se illustration i Figur 3.3.



Figur 3.3. Illustration av mikroskopisk istillväxt i kapillärporerna. Avritad från Utgenannt (2004).

Vid antagandet att hydrauliskt tryck och/eller mikroskopisk is tillväxt är skademekanismerna måste det finnas en så kallad kritisk vattenmättnadsgrad, Ekvation 3.2 (Svensk Byggtjänst, 1994).

$$S = \frac{W_e}{P_{tot}} \quad (3.2)$$

W_e är totalt frysbar vattenmängd [m^3/m^3]

P_{tot} är de tomma porerna [m^3/m^3]

Skaderisken ökar med ökad fuktbelastning. Betong som utsätts för hög fuktbelastning under kort tid men som sedan kan torka är inte lika utsatt som betong vilken ständigt utsätts för hög fuktbelastning. Bristfällig vattenavrinning i parkeringshus kan öka risken för inre frostangrepp (Fagerlund, 1993).

Förebygga frostangrepp

En av de avgörande faktorerna för beständigheten emot saltfrostattack och inre frostsador är att kapillärporerna är sammankopplade till luftporer. Om kapillärporerna (öppna porer/sammankopplade porer) är kopplade till luftporer kan vatten förflytta sig på grund av trycket och på så sätt mildra trycket i kapillärporerna. Betongen bör därför ha ett luftporsystem med hög kvalitet, betongen förses med luftinblandning för att tillgodose detta behov (Fagerlund, 2011b).

Det råder delade meningar om vad som bäst avgör vad som är ett högkvalitativt luftporsystem. Powers (1949) menar att det finns en kritisk avståndsfaktor som beskriver det största avståndet mellan varje luftpor, och för att betongen ska vara frostbeständig måste den kritiska avståndsfaktorn uppfyllas. Hasholt (2014) menar istället att den totala mantelarean av alla luftporer är ett bättre mått än avståndsfaktorn för att bestämma betongens frostbeständighet. Hasholt förklarar vidare att avståndsfaktorn och den totala mantelarean av luftporerna rent matematisk beskriver olika saker. Avståndsfaktorn beskriver sannolikheten att en kapillärpor är lokaliserad i

närhet av en luftpor. Den totala mantelarean beskriver sannolikheten att en kapilärpor är kopplad till en luftpor och skulle kunna vara förklaringen till varför det är ett bättre mått på kvaliteten hos luftporsystem.

För att ge betongen en frostbeständighet rekommenderar Fagerlund (2011b) ett vct mindre än 0,5 för betong i måttligt fuktig miljö och ett vct mindre än 0,45 för betong i mycket fuktig miljö. Det är också att föredra cement av typ BV/LA/SR (begränsad värmeutveckling/lågalkaliskt/sulfatresistent) som har god frostbeständighet. Det enda svenskproducerade cementet som är av denna typ är anläggningscement (Fagerlund, 2011b).

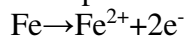
3.2 Korrosion

Korrosion i armerad betong innebär att metall löses upp på grund av en elektrokemisk reaktion. Restprodukten som bildas vid korrosion (så kallad rost) har ofta större volym än stålet vilket ger upphov till spänningar i betongen, detta kan skada betongen på olika sätt exempelvis kan sprickor eller kaviteter uppstå. Armerings korrosion leder även till att tvärsnittsarean minskar vilket sänker bärförmågan.

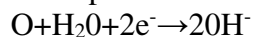
Korrosionsprocessen involverar två separata men kopplade kemiska reaktioner katod och anod. De uppstår samtidigt men på två olika platser vid ytskiktet av stålet. Ibland kallas processen för galvanisk korrosion eftersom den påminner om galvanisk cell (Fagerlund, 2011b).

Korrosionsreaktioner (Fagerlund, 2011b):

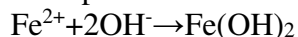
Anodprocess 1: Upplösning av järnet. Bildning av elektroner:



Katodprocess: Inflöde av syre. Bildning av OH-joner:



Anodprocess 2: Bildning av rost (järnhydroxid):



Det är på anodiska sidan som förlusten av stål sker. Järnjoner (Fe^{2+}) och hydroxidjoner (OH^{-}) rör sig mot varandra, när de träffas reagerar de och bildar föreningen järnhydroxid, $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Denna förening kommer att reagera ytterligare med hydroxidjoner, och ibland även syre, för att skapa den olösliga produkten som vi ser som rost. Det finns två primära typer av rost, röd rost, Fe_2O_3 och svart rost, Fe_3O_4 . Viktigt att veta är att rosten endast är en kemisk biprodukt som är resultat ifrån korrosionsprocessen, och att den ackumuleras ofta på andra platser än var den faktiska korrosionen uppstår (Bentur, Diamond och Berke, 1997).

Det som särskiljer svartrost ifrån annan rost är att den inte expanderar på samma sätt, istället fyller den ut håligheter i betongen på ett sådant sätt att det inte syns på ytan. De inre skadorna kan bli mycket allvarliga eftersom dem kan vara svåra att observera om det inte görs en utförlig tillståndsbedömning. Alltså är det viktigt att regelbundet låta betongkonstruktioner undersökas (Jacobsson, 2016).

Det krävs att följande villkor är uppfyllda för att göra korrosion möjlig. Syre måste finnas tillgängligt på katodiska sidan för att korrosionsprocessen ska kunna starta. Vatten måste finnas tillgängligt eftersom det är ledaren av jonerna, betong som är helt

torr eller tät kommer försvåra flödet av joner. Det sista villkor som ska uppfyllas är att korrosionsprocessen måste aktiverats utav karbonatisering eller hög klorid jonkoncentration vid stålytan (Bentur et al., 1997).

Opåverkad betong har ett pH-värde omkring 13,5, ofta mer men som lägst ca. 12,5. När armeringen omges av en så basisk miljö befinner den sig i ett passivt tillstånd, vilket betyder att stålet har en korrosionshastighet som är försumbar. För att korrosion ska kunna ske måste pH-värde vid stålets ytskikt sänkas markant, till under 9,5. Det finns två orsaker till att pH-värdet sänks till den nivå att armeringen börjar korroderar (Fagerlund, 2011b): karbonatisering samt kloridinträngning.

3.3 Korrosionshastighet

Hur snabbt armeringen korroderar beror på olika faktorer men huvudsakligen på fuktnivån i betongtäcks-skiktet. Ett täcks-kikt som är ”infekterat” med kloridjoner ökar den elektriska ledningsförmågan vilket i sin tur medför att korrosionshastigheten ökar. Varför korrosionshastigheten är låg vid helt vattenmättad betong (relativa fuktighet 100 %) beror på att syretillgången således också är låg. Vid helt torr betong (relativ fuktighet 0 %) är ledningsförmågan låg varför också korrosionshastigheten är låg i detta tillstånd. Den högsta korrosionshastigheten får man vid ”optimalt” fuktighet i betongenstäcks-kikt (Fagerlund, 2011b).

Ju längre tid det tar för koldioxid och klorider att tränga in i betongen desto längre tid tar det för korrosionsprocessen att starta. I princip kan sambandet i Ekvation 3.1 beskriva tiden det tar innan armeringskorrosion startar som beror på täthet respektive tjocklek (Fagerlund, 2011b):

$$Tid = K \cdot (Täcks-kickt)^2 = \frac{K_{oeff}}{\sqrt{D}} \cdot (Täcks-kickt)^2 \quad (3.1)$$

Koefficienten K beror på:

- De yttre miljöförhållandena, till exempel höga halter av koldioxid eller klorider i omgivande miljö.
- Diffusionskoefficienten D , är en ”ren” diffusionskoefficienten, den gäller därför endast transport genom betongen när all bindning som är möjlig redan har skett. Högt värde på D minskar tiden.
- Mängden material i betongen som binder koldioxid respektive kloridjoner.

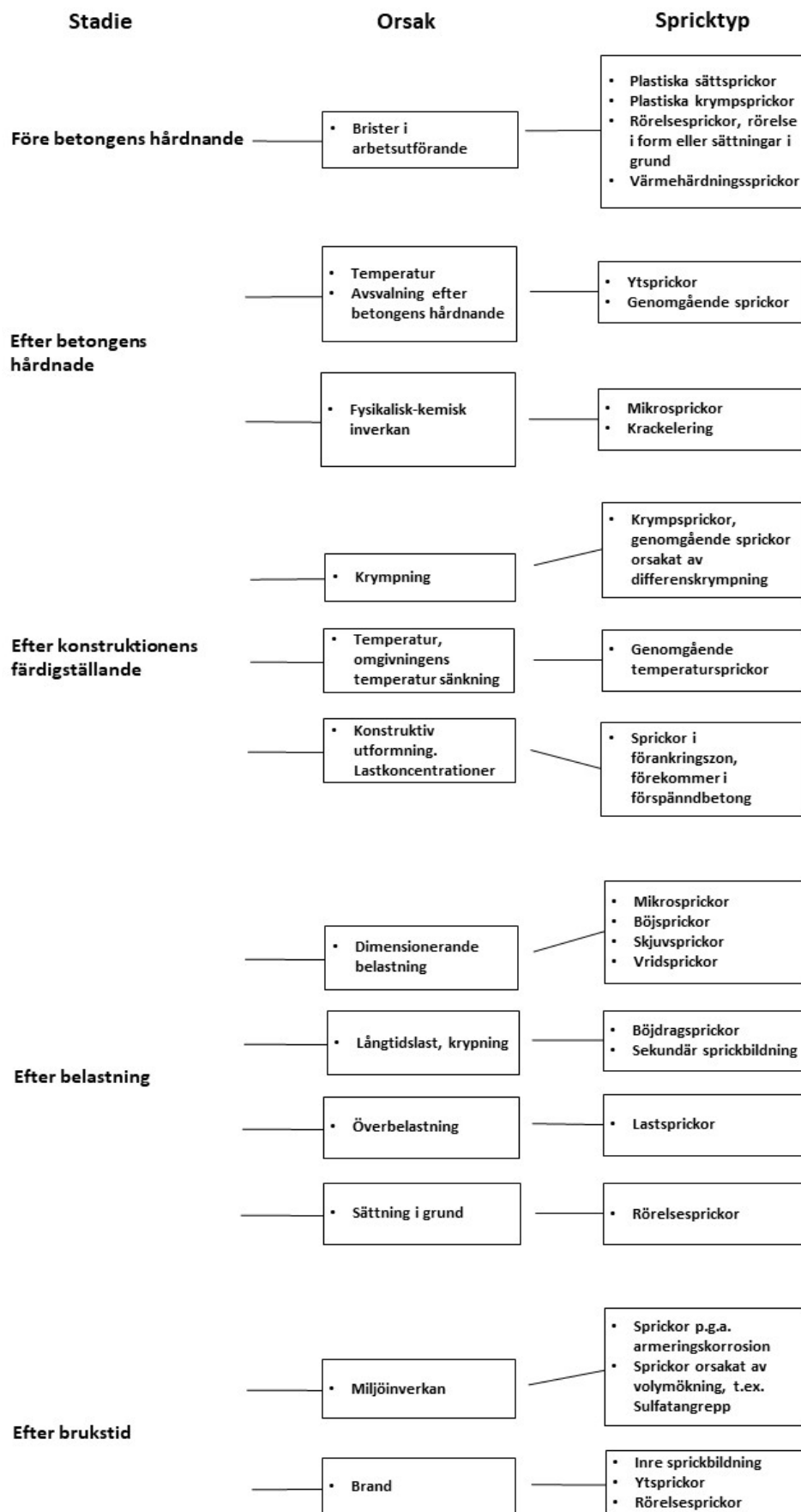
Tätheten på betongen uttrycks som koefficienten K i Ekvation 3.1 och påverkas av följande faktorer:

- vct , lågt vct ger hög täthet i betongen.
- *Cementtypen*, Masugnsslagg och i viss mån silikastoft fördröjer inträngning av kloridjoner men ökar inträngningshastigheten av koldioxid.
- *Fukthalten i täcks-kiktet*
 - Hög fukthalt = långsam inträngning av koldioxid
 - Hög fukthalt = snabb inträngning av kloridjoner

Det mest rationella sättet att öka livslängden hos en armerad betongkonstruktion är att öka skiktets tjocklek. Fagerlund (2011b) visar med exempel hur olika faktorer påverkar tiden det tar innan armeringskorrosion startar, en halvering av täcksiktet medför att livslängden minskar med 75 % medan en dubbling av täcksiktet medför en ökning av livslängden med 300 %. Han visar även att när koefficienten K halveras, halveras också livslängden, sambandet är likadant när koefficienten K fördubblas.

3.4 Sprickbildning

Om dragspänningen överskrider betongens draghållfasthet bildas sprickor. Spänningen kan relateras till töjning som i betongen orsakas av flera mekanismer: expansion av betong, expansion av inneslutna material samt laster eller yttre tvång. Det går att uppnå acceptabel nivå av sprickbildning som lever upp till kraven genom lämpliga dimensioneringsmetoder och funktionell delutformning (Svensk Byggtjänst, 1994). Figur 3.3 visar de vanligaste spricktyperna utefter i vilket skede sprickan uppträder och primära orsak. Notera att sprickbildningen kan omfatta flera spricktyper därför tenderar klassificeringen enligt schemat att bli något förenklad.



Figur 3.3. Översikt, vanliga spricktyper, (Svensk Byggtjänst, 1994).

Små sprickor och kaviteter fungerar som transportkanaler för in- och utträngande ämnen till exempel klorider, CO₂, vatten etcetera. Sprickor parallella med armeringen kan bilda stora kaviteter vilket orsakar korrosion i tidigt skede. Om sprickbredderna i Tabell 3.1 överskrids bör det beaktas i livslängdsbedömningen. Sprickbredden mäts vid ytan och vinkelrätt mot huvudriktningen (Svensk Byggtjänst, 1994).

Tabell 3.1.

Tabellen visar rekommenderade värden på övre gräns, w_{max} (mm), för beräknad sprickbredd med hänsyn till beständighet.

Exponeringsklass	Bärverksdelar utan vidhäftande spännarmering	Bärverksdelar med vidhäftande spännarmering
	Kvasipermanent lastkombination, (för långtidslast, till exempel vid krypning, uppsprickning)	Frekvent lastkombination
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Begränsad förekomst av dragspänningar
<p>1. För exponeringsklasserna X0, XC1 har sprickbredden ingen inverkan på beständigheten varför denna gräns är satt med hänsyn till utseende. Om utseendekrav saknas kan gränsen mildras.</p> <p>2. För dessa exponeringsklasser bör dessutom förekomst av dragspänningar begränsas för kvasipermanent lastkombination.</p>		

Kommentar. Hämtad från "SS-EN 1992-1-1:2005." av Swedish Standards Institute, 2016, SIS Förlag AB, s. 117.

3.5 Synergieffekter

En typ av skada kan leda till en annan, en så kallad synergieffekt uppstår. På grund av synergieffekter är det extra viktigt att nedbringa risken för att de skador som medför denna effekt uppstår i den omfattning som är möjlig. Att bara behandla den direkta orsaken är som att endast behandla symptomet där den indirekta orsaken helt eller delvis ligger till grund för skadan. Det som vid första anblick verkar vara orsaken till skadan kan egentligen bero på något annat. Exempelvis behöver inte armeringskorrosion nödvändigtvis bero på att betongen har dålig beständighet emot karbonatisering utan kan likväl bero på sprickbildning. Det är viktigt att göra en omfattande skadeanalys för att reda ut vilka åtgärder som ska vidtas för att inte få återkommande skador. I Tabell 3.2 visas synergieffekter bland vanliga skador.

Tabell 3.2.
 Synergieffekter bland vanliga skador.

		Påverkad destruktionsstyp				
		Inrefrost- angrepp	Saltfrost- attack	Urlakning	Korrosion	ASR
Påverkande destruktions- styp	Inrefrost- angrepp		-	+	-	-
	Saltfrost- attack	-		-	+	-
	Urlakning	+	-		+	-
	Korrosion	-	-	-		-
	ASR	+	-	+	-	

Kommentar. Från (Fagerlund, 2004).

4 Reparationsprocessen

Innan en reparation startar bör konstruktionen givetvis undersökas för att se om reparationen är akut eller om den kan senareläggas. Normalt sätt görs en bedömning av bärförmåga och säkerhet utifrån analys av skadeomfattningen med traditionella konstruktionsberäkningsmetoder. Svårigheter uppstår när man måste förlita sig på enstaka observationer till exempel när korrosionsgraden måste klargöras utifrån en inspektion. Även om konstruktionen skulle visa sig vara säker bör en så tillförlitlig livslängdsanalys som möjligt genomföras för att se när reparation kommer bli nödvändig. Det kan finnas behov av reparation även om konstruktionen är säker, det gäller när konstruktionen ur en rent estetisk synpunkt håller på att förlora sin funktion. Det är alltså inte alltid det tekniska aspekterna som tvingar till reparation (Hassanzadeh, 2014).

När en skada upptäcks bör varje skada delas upp i grupper (skadetyper) som sedan kan kopplas till olika skadeorsaker. Skadeorsakerna kan relatera till felaktiga konstruktionsprinciper, yttre miljö eller felaktigt arbetsutförande. För varje skadetyper och orsak finns några reparationsprinciper som i sin tur kan göras om till en eller flera reparationsmetoder vilken blir den åtgärd som används för att reparera skadan (Hassanzadeh, 2014). För exempel se Tabell 4.1.

Tabell 4.1.

Exempel på utvärderingar av reparationsmetod.

Skadetyp	Skadeorsak	Skada	Reparationsprincip	Reparationsmetod
Armeringskorrosion	Kloridinträngning	Armering har korroderat. Täcksiktet har spjälkat men inte spruckit.	Stoppa fortsatt korrosion. Återställ täcksikt. Återställ lastbärande kapacitet och hållbarhet	1. Omarbetning av betong. Pågjutning/omgjutning. 2. Lokal omarbetning av betong för förstärkning
Armeringskorrosion	Kloridinträngning	Armering har korroderat. Täcksiktet har spruckit men inte spjälkat.	Stoppa fortsatt korrosion. Återställ täcksikt. Återställ lastbärande kapacitet och hållbarhet	1. Omarbetning av betong. Pågjutning/omgjutning. 2. Katodiskt-skydd och sprickinjektion.
Armeringskorrosion	Karbonatisering	Korrosion har ännu ej startat. Karbonatisering har inte nått armeringen.	Förläng tiden innan korrosion startar.	1. Katodiskt-skydd 2. Kloridutdrivning.
Expansion av betongens yta	Saltfrost-attack	Ytavskalning	Ersätt avskalad betong och reparera angripen betong med ny som har hög beständighet emot frostangrepp.	Omarbetning av betong
Inre frostangrepp	Expansion av betongens inre och yttre	Inre expansion som orsakar inre och yttre sprickbildning vilket förhandleder förlorad hållfasthet och kohesion.	Stoppa fortsatt skadeförlopp genom att minska fukt-kvoten.	Ytbehandling

Kommentar. Från (Fagerlund, 2004).

4.1 Underhållssystem

Huvudändamålet med ett system för förvaltning och underhåll av betongkonstruktioner är att ägaren/förvaltaren ska kunna tillförsäkra att konstruktionens säkerhet hålls på en tillfredställande hög nivå. Ägaren är därför skyldig att regelbundet inspektera konstruktionen för att säkerställa att säkerhetskraven uppfylls. Oftast behöver mätningar göras utöver okulärbesiktning eftersom allvarliga skador inte alltid syns utanpå konstruktionen. I det skede när skadorna kan observeras okulärt är det ofta för sent att sätta in förebyggande underhåll. Därför är övervakning av konstruktionen nödvändig för att kunna sätta in underhållsåtgärder innan de blir allt för kostsamt (Hassanzadeh, 2014). I Figur 4.1 visas en principiell uppbyggnad av hur ett underhållssystem bör fungera och skador upptäckas.



Figur 4.1. Principiellt underhållssystem för betongkonstruktioner, (Hassanzadeh, 2014).

Register över konstruktioner

Register över konstruktionen bör finnas där man lagrar teknikinformation i form av en loggbok. I loggboken kan exempelvis ritningar, konstruktionsberäkningar men även information från inspektion, reparation och övervakning ingå.

Rutininspektioner

Det är fördelaktigt om principer för hur rutininspektioner ska genomföras finns tillgängligt. De ska framgå vad inspektionen ska innehålla, hur ofta den ska utföras och vilka metoder som bör användas.

Tillståndsbedömning

Rutininspektionerna ska påvisa om de finns såpass allvarliga problem och skador på konstruktionen med avseende på bärförmåga och säkerhet att akut reparation är

nödvändig. Om så inte är fallet ska inspektionen gör det möjligt att bedöma framtida skadeutveckling och säkerhet (se kapitel 4.3).

Krav

Kraven som ställs på den reparerade konstruktionen kan delas in i två delar, dels bindande krav i normer och standards till exempel samhällets krav på bärförmåga/säkerhet och påverkan på människors hälsa, dels krav som gäller önskemål (fria krav). Exempel på fria krav är krav på livslängd/hållbarhet, strukturell stabilitet/säkerhet, utförande av arbete, miljöpåverkan och ekonomi/kostnad.

Prioritetsranking

Baserat på inspektioner, beräkningar av hållfasthet och förväntad livslängd samt eventuella övriga krav som fastighetsägaren ställer på konstruktionen mynnar de ut i en rad olika utfall:

- Avvakta med reparation och se till att man regelbundet övervakar konstruktionen.
- Kontrollera möjligheten att ”räkna hem” konstruktionen
- Vidta åtgärder för att förhindra fortsatt nedbrytning
- Återställ bärförmåga och uppgradera utseendet
- Förstärkning
- Rivning

Tekniska lösningar

Det finns en rad olika reparationsprinciper att välja mellan, varje princip har egenskaper som medför konsekvenser som ska vägas emot de olika kraven som ställs. Varje skadetyper har en/ flera reparationsprinciper och till varje reparationsprincip kan en/ flera reparationsmetoder och material kopplas. Varje metod samt material har sina fördelar och risker som även dessa ska vägas emot de olika kraven som ställs.

Optimering

När beslutat om reparation är taget ska man nödvändigtvis välja den optimala reparationsmetoden. En svårighet som uppstår vid optimering av princip, metod och material är att väga kraven emot varandra, väger ekonomin tyngre än livslängden exempelvis.

Beslut

Slutligt beslut angående om man skall, och hur man skall, reparera baseras stegvis på följande information:

- Inspektion och beräkningar
- Samhällets och ägarens krav på konstruktionen
- Prioritetsrankningen
- Analysen av reparationsprinciper
- Analys av den optimala reparationsmetoden
- Analys av det optimala reparationsmaterialet

Reparationsarbete

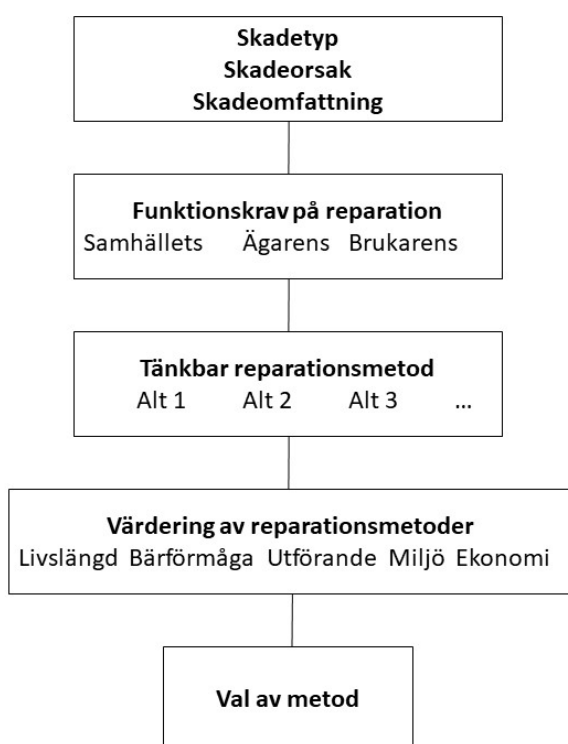
Det underlättar att planera organiseringen för kontroller av reparationsarbete därför bör detta beskrivas i underhållstrategin. Det bör bestämmas vilka provningsmetoder som ska användas för kvalitetskontroll.

Övervakning – återföring av data

Metoden för övervakning av de reparerade konstruktionerna eller ännu ej är reparerade men skadade konstruktionerna ska beskrivas i underhållsystemet. Information som erhålls från övervakning och eventuella reparationer bör dokumenteras och föras in i konstruktionens register.

4.2 Val av reparationsmetod

Fagerlund (2011a) menar att de rätt allmänna och logiska principer som beskrivs i detta kapitel sällan tillämpas vid valet av reparationsmetod. Det brister framför allt i att de konsekvenser reparationen har på konstruktionens funktion och livslängd inte beaktas. Fagerlund förklarar vidare att detta till viss del beror på att kunskapen om samverkan mellan den gamla betongen, reparationsmaterialet och reparationsåtgärden varit okänd. Principer för val av reparationsmetod kan baseras på schemat i Figur 4.2.



Figur 4.2. Schema över principer för val av reparationsmetod, (Hassanzadeh, 2014).

- Skadetypp, skadeorsak och skadeomfattning måste vara kända genom undersökningar
- Funktionskrav på reparation. De krav som ställs på konstruktionen måste fastställas, såväl tvingande krav som fria krav.
- Tänkbar reparationsmetod, beroende på skadans typ och omfattning finns ofta ett antal alternativa reparationsmetoder.
- Värdering av reparationsmetod. Varje tänkbar metod värderas med avseende på funktionskraven och risker med olika metoder. Värdering bör gå igenom

följande steg: val av en reparationsprincip som är relevant till konstruktionen, skadan och de aktuella kraven. Val av en reparationsmetod/systemet som passar reparationsprincipen. Val av reparationsmaterial som ska användas i reparationsmetoden.

- Val av metod. Större aktörer anlitar vanligtvis konsulter för att hjälpa till i valet av reparationsmetod. Ibland överlåter aktören (oftast mindre aktörer) istället valet till entreprenören.

Urval av typiska reparationsmetoder:

- Katodiskt skydd
- Kloridutdrivning
- Rivning och ersättning
- Impregnering och ytbeläggning
- Avverkning och omarbetning av betong (se kapitel 5.1)

Katodiskt skydd används för att förhindra uppstarten eller minska hastigheten av korrosion. Armeringskorrosion är en elektrokemisk process som härrör från bildandet av katoder och anoder vid olika positioner på metallytan. Principen för katodiskt skydd är att ansluta armeringen till ett annat material som i relation är anodisk. Armeringen fungerar då som en katod vilken inte kan rosta. Ett system för katodiskt skydd är med påtryckt ström som fungerar på så sätt att själva anodmaterialet bibehålls i ett anodiskt tillstånd i förhållande till armeringen genom att vara ansluten till en likströmsspänning (The Concrete Society, 2019).

Principen för elektrokemisk kloridutdrivning är relativt enkel. Genom att placera ett stycke betong med klorider i en elektrolyt mellan två elektroder kommer de negativt laddade klorider röra sig mot den positiva polen. Är anoden extern och den pålagda spänningen tillräckligt hög, kommer kloriderna migrera från betongen till elektrolyten och ackumuleras runt anoden, således minskar kloridinnehållet i betongen. Metoden medför produktion av hydroxyl som resulterar i ett mycket högt pH-värde kring stålet, stålet blir återigen starkt passiviserat. Elektrokemisk kloridutdrivning passar bäst för konstruktioner med medelhög kloridkoncentration samt där det finns möjlighet att göra förebyggande åtgärder för ytterligare kloridinträngning (Smoerholm, 2019). På grund av anrikning av OH-joner kan metoden orsaka alkali-kiselsyrareaktion hos betongen i nära avstånd till armeringen, därför anses metoden tveksam (Fagerlund, 2011b).

Ett sätt att förlänga livslängden på armerade betongkonstruktioner är att göra täcksiktet så tätt att inga yttre kemikalier kan tränga in. Tre beläggningsmetoder för att göra detta är genom ogenomsläpplig-, reaktiv- och ångpermeabel ytbeläggning. Vid användning av ogenomsläpplig ytbeläggning appliceras ett lager av impermeabelt material, till exempel epoxi eller gjutasfalt. Svårigheter med denna typen av beläggning är att det kan finnas lokala defekter som gör att yttre kemikalier trots allt tränger in i betongen. Det är även problem med att fukt stängs inne i betongen vilket gynnar flera nedbrytningsmekanismer. För denna typen av beläggningar tenderar också vidhäftningen att släppa av olika anledningar. Metoden försvårar också möjligheten till att visuellt upptäcka sprickor (Ley, T, 2016).

Reaktiv försegling förekommer i både fast och flytande form och är till för att täta till porerna samt gör dem mindre. Det är inte helt klarlagt hur mycket av produkten man behandlar betongen med som faktiskt reagerar och förseglingen fungerar dessutom bara på ytan (Ley, T, 2016).

Ångpermeabelytbeläggning släpper inte igenom fukt i flytande form däremot släpper den igenom fukt i form av ånga vilket är fördelaktigt. Metoden fungerar så att man håller en flytande substans som penetrerar och reagerar med betongen som resulterar i ett hydrofobiskt lager. Denna typen av beläggning är mycket känslig för vilken fukthalt betongen har vid applikation. Emellertid bryts skiktet ner inifrån och ut vilket begränsar livslängden hos denna typ av beläggningar, troligtvis beror detta på betongens höga pH-värde (Ley, T, 2016).

4.3 Klassificering av skador

Beroende på förvaltningssystem och vem som utför besiktningen ser klassificeringen av skadorna olika ut. Det finns alltså inget officiellt klassificeringssystem för skador på parkeringsdäck. Dock har databasen BaTMan (Bridge and Tunnel Management), som är framtaget utav Trafikverket, ett klassificeringssystem vilket används för underhåll av broar, tunnlar men även andra typer av byggnadsverk Trafikverket (2019). I databasen BaTMan finns bland annat mätmetoder samt tillståndsutveckling för en viss skada men det finns också möjlighet till att registrera skada, skadetyper och skadat element. Det finns andra klassificeringssystem som liknar BaTMan vilka har liknande tillståndsklassificering.

Skadan tilldelas en tillståndsklass, TK, 0–3:

- 3 Bristfällig funktion vid inspektionstillfället
- 2 Bristfällig funktion inom 3 år
- 1 Bristfällig funktion inom 10 år
- 0 Bristfällig funktion bortom 10 år

4.4 Standarder och bestämmelser

Vanliga bestämmelser, standarder och avtal man förhåller sig till vid betongreparation är AB04, ABT06, SS-EN 1504, SS-EN 206:2013 + A1:2016, AMA Anläggning, AMA HUS samt AF AMA. Dessa bestämmelser, standarder och avtal är inte lagar och därför inte juridiskt bindande. Dock blir hela eller delar utav dessa standarder/bestämmelser juridiskt bindande om beställare väljer att åberopa dom i entreprenadavtalet. Beställaren väljer således vilka delar av dessa standarder/bestämmelser som ska gälla.

SS-EN1504-10:2004

EN1504-10 (2004) är en europastandard som gäller som svensk standard vilken definierar och specificerar produkter samt system för skydd och reparation av betongkonstruktioner. Standarden definierar och specificerar även användning av dessa produkter, systemet på arbetsplatsen samt kvalitetsstyrningen av utförandet.

EU-standard EN1504-10 (2004) hänvisar till ett flertal standardiserade provningsmetoder för reparationsmaterial bland annat:

- Surface protection systems for concrete: 54 olika provningsmetoder.
- Structural bonding: 21 olika provningsmetoder.
- Reinforcement corrosion protection: 15 olika provningsmetoder.

Hassanzadeh (2014) menar att de metoder som idag finns för att bedöma samverkan mellan reparationsmaterial och underlaget inte är tillräckliga även om det har tillkommit ny forskning inom området. De flesta av testmetoder utgår i från ett ”ungt” material, alltså före åldring vilket gör att man faktiskt inte kan dra några direkta slutsatser om hur långtidseffekterna kommer påverka materialet. Fagerlund (2004) förklarar att de flesta tester utförs på material med fukthalter som inte motsvarar de som materialet faktiskt kommer utsättas för i praktiken. Detta är något att tänka på när man väljer material.

AMA

AMA ges ut av Svensbyggtjänst (2019) och står för Allmänna Material- och arbetsbeskrivning. AMA innefattar förslag till administrativa krav på byggprocessen som kan vara underlag till de administrativa föreskrifter som ska gälla för ett renoveringsprojekt. AMA innefattar också exempel på tekniska utföranden, kontroller och material som kan användas i tekniska beskrivningar för utförande.

AMA är uppdelat i fem områden, de tre som oftast används inom betongreparation är:

- AMA Anläggning
- AMA HUS
- AF AMA

4.5 Livslängd

Varje konstruktion har en viss förutbestämd livslängd när den byggs. Vilken den faktiska livslängden blir beror på omgivande miljö, kvalitet hos material, konstruktion och utförande. Den önskade livslängden för den reparerade konstruktionen bestämmer ägaren. Reparationen ska återställa konstruktionen så att den får tillbaka sin fullgoda funktion under den krävda livslängden (Fagerlund, 2011b).

En konstruktion som tidigare varit utsatt för låg fuktbelastning och tack vare detta inte heller fått några väsentliga frostsador sedan repareras med alltför täta täckskikt föreligger viss risk för ökad fuktbelastning. Fukten tränger in från otäta- eller bristfälliga delar och kan sedan inte torka ut vilket ger upphov till problem. Reparationen behöver alltså inte nödvändigtvis ha en positiv inverkan utan kan istället snabba på nedbrytningsprocessen och minska livslängden (Fagerlund, 2011b).

De livslängdsmodeller som finns att tillgå idag är relativt osäkra på grund av osäkerheten i miljöbeskrivningen. Det är heller inte alltid helt klarlagt vilken nedbrytningsmekanism det rör sig om. Ytterligare oklarheter föreligger angående hur materialegenskaperna förändras med tiden. Dessutom beaktar existerande livslängdsmodeller inte synergieffekter utan tar endast hänsyn till en nedbrytningsmekanism (Svensk Byggtjänst, 1994).

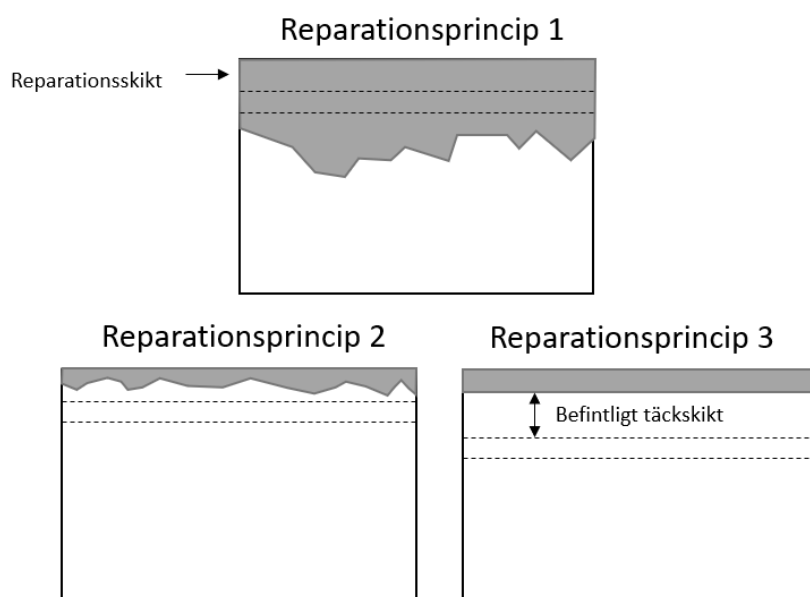
5 Reparation av betongkonstruktioner

Flertalet reparationer av skador på ytskiktet görs genom omarbetning av betong efter det att defekt material avverkats. Kompatibiliteten mellan den befintliga konstruktionen och det nya materialet är fundamental. Det är också mycket viktigt att materialet som väljs för reparationen inte medför nya skador, förvärrar den tidigare skadan eller orsakar den tidigare skadan att återkomma (Fagerlund, 2011a). I kommande kapitel beskrivs den vanligaste metoden för att åtgärda de vanligaste skadorna på betong, det beskrivs emellertid inga förebyggande åtgärder för att förhindra att skadan uppstår ifrån första början.

5.1 Omarbetning av betong

Omarbetningsprocessen varierar beroende på förutsättningar men fungerar generellt sätt så att man börjar med friläggning av ytan, gärna så att ytstrukturen blir grov för att tillföra god vidhäftning. Efter att ytan har frilagts rensas den ifrån lös betong och andra föroreningar såsom rost. Den befintliga betongen vattnas ca. 1 dygn före gjutning och eventuella vattenpölar dammsugs bort. Om det finns möjlighet så slammas ytan med cementpasta eller cementbruk. Pågjutning görs direkt efter slamning, alltså innan den torkat. I vissa fall har polymerbaserad primer använts i syfte att öka vidhäftningen, tanke skulle vara att pågjutningen skulle "limmas" ihop med den gamla betongen. Detta har visat sig vara en tveksam metod dels på grund utav att ett tätskikt bildas mellan pågjutning och befintlig betong vilket skapar problem med frostbeständighet, dels på grund utav att pågjutning utan primer allt som oftast redan ger god vidhäftning. Om armering kompletteras najas den nya armeringen till den befintliga som bör vara av samma kvalitet för att minska risken för galvanisk korrosion (Fagerlund, 2011b).

Själva pågjutningen på den befintliga betongen förekommer i tre olika varianter, se Figur 5.1. Alla dessa principer kan förhindra till exempel kalkurlakning och inre frostangrepp, eftersom fuktnivån i betongen sänks och vattengenomträngningen minskar.



Figur 5.1. Tre olika reparationsprinciper för omarbetning av betong efter defekt material avverkats. Avritad från Hassanzadeh (2014).

Reparationsprincip 1 används när:

- Betongskador går djupare än armering
- När armering börjat rosta

Reparationsprincip 2 används när:

- Betongskadorna inte går under armering och denna inte börjat. Ett bra alternativ när betongen är infekterad av klorider, egenvikten påverkas ytters lite.

Reparationsprincip 3 används när:

- När armering inte börjat rosta. Pågjutning är enkel då man slipper avverka gammal betong och fungerar bäst när betongen inte är infekterad av kloridjoner dock ökar egenvikten på konstruktionen.

Reparationsskiktet har egentligen bara en betydelsefull påverkan på den gamla betongen, den förändrar fuktillståndet. Detta kan medföra såväl positiva som negativa effekter. Allt som oftast medför detta negativa effekter eftersom många nedbrytningsmekanismer gagnas av högfuktnivå. Tester visar emellertid att ett betongskikt av ”hög” kvalitet som gjuts på en gammal betong allt som oftast inte höjer fuktillståndet i denna (Fagerlund, 2011b).

5.1.1 Vidhäftning

Vid pågjutning är det viktigt att få en ordentlig vidhäftning mellan det gamla och nya materialet. Dålig vidhäftning kan leda till sprickor mellan den gamla betongen och reparationsskiktet vilket i sin tur leder till ökad risk för karbonatisering, frostangrepp, kloridinträning samt minskad bärförmåga hos armeringen. Vidhäftning påverkas främst av utförande och klimatpåfrestningar (Fagerlund, 2011b).

Orsaker som kan medföra vidhäftningsförlust:

- Spänningar på grund av olika fuktrörelser.
- Temperatursprickbildning hos reparationsbetongen under utförande fas.
- Spänningar på grund av temperaturvariationer.
- Spänningar på grund av mekaniska laster.
- Frostangrepp.

Yttre laster påverkar påkänningarna i vidhäftningszonen, speciellt om skikten har olika deformationsegenskaper. För att kunna göra ett fackmannamässigt val av reparationsmaterial krävs det att man testar den gamla betongen, framför allt där spänningskoncentrationer förekommer, för att få information om skjuvhållfasthetsegenskaperna så att materialvalet kan anpassas därefter (Svenskbyggjänst, 1994).

Mekanisk vidhäftning uppstår på så sätt att lim tränger in i grundmaterialets porer och fördjupningar där det ger upphov till en mekanisk förankring så kallad kardborreeffekt. Kemiskt-fysikalisk adhesion, inklusive kemisk bindning påverkas istället av materialegenskaper, exempelvis ytspänning, vätebryggbindningar och dipolattraktion (Svenskbyggjänst, 1994).

Tidigare nämnda vidhäftningsmekanismer förekommer mer eller mindre mellan betong och andra material. Vidhäftning mellan betong-betong utgörs av båda mekanismerna. I kontaktzon mellan betong-stål samt betong-polymer utgörs vidhäftningen främst utav kemisk-fysikalisk adhesion. När det kommer till ett skede där denna vidhäftning bryts ner, till exempel för ingjuten armering av typen kamstång förändras vidhäftningens karaktär ifrån kemisk-fysikalisk adhesion till mekanisk friktionsvidhäftning (Svenskbyggtjänst, 1994).

Faktorer som påverkar vidhäftning mellan befintlig och ny betong:

- Hållfasthet och ytstyrkan hos den befintliga betongen
- Fogytans behandling
- Pågjutningsmaterialens egenskaper
- Utförandet
- Härdningssättet

Arbetsåtgärder som har positiva effekter på vidhäftning:

- Rengöring, slamning, tvättning, avfettning.
- Vattning före pågjutning, vid gjutning bör ytan vara torr och vattning anpassad så att vct i gränsskiktet inte blir för högt.
- Inslamning, i regel förbättras vidhäftningen och är påtagligt vid lägre betongkvaliteter.
- Vibrering, minskar luft- och vatteninneslutningar i betongen.
- Vakuumbehandling, minskar krympning samt ökar hållfasthet hos pågjutningen.

Vilken typ av avverkningsmetod som används inverkar, men bara till viss grad, på ytans vidhäftning genom råhet/grovhet på ytskiktet. Mekanisk bilning där handbilning inkluderas, ökar ytans råhet vilken har en positiv effekt på hållfastheten. Dock motverkas den positiva effekten av mikrosprickbildning som även den orsakas av mekanisk bilning. Bäst möjlighet till god vidhäftning ger vattenbilning följt utav sandblästring (Silfwerbrand, 1987).

5.1.2 Viktiga egenskaper hos reparationsmaterial vid omarbetning av betong i parkeringsdäck

Som tidigare beskrivet ska reparationsmaterialet skydda konstruktionen under lång tid samt återställa bärförmåga och säkerhet. Materialet ska inte orsaka nya skador eller spä på skadan som den har i syfte att reparera. Baserat på detta finns det några generella egenskaper som reparationsmaterialet bör inneha.

Det är viktigt att behålla den relativa dimensionell kompatibilitet med underlaget. Volymförändringar kan orsaka sprickor, minskad lastbärande kapacitet, armeringskorrosion, estetiska ojämnheter och delaminering.

För parkeringsdäck som är utsatta för temperaturförändringar är det viktigt att reparationsmaterialet har liknande egenskaper vid termisk expansion (Emmons, 1992).

Om reparationsmaterialet ska vara lastbärande är det för det första viktigt att ta bort lasten eller på andra sätt avlasta den del som ska repareras för att få denna att kunna ta

upp krafter. För de andra är det viktigt att reparationsmaterialet har likande E-modul som underlaget, en stabil krympning är viktig om reparationsmaterialet är lastbärande för att deformationen av hela elementet ska bli uniform (Emmons, 1992).

Krympning på grund av uttorkning skapar spänningar mellan materialen. För att förbygga brott vill man välja ett material som har en krympning så nära 0% som möjligt (Emmons, 1992).

Ytskiktet utsätts för abrasion från bland annat bilar vilket leder till att vidhäftningen utsätts för påfrestningar, det är därför viktigt att reparationsmaterialet har hög densitet, hög tryck- och draghållfasthet samt bra vidhäftning (Emmons, 1992).

Det är att föredra anläggningscement med luftinblandning, vct mindre än 0,45 och testning enligt SS 13 72 44 för att undvika de vanligaste nedbrytningsfenomen hos reparationsskiktet som är saltfrostattack, inre frostangrepp, kalkurlakning och erosion (Fagerlund, 2011b).

5.2 Redurite-metoden

Företaget Spännbalkkonsult SBK AB har tagit fram en egen reparationsmetod, Redurite-metoden. Metoden innefattar skadeutredningar, utarbetande av reparationshandlingar, utbildning av personal som skall utföra reparationen, upprättande av kontrollplaner och även utförande av det direkta reparationsarbetet (Bilaga A.2).

Redurite-metoden har ett eget sätt att systematisera och förenkla utredningsarbetet, de har katalogiserat "standardskador" på följande sätt:

- Skade-Typer (ST)
- Redurite anvisningar (RA), vilka innehåller detaljerade anvisningar för hur reparationen skall utföras
- Redurite detaljer (RD), vilken är till för att lösa specifika detaljproblem

Redurite-Metoden innefattar ett certifieringsprogram för att säkerställa kvaliteten på utförandet. Den personal hos entreprenör som önskar att jobba enligt Redurite-metoden måste genomgå ett sådant program. Certifieringsprogrammet innehåller både utbildning av teoretisk och praktisk karaktär.

Materialet som används vid Reduritemetoden är en Densitprodukt. Densit är en cementbaserad produkt, vars huvudbeståndsdel är portlandcement men innehåller också en speciell mikrosilika som nästan är ren kiseldioxid, (SiO_2), i form av runda korn. Mikrosilikans kornstorlek är endast ungefär en hundradel så stor som cementkornets. Tätpackningsteknik och mikrosilikan gör att densit-pastan får en mycket tät struktur. I härdad densit finns inga kapillärporer. Densit-materialet är CE-märkta och tillverkningskontrollerat med certifierat kvalitetssäkringssystem enligt ISO 9001:2000.

5.3 Avverkningsmetoder

För att ta bort den defekta betongen kan flera olika metoder användas: mekanisk bearbetning (bilning och slipning), vattenbilning och blästring. Vilken metod man beslutar sig för att använda beror på skadornas omfattning, lokalisering, djup samt på konstruktionstyp. Det kan till exempel vara svårt att använda en bilhammare för skador lokaliserad i tak (Fagerlund, 2011b). Avverkningsmetoden måste leva upp till följande krav: den får inte skada (till exempel sprickor och delaminering) den frilagda betongen och den får inte skada armeringen.

Vattenbilning

Vatten pumpas med över 1000 bar till en robot vilken bildar en stråle som sedan träffar och tränger igenom betongens yta. Vattenbilning anses vara en selektiv metod vilket betyder att den till största del tar bort skadad betongen men inte oskadade. Vattenbilning rengör armeringen effektivt dock kan sandblästring och stålborstning användas utöver vattenbilning för att rensa armeringen från rost, klorider och andra föroreningar. Värt att notera är att betong med högkloridhalt eventuellt finns kvar efter genomförande, viss risk för frysning föreligger vid låga temperaturer och överflödigt vattnen måste tas om hand vid arbete inomhus (Fagerlund, 2011b).

Mekanisk bearbetning

Vid mekanisk bearbetning kan antingen en bilningsmaskin eller slipmaskin användas. Slipning lämpar sig för att göra skårar till förstärkningsarmering eller ta bort tunnare betongskikt medan bilning lämpar sig bättre för att ta bort tjockare betongskikt. Bilningsmaskin är lämpligt för att avverka betong med högkloridhalt eller oskadad betong som av olika anledningar måste tas bort. Vid avverkning på mindre ytor är mekanisk bilning effektivare då man slipper installera en hel vattenbilnings anordning (Fagerlund, 2011b).

Blästring

I bland används även blästring för att avverka betong. Blästring fungerar så att man med en stark gasström blåser partiklar (till exempel sand eller stålkulor) mot ytan som ska rengöras. Blästring skapar både damm och ljud vilket kan vara olämpligt i vissa fall. En metod för att minska dammet är våtblästring där fukt blandas med blästermedlet i syfte att minska dammet. Blästring fungerar mycket bra för att ta bort rost men fungerar mindre bra för att ta bort olja, fett etcetera (Fagerlund, 2004).

6 Resultat av fallstudier

6.1 Parkeringsgarage Lagerströmsplatsen: Göteborgs Stads Parkeringsaktiebolag

Byggnadsbeskrivning



Figur 6.1. Foto på parkeringsgarage Lagerströmsplatsen. Återgiven med tillstånd.

Parkeringsgaraget uppfördes 1981 och består utav två plan där plan 2 är öppet. Stommen är utförd med prefabricerade betongpelare och spännbalksystem medan bjälklaget är tillverkat av platsgjuten betong. Väggsöcket består utav målad betong. Väggar består av betongelement med målad insida och frilagd ballast på utsida. Rampen är asfalterad med betongkantsten med angränsande gräsyta. Beläggningar i kör- och parkeringsfält är i plan 1, asfalt och i plan 2, betong (Bilaga A.1). Renoveringen påbörjades april 2009 och godkändes enligt slutbesiktning juli samma år (Bilaga A.3).

Skadebeskrivning

I kvalitets- och miljöplan framgår skadetyp, skademängd samt lokalisering av skadorna före reparation (Bilaga A.2). Det framgår också att det läckt in vatten från lyktstolpar in i vp-rör, huruvida detta legat som orsak för skador är svårt att veta men värt att ha i åtanke. Skadeorsaken finns beskriven för en del av skadorna men inte för genomgående sprickorna i bjälklaget. I Tabell 6.1 presenteras skadeinventeringen före reparation.

Tabell 6.1.

Skadeinventering före reparation, Lagerströmsplatsen.

Lokalisering	Skadetyyp	Skadeorsak	Skada	Mängd	Kommentar
Skador undersida-bjälklag	Armering-korrosion	Karbonatisering	Armering har korroderat vilket medfört att täcksiktet har spjälkat	Antal: 13 st	
Balkändar	Armering-korrosion	Karbonatisering	Armering har korroderat vilket medfört rost-genomslag	Antal: 7 st	
Genomgående sprickor i bjälklag	-	-	Täck-siktet har inte spjälkat men spruckit.	Total längd: 44 m	Sprickbildningen beror troligtvis på temperatur-rörelser.

Kommentar. Från Bilaga A.2.

Reparationsprocess

För reparation på parkeringsgarage Lagerströmsplatsen användes Redurite-metoden (Bilaga A.1). I Tabell 6.2 presenteras vilken reparationsprincip och reparationsmetod som använts för respektive skada.

Tabell 6.2.

Reparationsprocess, Lagerströmsplatsen.

Lokalisering	Reparationsmetod	Reparationsprincip
Undersidabjälklag och balkändar plan 1	Åtgärder enligt RD-6001,-6011 och -6051 (se Bilaga E.1-E.3)	Enligt Redurite-metod ska krav på funktion och beständighet återställas.
Genomgående sprickor i bjälklag	Åtgärder enligt RD-8011, RD-8013 och RD-8014 (se Bilaga E.4 – E.6)	

Kommentar. Från Bilaga A.2.

Skadad och lös betong på undersidabjälklag samt balkändar bilades bort. Betong och armering som frillades vid bilning våtsandblästrades (Bilaga A.2). För den nya pågjutningen används Redurite Sprutkeram Ducorit 1000 som sedan skulle ståslipas. Rostiga balkändar skulle rostskyddsbehandlas.

Läckande sprickor lagades med en så kallad aktiv spricklagning vilket innebär att sprickor sågas upp, tvärkrafts armering placeras och spänns enligt RD-8011, RD-8013 och RD-8014 (Bilaga E.1 – E.3). Hela ytan på ovansida bjälklaget frästes eller

stålkulblästrades och högttyckstvättades samt hölls fuktig i 24 timmar. Detta lett av att ytan grund behandlades och påfördes Redurite MTD4 6–10 mm som sedan sandades, enligt RD-1002 (Bilaga E.7).

Utvärdering

De handlingar som gick att tillgå var slutbesiktningsprotokoll, konditionsbesiktning samt kvalitets- och miljöplan. Förvaltningssystem saknas för parkeringsgaraget och det återfinns heller inga egenkontroller för reparationerna vilket har försvårat uppföljningen. Enligt konditionsbesiktningen är garantitiden för jobbet 5 år från garantitidens början, med avstämning efter 2 år, dock återfinns inget dokument som bekräftar att en avstämning utförts varför det är svårt att veta när skadorna i lagningarna uppträdde (Bilaga A.1).

I renoveringen ingick bland annat reparation av översida bjälklag, trapphus, väggar och barriärer men har av olika anledningar uteslutits från rapporten, främst på grund av tillgänglighetsaspekter. En del ytor målades i samband med renoveringen vilket komplicerade besiktningen ytterligare.

Vid platsbesök på parkeringsgaraget Lagerströmsplatsen utfördes en visuellbesiktning där majoriteten av reparationerna som undersöktes uppvisar defekter. Sannolikt har defekterna som noterades påverkat reparationerna negativt med avseende på beständighet och bärförmåga. Betongrenoveringen på parkeringsgarage Lagerströmsplatsen har genomförts med Redutite-metoden vilken kan anses som en skälig arbetsprocess enligt hur valet av reparationsprincip, metod och material bör se ut. Trots att en skälig arbetsprocess har använts, certifierade material med certifierad personal, så beror skadorna troligen på felaktigt utförande. Skadeinventeringen för Lagerströmsplatsen går att utläsa från Tabell 6.3.

Tabell 6.3.

Skadeinventering efter reparation, Lagerströmsplatsen.

Lokalisering	Skadetyper	Skadeorsak	Skada	Antal	Kommentar
Undersida bjälklag	Sprickbildning	Troligen felaktigt utförande	Betong har spruckit, troligtvis autogen spricka	1st	Se Figur 6.2
	Estetisk skada/ Urlakning	Troligen felaktigt utförande	Ojämn ytstruktur och färglossning	20st	Se Figur 6.3

Sprickan i figur 6.2 är en krympspricka som troligen orsakats av felaktigt utförande vilket i detta fallet kan innebära för dålig vattning av befintlig yta innan gjutning eller att man haft i för mycket vatten i betongen. Troligtvis har skadan uppkommit efter slutbesiktningen eftersom arbetet godkändes av besiktningsman. Sprickan ökar bland annat riken för skador på grund av karbonatisering och kloridinträngning.



Figur 6.2. Spricka i lagning. Författarens egen bild.

Orsaken till de estetiska skadorna/urlakning är antagligen felaktigt utförande, slarvigt utförande av efterbehandling eller struntat i det helt (se Figur 6.3). Dessutom läcker det med stor sannolikhet ovanifrån så att färgen släpper i ytan. Skadan har delvis uppkommit med tiden däremot har den ojämna ytan troligen varit där i samband med utförandet. Av allt att döma har beständigheten med stor sannolikhet påverkats negativt av de höjda fukttillstånden då risken för olika nedbrytningsmekanismer ökar med ökad fuktkvot.



Figur 6.3. Exempel estetiska defekter. Författarens egna bilder.

6.2 Parkeringsgarage Ehrenströmsgatan Göteborgs Stads Parkeringsaktiebolag



Figur 6.4. Foto på parkeringsgarage Ehrenströmsgatan. Återgiven med tillstånd.

Byggnadsbeskrivning

Parkeringsgaraget uppfördes 1979 och består utav fyra plan med plan 4 öppet. Stommen är utförd med prefabricerade betongpelare och spännbalksystem. Bjälklagen är däremot tillverkade av platsgjuten betong. Sockel består av målad betong och väggelementen är betongelement som är målade på insida men har en beklädnad av dansk sjösten på utsidan. I väggöppningar sitter målade träspaljéer. Beläggningar i kör- och parkeringsfält är i plan 1 och del av plan 2 asfalt, och i plan 2, 3 och 4 av betong (Bilaga B.1). Renoveringen påbörjades oktober 2008 och godkändes enligt slutbesiktning mars 2009.

Skadebeskrivning

I relationsritningar anges skademängd, lokalisering av skadorna och skadeklassificering enligt redurite-metoden (Bilaga B.2). Utifrån foton som är tagna före reparationen (se Figur 6.6) kan man betrakta vilken skada det rör sig om dock går det inte att dra några slutsatser om skadeorsak. I Tabell 6.4 visas en sammanställning av data för skadorna före reparation.

Tabell 6.4

Skadeinventering före reparation, Ehrenströmsgatan.

Lokalisering	Skadetyyp	Skadeorsak	Skada	Mängd	Kommentar
Plan 1, tak	Armeringskorrosion	-	Mindre bomparti vid pelare och konsoler	Antal: 11 st Total area: 0,3 m ²	
Plan 2, golv	Armeringskorrosion, ST-14 (se Bilaga E.8)	-	Yta med bompartier	Antal: 91 st Total area: 51 m ²	Frostskadade områden markeras i relationsritning (Se bilaga B.2)
Plan 2, tak	Armeringskorrosion, ST-11 (se Bilaga E.9)	-	Betong har spjälkat och armeringen är synlig	Total längd: 0,75 m	
	Sprickbildning, ST-22 (se Bilaga E.10)	-	Läckande spricka	Total längd: 2 m	
	Armeringskorrosion, ST-14 (se Bilaga E.8)	-	Yta med bompartier	Totalt antal: 27 st Total area: 5 m ²	
Plan 3, golv	Troligen Armeringskorrosion (se Bilaga E.11)	-	Djup lokal skada i bjälklag	Antal: 172 st Total area: 274 m ²	Se Figur 6.6
Plan 3, tak	Armeringskorrosion, ST-11 (se Bilaga E.9)	-	Armering har korroderat. Täcksikt har spruckit och spjälkat	Total längd: 193 m	Se Figur 6.4 och 6.5
	Sprickbildning av temperaturrörelser, ST-21 (se Bilaga E.12)	-	Ej genomgående spricka	Total längd: 17 m	

Kommentar. Från Bilaga B.2.



Figur 6.4. Synlig armering före reparations tillfälle samt skada där betong har spjälkat. Återgiven med tillstånd.



Figur 6.5. Balkända varvid betong har spjälkat. Återgiven med tillstånd.



Figur 6.6. Bjälklag efter bilning. Återgiven med tillstånd.

Reparationsprocess

För reparation på parkeringsgarage Ehrenström användes Redurite-metoden. I Tabell 6.5 presenteras vilken reparationsmetod och reparationsprincip som använts för respektive skada.

Tabell 6.5.

Reparationsprocess, Ehrenströmsgatan.

Lokalisering	Reparationsmetod	Reparationsprincip
Plan 1, tak	Åtgärder enligt RD-4051 (ej tillgänglig)	Enligt Redurite-metod ska krav på funktion och beständighet återställas.
Plan 2, golv	Åtgärder enligt RD-2012 (se Bilaga E.11)	
Plan 2, tak	-	
Plan 3, golv	Åtgärder enligt RD-2012 (se Bilaga E.11)	
Plan 3, tak, synlig armering	Åtgärder enligt RD-4012 (se Bilaga E.13)	
Plan 4, golv	Åtgärder enligt RD-8014 (se Bilaga E.6)	

Kommentar. Från Bilaga B.2.

Utvärdering

De handlingar som gick att tillgå var relationsritningar, egenkontroller, bilder och konditionsbesiktning. Förvaltningssystem saknas för byggnaden. Arbetet är utfört under vintertid och av vad som går att utläsa från egenkontroller understiger temperaturen aldrig 7° Celsius vid gjutning (Bilaga B.3). Det återfinns inga uppgifter om varken garantitid eller avstämning för jobbet. Renoveringen innefattade även reparationer på plan 4 men exkluderades på grund av att betongen var nedsmutsade således var defekter svåra att upptäcka.

Vid platsbesök på Parkeringsgarage Ehrenströmsgatan utfördes en visuellbesiktning där reparationer på golv, plan 2 och 3 uppvisade estetiska skador. Förmodligen har de observerade defekterna medfört negativa effekter med hänseende på beständighet och bärförmåga. Det ska tilläggas att flertalet av reparationerna verkade vara intakta och opåverkade av långtidseffekter. Reparationer i tak på samtliga plan var målade med vit färg vilket försvårade den visuella besiktningen. Inga sprickor eller andra typer av skador observerades i tak eller pelare. Betongrenoveringen på parkeringsgarage Ehrenströmsgatan har likt parkeringsgarage Lagerströmsplatsen genomförts med Redutite-metoden vilket kan anses som en skälig arbetsprocess. Emellertid verkar felen troligen bero på felaktigt utförande. Skadeinventeringen för parkeringsgaraget Ehrenströmsgatan går att utläsa från Tabell 6.6.

Tabell 6.6.

Skadeinventering efter reparation, Ehrenströmsgatan.

Lokalisering	Skadetyp	Skadeorsak	Skada	Antal	Kommentar
Plan 1, tak	Utan anmärkning				
Plan 2, golv	Estetisk skada	Troligen felaktigt utförande	Ojämn ytstruktur. Synliga skarvar mellan befintlig och ny betong	15 st	Se Figur 6.7
Plan 2, tak	Utan anmärkning				
Plan 3, golv	Estetisk skada	Troligen felaktigt utförande	Samma som för plan 2, golv	17 st	Se Figur 6.7
Plan 3, tak	Utan anmärkning				

Samtliga fel som upptäcktes är tros orsakats av felaktigt utförande. Skador av detta slag får man ofta när det slarvas med förbehandlingen av befintlig betong, troligen dålig rengöring eller tidigare oljespill gör att man inte får rätt vidhäftning, betongen spricker och krackelerar. Sannolikt har vidhäftningen påverkats negativt vilket resulterar i reducerad beständighet och bärförmåga.



Figur 6.7. Exempel estetiska defekter. Författarens egna bilder.

6.3 Parkeringsgarage Sandspåret: Bostads AB Poseidon

Byggnadsbeskrivning

Parkeringsgaraget uppfördes troligen 1969 och består utav 2 plan med plan 2 öppet. På plan 1 finns troaxburar på parkeringsfält och på plan 2 finns kompletteringsbyggnad av trä för parkeringsfält mot väg. Beläggningar i kör- och parkeringsfält är i plan 1, betong och i plan 2, gjutasfalt. Arbetet påbörjades augusti 2010 och slutbesiktigades juli 2011 (se Bilaga C.1).

Vid renoveringstillfället stod Gårdstensbostäder, Hjällbo Bostaden som äger av parkeringsgaraget, idag ägs parkeringsgaraget av Bostads AB Poseidon. Vid renovering var konstruktionen i såpass dåligt skick att man lokalt gjorde helt nya gjutningar eftersom betongen var bristfällig genom hela bjälklaget (se Figur 6.8). Bjälklaget har dessutom urlakats fläckvis (se Figur 6.9). Då det förekommer en hel del oklarheter kring parkeringshuset har fokus istället lagts på de pelare som renoverades där det finns mer information och lämpar sig bättre för rapportens syfte.



Figur 6.8. Exempel på hål igenom bjälklag efter bilning. Återgiven med tillstånd.



Figur 6.9. Urlakning på insida bjälklag. Återgiven med tillstånd.

Skadebeskrivning

Det går att utläsa antal skadade pelare ur relationsritningar (Bilaga C.2). Utifrån foton som är tagna före reparationen (se Figur 6.10) görs en tolkning av skada och skadetypp, dock går det inte att dra några slutsatser om skadeorsak. I Tabell 6.7 presenteras en sammanställning av skadeinventering före reparation.

Tabell 6.7.

Skadeinventering före reparation, Sandspåret.

Lokalisering	Skadetyyp	Skadeorsak	Skada	Mängd	Kommentar
Plan 1, pelare	Armeringskorrosion	-	Rostig armering har orsakat spjälkning.	Total antal: 44 st	Se Figur 6.10

Kommentar. Från Bilaga C.2.



Figur 6.10. Pelare efter vattenbilning. Återgiven med tillstånd.

Reparationsprocess

Det finns ingen dokumenterad reparationsprincip för reparation på pelare vilket gör det svårt att veta vilka krav som ställdes på konstruktionen och under vilka förutsättningar reparationen utfördes. I arbetsberedningen följer en beskrivning av arbetsgång och utförande för lagning på pelare, plan 1 (Bilaga C.3).

Befintliga betongytor som vara urlakad, vittrad eller spjälkad i sådan omfattning att konstruktionens funktion var nedsatt skulle avverkas. Bedömningen av vilka ytor som skulle åtgärdas skedde genom att bjälklaget okulärbesiktigades, bomknackades och provbilades på utvalda ytor. Borttagning av skadad betong skulle helst ske med vattenbilning. Bilningsdjupet skulle kalibreras med avseende på bilningsdjup samt motgjutningsytans utseende. Avståndskravet mellan motgjutningsyta och armering vara minst 10 mm. Skadad armering ersattes med ny. Det framgår också att oskadad betong eventuellt behövdes avlägsnas för att kunna ersätta skadad armering, kravet på skarvlängd var 50 gånger armeringens diameter. Det ställs krav på att motgjutningsytan skulle vara väl rengjord och fri från bilningsrester, cementhud och föroreningar i form av damm, smuts, olja, blästermedel etcetera. Motgjutningsytan skulle vattnas före gjutning men fritt vatten fick inte förekomma vid gjutningstillfället. Betongen valdes med utgångspunkt från befintlig betongkvalité, stenstorlek och aktuellt bilningsdjup. Man skulle också beakta behovet av efterbehandling i form av täckning och eftervattning för att minimera sprickrisk. För

att stödja konstruktionen under gjutning och få de nya pelarna att bli lastbärande skedde stämning runt om pelarna (se Figur 6.11). Det finns ingen tydlig dokumentation av vilken betong eller cementtyp som använts.



Figur. 6.11. Formar före gjutning. Återgiven med tillstånd.

Utvärdering

Tillgängligt material för Sandspåret var relationsritningar, arbetsberedning, slutbesiktningsprotokoll och foton. Garantitid och egenkontroller för reparationerna fanns inte tillgängligt. Det existerar inget förvaltningssystem för parkeringsdäcket.

Det återfinns inga uppgifter om varken garantitid eller avstämning för jobbet. Reparationsprocessen ses som tämligen skälig med hänseende på hur reparationen borde gå till dock uppenbarar sig en del tveksamheter när varken skadeorsak eller reparationsprincip finns dokumenterat. Vid skadeinventeringen gick det inte att observera några skador på pelarna, resultatet visas i Tabell 6.8. Inventeringen försvårades av att pelarna var målade med vit färg och ibland var placerade på ett ogynnsamt sätt.

Tabell 6.8.

Skadeinventering efter reparation, Sandspåret.

Lokalisering	Skadetyp	Skadeorsak	Skada	Antal	Kommentar
Plan 1, pelare	Utan anmärkning				

Kommentar till parkeringsgarage Sandspåret

Vid studiebesök på parkeringsdäcket noterades det att en del lagningar hade släppt ifrån den befintliga betongen samt att en del sprickor och spjälkningar uppkommit (Figur 6.12 – 6.14). Detta är inget som behandlas i rapporten men anses ändå viktigt att tillägga, dels för förståelsen kring parkeringsdäckets tillstånd, dels för att uppmärksamma exempel på felaktigheter som kan uppstå.



Figur 6.12. Cirka 9 st lagningar observerades där vidhäftningen börjat släppa. Författarens egna bilder.



Figur 6.13. Drygt 80 st lagningar upptäcktes med estetiska defekter. Författarens egen bild.



Figur 6.14. 9 st lagningar upptäcktes som spjälkat och spruckit. Författarens egen bild.

6.4 Parkeringsgarage Skolspåret: Bostads AB Poseidon

Byggnadsbeskrivning

Parkeringsgaraget uppfördes 1969 och består utav 2 plan. På plan 1 och 2 finns troaxburar på parkeringsfält. Beläggningar i kör- och parkeringsfält är i båda planen av betong. Arbete påbörjades sommaren 2007 och färdigställdes i slutet av 2008.

Skadebeskrivning

Enligt inventeringsritning och skadeförteckningar för skolspåret beskrivs skada, skadetyper och skademängder. I relationsritningarna kommenteras inventeringen på tak, plan 1 med att ”översyn har gjorts genom låsta troaxburar” och golv, plan 2 med att ”det stod bilar parkerade på 30 % av p-platserna vid inventeringstillfället” samt ”på grund av nedsmutsade betongövertyta är inte alla sprickor synliga” (Bilaga D.1 och D.2). Notera också att areor, mängder och längder för respektive skada avser cirka värden. Det gick inte att hitta några dokument som beskriver skadeorsak och måste därför lämnas odefinierade.

Tabell 6.9.

Skadeinventering före reparation, Skolspåret.

Lokalisering	Skadetyper	Skadeorsak	Skada	Mängd	Kommentar
Plan 1, tak	-	-	Hål i bjälklaget med diameter 35 mm	Totalt antal: 31 st	
	Armeringskorrosion, skada, ST-14 (se Bilaga E.8)	-	Armering har korroderat. Täcksikt har spruckit eller spjälkat	Totalt antal: 9 st Total area: 0,9 m ²	Se Figur 6.15
	Armeringskorrosion, bom, ST-14 (se Bilaga E.8)	-	Yta med bompartier	Totalt antal: 8 st Total area: 1,7 m ²	
	Armeringskorrosion, ST-11 (se Bilaga E.9)	-	Armering har korroderat och är synlig. Täcksikt har spruckit och spjälkat	Totalt antal: 5 st Total längd: 0,9 m	
	Sprickbildning, ST-21 (se Bilaga E.12)	-	Ej genomgående sprickor	Total längd: 93 m	
	Sprickbildning, ST-22 (se Bilaga E.10)	-	Genomgående sprickor som läcker		

Lokalisering	Skadetyyp	Skadeorsak	Skada	Mängd	Kommentar
Plan 1, pelare	Ej fastställd skadetyyp (Skada), Jämför med ST-41 (se Bilaga E.14)	-	Pelare med skadade hörn. Ej synlig armering	Totalt antal: 2 st Total area: 0,1 m ²	Se Figur 6.16
	Ej fastställd skadetyyp (Bom), Jämför med ST-41 (se Bilaga E.14)	-	Pelare med skadade hörn och bompartier	Totalt antal: 4 st Total area: 0,2 m ²	
	Armeringskorrosion, ST-42 (se Bilaga E.15)	-	Armering har korroderat och är synlig. Täcksikt har spruckit och spjälkat	Totalt antal: 2 st Total längd: 0,2 m	
Plan 2, golv	Armeringskorrosion (Skada), ST-14 (se Bilaga E.8)	-	Armering har korroderat. Täcksikt har spruckit eller spjälkat	Totalt antal: 11 st Total area: 5,2 m ²	
	Armeringskorrosion (Bom), ST-14 (se Bilaga E.8)	-	Yta med bompariter	Totalt antal: 72 st Total area: 157 m ²	
	Armeringskorrosion, ST-11 (se Bilaga E.9)	-	Armering har korroderat och är synlig. Täcksikt har spruckit och spjälkat	Totalt antal: 7 st Total längd: 3,8 m	
	Sprickbildning, ST-21 (se Bilaga E.12)	-	Ej genomgående sprickor	Totalt antal: 9 st Total längd: 31 m	
	Sprickbildning, ST-22 (se Bilaga E.10)	-	Genomgående sprickor som läcker	Totalt antal: 22 st Total längd: 104 m	

Lokalisering	Skadetyper	Skade- orsak	Skada	Mängd	Kommentar
Plan 2, pelare	Ej fastställd skadetyper (Skada), Jämför med ST-41 (se Bilaga E.14)	-	Pelare med skadade hörn. Ej synlig armering	Totalt antal: 2 st Total area: 0,02 m ²	
	Ej fastställd skadetyper (Bom), Jämför med ST-41 (se Bilaga E.14)	-	Pelare med skadade hörn och bompartier	Totalt antal: 24 st Total area: 1 m ²	
	Armeringskorrosion, ST-42 (se Bilaga E.15)	-	Armering har korroderat och är synlig. Täcksikt har spruckit och spjälkat	Totalt antal: 1 st Total längd: 0,05 m	

Kommentar. Från Bilaga D.1 och D.2.



Figur 6.15: Skada i bjälklag. Återgiven med tillstånd



Figur 6.16: Skadad pelare. Återgiven med tillstånd

Reparationsprocess

För reparation på parkeringsgarage Skolspåret användes Redurite-metoden. Enligt relationsritning (Bilaga D.3) utfördes reparationer på det sätt som beskrivs i Tabell 6.10.

Tabell 6.10.

Reparationsprocess, Skolspåret.

Lokalisering	Reparationsmetod	Reparationsprincip
Plan 1, tak	Enligt RD-4012 med Redurite Sprutkeram (se Bilaga E.13)	Enligt Redurite-metod ska krav på funktion och beständighet återställas
Plan 1, pelare	-	
Plan 2, golv, Skador	Enligt RD-2012 med Redurite Densimac (se Bilaga E.11)	
Sprickor	Sprickor i princip enligt RD-8014 (se Bilaga E.6)	
Plan 2, pelare	-	

Kommentar. Från Bilaga D.4.

Utvärdering

De handlingar som gick att tillgå var relationsritningar, produktbeskrivningar, bilder före reparation, inventeringsritningar, skadeförteckningar och upphandlingsprotokoll. I upphandlingsprotokollet framgår det att garantitid är 5 år för entreprenaden i sin helhet dock har densitmaterial särskild varugaranti på 10 år. Likt tidigare parkeringsdäck saknar även detta ett förvaltningssystem.

Visuellbesiktning utfördes på plan 1 och plan 2. Gällande väggar, golv på plan 1 samt insida- och utsidata på plan 2 har inspektion inte gått att genomföra och exkluderas därför ifrån undersökningen. Pelare på båda planen var målade med vit färg vilket försvårade skadeinventeringen.

Vid platsbesök på parkeringsgaraget Skolspåret utfördes en visuellbesiktning där majoriteten av reparationerna verkade vara intakta. Sannolikt har defekterna som observerades vid studiebesöket inte påverkat reparationerna med avseende på beständighet och bärförmåga. Resultaten ifrån skadeinventeringen presenteras i Tabell 6.11.

Tabell 6.11.

Skadeinventering efter reparation, Skolspåret.

Lokalisering	Skadetyyp	Skadeorsak	Skada	Antal	Kommentar
Plan 1, tak	Estetisk skada	Troligtvis felaktigt utförande		12 st	Se Figur 6.17
	Spricka	Troligtvis orsakat av autogen krympning		1 st	
Plan 1, pelare	Utan anmärkning				
Plan 2, golv	Utan anmärkning				
Plan 2, pelare	Utan anmärkning				

De estetiska defekterna ger sig tillkänna genom skrovliga och ojämna ytor som troligtvis beror på felaktigt utförande, exempelvis har ingen efterbehandling genomförts eller så har den utförts slarvigt. Skadan har antagligen inte uppkommit med tiden utan varit där direkt efter utförandet. Defekterna har troligtvis inte någon inverkan på funktion, bärförmåga eller beständighet. Enligt M. Johansson (personlig kommunikation, 15 maj 2019) är en del rädda för att efterbehandla sprutbetong med motiveringen att frostbeständigheten då skulle försvinna. Han menar vidare att det visst går att skapa fina och jämna ytor med sprutbetong om man har rätt kunskap.



Figur 6.17. Exempel på lagning med estetisk defekt. Författarens egen bild.

Sprickan som upptäcktes är en krympspricka som troligen orsakats av felaktigt utförande vilket beror av dålig vattning på befintlig yta innan gjutning eller för hög vattenkvot i betongen. Troligtvis har skadan uppkommit efter slutbesiktningen eftersom arbetet godkändes av besiktningsmannen. Sprickan ökar bland annat risken för skador orsakat av karbonatisering och kloridinträngning vilket reducerar beständigheten.

7 Analys och diskussion

I studien ingår 528 st reparationer och ytterligare cirka 490 m total spricklängd som reparerats där åldersspannet på reparationerna varierar mellan 8 till 11 år. Av resultatet att döma har de flesta reparationer visat sig vara opåverkade efter åldring. Dock observerades defekter hos drygt 64 reparationer där ungefär 54 av dessa troligtvis påverkar beständigheten eller bärförmågan negativt. Endast 2 sprickor i lagningarna påträffades vilket är oansenlig mängd sprickor. De svårt att veta vad de påträffade defekterna har för inverkan på konstruktionen utan att tester har gjorts. Sannolikt påverkar defekterna inte konstruktionen i sin helhet avsevärt.

Hur processen gått till för valet av reparationsmetod varierar mellan de olika fallen i undersökningen. I tre av fallen har en utförlig analys och bedömning gjorts utav den skadade konstruktionen innan reparationen utfördes varför dessa kan bedömas ha genomgått en skäligen reparationsprocess. I de ena fallet har enligt bedömning mer tveksamma processer använts för att göra valet av reparationsmetod. Ingen reparationsprincip har fastställts som följd av att inga konkreta krav på den reparerade konstruktionen fastställts vilket gör det svårt ta ett logiskt beslut om reparationsmetod.

Resultatet visar också att de material som använts i samband med reparation, på undersökningsobjekt där material är känt de vill säga, är godkänd enligt angivna standards. Emellertid beror de ej uppfyllda kraven troligtvis inte huvudsakligen på materialet, men går heller inte att helt utesluta, utan beror förmodligen istället till störst del på arbetsutförandet. Om en reparation ska leva upp till kraven efter lång tid måste samtliga faktorer som är avgörande vara uppfyllda, inte minst arbetsutförandet.

7.1 Förvaltningssystem

Det går framgår av resultatet att alla konstruktioner som undersöktes saknar ett förvaltningssystem. Detta är mycket allvarligt med tanke på att vissa typer av skador inte går att upptäcka utan en utförlig tillståndsbedömning. Bristfällig dokumentation av den information som existerar försvårar väsentligt uppföljning, kommande besiktningar och framtid reparationer. Ett underhållssystem kan även medföra positiva effekter ur ett ekonomiskt perspektiv eftersom man kan planera underhållsarbeten och på ett sätt minska kostnader.

7.2 Osäkerheter och tolkningar

Det slutsatser som fastställs i rapporten baseras på visuellbesiktning, det går således inte att dra några slutsatser om hållfasthet, kloridkoncentration, karbonatiseringsdjup eller styrkan på vidhäftning. Undersökningen skulle också behöva täcka ett större antal parkeringsdäck för att kunna bidra med några generella slutledningar, icke desto mindre går det att lägga märke till hur reparationer tenderar att fungera efter åldring och om de förekommer behov av ytterligare forskning inom området.

En annan osäkerheterna i rapporten är att det i vissa fall saknas information om antingen vilken skada, skadetyper eller skadeorsaker som lagningarna hade för avsikt att återställa. Avsaknad av information kan bero på en rad olika faktorer. Det är svårt att veta om informationen försvunnit eller om den existerat överhuvudtaget. I en del fall har tolkningar gjorts utifrån bilder varvid det finns en osäkerhet i vad skadeorsaker och skadetyper mest troligen kan ha varit.

Där det endast finns en vag beskrivning av vilken reparationsprincip och reparationsmetod som använts är det mycket svårt att värdera kvaliteten hos reparationen. Valet av reparationsprincipen definierar vilka krav som ställs på reparationen och är således fundamental för kraven på reparationen. På grund av detta uppkommer oklarheter om bristfälligheterna som upptäcktes faktiskt kan ses som bristfälligheter, de skulle kunna vara så att det inte ställs några krav på exempelvis estetik. Man kan följaktligen inte dra slutsatsen att alla defekter också påverkar konstruktionens funktion. I resultatdelen av rapporten presenteras alla bristfälligheter som uppfattas att vara av de slaget, detta betyder nödvändigtvis inte att det faktiskt påverkar konstruktionens funktion.

8 Slutsatser

Utifrån den genomförda undersökningen kan följande slutsatser dras:

- Metoderna som ingick i undersökningen fungerar i regel bra.
- Flertalet reparationer är opåverkade efter 8–10 års åldrande. Sålunda ger resultatet implikationen att 8–10 års åldrande inte har någon väsentlig påverkan på reparationerna med avseende på bärförmåga och beständighet. Defekter som observerades beror troligen på felaktigt arbetsutförande och inte långtidseffekter.
- Av de reparationer som har påverkats efter åldrandet är effekten med stor sannolikhet negativ med avseende på beständighet och beror trolig på felaktigt utförande. Det råder alltså inte bara bristande kunskap kring hur materialet fungerar över tid vilket noteras av tidigare litteratur, enligt resultatet brister även kunskapen om hur en fackmannamässig reparation utförs.
- Skadeorsaken finns i de flesta fall inte dokumenterad och i de fall där den finns dokumenterad är beskrivningen begränsad, till exempel framgår aldrig karboniseringsdjup eller hänsyn tagen till synergieffekter. Skadeorsaken är fundamental och ligger till grund för valet av reparationsmetod varför det anses som mycket viktig information.

8.1 Vidare forskning

Utifrån analysen skulle följande syfte vara intressant med vidare studie:

- En fördjupande studie där man grundligt undersöker åldrade betongreparationer genom att mäta fuktillstånd, hållfasthet, kloridkoncentration, karboniseringsdjup och vidhäftning med hjälp av olika typer av relevanta provningsmetoder. En sådan studie borde innefatta material godkända enligt svensk standard där reparationerna kartläggs och tillståndet redogörs så att eventuella problem kan identifieras. En sådan studie förväntas bidra med kunskap för att öka livslängden på armerade betongkonstruktioner.
- En studie med syfte att undersöka tillståndet på armerade betongkonstruktioner med förvaltningssystem kontra de utan. Tanken med studien är att ta reda vilka effekter förvaltningssystem har på parkeringsdäckens funktion, beständighet, bärförmåga och ekonomi.

9 Referenser

Fagerlund, G. (2011). *Projekt Bygginnovationen: Betongreparation*. Bygg & teknik, 103, 12–17.

Hassanzadeh, M. (Red.). (2014). *REPARATION AV BETONGKONSTRUKTIONER: Skador och reparationsmetoder från 1970-talet och framåt. Reparationsbehov, forskningsbehov, effektivitet - Bidrag till projekt Bygginnovationen*. (Rapport TVBM-3176). Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Mohammad, A.-E., Engström, B., Johansson, M., & Johansson, P. (2013). *Bärande konstruktioner*. (Del 1). Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Nawy, E. G. (Red.). (2008). *Concrete Construction Engineering Handbook* (2. uppl.). Boca Raton: CRC Press.

Svensk Byggtjänst. (1994). *Betonghandboken: material* (2., [rev] uppl.). Solna: Svensk Byggtjänst.

Esping, O. (2017). *Fråga Experten: Hur mognar betongen?*. Hämtad från <http://betong.se/2017/05/07/fraga-experten-hur-mognar-betongen/>

Svensk Byggtjänst. (1990). *Betonghandboken: Konstruktion* (2. uppl.). Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Giatec scientific inc. (2014). *Evaluating Cracking in Concrete: Procedures*. Hämtad från <https://www.giatecscientific.com/education/cracking-in-concrete-procedures/>

Cementa AB. (2015). *De första viktiga timmarna: Plastiska krympsprickor* [Produktblad]. Stockholm: Cementa AB

Svensk Byggtjänst. (1997). *Betonghandboken-material* (2., [rev] uppl.). Solna: Svensk Byggtjänst.

Engström, B. (2004). *Design and analysis of continuous beams and columns: Education material*. Department of Structural Engineering and Mechanics. Chalmers University of Technology, Educational 04:4, Göteborg, Sweden.

Swedish Standards Institute. (2016). SS-EN 206:2013 + A1:2016. *Betong: Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse*. Stockholm: SIS Förlag AB. Hämtad från <https://www.sis.se/>

Swedish Standards Institute. (2011). SS-EN 197-1:2011. *Cement - Del 1: Sammansättning och fordringar för ordinära cement*. Stockholm: SIS Förlag AB. Hämtad från <https://www.sis.se/>

Fagerlund, G. (2011). *Ytreparation av betongkonstruktioner: metoder, beständighet*. (Rapport TVBM; Vol. 3160). Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Bentur, A., Diamond, S., & Berke, N. S. (1997). *Steel Corrosion in Concrete: Fundamentals and Fivil Engineering Practice*. London: Spon Press.

Jacobsson, M. (2016). *Betongskador i vattenverk* (SVU rapport, 2016–18). Svenskt Vatten AB.

Lagerblad, B. (2005). *Carbon dioxide uptake during concrete life cycle- state of the art*. (CBI-report 2005:2.). Stockholm: CBI- Swedish Cement and Concrete Research Institute.

Neville, A. (1995). *Materials and Structures*. A&M Neville Engineering Ltd. Hämtad från <https://doi.org/10.1007/BF02473172>

Ahlström, J. (2014). *Varför rostar armering i betong?*. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond. Hämtad från <http://sbuf.se/>

Lindmark, S. (1993). *Frysförsök*. Opublicerat manuskript, Avdelning byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund, Sverige.

Valenza, J.J. Scherer, G.W. (2006). *Mechansim for salt scaling*. Westerville: The American Ceramic Society, Ohio, USA. Hämtad från <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2006.00913.x>

Utgenannt, P. (2004). *The influence of ageing on the salt-frost resistance of concrete*. Avdelning byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund, Sverige.

Powers, T. C., & Helmuth, R. A. (1953). *Theory of Volume Changes in Hardened Portland-Cement Paste During Freezing*. Proceedings of the Thirty-Second Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington, D.C., ss. 13–16. ISBN: 0309048737.

Powers, T. C. (1965). *The mechanism of frost action in concrete*. Wokingham: Road Research Laboratory, crowthorne, Storbritannien.

Fagerlund, G. (1993). *Frostangrepp - beskrivning av verkande mekanismer: Föredrag vid seminariet "Beständig betong" i Stockholm den 24 augusti och i Köpenhamn den 2 september 1993*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7056). Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola, Lund, Sverige.

Powers, T.C. (1949) The air requirement of frost resistant concrete. Washington, D.C: Highway Research Board.

Hasholt, M. T. (2014). *Air void structure and frost resistance: A challenge to Powers' spacing factor*. *Materials and Structures*, 47(5), 911-923. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering, Lyngby, Danmark. DOI: 10.1617/s11527-013-0102-9.

Fagerlund, G. (2004). *REHABCON: Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures, Work Package 2.3 : evaluations of alternative repair and*

upgrading options: Final Report. (Report TVBM (Intern 7000- rapport); Vol. 7177). Division of Building Materials, LTH, Lund University.

The Concrete Society. (2019). *Cathodic protection.* Hämtad från <http://www.concrete.org.uk/fingertips-nuggets.asp?cmd=display&id=498>

Smoerholm. (2019). *Elektrokjemisk kloriduttrekk.* Hämtad från <http://www.smoerholm.no/article/?cat=1082&id=1108>

Ley, T. (2016, 26 september). *Surface coatings and sealers for concrete: How long do silanes last and why do they fail?* [videofil]. Hämtad från <https://www.youtube.com/watch?v=JY0XgiAxZ94>

Trafikverket. (2019). *Vad är BaTMan?: BaTMan - en superhjälte för förvaltare.* Hämtad från https://batman.trafikverket.se/batinfo/Batman/VerksamhetsInfo/Info_Va_darbatman.htm

Swedish Standards Institute. (2004). SS-EN 1504–10:2004. *Betongkonstruktioner - Produkter och system för skydd och reparation: Del10: Utförande.* Stockholm: SIS Förlag AB. Hämtad från <https://www.sis.se/>

Svenskbyggjtjänst. (2019). *Därför är AMA ett viktigt verktyg för dig i Byggsverige.* Hämtad från <https://byggjtjanst.se/acdmy/ama/darfor-ar-ama-ett-viktigt-verktyg-for-dig-i-byggsverige/>

Silfwerbrand, J. (1987). *Effekter av differenskrämpning: krypning och fogytans egenskaber på bärförmågen hos samverkankanplattor av gammal och pågjuten betong.* Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.

Emmons, P.H. (1992). *Concrete Repair and Maintenance Illustrated: Problem Analysis; Repair Strategy; Techniques.* Kingston: R.S MEANS COMPANY, INC.

A.1 Konditionsbesiktning - Lagerströmsplatsen

Rapport-Statuskontroll	GÖTEBORGS STADS PARKERINGSAKTIEBOLAG PARKERINGSGARAGE LAGERSTRÖMSPLATSEN	Sida 4
	GÖTEBORGS UNDERHÅLLSPLAN FASTIGHETSBESEIKTNING	Uppdragsnr. [redacted] Andr. Datum

BYGGNADSBESKRIVNING

BYGG

Byggnaden uppfördes 1981 som parkeringsgarage och den senaste renoveringen utfördes 2009.

Parkeringsgaraget är uppfört i två plan med plan 2 öppet. Stommen är utförd med prefabricerade betongpelare och spännbalksystem. Bjälklag är utfört av platsgjuten betong.

Väggsockel av målad betong.
Väggar består av betonelement med målad insida och frilagd ballast på utsida.
Plåtbeklädd målad port i norr och målad ståldörr i norr samt i söder.

Asfalterad ramp med betongkantsten samt angränsande gräsyta.
Beläggningar i kör- och parkeringsfält är i plan 1 asfalt samt i plan 2 av betong.

Trapp i norr i målat trä med trappsteg samt vilplan i varmförzinkad gallerduk.

VVS

Fastigheten är ansluten till kommunalt avlopp.

Dag-/spillvattenledningar utförda i gjutjärn.

Bensin-/oljeavskiljare är installerat.

Inom parkeringsgaraget finns inga tappvattenställen.

Parkeringsgaraget är ouppvämt.

Parkeringsgaraget ventileras genom självdrag.

Statusinventering av VVS-installationer är utförda för garageplan 1 och 2.

EL

Elcentralen är placerad i bottenplan och utförd med kapsling typ kabelskåp med dvärgbrytare och jordfelsbrytare. Styrning av belysning finns i elcentral.

Apparatskåp av lackerad plåt för grindautomatik är placerad inomhus på bottenplan.

Garagebelysningen består av lysrörsarmaturer T8 2x58W. Ytterbelysning består av armaturer på stolpe. Nödbelysningsanläggning består av genomlysande utrymnings skyltar med T5 lysrör.

Ledningar är av typen EKK.

A.2 Kvalitets- och miljöplan – Lagerströmsplatsen

1

SPÄNNBALKKONSULT SBK AB

KVALITETSPLAN OCH MILJÖPLAN FÖR BETONGREPARATION

R1060

**Göteborg, Lagerströmsplatsen
Betongreovering av P-hus**



Göteborg 2009-05-20

Thomas Ring / Olev Mäkk

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<u>1 ALLMÄNT SPÄNNBALKKONSULT SBK AB</u>	Sid 3
1.1 PROJEKT	3
1.2 ORGANISATION	3
1.2.1 Projektbeskrivning	3
1.2.2 Projektledningsgrupp	3
1.2.3 Arbetsplatsen	3
1.2.4 Medarbetarna	3
1.2.5 Intern information	3
1.2.6 Extern information	4
1.2.7 Granskning av projektering	4
1.2.8 Arkivering	4
<u>2 REDURITE-METODEN</u>	5
<u>3 PROJEKTBEKRIVNING</u>	6
3.1 BESTÄLLARE	6
3.1.1 Byggherre och beställare av reparationsarbetena	6
3.2 VÅRT UPPDRAG	6
<u>4 PROJEKTETS ORGANISATION</u>	11
4.1 ENTREPRENADFORM	11
4.2 PROJEKTORGANISATION, ALLMÄN	11
4.3 PROJEKTORGANISATION, SPÄNNBALKKONSULT SBK AB	11
4.3.1 Projektledningsgrupp	11
4.3.2 Byggarbetsplatsen	11
<u>5 BILAGOR</u>	12
5.1 INFORMATION FRÅN SPÄNNBALKKONSULT	12
5.1.1 Produktinformationsblad	12
5.1.2 RD-Redurite detaljer	12
5.1.3 RA- Redurite anvisningar	12
5.2 PROTOKOLL FÖR EGENKONTROLL	12
5.2.1 Reparationer	12
5.2.2 Beläggningar	12
6.1 MILJÖPLAN	13

1 ALLMÄNT SPÄNNBALKKONSULT SBK AB

Den interna organisationen inom Spännbalkkonsult SBK AB och det sätt på vilket arbetet bedrivs skapar goda förutsättningar för kvalitetssäkring av reparationsarbetet.

1.1 PROJEKT

Varje uppdrag är ett projekt, som har ett unikt **arbetsnummer**. **Arbetsnumret** består av bokstaven **R** åtföljd av ett antal **siffror** som har givits till de olika projekten i kronologisk ordning.

1.2 ORGANISATION

1.2.1 Projektbeskrivning

För varje projekt upprättas en projektbeskrivning. I denna sammanställs projektets förutsättningar, krav och specifikationer.

1.2.2 Projektledningsgrupp

Projektet styrs av en ledningsgrupp. Ledningsgruppen består av **företagsledaren**, **konstruktionschefen** och av den till varje projekt tillsatte **platschefen**. Ledningsgruppens uppgift är att styra och samordna projektet.

1.2.3 Arbetsplatsen

Arbetet på byggarbetsplatsen leds av en **platschef**. Denne har det övergripande och direkta ansvaret för reparationsarbetena samt ansvarar för tidplanering och ekonomi. Till sin hjälp har platschefen ett antal medarbetare.

1.2.4 Medarbetarna

Spännbalkkonsult SBK AB:s strävan är att alla som arbetar med Redurite-metoden skall vara **certifierade** för den aktuella reparationstypen. För att bli detta krävs det godkänd praktik från reparationsarbetsplatser där de aktuella arbetsmomenten har utövats samt att man har deltagit i kurser och blivit godkänd i åtföljande skriftliga prov. Certifieringsarbetet bedrivs kontinuerligt och de som godkänns erhåller bevis för detta i form av en särskild **legitimation**. I princip krävs det att certifierad personal deltar i varje arbetsmoment.

1.2.5 Intern information

Platschefen är ansvarig för att den interna informationen på byggarbetsplatsen, och till övriga berörda inom företaget, fungerar. Informationsflödet skall vara snabbt och enkelt.

O:\REDURITEVANBUD OCH PROJEKTR 1060 Lagerströmsplatsen\Kvalitetspärm\KVALITETSPLAN OCH MILJÖPLAN.doc

1.2.6 Extern information

Det är i första hand platschefen som skall sköta den externa informationen. Extern information kan naturligtvis också, beroende på den enskildes kompetens, lämnas av annan i saken insatt person inom gruppen.

Extern information, anteckningar, brev, fax etc arkiveras under byggtiden på betryggande sätt, normalt hos platschefen.

1.2.7 Granskning av projektering

Samtliga handlingar granskas innan de distribueras. Konstruktören/ritaren är ansvarig för att producerade handlingar är riktiga, och utför under arbetets gång kontinuerligt granskning och eventuella erforderliga revideringar. Handläggaren är normalt granskningsansvarig. Efter godkänd granskning kvitterar handläggaren genom att sätta sin signatur på ritningen, varefter denna kan distribueras för avsett ändamål.

1.2.8 Arkivering

Efter projektets slutförande arkiveras ritningar, beräkningar och övriga handlingar i arkiv.

2 REDURITE-METODEN

För att erhålla en **högpresterande reparation** som uppfyller högt ställda krav på funktion och beständighet krävs att såväl skadeutredningen som själva reparationsåtgärden görs omsorgsfullt och på bästa möjliga sätt, och med ett reparationsmaterial som kan möta de ställda kraven (Rätt Diagnos - Rätt Behandling).

Redurite-metoden innefattar skadeutredningar, utarbetande av reparationshandlingar, utbildning av personal som skall utföra reparationer, upprättande av kontrollplaner och även utförande av det direkta reparationsarbetet.

För att systematisera och förenkla utredningsarbetet, har vissa "standardskador" katalogiserats i "**Skade-Typer, ST**". Dessa "Skade-Typer" kan då enkelt överföras till en inventeringsritning, som utgör underlag för förslag till reparationsåtgärd.

Även reparationsåtgärderna har systematiserats och för dessa finns framtagna "**Redurite-Anvisningar, RA**", vilka innehåller detaljerade anvisningar för hur reparationen skall utföras.

Som komplement till "Redurite- Anvisningarna" finns många detaljlösningar , "**Redurite-Detaljer, RD**", framtagna för att lösa specifika detaljproblem.

För att säkerställa en hög kvalitet på utförandet har ett särskilt **certifieringsprogram** utarbetats, vilket måste genomgå av personalen hos de entreprenörer som önskar att utföra reparationer enligt Redurite-Metoden. Certifieringsprogrammet innehåller en utbildning av både praktisk och teoretisk karaktär, och är indelat i flera klasser för olika typer av reparationer. Efter att ha genomgått programmet erhålls **certifikat för utförande av Redurite-Metoden** i den eller de klasser som man valt att utbilda sig i.

Genom ett nära samarbete med entreprenörer och även genom eget utförande av reparations-entreprenader fås en mycket god erfarenhetsåtervinning, vilket gör att anvisningar och detaljlösningar fungerar väl i praktiken.

Med **Densit-materialen**, som utgångspunkt har Firma Spännbalkkonsult i samarbete med Densit a/s utarbetat praktiska lösningar för reparation av betongkonstruktioner, den sk **Redurite-metoden**.

Densit-betong är ett **högpresterande reparationsmaterial** som uppfyller mycket höga krav på bl a styrka, vidhäftning, täthet och beständighet. Genom lämplig modifiering anpassas Densit-betongen till aktuellt tillämpningsområde.

Densit är en cementbaserad produkt, vars huvudbeståndsdel är **portlandcement**.

Densit innehåller också en speciell mikrosilika som nästan är ren kiseldioxid, (SiO_2), i form av runda korn. Mikrosilikans kornstorlek är endast ungefär en hundradel så stor som cementkornets. Detta gör att mikrosilikan kan fylla ut utrymmena mellan cementkornen.

Tätpackningsteknik och mikrosilikan gör att Densit-pastan får en extremt tät struktur.

I den härdade Densiten finns inga kapillärporer. Detta tillsammans med den i övrigt mycket täta strukturen gör att Densit är mycket tät mot genomträngning av vätskor och gaser, samt att den blir mycket motståndskraftig mot kemiska angrepp, är helt frostbeständig, och att den har mycket hög elektrisk motståndsförmåga.

Idag är många objekt renoverade och skyddade enligt Redurite-metoden som omfattar reparation av golv och bjälklag, tak, väggar, pelare, pålar, beläggning på broar, terrasser och parkeringsdäck etc.

3 PROJEKTBESKRIVNING

3.1 BESTÄLLARE Göteborgs Stads Parkeringbolag.

3.1.1 Byggherre och beställare

Göteborgs Stads Parkeringbolag
Haga Östergata 12
413 01 Göteborg

Kontaktperson: Stefan Johansson
tel. 031-774 37 37
mob. 0705-53 17 22

3.2 VÅRT UPPDRAG

Vårt uppdrag är att utföra reparation, pågjutning och ytbeläggning med högpresterande betong enligt Redurite-metoden på betongbjälklag. Rubricerat projekt utförs som totalentreprenad. Tidssamordning av sidoentreprenader som pågår samtidigt ingår.

ARBETEN SOM UTFÖRES AV SPÄNNBALKKONSULT SBK AB

OMFATTNING, UPPSKATTADE MÄNGDER

Gäller reparationsarbeten med **högpresterande betong** på bärande bjälklag och pelare av betong samt övriga arbeten enligt nedan.

Upprättande av arbetshandlingar och relationshandlingar ingår.

BETONGLAGNINGSRARBETEN

Djupa skador på bjälklagets ovasida repareras med högpresterande krympfri betong, Redurite Densimac. Pågjutning av ytan görs med Redurite MTD4 som sandas.

Reparationen ger en **statisk samverkan** mellan den underliggande konstruktionsbetongen och reparationsbetongen. Det nya täcksiktet är samtidigt ett tätsikt och en slityta av högpresterande betong.

Översida bjälklag

Reparation: Åtgärd i princip enligt RD-1001, -1002, -2001 i princip, -2012, -8011, -8013, -8014.

Skadad och lös betong bortbilas. Betong och armering som friläggas vid bilning våtsandblästras. Befintlig armering kompletteras om erforderligt med ny. De utbilade skadornas ytor och kanter samt områden med frilagd armering grundbehandlas genom impregnering med ren högpresterande cementprimer fri från polymerer. Lokala skador repareras med högpresterande krympfri betong Redurite Densimac, RD-2012. Läckande

sprickor lagas med en aktiv spricklagning där sprickorna sågas upp, tvärarmeras och spänns enligt RD-8011, RD-8013 och RD-8014.
Hela ytan fräses eller stålkuhleblästras och högtrycktvättas samt hålls fuktig i 24 timmar, varefter ytan grundbehandlas och beläggs med **Redurite MTD4 6 - 10 mm** som sandas, RD-1002

<u>Ytor som beläggs med Redurite MTD4 6-10 mm:</u>	
<u>Bjälklagsyta</u>	<u>1951 m²</u>
<u>Spricklagning enl. RD-8011, -8013, -8014</u>	<u>44 m</u>
<u>Yta med bom och lokala småskador</u>	<u>9 st</u>

Undersida bjälklag och trapphus

Reparation: Åtgärd i princip enligt RD-6001, -6011, -6051.

De små täckskikten är karbonatiserade. Skadad och lös betong bortbilas. Betong och armering som friläggs vid bilning våtsandblästras. Skadorna repareras med Redurite Sprutkeram Ducorit 1000 som stålslipas. Rostiga balkändar rostskyddsbehandlas.

<u>Bjälklagsyta i tak</u>	<u>1845m²</u>
<u>Skador i tak som repareras med Redurite Sprutkeram:</u>	<u>13 st</u>
<u>Balkändar med rostgenomslag</u>	<u>7 st</u>
<u>Mängd genomgående sprickor</u>	<u>44 m</u>
<u>Skador i anslutning till trapphus</u>	<u>7st</u>
<u>Sprickor i anslutning till trapphus</u>	<u>1,2 m</u>

INSIDA BARRIÄRER PÅ ÖVRE PLAN (FASADELEMENT)

Reparation: Bom, skador och sprickor i pelare, väggar och barriärer:

Åtgärd i princip enligt RD-4011.

Skadad och dålig betong bilas bort. Större sprickor bilas upp. Betong och armering som frilagts vid bilning blåstras ren. Bortkorroderad armering kompletteras om erforderligt med ny.

De utbilade skadornas och sprickornas ytor och kanter samt frilagd armering grundbehandlas därefter med ren cementprimer fri från polymerer. Skadorna igjuts/sprutas med Redurite Sprutkeram Ducorit 1000.

Insida och ca 5cm i överkant på utsida barriärer beläggs med vitpigmenterad Redurite Body-Coat.

Skador vid dubb som förankrar element lagas och armeras vid behov.

Lösning liknande Ehrenströmsgatan.

<u>Yta på barriärer som beläggs med Redurite Body-Coat,</u>	<u>Totalt</u>	<u>255m²</u>
<u>Antal mindre skador och bom i barriärer</u>	<u>Totalt</u>	<u>377 st</u>
<u>Skador infästning av element liknande Ehrenströmsgatan</u>	<u>Totalt</u>	<u>120 st</u>

ÖVRIGA BYGGNADSARBETEN

Vatten läcker in i vp-rör från lyktstolpar. Åtgärd enligt diskussion vid förhandling. Lossning stolpe, frambilning vp-rör, borring dränering i fot och om-montering av fot.

P-däcket högtryckstvättas på utsida fasadelement.

<u>Yta som högtryckstvättas</u>	<u>Totalt</u>	<u>1000m²</u>
<u>Antal lyktstolpar som åtgärdas</u>	<u>Totalt</u>	<u>9 st</u>

KVALITETSSÄKRING

Densit-materialet är CE-märkta och tillverkningskontrollerat med certifierat kvalitetssäkringssystem enligt ISO 9001:2000.

Entreprenörens kvalitetsansvarige: Sune Sandqvist
Kontrollplan upprättas för kvalitetssäkring.

Arbetena kvalitetssäkras enligt Redurite-metodens kvalitetssäkringssystem och utförs med certifierad arbetskraft.

FÖRUTSÄTTNINGAR

- Tider:**
- Planering av entreprenaden förutsätts ske i samråd med beställaren.
 - Total byggtid ca 3,5 månader.
 - Byggstart 6 april.
 - Arbetena förutsätts kunna bedrivas i en tidsföljd.

Övrigt:

- Arbetena kommer att bedrivas etappvis. Vi förutsätter att arbetena kan bedrivas samtidigt på över- och undersida bjälklaget.
- Sidoentreprenader pågår samtidigt.
- Vi förutsätter att ytorna inom resp. etapp är avstādade och fria, så att ytorna kan bilas, blåstras och beläggas obrutna.
- Fri tillgång till ström (2st 63A) och vatten (min 30 l/min) .
- Att befintligt avloppssystem fungerar och kan användas av oss. Vi förutsätter att det är rensolat innan våra arbeten påbörjas och kommer att rensolas efter avslutat arbete.
- Att avfallscontainer 10 m³ kan uppställas i anslutning till arbetsområdet och där hämtas med lastbil.
- Att arbeten med hög ljudnivå eller störande moment kan ske vardagar 07⁰⁰-18⁰⁰.
- Att arbetena kan utföras vardagar 07⁰⁰ – 20⁰⁰.
- Beställaren aviserar berörda hyresgäster och lokaler i god tid innan arbetena påbörjas.

ERSÄTTNING

Ersättning enligt nedan med fast pris utan indexreglering baseras på mängder enligt ovan (se OMFATTNING, UPPSKATTADE MÄNGDER), samt på bifogade detaljer och beskrivningar.

Reparationsarbeten

Enligt anbud och beställning

REGLERBARA MÄNGDER, Å-PRISER.**ERSÄTTNING FÖR ÄNDRINGAR OCH TILLÄGGSARBETEN**

Tilläggsarbetena ska betalas enligt följande:

Material och arbete ska betalas enligt följande:

Arbete ska betalas enligt följande:

Material ska betalas enligt följande:

SÄRSKILD VARUGARANTI

- Enligt Densit A/S.

GARANTITID

- 5 år från garantitidens början, med avstämning efter 2 år. Gällande för reparation utförd enligt relationshandlingar.

BETALNING

- Betalning förutsätts ske månadsvis enligt betalningsplan.
- På ersättningar enligt ovan tillkommer lagstadgad mervärdesskatt.

GILTIGHET

Offertens giltighetstid är 90 dagar från utgåvdatum.

CHALMERS ANRUD OCH PROJEKTÖR 1060 Lagerströmsplatsen/Kvalitetsplan/KVALITETSPLAN

4 PROJEKTETS ORGANISATION

4.1 ENTREPRENADFORM

4.2 PROJEKTORGANISATION, ALLMÄN

Beställare: [REDACTED]
 Kontaktperson: Stefan Johansson
 tfn. [REDACTED]
 mob. [REDACTED]

Bygglidare: [REDACTED]
 Kontaktperson: [REDACTED]
 tfn. [REDACTED]
 mob. [REDACTED]

Kvalitetsansvarig för projektet
 [REDACTED] SBK AB
 tfn. [REDACTED]
 mob. [REDACTED]

Entreprenör
 [REDACTED] SBK AB
 tfn. [REDACTED]
 mob. [REDACTED]

4.3 PROJEKTORGANISATION, SPÄNNBALKKONSULT SBK AB

4.3.1 Projektledningsgrupp

[REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]

4.3.2 Byggarbetsplatsen

[REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]

[REDACTED]

5 BILAGOR

5.1 INFORMATION FRÅN SPÄNNBALKKONSULT

5.1.1 Produktinformationsblad

Produktinformationsblad för, Produktblad Densimac.

Produktblad Redurite Densitop MTD4 (T10), Redurite Sprutkeram (Ducorit 1000),

Redurite Body-Coat (Ducorit 1000).

5.1.2 ReduriteDetaljer

RD-1001, -1002, -2001, -2012, -4011, -6001, -6011, -6051, -8011, -8013,
8014.

5.1.3 ReduriteAnvisningar

RA-3D4, RA-25, RA-31, RA-41, RA-132.

5.2 PROTOKOLL FÖR EGENKONTROLL

I protokoll för egenkontroll införs en mängd data för det enskilda gjuttillfället, bl.a temperatur, förberedelser etc. Man för även in uppgifter som avviker från det normala samt signerar slutligen uppgifterna.

5.2.1 Reparationer

Ytor repareras med Redurite Ferromac, Redurite MTD4, Redurite Sprutkeram.

6.1 MILJÖPLAN

Totalentreprenörens miljöansvarige: Sune Sandqvist
Mobil.tfn:0709-356000

Inledning

Totalentreprenören kommer att hålla samordningsmöten med underentreprenörerna där beställarens miljökrav redovisas. Vid dessa möten redovisas även denna miljöplan. Mötena avser också att klarlägga:

- Krav på källsortering och hur detta skall ske i denna entreprenad.
- Vilka containrar som finns tillgängliga och vad som får slängas i vilka.
- Krav på minimering av buller.
- Vid anmodan från beställaren skall totalentreprenören lämna byggvarudeklaration för inbyggt material.

Arbetsfordon och övriga maskiner

Arbetsfordon och lastbilar drivs med "miljödiesel".

Tryckluftskompressorer till våtsandblästring eller vattenblästring drivs med miljödiesel.

Personbilar drivs med bensin.

Frontlastare och lastbilar har hydrauloljor anpassade till fordonen. Hydrauloljorna skall om möjligt vara vegetabiliska.

Handmaskiner och stålkulebläster är eldrivna.

Vid spill av olja eller diesel skall vätskan snarast städas upp med absorberande material.

För att förhindra spill mot mark, skall det finnas skyddstråg under diesel- och oljefat.

Arbetsmetodik

Störande och bullrande arbeten får utföras.

Målsättningen är att utföra arbetena så tyst som det är rimligt att göra.

Åtgärder på byggarbetsplatsen skall inriktas på att förhindra uppkomst av restprodukter.

Minimering av restprodukters uppkomst skall göras genom:

- konfektionering (måttbeställning) av byggmaterial
- spara (användbara) spillbitar från tillskärning som måste ske inom arbetsplatsen
- minimera mängden emballage.

Materialhantering

Samtliga material som levereras till arbetsplatsen kommer att förvaras torrt, inomhus, i låst utrymme, i bästa möjliga mån.

Rutinerna för materialhantering skall ha följande innehåll:

- Arbetsledare och ev. UE skall vara ansvariga för allt material inom resp. fackområde och skall genom regelbundna ronder inspektera att dessa förvaras och hanteras på ett tillfredsställande sätt.
- Material skall i största möjliga utsträckning upphandlas och avropas så att materialet direkt kan transporteras till montage- eller inbyggningsställe.

Skydd av material:

- Fuktkänsligt material samt material för inbyggnad som i förberedande syfte togs ut skall övertäckas mot nederbörd och skyddas för åverkan.
- Uppallning skall ske enligt fabrikantens anvisningar.
- Material skall skyddas mot smutsstänk.
- Material skall lagras så att det är åtkomligt. Omflyttningar skall undvikas i största möjliga omfattning.
- Transport med traktor, kran, kärra etc skall ske på sådant sätt att kantstötningar eller annan skada ej uppstår. Vidare skall fabrikantens anvisningar följas för transport och lagerhantering.

Om möjligt skall material levereras i returemballage.
Lastpallar returneras.

Källsortering och omhändertagande av avfall

Källsortering skall ske av:

- Brännbart material såsom trä, plast, kartong
- Metall
- Betong/stenspill
- Glas/armaturer
- Miljöfarligt avfall

SBK skall ange vilka typer avfallscontainrar som finns tillgängliga samt ange rutiner för källsortering så att arbetet flyter utan störning. SBK skall ange hur källsorterat material omhändertages. Sidoprenörer äger rätt att använda SBK:s containrar så länge det sker inom rimlig omfattning.

Arbetsplatsens disposition

Arbetsplatsen är så begränsad att dispositionsritning ej behövs.

Produktval

Varor, material som skall användas i entreprenaden skall vara miljödeklarerade. Återbrukbara eller återvinningsbara material och byggdelar föredras och prioriteras i följande rangordning:

1. Återanvändningsbar i sin helhet.
2. Återanvändningsbar som ny produkt.
3. Återanvändningsbar som energi.

Miljögranskning sker vid beställarens miljökontroll.

A.3 Slutbesiktning – Lagerströmsplatsen

PP-Projekt ab

1(2)

Slutbesiktning SB 1 Bygg
P-bolaget GBG
Lagerströmsplatsen
Bilaga Bygg
Projekt 0902

Bilaga till slutbesiktning bygg
Göteborgs Stads Parkeringsaktiebolag
Lagerströmsplatsen
Projekt 0902

Tid: 2009-07-03

Närvarande: P-bolaget

Fel: Fel markerad efter med:
B anger att BM anser beställaren ansvarig.
S anger att slutlig bedömning må anstå till senare besiktning.
U anger att utredning skall utföras av parterna gemensamt om ej annat framgår efter anmärkningen.

Generellt:

- ✓ 1. Avetablering kvarstår
- ✓ 2. Städning kvarstår
- ✓ 3. Spolning av avloppssystem skall utföras
- ✓ 4. Fasadelement utsida flammiga – högtrycksspolning kompletteras

Plan 1: *Kilar tillfog varannan*
Vägg norr och väster

- ✓ 5. Rostigt järn på fasadelement närmast port åtgärdas
- ✓ 6. "Skrotning" av sockel kompletteras
- 7. Lagnig av lyftöglor färdigställes **B**
- ✓ 8. Rostigt järn plats 266 åtgärdas
- 9. Fogskum borttages plats 234-235
- ✓ 10. P-platslinjer kompletteras **B**
- *Saxo längs sockel*
- Tak:**
- ✓ 11. Upplag för gallerdurk vid plats 209-210 och 220-221 åtgärdas **B**
- ✓ 12. Fastsättning av alla galler kompletteras **B**
- ✓ 13. P-platslinjer kompletteras **B**
- 14. Kilar till rännor återmonteras vid dilatationsfogar *varannan*
- 15. Lagnig i tak plats 195 slipas
- ✓ 16. Tråd i tak plats 196 borttages
- ✓ 17. Spikar i tak plats 181 och 193 borttages
- ✓ 18. Rensning mot vägg plats 219 utföres

PP-Projekt ab

2(2)

Plan 2:

- ✓ 19. Järn för fasthållning gallergrind demonteras och lagas
- ✓ 20. Blästersand mellan fasadelement borttages 82
- ✓ 21. Body-coat på fasadelement "skrotas"
- ✓ 22. Elstolpar monteras
- ✓ 23. Slipning utföres vid vissa brunnar
- ✓ 24. Slipning utföres vid efterlagningar
- ✓ 25. Tvättning utföres efter slipningar

Älvängen 2009-07-03


Pelle Pettersson
Besiktningsman

- färdig dörren enbart vid port bytas den andra "bländare"
- öck
- ✓ 80 elcentral 273
- 100 extremisa 273
- 100 till el
- ✓ 80 till vid postskåp 273
- 100 6vmslock 270 271 Ø240
~~207 ingår skift~~

Kabeln 250

- EL / 50t byta 2 plan
- Byta armaturer
- 1/2- elcentral
- Rensa kablar vid port dörren är
- 11- kabel 244 - 250 + balk 202 - Prosen center
- Bygga elcentral
- Nöddius

Måln + sockel
Kablar vid port
Nål röt vid apparatlokal
Armaturer i tak
Utgrävning

B.1 Konditions besiktning - Ehrenströmsgatan

[Redacted] Rapport-Statuskontroll	GÖTEBORGS STADS PARKERINGSAKTIEBOLAG PARKERINGSGARAGE EHRENSTRÖMSGATAN	Sida 4
	GÖTEBORG UNDERHÅLLSPLAN FASTIGHETSBSIKTNING	Uppdragsnr 8745801 Andr. Datum

BYGGNADSBESKRIVNING

BYGG

Byggnaden uppfördes runt 1979 som parkeringsgarage,

Parkeringsgaraget är uppfört i fyra plan med plan 4 öppet.
Stommen är utförd med prefabricerade betongpelare och spännbalksystem.

Bjälklagen är utförda av platsgjuten betong.

Sockel av målade betong och väggelementen är betongelement som är målade på insida och har en beklädnad av dansk sjösten på utsida. I väggöppningar sitter målade träspaljéer.

Beläggningar i kör- och parkeringsfält är i plan 1 och del av plan 2 asfalt, samt i plan 2, 3 och 4 av betong.

Trapphus med väggar av målade fasadpartier i aluminium. Tak av korrugerad plåt. Hängrännor och stuprör av aluminium med utkastare på plan 4.
Invändig spiraltrappa i prefabricerad betong samt vilplan i betong.
Räcke och handledare av målat stål.

VVS

Fastigheten är ansluten till kommunalt avlopp.

Dag-/spillvattenledningar utförda i plastutförande.

Bensin-/oljeavskiljare saknas.

Inom parkeringsgaraget finns inga tappvattenställen.

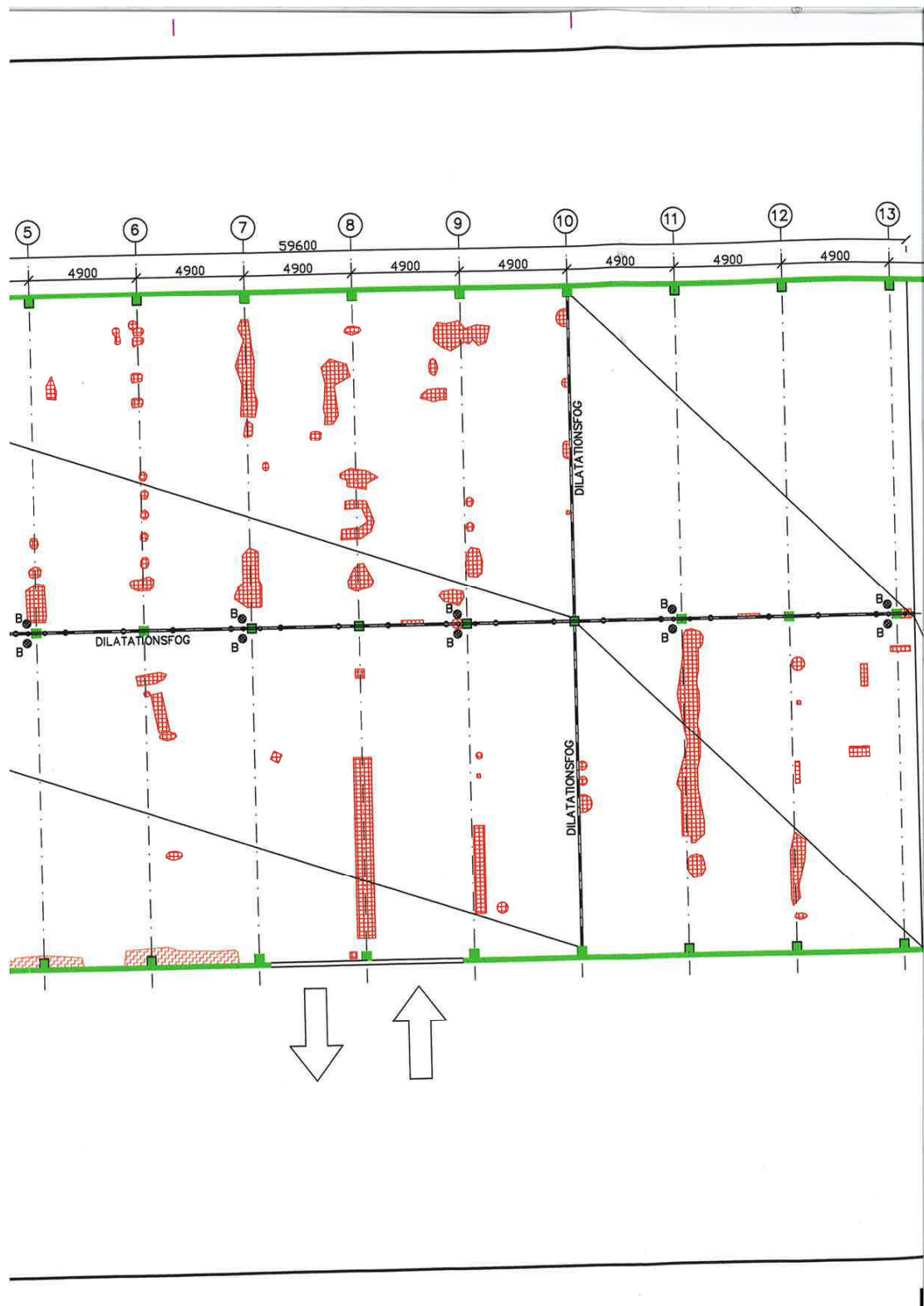
Parkeringsgaraget är ouppvämt.

Mekanisk frånluftsventilering av garageplan 1 och 2.

Statusinventering av VVS-installationer är utförd för garageplan 1, 2 och 3.

c:\users\admin\google drive\chalmers\examensarbete\undersökning-parkeringsdock\ehrenström/konditionsbesiktning_ehrenströmsgatan.doc

B.2 Relationsritningar - Ehrenströmsgatan



FÖRKLARINGAR

 = PELARE

 = BRUNN



ANGER SKADOR REPARERADE MED
REDURITE DENSIMAC.
ENLIGT RD-2012.

ANTAL SKADOR: 91 ST
TOTALAREA: 51 m²

ETAPP 5-8

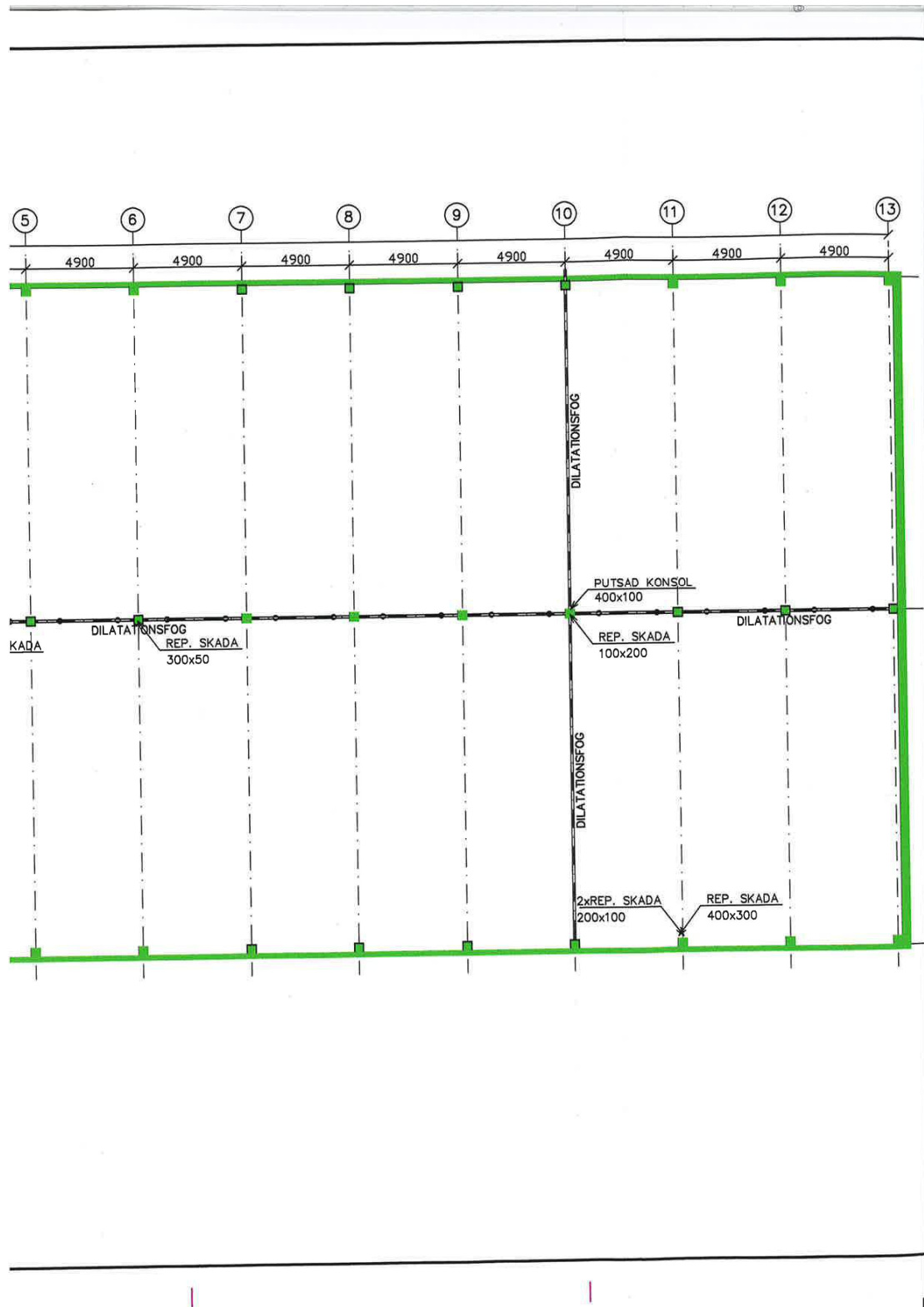
= YTOR BELAGDA MED
REDURITE MT ENLIGT RD-1002.

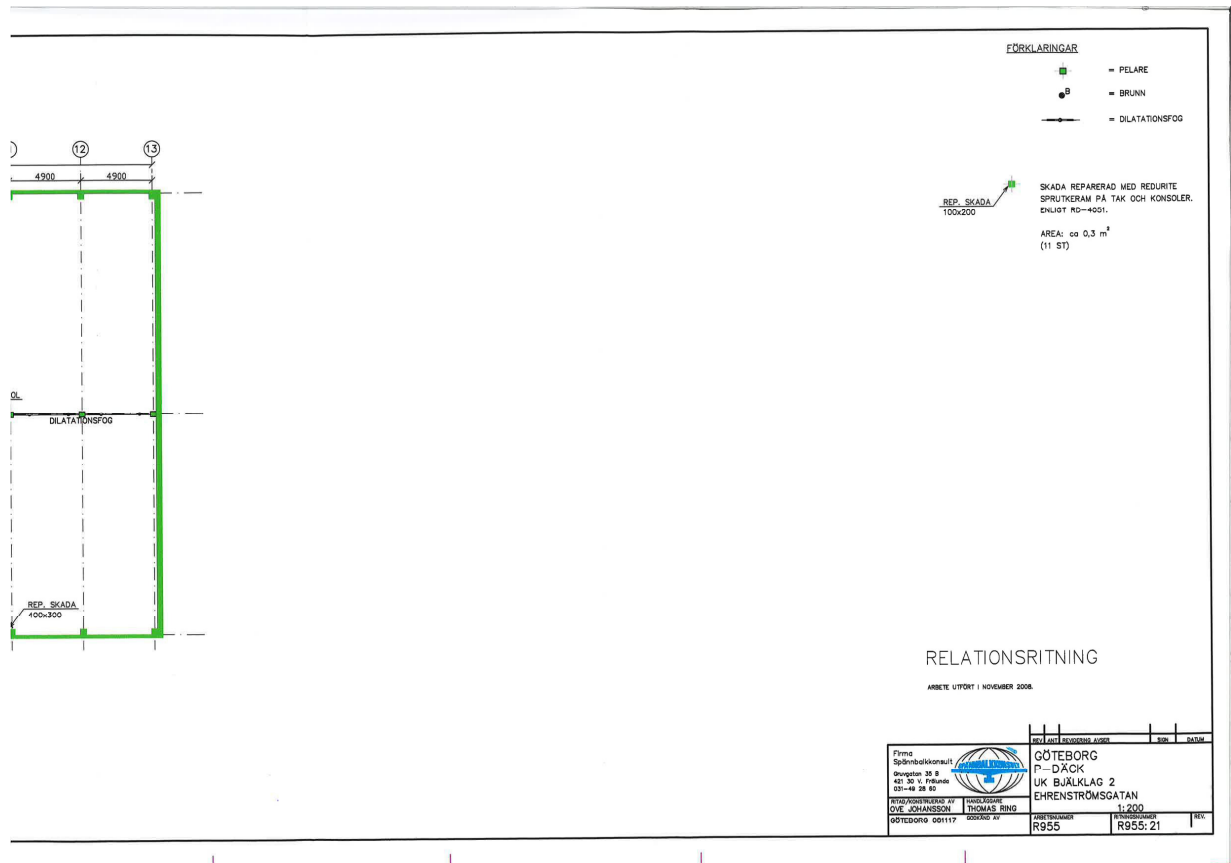
ANTAL ETAPPER: 4 ST
TOTALYTA: CA 1812 m²



ANGER FROSTSKADAT OMRÅDE.
YTOR OMLAGDA 2009-02-24 MED
REDURITE MT ENLIGT RD-1002.

ARBETE UTFÖRT VINTERN 2009





- FÖRKLÄRINGAR
- = PELARE
 - = BRUNN
 - = DILATIONSFOG

REP. SKADA
100x200

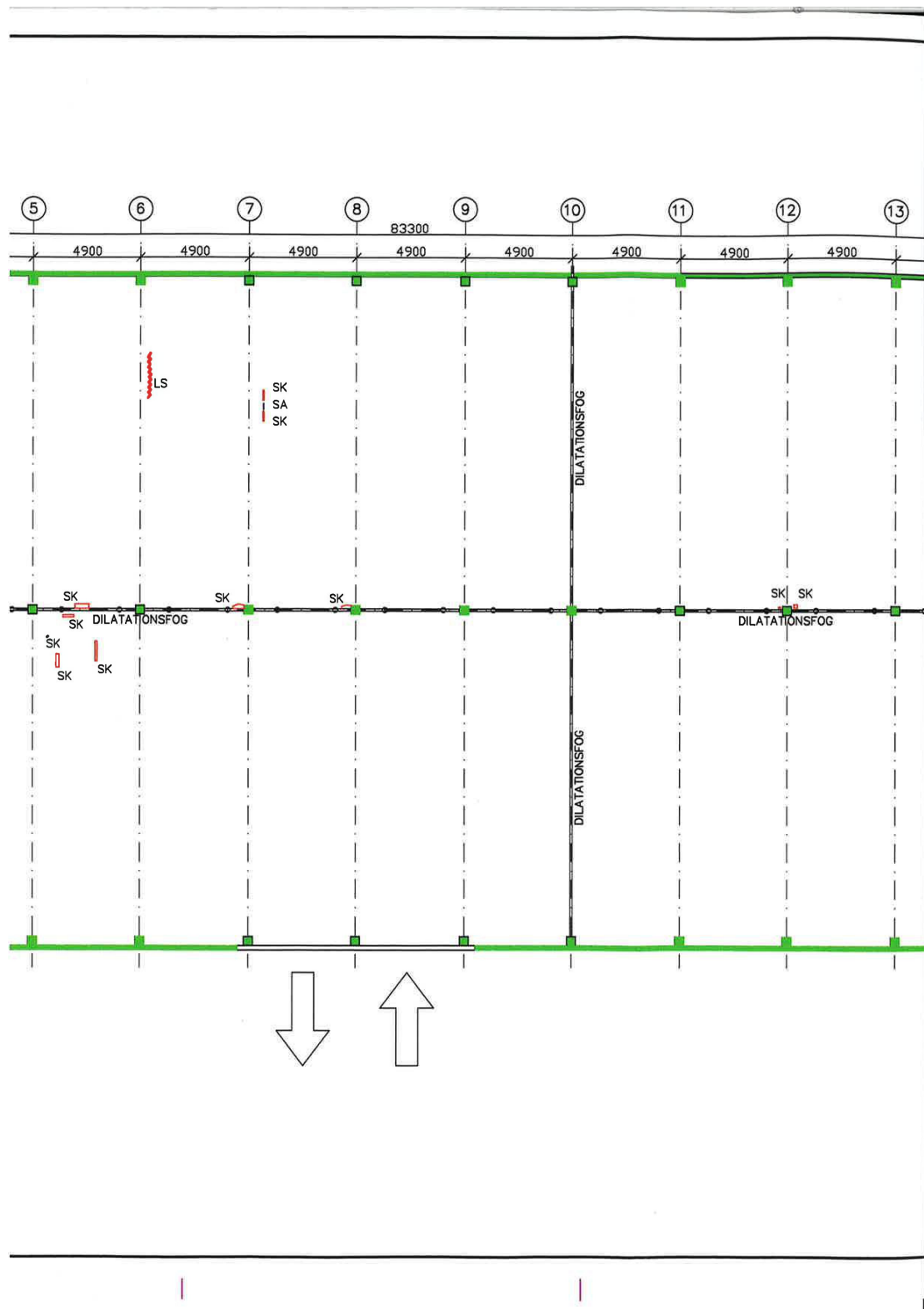
SKADA REPARERAD MED REDURITE
SPRUTKERAM PA TAK OCH KONSOLER.
ENLIGT MD-4051.

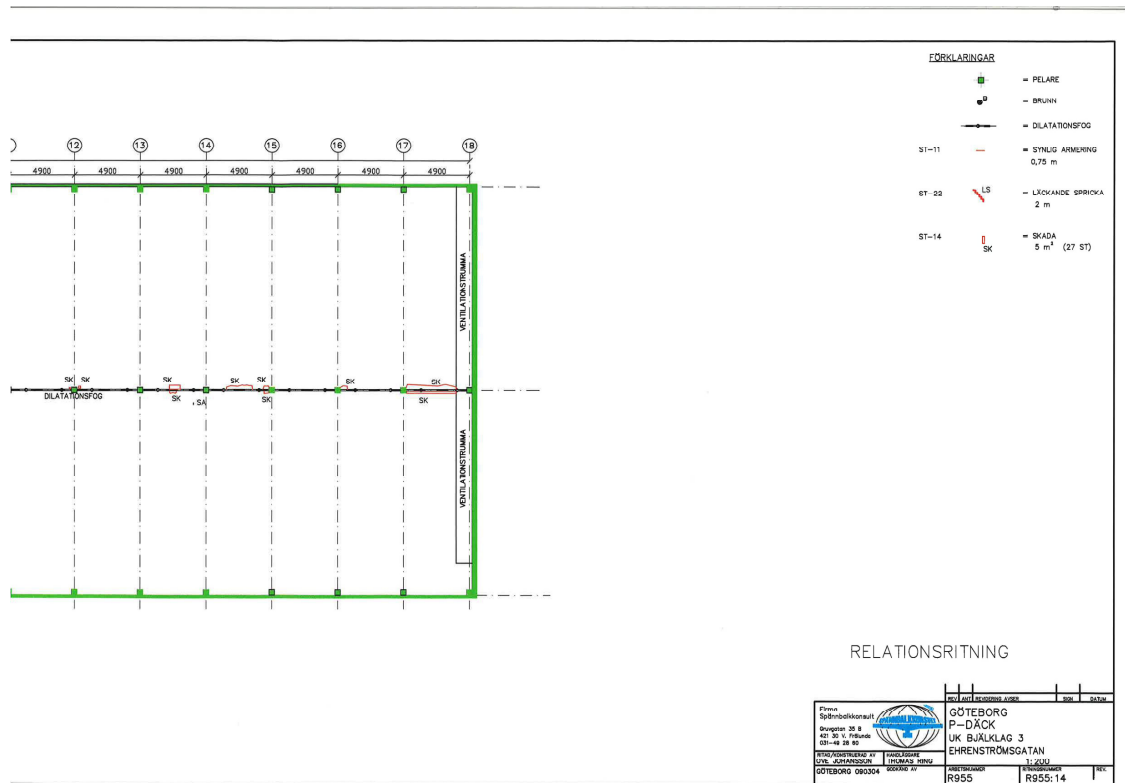
AREA: ca 0,3 m²
(11 ST)

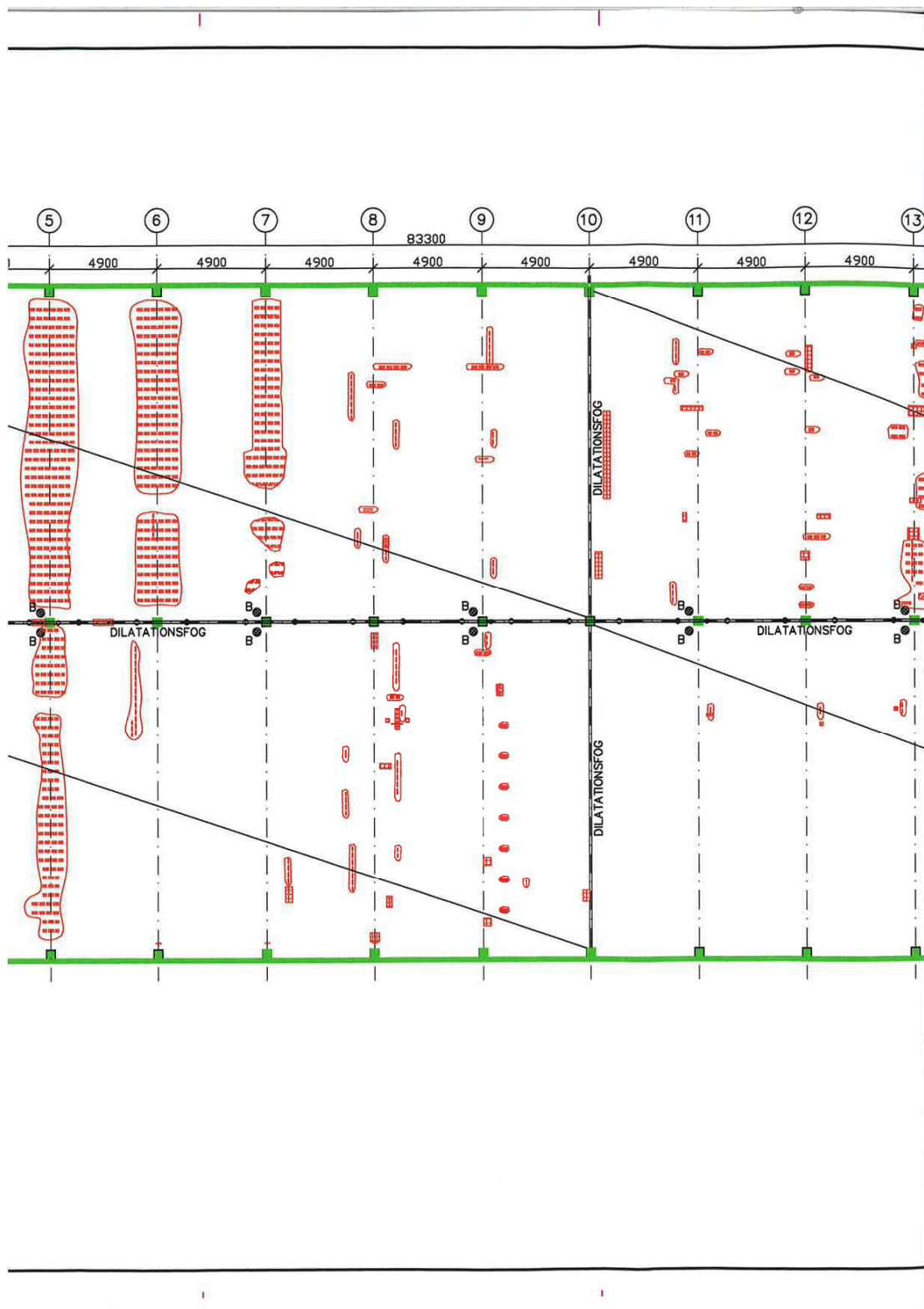
RELATIONSRTNING

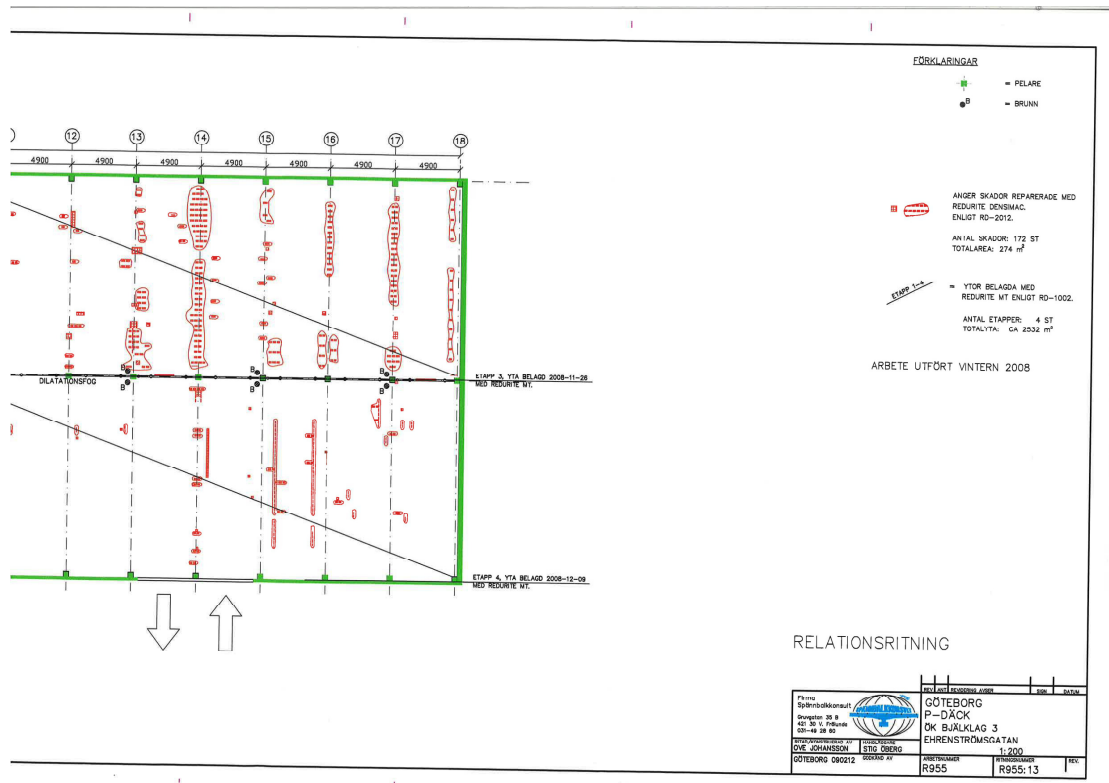
ARBETE UTTORT I NOVEMBER 2008

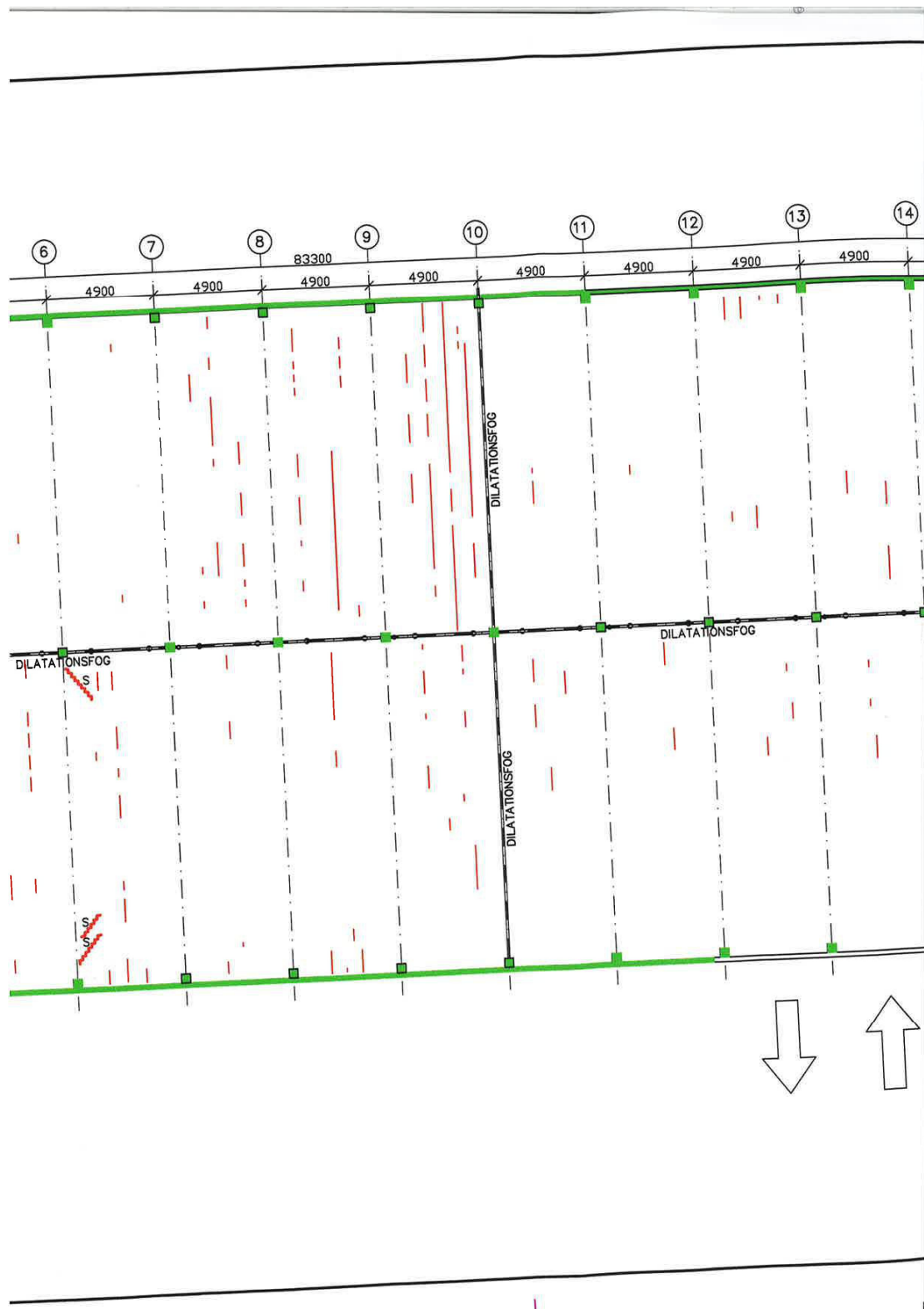
Firma Sjöbäckskonsult Gröngatan 35 B 411 30 V. Finska 031-48 28 80			GÖTEBORG P-DÄCK UK BJÄLKLAG 2 EHRENSTRÖMSGATAN	
PROJEKTERAD AV OVE JOHANSSON			TILLRÄDD AV THOMAS RING	
GÖTEBORG 061117 002000 AV		ARBETSNUMMER R955	RITNINGEN R955: 21	RIT.

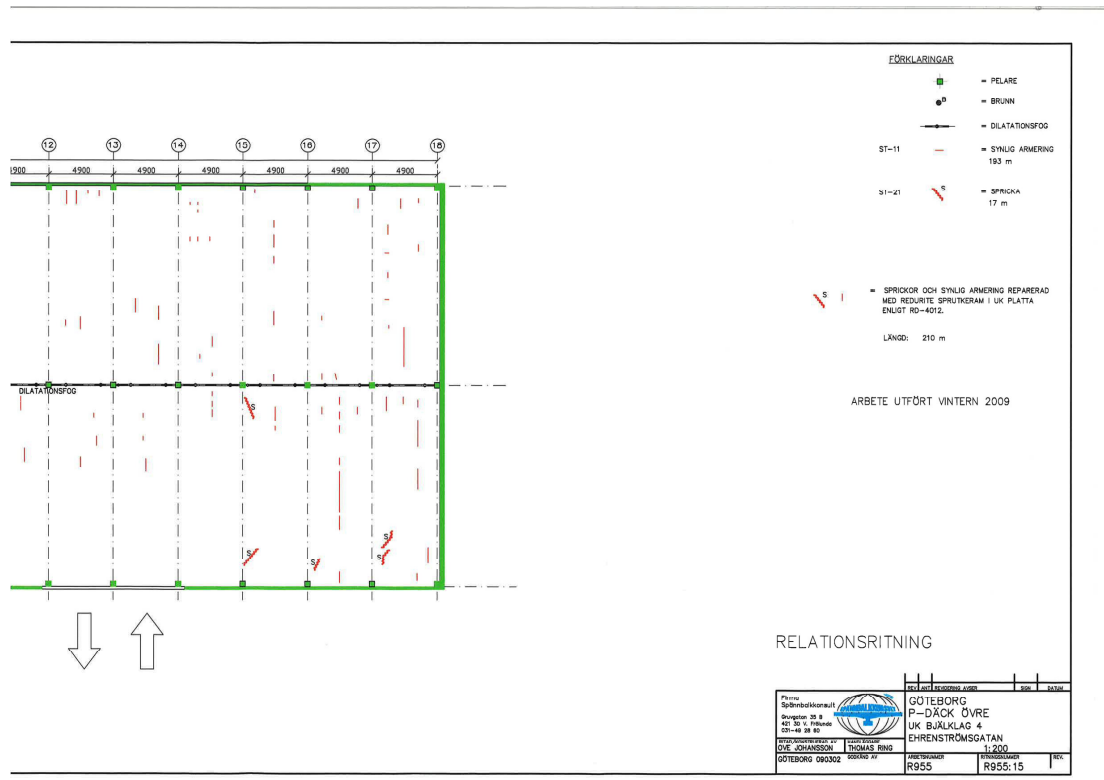


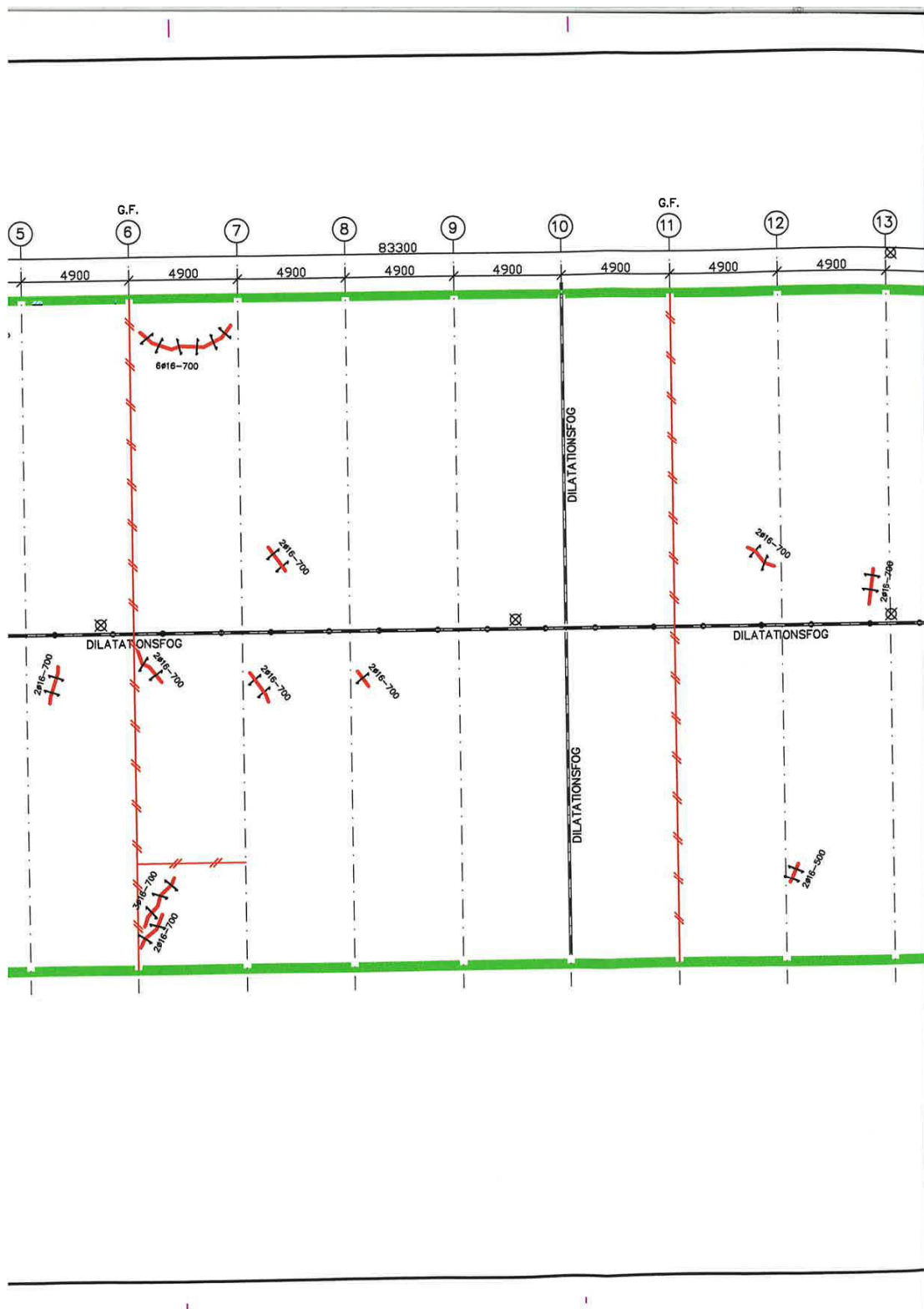


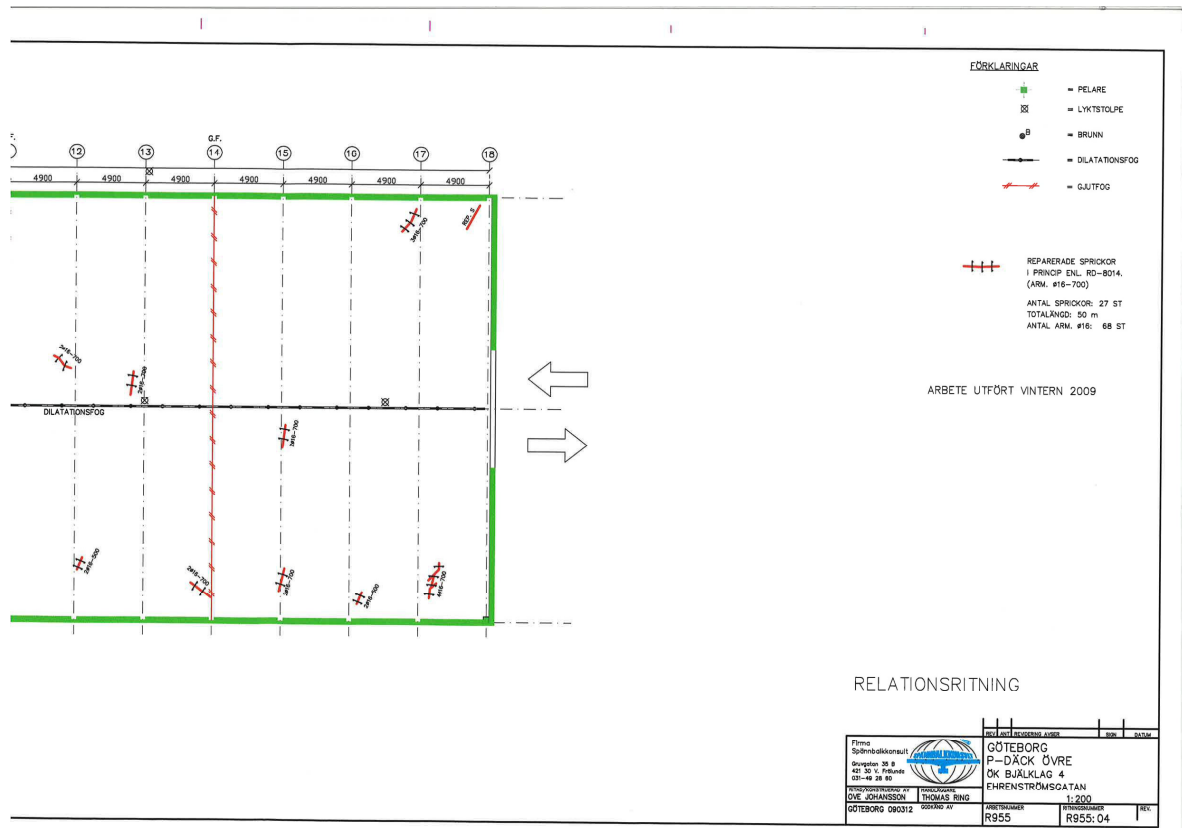












Protokoll för egenkontroll

Ytbeläggning med Redurite T10 S.

Projekt: R:955 Elektroströmningen

Se även Reduriteanvisningar RA-3.

Etapp nr: I Plan 3 mellan linje 1-K:A-B

Area: ca 670 m²

Väder/ventilation: inåskt. inomhus,
infrä

Lufttemperatur: ca 6°C

MATERIALÅTGÅNG

LLT
Basic: 7.500 kg
Skad 1-3: 2.800 kg
Prim: 550 kg
Skad 4+ = 1.200 kg
ca: 15 kg/m² - LLT

Start Datum	Åtgärd (markeras på ritningar)	Slut Datum	Kommentar	Kontroll Sign.
081013	Blästring/fräsning	081020	Stålkuleblästring flertal djupfåror (syratfrys)	
081106	Högtryckstvättning, vattning.	081110	OK.	
081110	Vattendammsugning	081110	OK.	
081006	Kontroll före gjutning: Sprickor rörelse-fixerade, ev. svackor, erforderliga fall, komp.arm., uppgjutningar, anslutningar mot brunnar, kanter, fogar m.m	081110	OK. Skador märkade, se rel. ritn. Generande hög-luftitet "Gropst" Uteje 1-5.	
081110	Kontroll under gjutning: "vätt i vätt", priming, konsistens och tjocklek på beläggningen, anslutning i gjutfogar, ytbehandling m.m	081110	OK	
081110	Ytbehandling (sand/ ...)	8.11.11	utan sandad utan utströdd 081112-14	

*Slutkontroll (Se baksida)

Protokoll för egenkontroll

Beläggning med Redurite Densimac.

Projekt: 3:955 Elvåstombsg.

Se även Reduriteanvisningar RA-41.

Ettapp nr: 1 skador plan 3 mellan linje

Area: ca: 100 m²

Väder/ventilation: molnigt, ingen vent.

Lufttemperatur: ca: 10°C

MATERIALÅTGÅNG

Densiphalt: 18 x 25 kg = 450 kg

Prim: 4 x 25 kg = 100 kg

Primering: 100 kg

Start Datum	Åtgärd (markeras på ritningar)	Slut Datum	Kommentar	Kontroll Sign.
081013	Blästring/fräsning/bilning	081024		
081024	Högtryckstvättning, vattning.	081027		
081027	Vattendammsugning	081027		
081013	Kontroll före gjutning: Förbehandling, sprickor rörelse-fixerade	081027		
081027	Kontroll under gjutning I: "vätt i vätt", priming, konsistens och tjocklek på Densimac-betongen, anslutning, ytbehandlingen	081027	OK	<i>[Signature]</i>
081031	Kontroll under gjutning II: Konsistens, förbrukning av Densiphaltbruk, utfyllnad, sandning.	081031	OK	<i>[Signature]</i>
081031	Efter gjutning: Ytjämnhet och lutningar bedöms efter ställda krav.	08110		
	Ev. toppskikt.			

*Slutkontroll (Se baksida)

[Signature]

Protokoll för egenkontroll

Ytbeläggning med Redurite Body-Coat.

Projekt: Ehuvuds väggen R.955 Trapphus

Se även Reduriteanvisningar RA-31.

MATERIALÅTGÅNG



Ettapp nr: Hela mellan linje

Se Redurite 1000-CC ~~1000~~ Kg
150

Area: m²

Väder/ventilation:

Lufttemperatur: ca 7°C

Start Datum	Åtgärd (markeras på ritningar)	Slut Datum	Kommentar	Kontroll Sign.
081103	Blästring	081103		
081107 090107	Högtryckstvättning	090108		
090107	Vattning	090108		
091107	Kontroll före sprutning: Förbehandling, sprickor rörelsefixerade	091211	Skador och ojämna ytor lagade.	
090108	Kontroll under utförandet: Betongytan fuktmättad, konsistens och tjocklek på beläggningen, anslutningar, ytbehandlingen, sprutning av ev. andra skikt vid rätt tidpunkt	090108	OK	
090112	Efter utförandet: Ytan bedöms efter erforderliga krav	090112		
090109	Ytbehandling (vax/plastfolie hög luftfuktighet)	090115	1-5 Luftfuktighet tillsträvt.	
	Rengöring av ev. nerstänkta ytor direkt efter sprutning			

* Slutkontroll (se bilaga)

Protokoll för egenkontroll

Reparation av lokal skada med Redurite sprutkeram Ducorit 1000.

Projekt: *Elektronikmagasin RA55... Lsgning*

Se även Reduriteanvisningar RA-25.

MATERIALÅTGÅNG

Ettapp nr: *Toppa* mellan linje

*S. Binder + ca 150 kg
S. Sand 1000 ca 150 kg*

Area: _____ m²

Väder/ventilation: _____

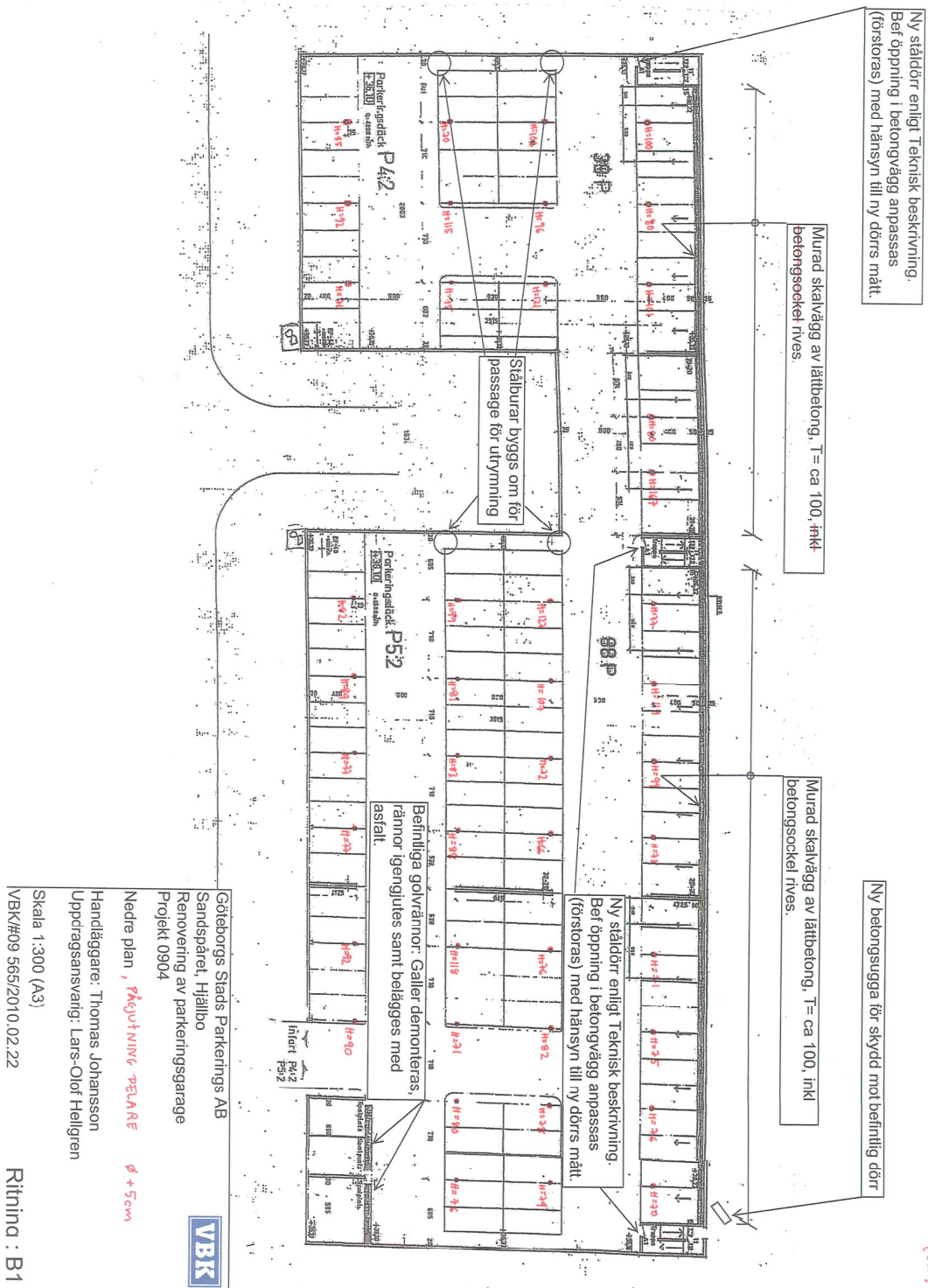
Lufttemperatur: *2-10°C*

Start Datum	Åtgärd (markeras på ritningar)	Slut Datum	Kommentar	Kontroll Sign.
<i>081020</i>	Bilning/blästring	<i>081021</i>		
<i>081103</i>	Högtryckstvättning			
<i>081103</i>	Vattning			
<i>081107</i>	Kontroll före gjutning: Sprickor rörelse-fixerade, ev. kompl. armering	<i>081107</i>		
<i>081107</i>	Kontroll under gjutning: Fuktmättad betongyta, primning, konsistens och tjocklek på beläggningen, brädrivning, stålslipning	<i>081211</i>	<i>Skadade ytor lagade. C, samma ytor pansade.</i>	
<i>081217</i>	Ytbehandling (vax/plastfolie/sandmättad yta/ hög luftfuktighet)	<i>081211</i>	<i>Skadad yta för bättre vidhäftning.</i>	

*Slutkontroll (Se baksida)

edg

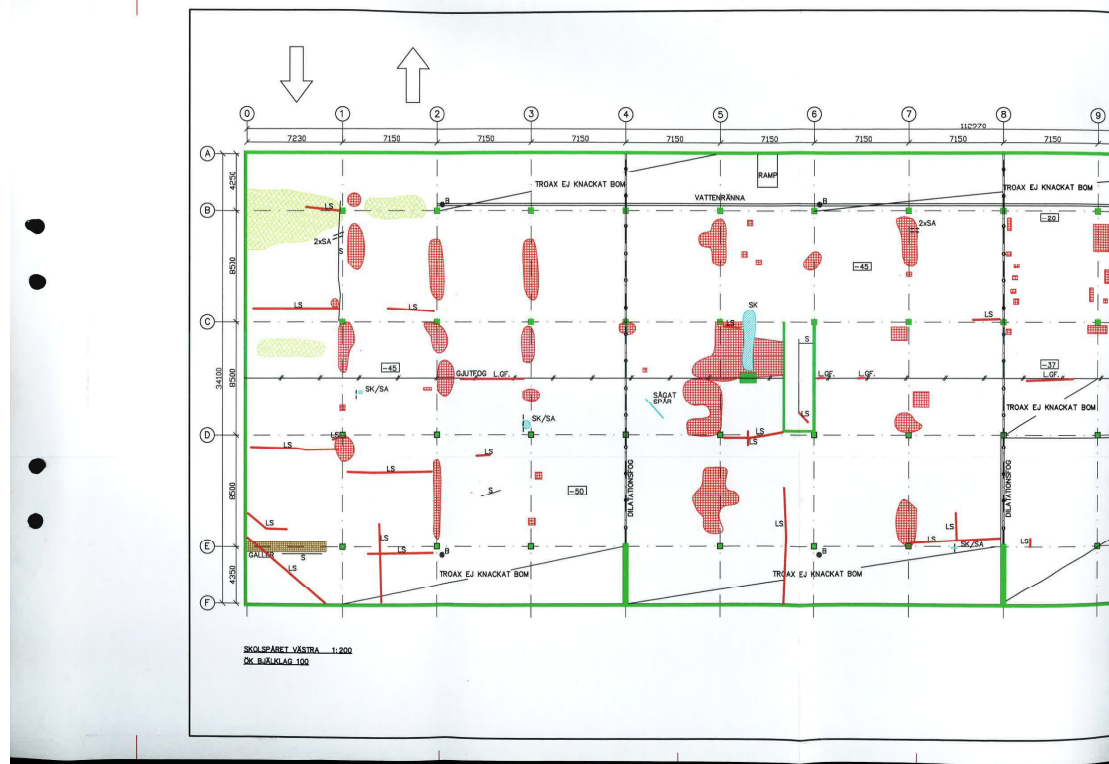
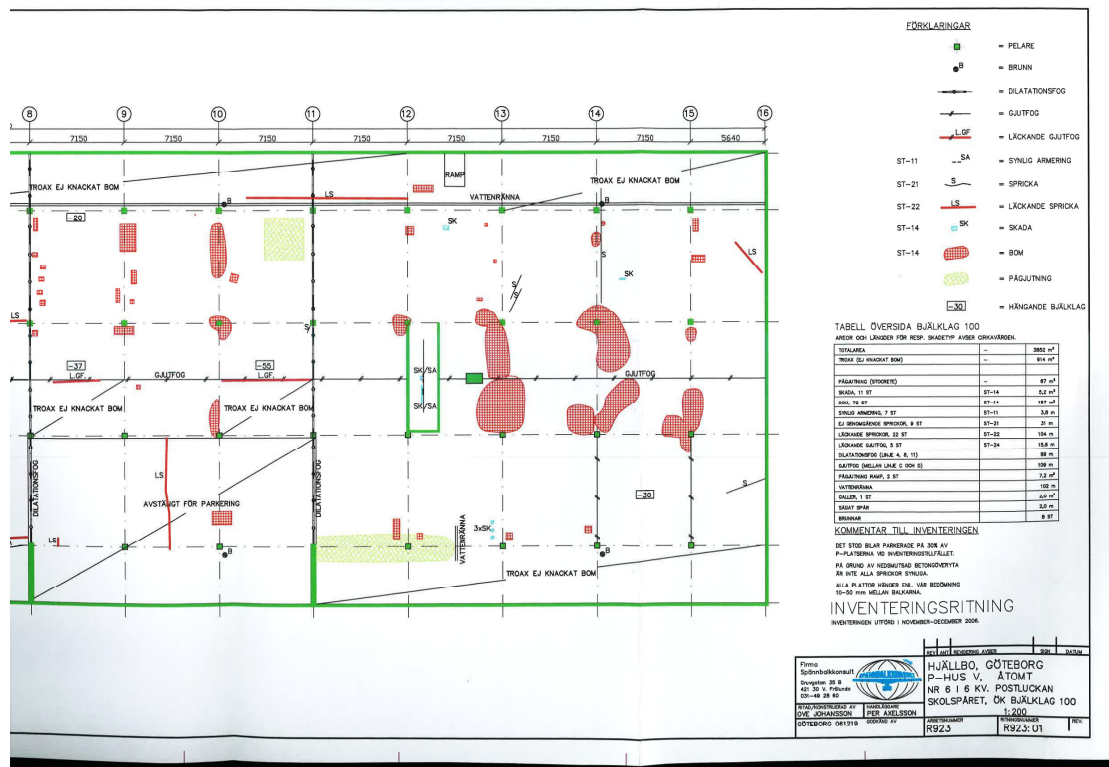
C.2 Relationsritningar - Sandspåret

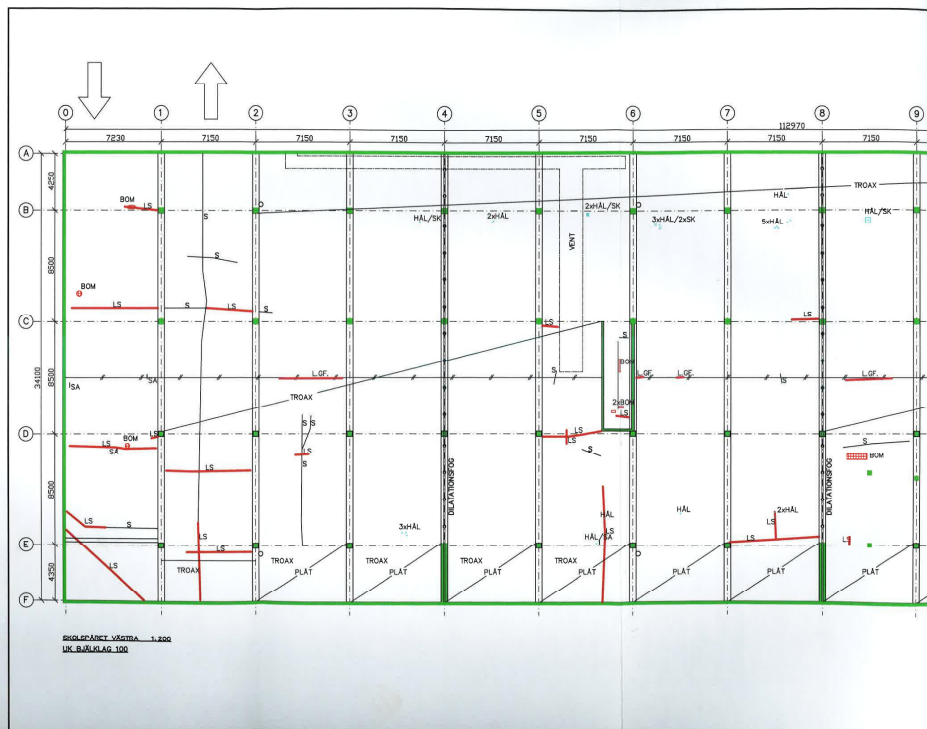
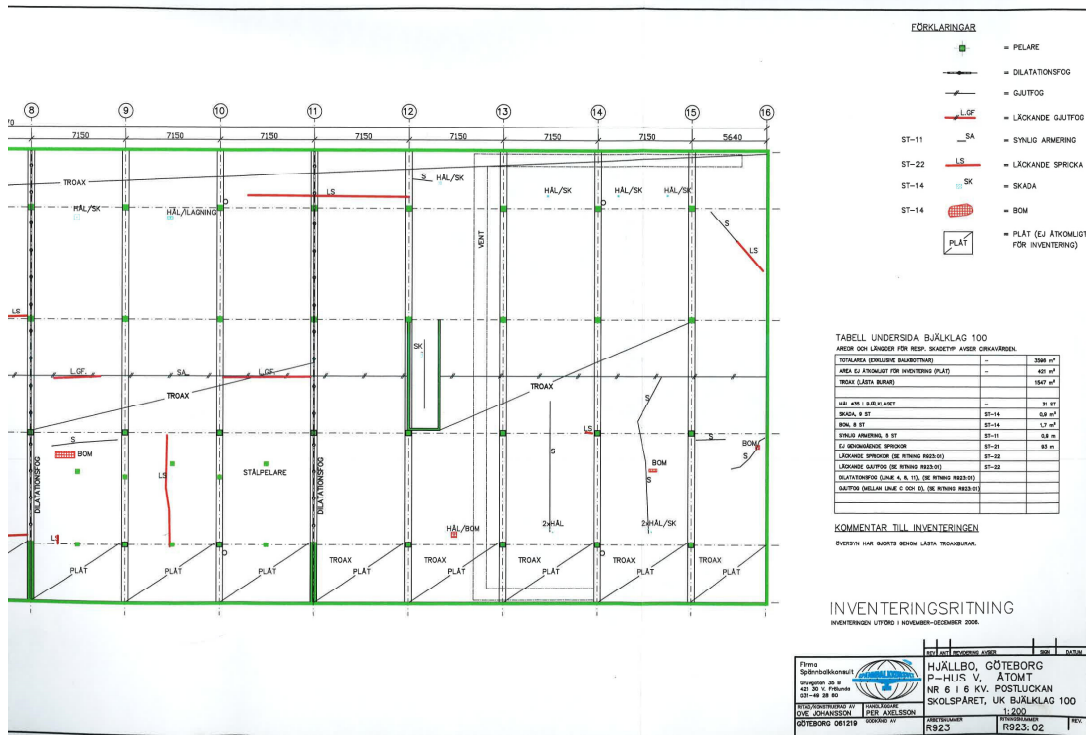


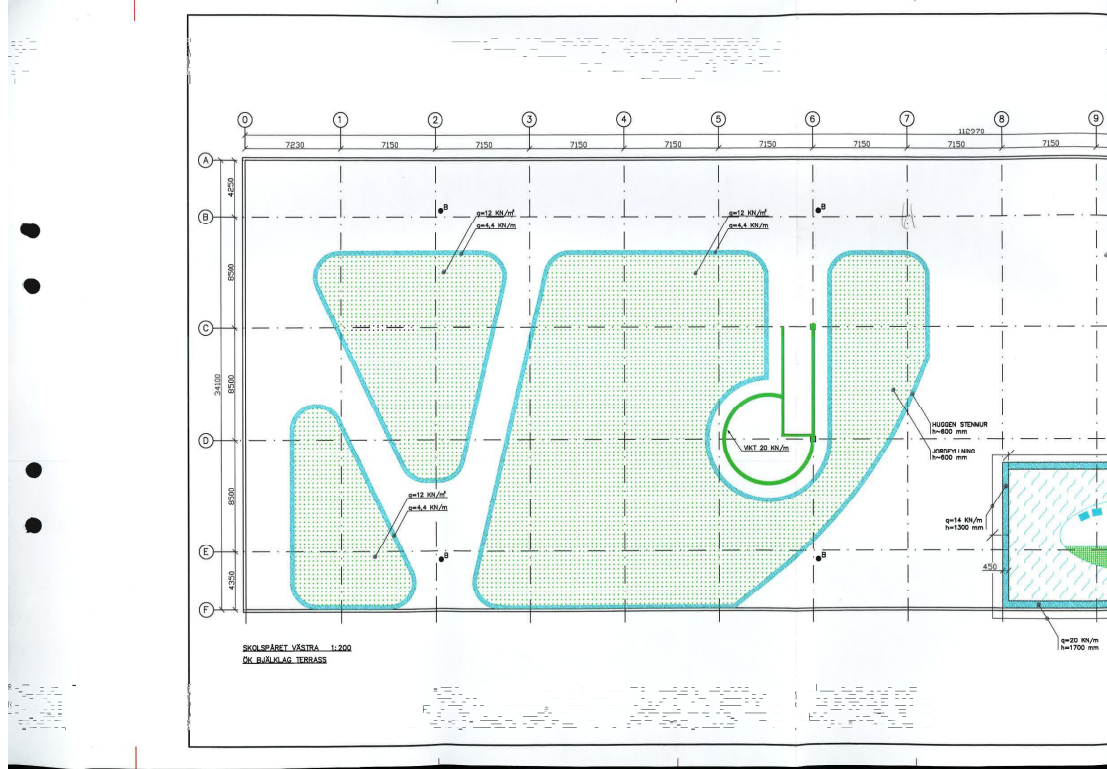
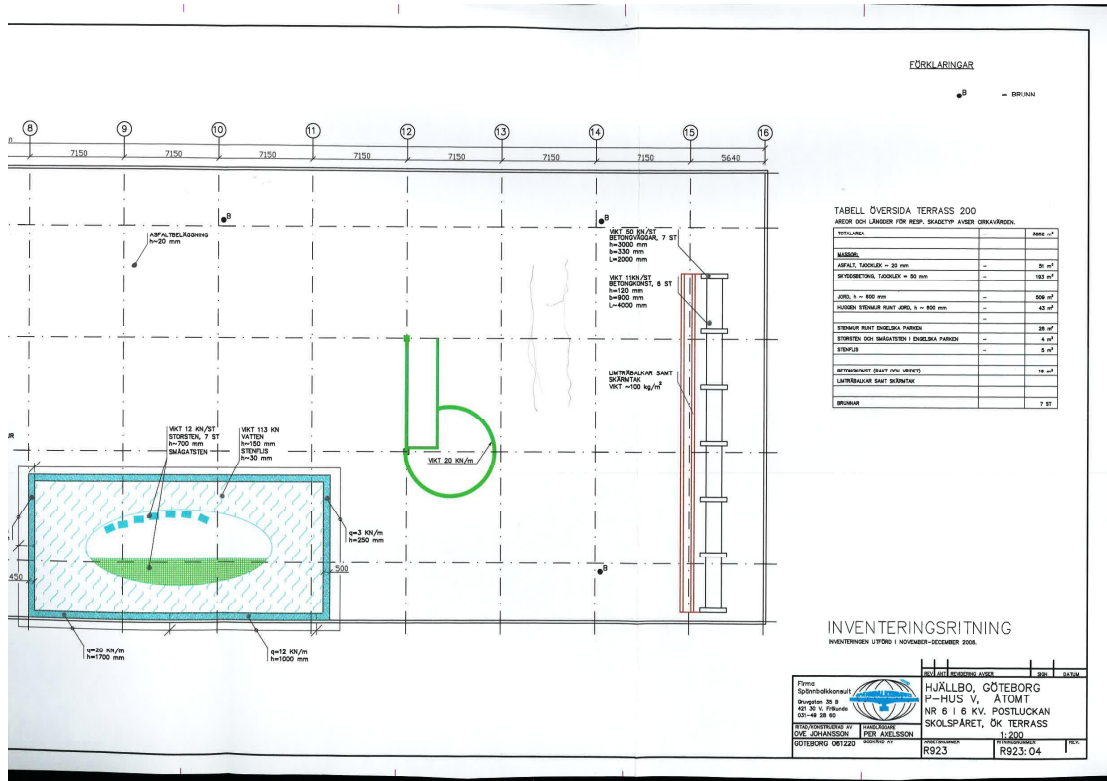
C.3 Arbetsberedning - Sandspåret

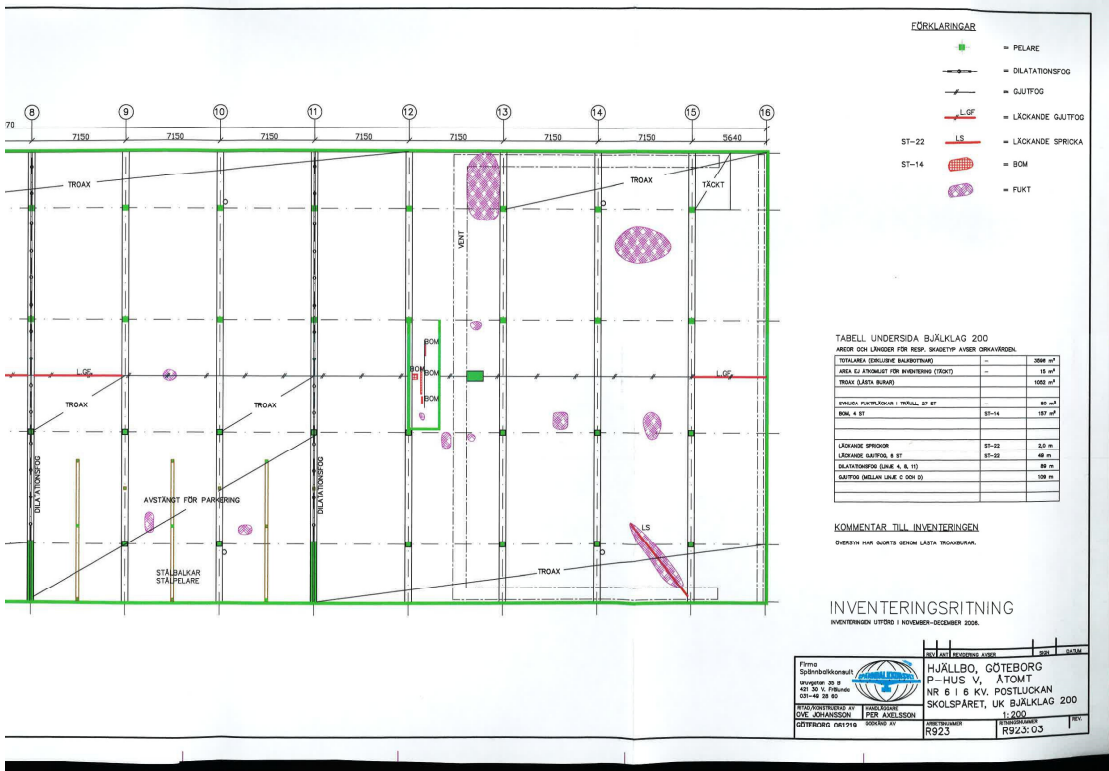
Beredning av motgjutningsytor				
Kritiska moment				
Urval skadade ytor, vidhäftning, ev skjuvkrafter i vertikala gjutfogar				
Resurser				
Yrkesarbetare				
Vattenbilningsutrustning, blästerutrustning, högtryckstvätt, bobcat mm				
Material				
Armering samt fabriksbetong				
Förutsättningar, arbetsgång samt utförande				
<i>Förutsättningar</i>				
Betongytor:	Ren och yttorr			
	Temp > +5°C			
<i>Arbetsgång samt utförande</i>				
1	Identifiering av ytor som skall åtgärdas			
	Befintlig betong skall inte vara urlakad, vittrad eller spjälkad i sådan omfattning att konstruktionens funktion är nedsatt. Ytor som innehåller betong där kraven enligt ovan inte uppfylls skall utskiftas. För att bedöma vilka ytor som skall åtgärdas skall bjälklaget okulärbesiktigas, bomknackas och provbilning skall ske på utvalda ytor. Arbeten med identifiering skall utföras av sakkunnig personal i samråd med beställens representant.			
2	Borttagning av skadad betong			
	Borttagning av skadad betong skall företrädesvis ske med selektiv vattenbilningsutrustning. Utrustningen kalibreras med avseende på bilningsdjup samt motgjutningsytans utseende. Avstånd mellan motgjutningsyta och armering skall vara minst 10mm. Även oskadad betong kan behöva avlägsnas för att kunna utskifta skadad armering, omlottläggning kräver skarvlängd 50 x armeringens diameter.			
3	Utskifte av armering			
	Skadad armering ska kompletteras med ny armering. Ny armering skall antingen skarvas genom omlottläggning eller borras och gjutas fast. Beakta skarvlängd enligt punkt 2 ovan.			
4	Rengöring av motgjutningsyta			
	Motgjutningsytan skall vara väl rengjord och fri från bilningsrester, cementhud och föroreningar som damm, smuts, olja, blästermedel etc. Rengöring skall ske genom spolning med högt tryck och flöde. I vissa fall kan ytan behöva en förnyad rengöring före gjutning genom blästring eller högtryckstvättning följt av renblåsning.			
5	Gjutning			
	Motgjutningsytan skall förvattnas men fritt vatten får inte förekomma vid gjutningstillfället. Betong väljs med utgångspunkt från befintlig betongkvalitet och stenstorlek välj med hänsyn taget till aktuellt bilningsdjup. Beakta behovet av efterbehandling i form av täckning och eftervattning för att minimera sprickrisk.			
Kontrollkrav				
Se egenkontrollplan samt checklista betonggjutning				

D.1 Inventeringsritningar - Skolspåret









D.2 Skadeförteckningar - Skolspåret

TABELL TRAPPHUS LINJE 6 (EJ MED PÅ RITNING)

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

AREA VÄGGAR 100 OCH 200	–	288 m ²
2 TRAPPOR (ÖVERSIDA, UNDERSIDA, VAGNSIDA)	–	46 m ²
MÅLAD YTA	–	170 m ²
SKADA, 1 ST	Jmf ST-61/B	0,01 m ²
SYNLIG ARMERING, 1 ST	ST-61/D	0,1 m
SPRICKOR, 3 ST	ST-61/A	5,6 m
LÄCKANDE SPRICKA , 1 ST	ST-61/A	1,7 m

TABELL TRAPPHUS LINJE 12 (EJ MED PÅ RITNING)

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

AREA VÄGGAR 100 OCH 200	–	288 m ²
2 TRAPPOR (ÖVERSIDA, UNDERSIDA, VAGNSIDA)	–	46 m ²
MÅLAD YTA	–	170 m ²
SKADA, 13 ST	Jmf ST-61/B	0,34 m ²
BOM, 3 ST	Jmf ST-61/C	0,12 m ²
SYNLIG ARMERING, 2 ST	ST-61/D	0,45 m
SPRICKA, 1 ST	ST-61/A	2,0 m
LÄCKANDE SPRICKOR, 2 ST	ST-61/A	1,3 m

SE RIT. R923:05

TABELL PELARE 200 (EJ MED PÅ RITNING)

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

AREA PELARE 400x400, h=2100	–	192 m ²
SKYMD AREA (EJ ÅTKOMLIG FÖR INVENTERING)	–	23 m ²
SKADA, 2 ST	Jmf ST-41	0,02 m ²
BOM, 24 ST	Jmf ST-41	1,0 m ²
SYNLIG ARMERING, 1 ST	ST-42	0,05 m
IGENGJUTEN DILATATIONSFOG ANGES PER SIDA		38 m

TABELL PELARE 100 (EJ MED PÅ RITNING)

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

AREA PELARE 400x400, h=2200	–	201 m ²
SKYMD AREA (EJ ÅTKOMLIG FÖR INVENTERING)	–	25 m ²
MÅLAD YTA, 4 ST PELARE	–	14 m ²
SKADA, 2 ST	Jmf ST-41	0,1 m ²
BOM, 4 ST	Jmf ST-41	0,2 m ²
SYNLIG ARMERING, 2 ST	ST-42	0,2 m
IGENGJUTEN DILATATIONSFOG ANGES PER SIDA		40 m

SE RIT. R923:05

TABELL BALKAR 200 (EJ MED PÅ RITNING)

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

AREA SYNLIGA BALKBOTTNAR $b=500$, 15 ST	–	249 m ²
AREA BALKSIDOR $s=600$, 30 ST	–	614 m ²
MÅLAD YTA	–	4 m ²
SKADA, 2 ST	Jmf ST-11	0,1 m ²
BOM, 1 ST	Jmf ST-11	0,1 m ²
SYNLIG ARMERING, 2 ST	Jmf ST-11	0,6 m
SPRICKOR, 25 ST	ST-51	14 m
IGENGJUTEN DILATIONSFOG		89 m
LÄCKANDE SAMT ROSTANGRIPE DILATIONSFOG		89 m

TABELL BALKAR 100 (EJ MED PÅ RITNING)

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

AREA SYNLIGA BALKBOTTNAR $b=500$, 15 ST	–	249 m ²
AREA BALKSIDOR $s=400$, 30 ST	–	409 m ²
AREA EJ ÅTKOMLIG FÖR INVENTERING	–	4 m ²
MÅLAD YTA	–	4 m ²
BOM, 3 ST	Jmf ST-11	0,2 m ²
SPRICKOR, 1 ST	ST-51	1,3 m
IGENGJUTEN DILATIONSFOG		89 m
LÄCKANDE SAMT ROSTANGRIPE DILATIONSFOG		89 m

SE RIT. R923:05

TABELL VÄGGAR 200

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

TOTALAREA	–	783 m ²
AREA EJ ÅTKOMLIGT FÖR INVENTERING	–	31 m ²
TRÄULL	–	28 m ²
SKADA, 1 ST	Jmf ST-61/B	0,2 m ²
BOM, 2 ST	Jmf ST-61/C	0,2 m ²
SYNLIG ARMERING, 1 ST	ST-61/D	0,1 m
SPRICKOR, 28 ST	ST-61/A	93 m
SPRUCKEN GJUTFOG	ST-61/H	2,7 m
GJUTFOG	ST-61/I	2,7 m
KONSOLER I LINJE A		15 ST
SKADADE KONSOLER		5 ST
SVÅRT SKADADE KONSOLER		1 ST
LÄCKAGE VÄGG	Jmf ST-24	21 m

TABELL VÄGGAR 100

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

TOTALAREA	–	754 m ²
AREA EJ ÅTKOMLIGT FÖR INVENTERING	–	26 m ²
MÅLAD YTA	–	44 m ²
BOM, 1 ST	Jmf ST-61/C	5 m ²
SYNLIG ARMERING, 31 ST	ST-61/D	39 m
SPRICKOR, 5 ST	ST-61/A	12 m
SPRUCKEN GJUTFOG	ST-61/H	5,2 m
GJUTFOG	ST-61/I	2,6 m
KONSOLER I LINJE A		15 ST
SKADADE KONSOLER		5 ST
SVÅRT SKADADE KONSOLER		1 ST
LÄCKAGE VÄGG	Jmf ST-24	14 m

SE RIT, R 923:05

TABELL ÖVERSIDA TERRASS 200

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

TOTALAREA	–	3852 m ²
MASSOR:		
ASFALT, TJOCKLEK ~ 20 mm	–	51 m ³
SKYDDSBETONG, TJOCKLEK = 50 mm	–	193 m ³
JORD, h ~ 600 mm	–	509 m ³
HUGGEN STENMUR RUNT JORD, h ~ 600 mm	–	43 m ³
	–	
STENMUR RUNT ENGELSKA PARKEN		26 m ³
STORSTEN OCH SMÅGATSTEN I ENGELSKA PARKEN	–	4 m ³
STENFLIS	–	5 m ³
BETONGKONST (RAKT OCH VRIDET)		16 m ³
LIMTRÄBALKAR SAMT SKÄRMTAK		
BRUNNAR		7 ST

SE RIT. R 923:04

TABELL UNDERSIDA BJÄLKLAG 200

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

TOTALAREA (EXKLUSIVE BALKBOTTNAR)	–	3596 m ²
AREA EJ ÅTKOMLIGT FÖR INVENTERING (TÄCKT)	–	15 m ²
TROAX (LÅSTA BURAR)		1052 m ²
SYNLIGA FUKTFLÄCKAR I TRÄULL, 27 ST	–	80 m ²
BOM, 4 ST	ST-14	157 m ²
LÄCKANDE SPRICKOR	ST-22	2,0 m
LÄCKANDE GJUTFOG, 6 ST	ST-22	49 m
DILATATIONSFOG (LINJE 4, 8, 11)		89 m
GJUTFOG (MELLAN LINJE C OCH D)		109 m

SE RIT. R 923:03

TABELL UNDERSIDA BJÄLKLAG 100

AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

TOTALAREA (EXKLUSIVE BALKBOTTNAR)	–	3596 m ²
AREA EJ ÅTKOMLIGT FÖR INVENTERING (PLÅT)	–	421 m ²
TROAX (LÅSTA BURAR)		1547 m ²
HÅL Ø35 I BJÄLKLAGET	–	31 ST
SKADA, 9 ST	ST-14	0,9 m ²
BOM, 8 ST	ST-14	1,7 m ²
SYNLIG ARMERING, 5 ST	ST-11	0,9 m
EJ GENOMGÅENDE SPRICKOR	ST-21	93 m
LÄCKANDE SPRICKOR (SE RITNING R923:01)	ST-22	
LÄCKANDE GJUTFOG (SE RITNING R923:01)	ST-22	
DILATIONSFOG (LINJE 4, 8, 11), (SE RITNING R923:01)		
GJUTFOG (MELLAN LINJE C OCH D), (SE RITNING R923:01)		

SE RIT. R923:02

TABELL ÖVERSIDA BJÄLKLAG 100

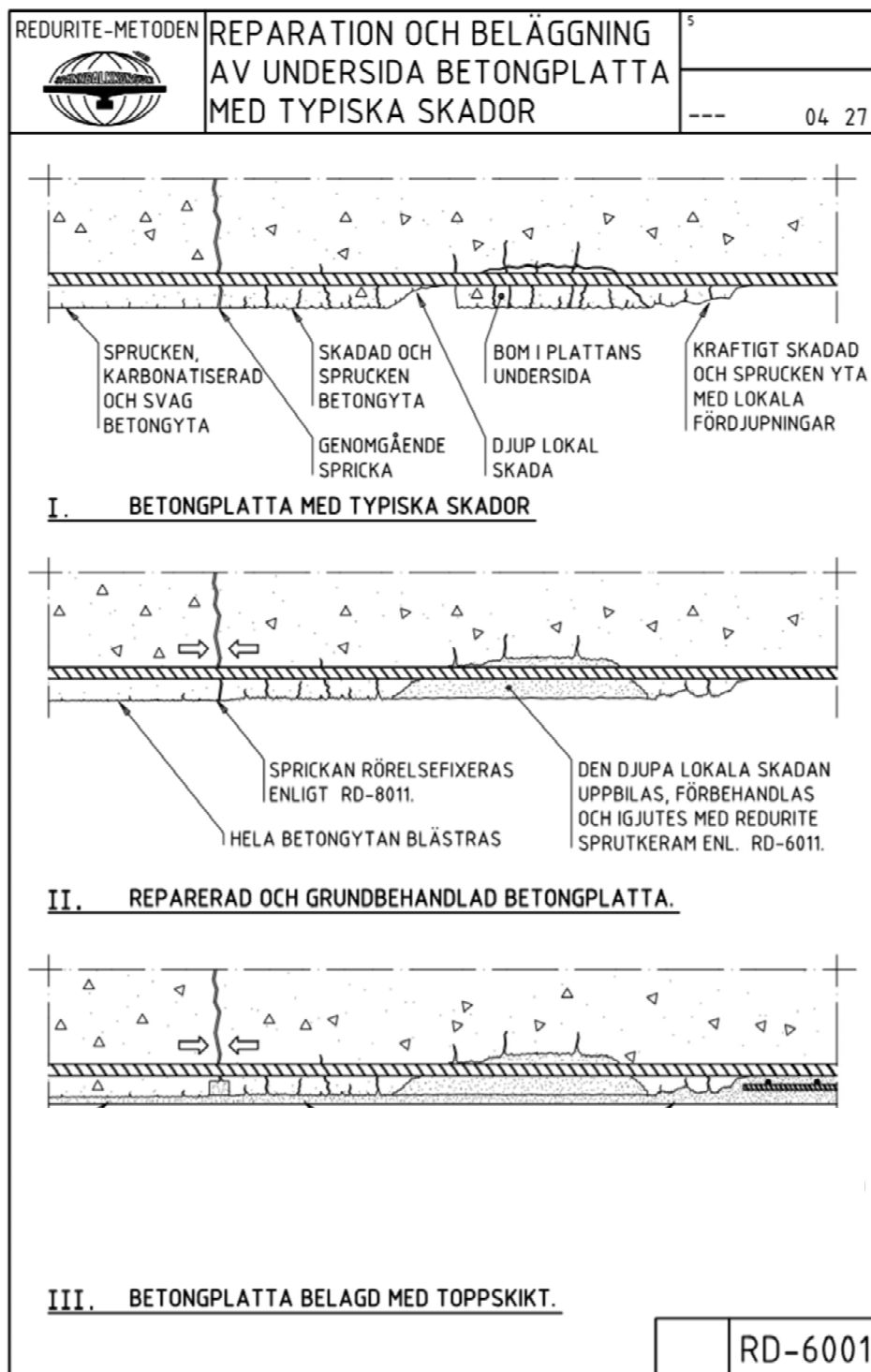
AREOR OCH LÄNGDER FÖR RESP. SKADETYP AVSER CIRKAVÄRDEN.

TOTALAREA	–	3852 m ²
TROAX (EJ KNACKAT BOM)	–	914 m ²
PÅGJUTNING (STOCRETE)	–	67 m ²
SKADA, 11 ST	ST-14	5,2 m ²
BOM, 72 ST	ST-14	157 m ²
SYNLIG ARMERING, 7 ST	ST-11	3,8 m
EJ GENOMGÅENDE SPRICKOR, 9 ST	ST-21	31 m
LÄCKANDE SPRICKOR, 22 ST	ST-22	104 m
LÄCKANDE GJUTFOG, 5 ST	ST-24	15,6 m
DILATIONSFOG (LINJE 4, 8, 11)		89 m
GJUTFOG (MELLAN LINJE C OCH D)		109 m
PÅGJUTNING RAMP, 2 ST		7,2 m ²
VATTENRÄNNA		102 m
GALLER, 1 ST		2,0 m ²
SÅGAT SPÅR		2,0 m
BRUNNAR		8 ST

SE RIT. R923:01

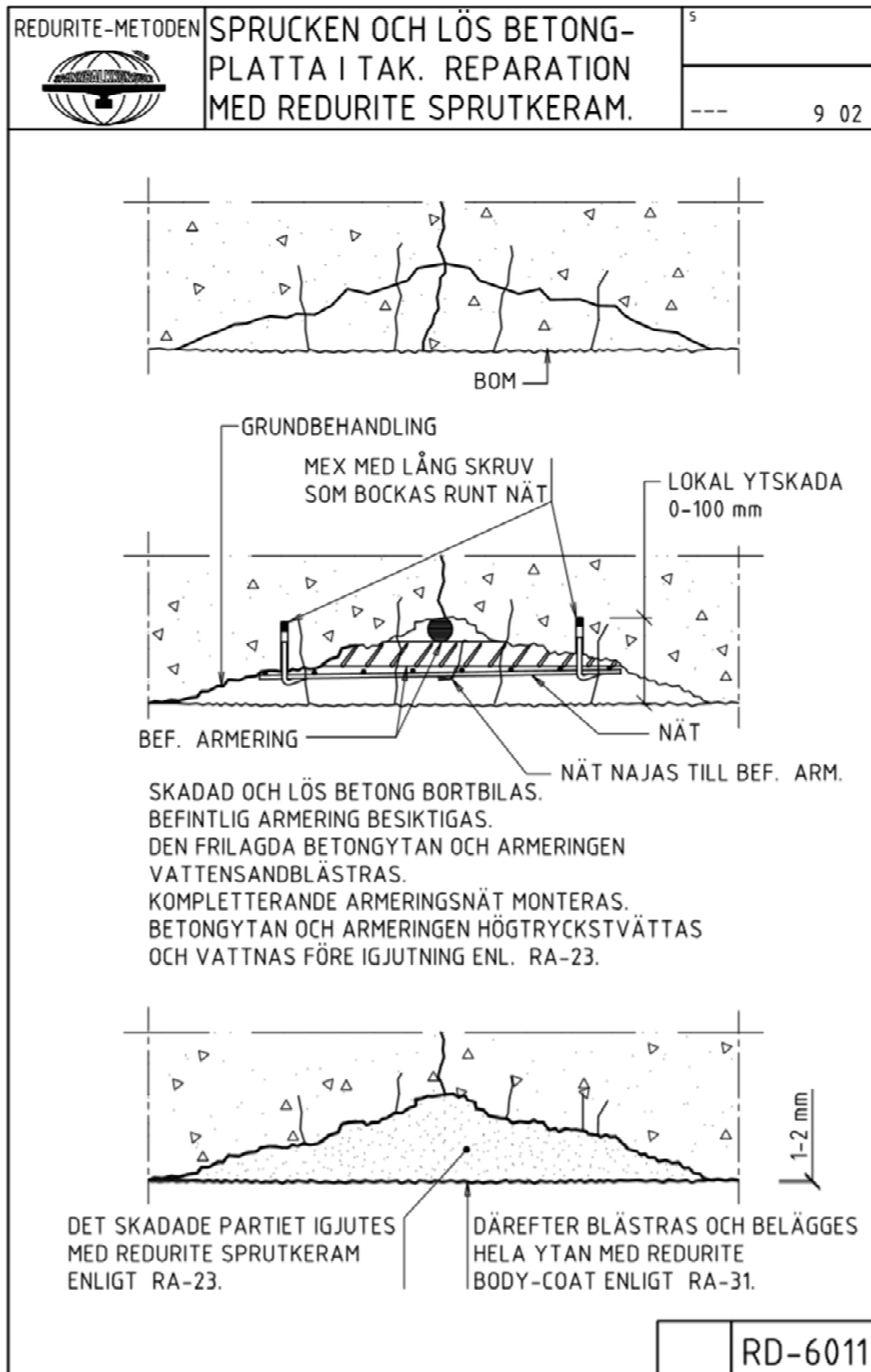
D.3 Relationsritningar - Skolspåret

E.1 RD-6001

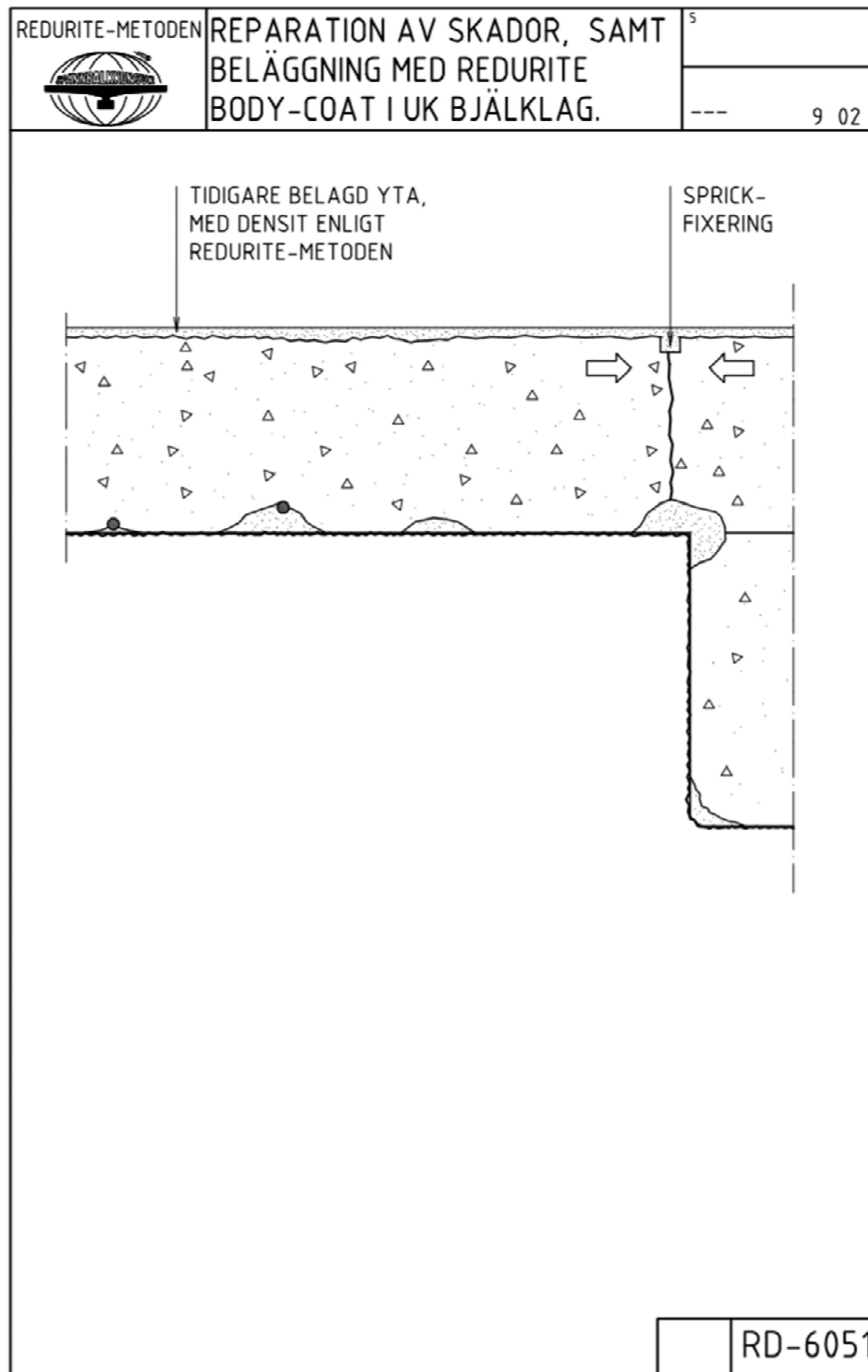


För fullständig beskrivning av RD kontakta Spännbalkkonsult SBK AB, <http://www.spannbalk.se>.

E.2 RD-6011

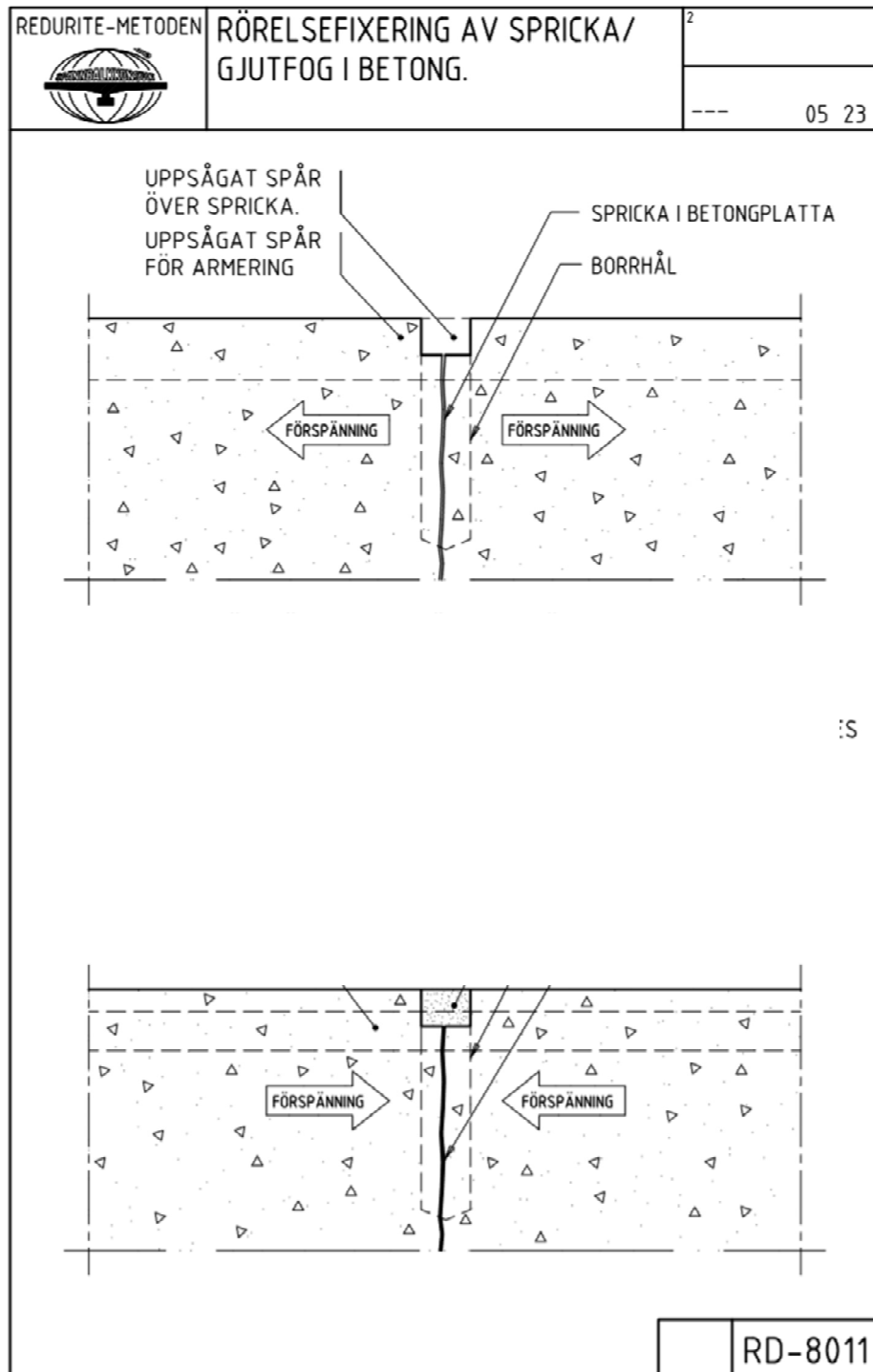


E.3 RD-6051



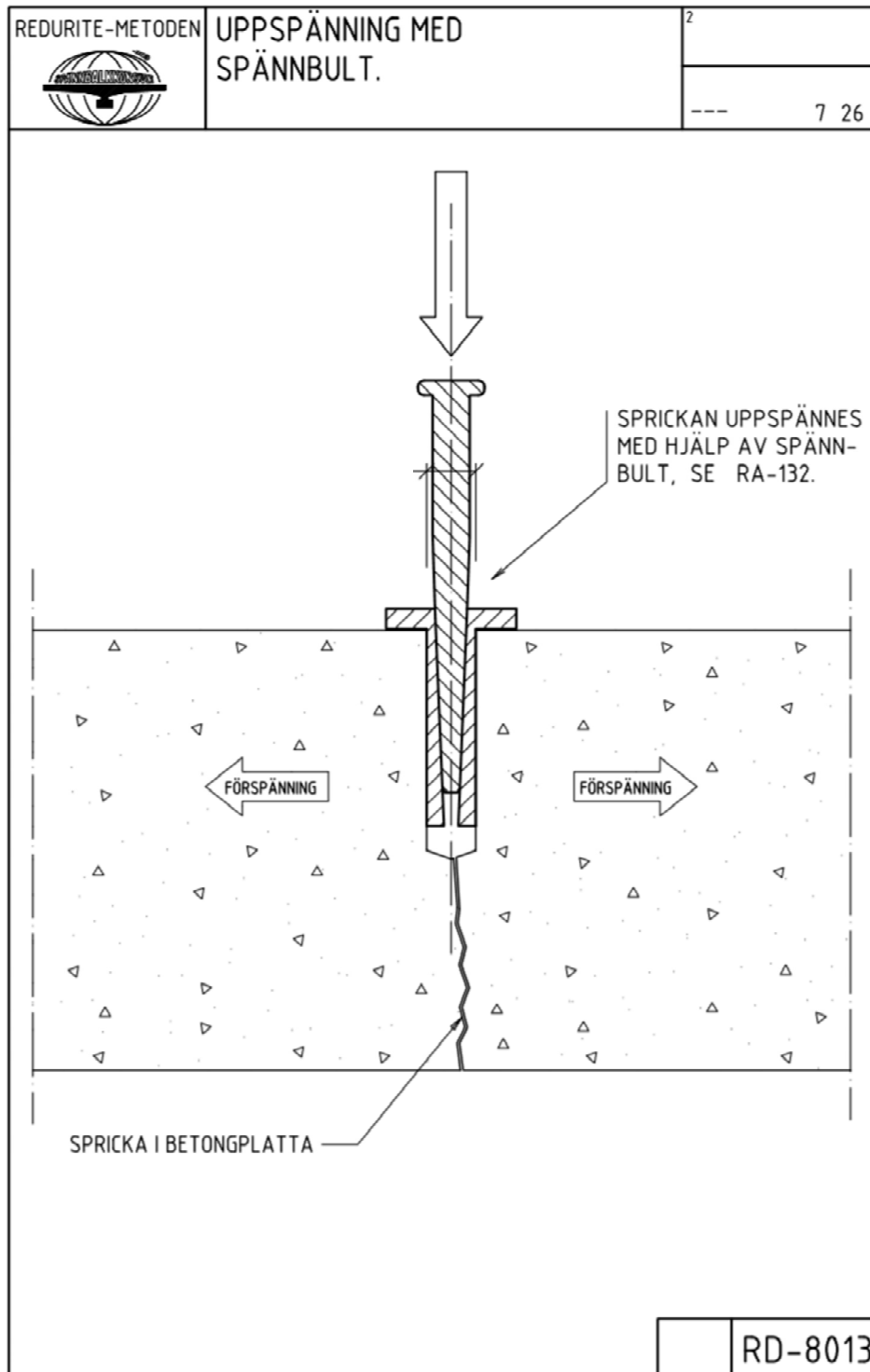
För fullständig beskrivning av RD kontakta Spännbalkkonsult SBK AB, <http://www.spannbalk.se>.

E.4 RD-8011



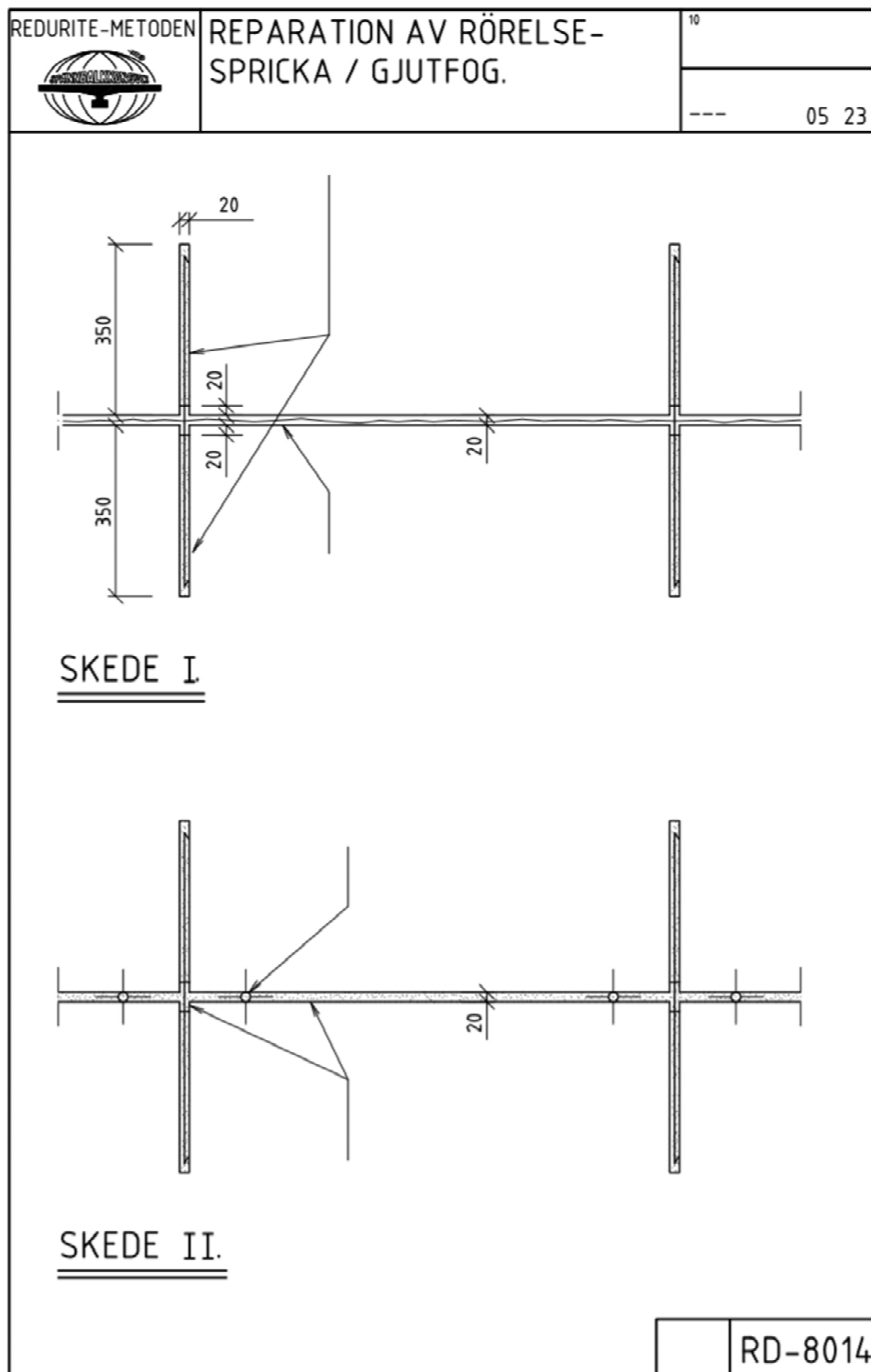
För fullständig beskrivning av RD kontakta Spännbalkkonsult SBK AB, <http://www.spannbalk.se>.

E.5 RD-8013



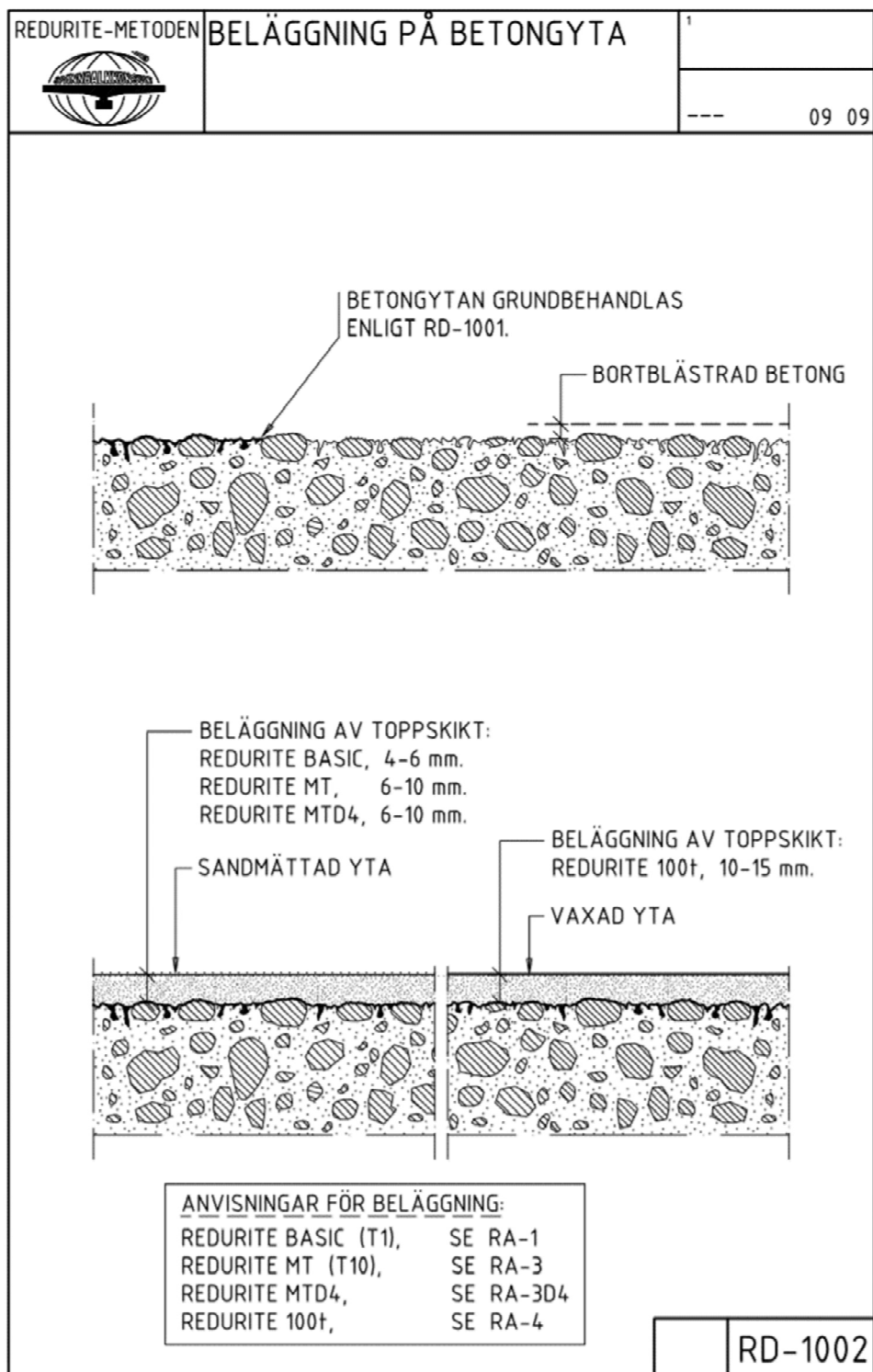
För fullständig beskrivning av RD kontakta Spännbalkkonsult SBK AB, <http://www.spannbalk.se>.

E.6 RD-8014


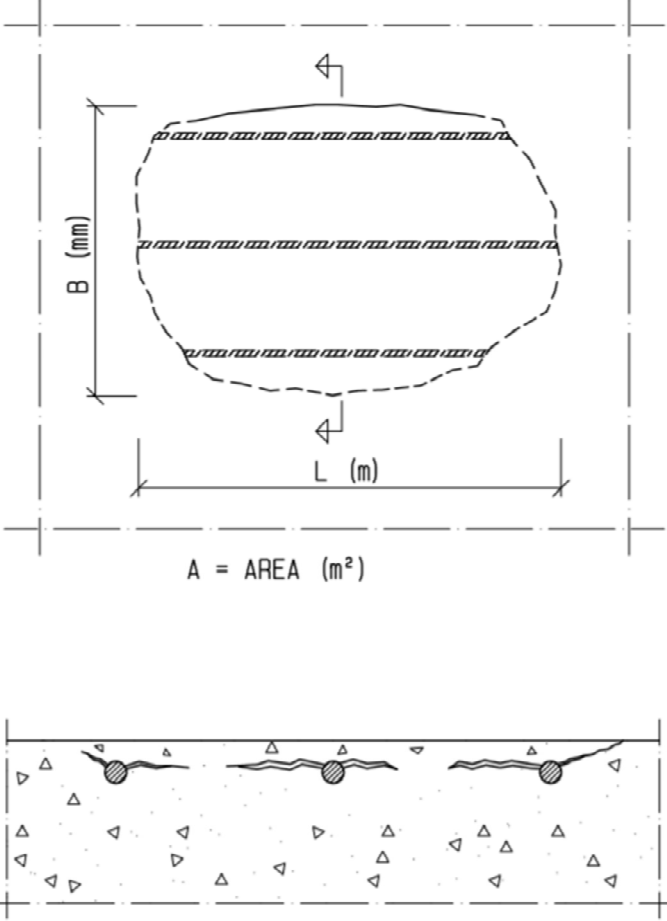


För fullständig beskrivning av RD kontakta Spännbalkkonsult SBK AB, <http://www.spannbalk.se>.


E.7 RD-1002

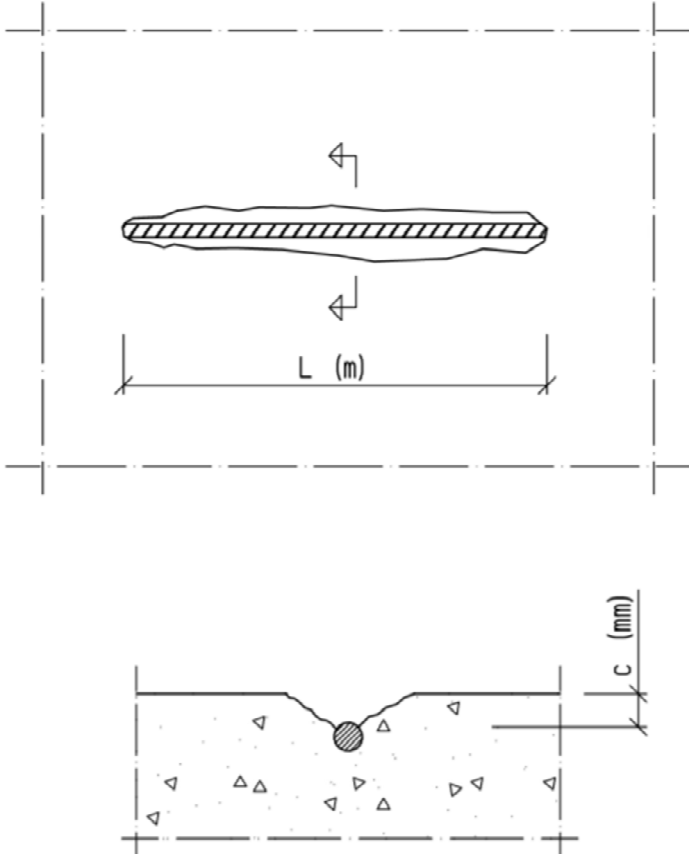


E.8 ST-14

REDURITE-METODEN 	YTA MED "BOM". KORRODERANDE ARMERING.	40 --- 02 38
 <p style="text-align: center;">$A = \text{AREA (m}^2\text{)}$</p>		
		ST-14

E.9 ST-11

REDURITE-METODEN 	ROSTSPRÄNGD YTA. ENSTAKA SYNLIKT ARM.JÄRN.	5
		--- 5 50




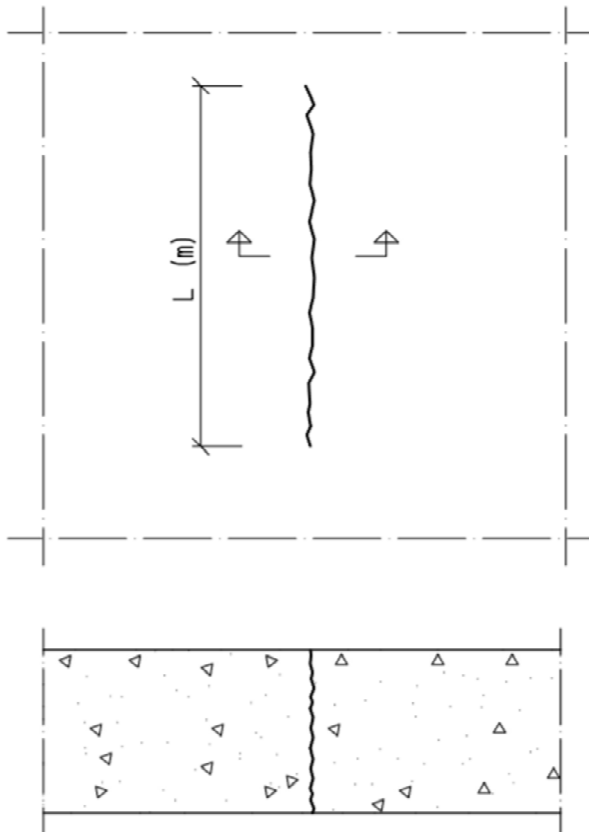
The diagram shows a top view of a rebar specimen of length L (m) and a cross-section showing the corrosion depth c (mm). The rebar is embedded in concrete, and the corrosion depth is measured from the original surface to the remaining rebar.

- A/ OBETYDLIG ARMERINGSKORROSION
- B/ MÅTTLIG ARMERINGSKORROSION
- C/ MYCKET KORRODERAD ARMERING

ST-11

E.10 ST-22

REDURITE-METODEN 	GENOMGÅENDE SPRICKA.	¹⁰
		--- 5 50



A/ SPRICKA UTAN SYNLIGT LÄCKAGE

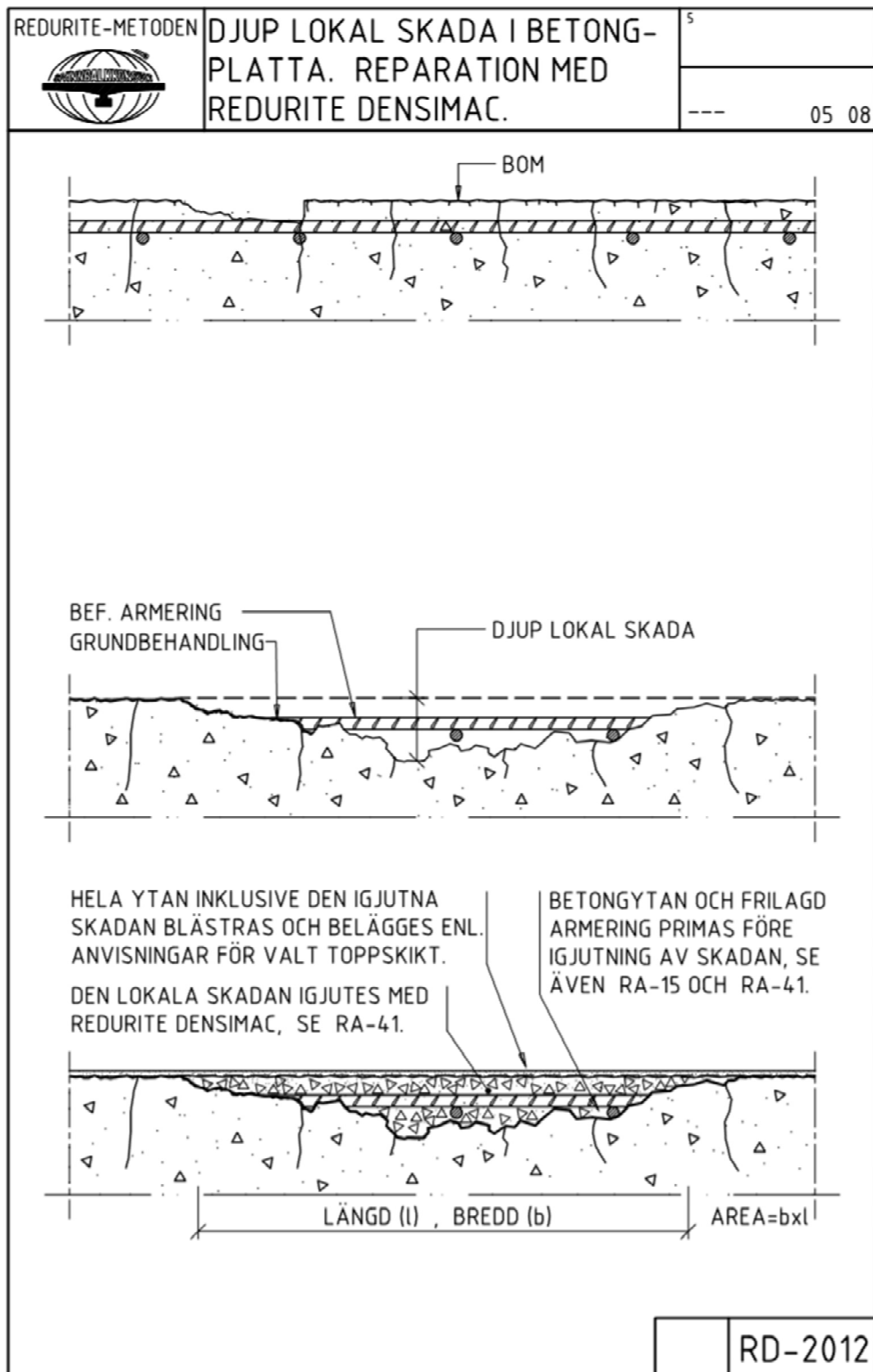
B/ SPRICKA MED SYNLIGT LÄCKAGE

C/ RÖRELSESPRICKA UTAN SYNLIGT LÄCKAGE

D/ RÖRELSESPRICKA MED SYNLIGT LÄCKAGE


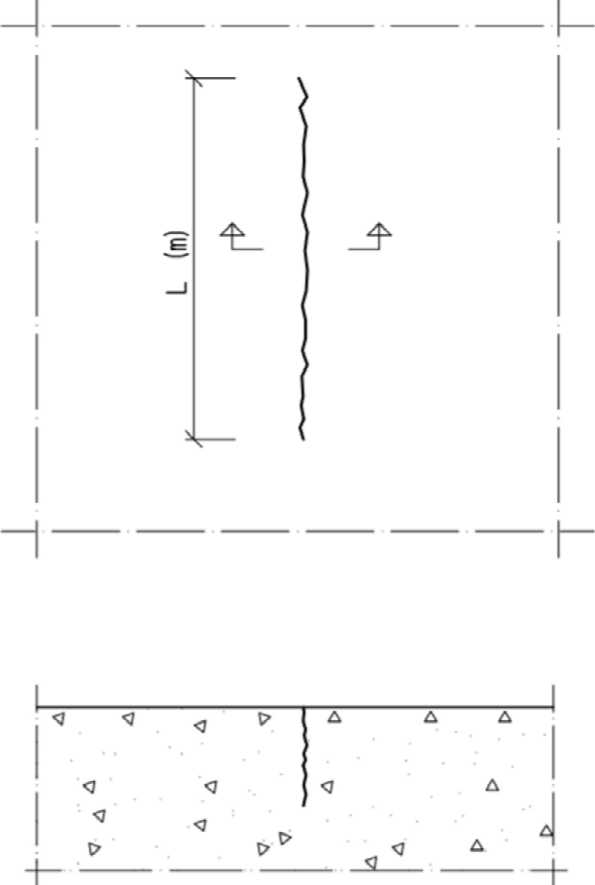
	ST-22
--	--------------

E.11 RD-2012

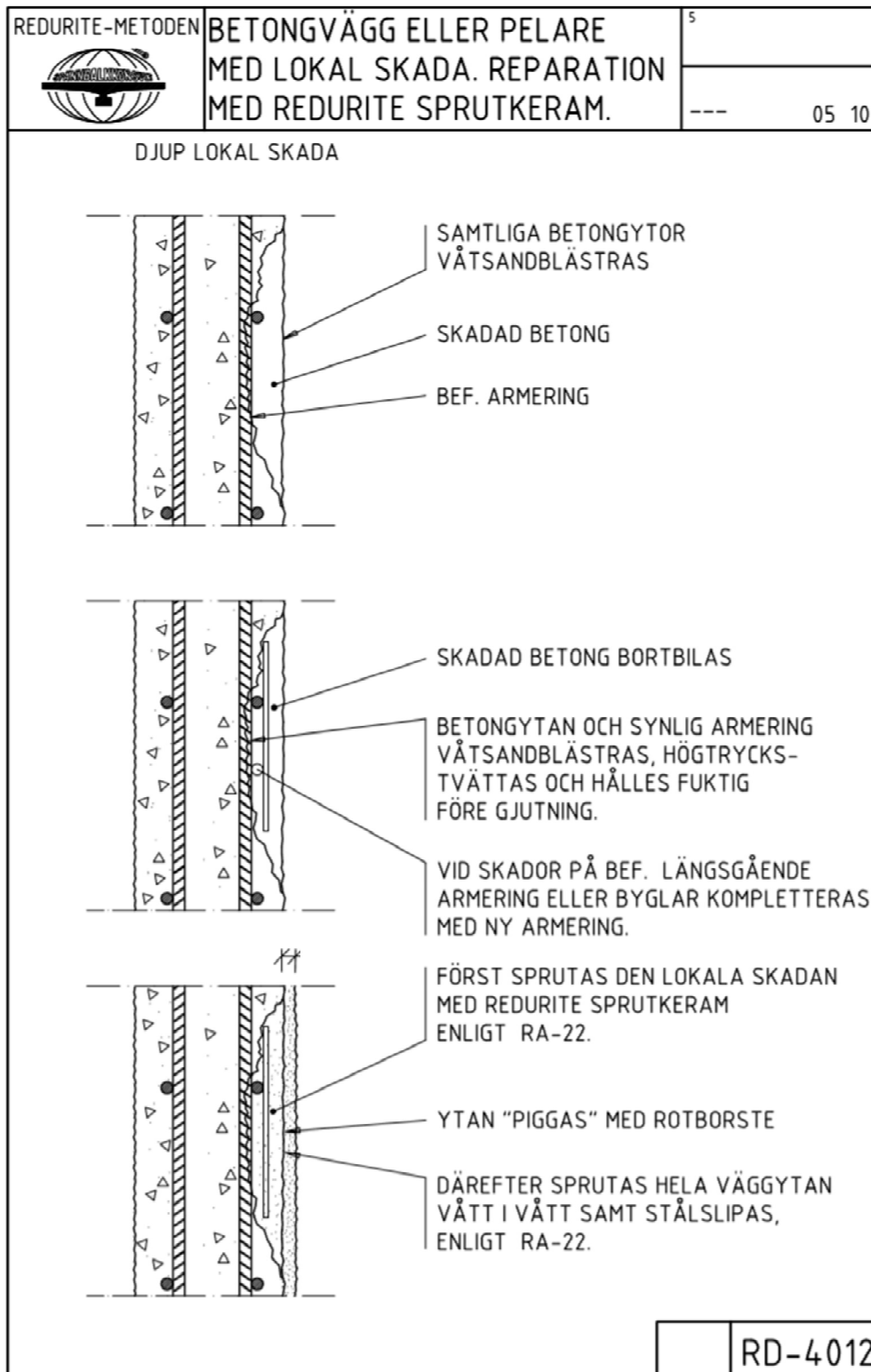


För fullständig beskrivning av RD kontakta Spännbalkkonsult SBK AB, <http://www.spannbalk.se>.

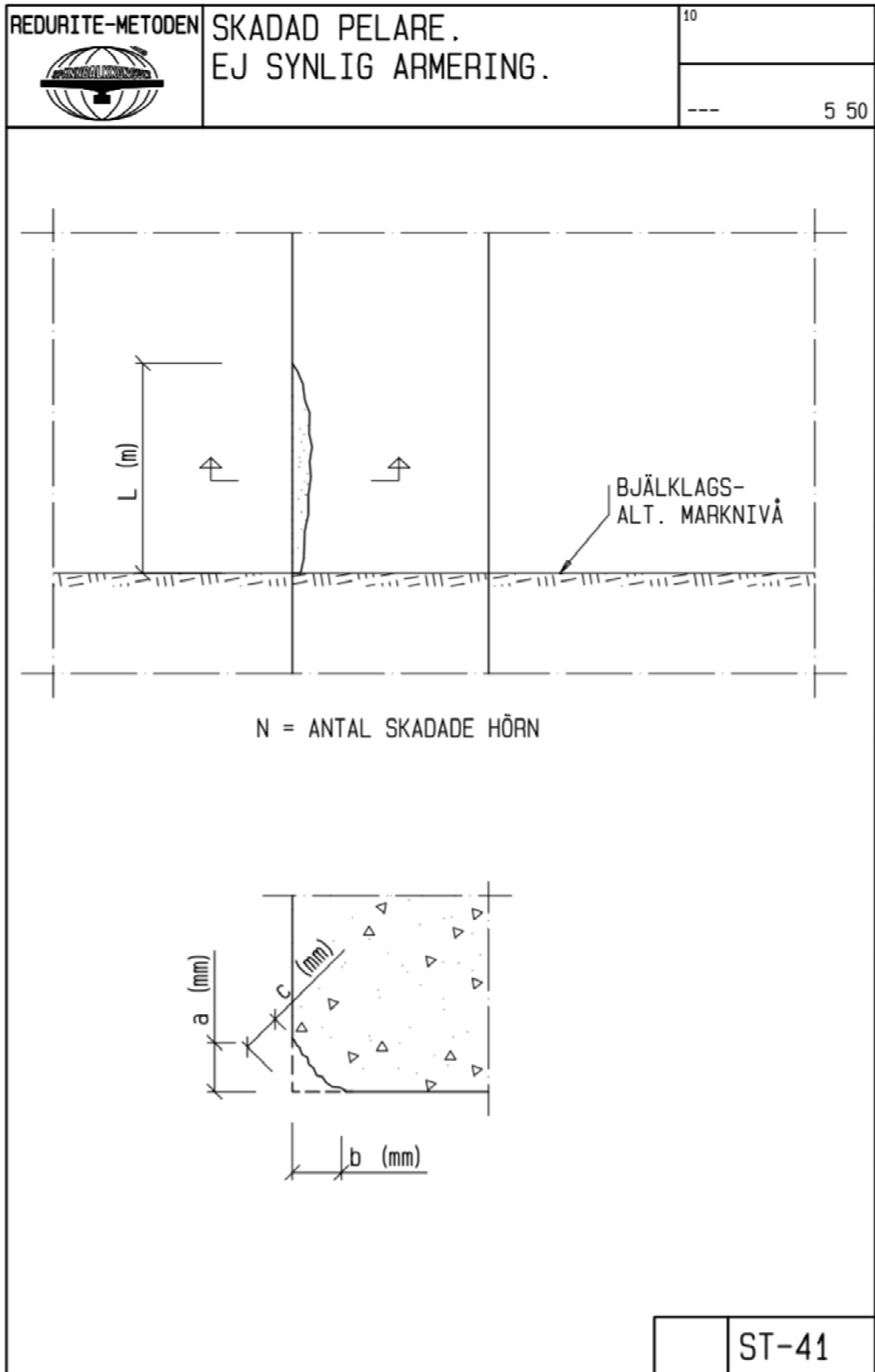
E.12 ST-21

REDURITE-METODEN 	EJ GENOMGÅENDE SPRICKA.	10 --- 5 50
 <p data-bbox="598 1489 986 1572"><input type="checkbox"/> A/ EJ RÖRELSESPRICKA <input type="checkbox"/> B/ RÖRELSESPRICKA</p>		
		ST-21


E.13 RD-4012

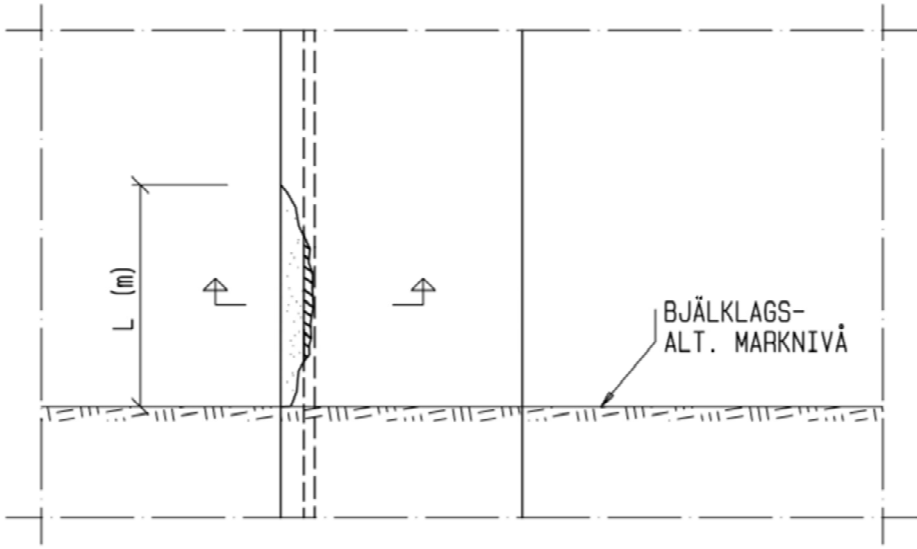


E.14 ST-41

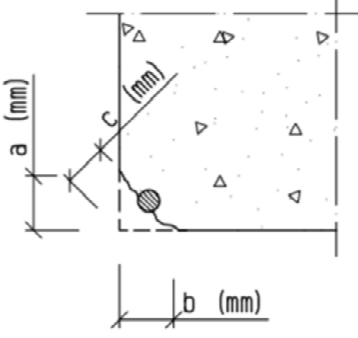


E.15 ST-42

REDURITE-METODEN 	SKADAD PELARE. SYNLIK ARMERING.	10
		5 50



N = ANTAL SKADADE HÖRN



<input type="checkbox"/>	A/ OBETYDLIG ARMERINGSKORROSION
<input type="checkbox"/>	B/ MÅTTLIG ARMERINGSKORROSION
<input type="checkbox"/>	C/ MYCKET KORRODERAD ARMERING

	ST-42
--	-------