

Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp I



CBI Betonginstitutet

Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp I

Ylva Edwards

2013-12-19

Finansiering: SBUF

Bidragmottagare: Skanska Sverige AB

Projektnummer: SBUF 12764

Nyckelord: parkeringsdäck, beläggning, gjutasfalt, härdplast, provläggning, slitstyrka, katodiskt skydd

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1 Bakgrund	5
1.1 Katodiskt skydd	5
1.2 Beläggningar	5
1.3 Syfte med projektet	7
1.4 Nyttan	8
2 Projektets genomförande – Etapp I	8
2.1 Provläggning i parkeringsgarage - Kville	9
2.1.1 Yta 1 - PGJA 8 med vax, bromatta och bitumenprimer (v 44)	12
2.1.2 Yta 2 – Hårdbetong Densit med Densit primer, cementbaserad (vecka 44)	13
2.1.3 Yta 3 - Sikafloor 375 med topplack och epoxiprimer (v 45)	14
2.1.4 Yta 4 - StoCretec Metod 1007 med topplack och epoxiprimer (v 45)	15
2.1.5 Yta 5 - Deckshield ID med topplack och epoxiprimer (v 46)	16
2.1.6 Yta 6 - Conideck 2255 med topplack och epoxiprimer (v 47)	17
2.1.7 Yta 7 – Map Pro Flexibinder med topplack och epoxiprimer (v 47)	18
2.1.8 Yta 8 - Micorea S3 med epoxiprimer (v 48)	19
2.1.9 Yta 9 – Mapefloor PU Flexibinder med topplack av polyuretan och MMA-primer (v 47)	20
2.2 Katodiskt skydd av betongpelare i parkeringsgarage	22
2.2.1 Kontroll av skyddseffektivitet	25
2.3 Mätning på utborrade betongprover - Silvergranen	26
2.3.1 RF på olika djup	27
2.3.2 Tryckhållfasthet och densitet på utborrade cylindrar	27
2.3.3 Kloridinhåll på utborrade betongprover	28
2.3.4 Armeringens korrosionshastighet	28
2.3.5 Karbonatiseringsdjup	29
2.3.6 Täckande betongskikt	29
3 Provning av beläggnings slitstyrka i laboratorium	30
4 Bergen	31
5 Konklusioner	32
5.1 Provläggning	32
5.2 Katodiskt skydd	32
5.3 Betonganalyser	32
6 Fortsättning – Etapp II	33
7 Referenser	34

Bilagor: A - N

Sammanfattning

CBI Betonginstitutet och Swerea KIMAB har tillsammans med en rad tillverkare/entreprenörer och fastighetsägare genomfört aktuellt projekt med finansiering från SBUF. Finansiellt stöd till projektet har även erhållits från Rebet, NFB (Norsk Forening for Betongrehabilitering) och Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse. Rapporten avser en Etapp I (2013) av projektet som helhet.

Syftet med projektet är att ta fram underlag för hur ett parkeringsdäck bör utformas (med avseende på beläggning och katodiskt skydd), skyddas och underhållas på ett optimalt och ekonomiskt hållbart sätt.

Det finns idag inga klara riktlinjer för val av beläggningssystem eller katodiskt skydd i parkeringsgarage. Mot bakgrund av inrapporterade skador från förvaltare av parkeringsanläggningar i Sverige samt det stora antal skadeutredningar som genomförts av CBI under lång tid, konstateras att det definitivt finns behov av ytterligare forsknings- och utvecklingsinsatser inom området beläggningssystem och katodiskt skydd på betong i parkeringshus och garage.

Provläggning med nio olika typer av beläggningssystem har genomförts på ett garageplan i Kville, Göteborg. Provytorna kommer att följas upp, främst med avseende på slitage. Provplattor har applicerats för slitageprovning i laboratoriet. Denna provning kommer att genomföras 2014. En kravspecifikation kommer att tas fram.

Installation av katodiskt skydd med insticksanoder har genomförts på två pelare i ett parkeringsgarage vid Blasieholmen i Stockholm. De katodiska skydden kommer att trimmas in och slutligen driftsättas innan årsskiftet 2013/14. Resultatet av kontrollmätningar av skyddseffektiviteten hos de olika installationerna kommer att följas upp under 2014. En ytterligare installation av katodiskt skydd i ett garage är planerad i Göteborg under 2014.

Resultat från betonganalyser utförda för borrhov från garage Silvergranen i Stockholm redovisas slutligen i rapporten.

1 Bakgrund

Parkeringshus och garage tillhör den mest utsatta typen av betongkonstruktion när det gäller armeringskorrosion. De ofta mycket allvarliga skador som uppstår utgörs nästan uteslutande av rostangrepp på den ingjutna armeringen och därav uppkomna betongskador. Orsaken till detta är huvudsakligen klorider från tösalt som bilarna för med sig in i anläggningen vintertid. Under torra väderförhållanden torkar sedan det tillförda vattnet bort medan kloriderna stannar kvar och kloridhalterna i betongen därmed ökar successivt. Betongen kring den korroderande armeringen sprängs också sönder på grund av armeringens ökande volym (korrosionsprodukterna kräver plats). Armeringskorrosion är allvarligt eftersom konstruktionens bärförmåga kan nedsättas och skadans omfattning inte alltid syns vid visuell yttre inspektion.

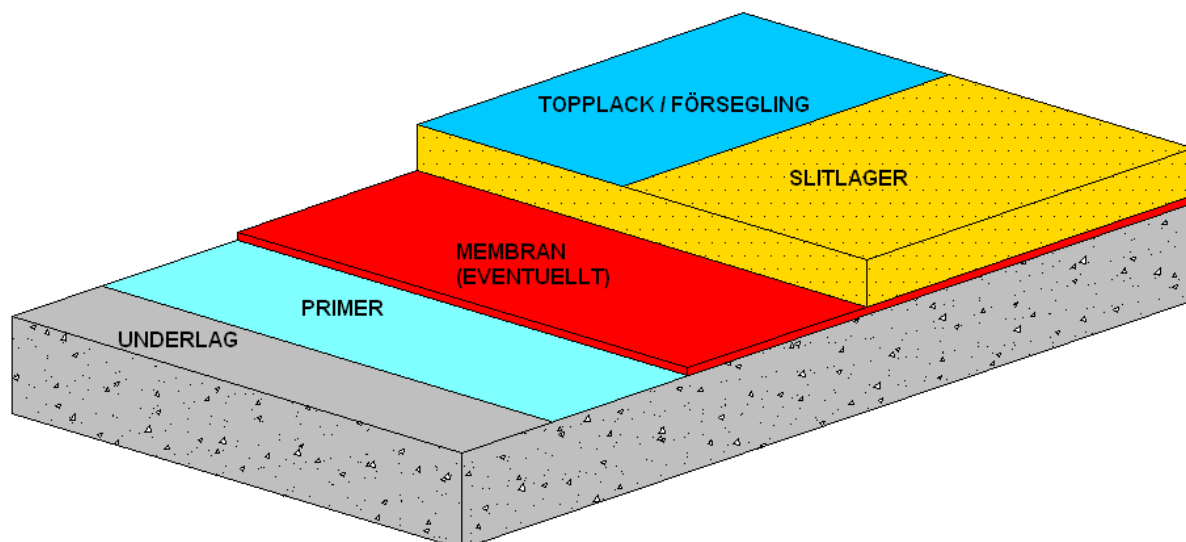
Skador i form av rostande armering i olika typer av parkeringshus och garage uppstår, enligt CBIs erfarenheter, huvudsakligen i bjälklag, ramper och i de nedre delarna av väggar och pelare. Denna typ av skador kan till stora delar undvikas med rätt betongkvalitet, tillräckligt tjocka täcksikt över armeringen och, inte minst, väl fungerande tätskiktsbeläggning. En annan möjlig åtgärd är att, i mer eller mindre stor omfattning, komplettera med katodiskt skydd med diskreta anodsystem i samband med reparation eller t.o.m. vid nybyggnad [Sederholm 2002]. Väl fungerande tätskiktsbeläggning i kombination med katodiskt skydd på kritiska platser i ett garage bedöms som ett vinnande och kostnadseffektivt koncept för skydd av betong i parkeringsanläggningar. Dessa två metoder tas därför upp för utveckling och utvärdering inom detta projekt. Även hydrofob vattenavvisande impregnering planeras ingå.

1.1 Katodiskt skydd

Det katodiska skydd som oftast används idag för att skydda stålarmeringen i betongkonstruktioner mot korrosionsangrepp är titannät med ädelmetallskikt med påtryckt ström. Detta anodsystem är relativt dyrt och relativt komplicerat att installera jämfört med diskreta anodsystem. Exempel på diskreta anodsystem är inborrade stavanoder av titan, infrästa trådanoder och bandanoder av titan. För att uppnå god skyddsförmåga hos armeringen genom att använda diskreta anodsystem, där anodytan är mycket mindre än anodytan hos ett titannät, krävs att betongens tillstånd såsom, resistivitet, kloridhalt och täcksikt samt armeringens korrosionstillstånd och elektrisk kontinuitet är kartlagd innan installation av katodiskt skydd genomförs. Även anodernas geometri och placering påverkar anodens strömspridning och därmed också skyddsförmåga. Katodiskt skydd med diskreta anodsystem har valts för detta projekt för att det är enkelt, lätt att installera och förhållandevis billigt.

1.2 Beläggningar

De två huvudtyperna av beläggning till parkeringshus och garage utgörs av hårdplast- respektive bitumenbaserad beläggning. Även hårdbetong förekommer. Den generella uppbyggnaden av en hårdplastbeläggning görs som regel i flera skikt av hårdplast (polyuretan, polyurea, epoxi eller akryl) inklusive stenmaterial i form av sand och fyller. Se figur 1.



Figur 1 Uppbyggnad av en hårdplastbeläggning [1]

Uppbyggnaden av ett bitumenbaserat tätskikts- och beläggningssystem utgörs ofta av gjutasfalt i kombination med tätskiktsmatta. Beläggningens livslängd beror på en rad faktorer, förutom beläggningstjocklek, val av material och ett lyckat utförande. Trafikbelastning och rådande miljöförhållanden (temperatur, kemikaliebelastning m.m.) har uppenbart stor betydelse liksom underhåll och reparation. Skador på hårdplastbeläggningar uppträder framförallt i form av slitage, sprickbildning och vidhäftningsförluster. Sjunkmärken kan uppstå i gjutasfalt vid långvarig tung punktbelastning (motorcykel på stöd). Exempel på skador på gjutasfalt respektive hårdplastbeläggning visas i figur 2.

Beträffande beläggningens slitstyrka utsätts denna för dubbdäcksslitage i svenska parkeringshus, vilket inte är fallet i de flesta andra länder. Detta måste beaktas vid val av beläggning och, inte minst, provningsmetod för bestämning av nötningsresistens. Beständighet mot klorider och andra på ett parkeringsdäck förekommande kemikalier är en annan viktig egenskap som måste redovisas. En relevant och för parkeringsdäck anpassad kravspecifikation för beläggningar bör tas fram för att underlätta för såväl beställare som tillverkare och entreprenörer när det gäller val av beläggning. Bestämning av slitstyrka är här centralt.



Figur 2 Exempel på skador för gjutasfalt (t v) respektive hårdplast (t h) [1]

Hårdplastbelägningars totaltjocklek varierar som regel mellan cirka 3 och 8 mm, beroende på slitlagrets tjocklek och om membran ingår i systemet eller inte. Materialkostnaden för ett beläggningssystem av polyuretan, polyurea, epoxi eller akryl varierar förstås också beroende på systemets uppbyggnad och lagertjocklekar. Enligt uppgift från olika leverantörer kan priset (2012) ligga mellan 150 och 350 SEK/m² (exklusive membran). Membranet kan kosta ca 150-250 SEK/m² extra. Ytterligare kostnader kan tillkomma för exempelvis UV-beständig topplack. Med polyurea (Micorea S3) är kostnaden enligt uppgift ca 400 SEK/m² för 2 mm, ca 550 SEK/m² för 4 mm och ca 750-800 SEK/m² för ramper. Entreprenörens utläggningkostnader (som förstås också tillkommer) kan bli högre för vissa av systemen. Enligt uppgift från GAFS (Gjutasfaltföreningen i Sverige) kostar färdigt arbete med bitumenprimer, tätskiktsmatta och 25 - 30 mm PGJA ca 400 kr/m² för ett (svart) parkeringsdäck.

Belägningens livslängd beror på en rad faktorer, förutom beläggningstjocklek, val av material och ett lyckat utförande. Trafikbelastning och rådande miljöförhållanden (temperaturer, kemikaliebelastning m.m.) har uppenbart stor betydelse liksom underhåll och reparation. Beräknade livslängder enligt tillverkares uppgifter ligger mellan 8 och 30 år för hårdplastbaserat system, vilket emellertid som regel baseras på erfarenheter från andra europeiska länder utan dubbdäcksanvändning. Livstiden för ett system med matta och gjutasfalt bör vara minst 30 år under svenska förhållanden.

1.3 Syfte med projektet

Det finns idag inga klara riktlinjer för val av skyddsbeläggning eller katodiskt skydd i parkeringsgarage.

Mot bakgrund av inrapporterade skador från förvaltare av parkeringsanläggningar i Sverige samt det stora antal skadeutredningar som genomförts av CBI under lång tid (uppskattningsvis mer än 20 per år i Stockholmsområdet), konstateras att det definitivt finns behov av ytterligare forsknings- och utvecklingsinsatser inom området beläggningssystem och katodiskt skydd på betong i parkeringshus och garage [2]. Val av system, inverkan av betongkvalitet, underhålls- och reparationsåtgärder samt uppföljningar av befintliga system bör genomföras. Detta ingår i projektet som helhet (d.v.s. inklusive Etapperna II – III).

Syftet med projektet som helhet är, generellt uttryckt, att ta fram underlag för hur ett parkeringsdäck bör utformas (med avseende på beläggning och katodiskt skydd), skyddas och underhållas på ett optimalt och ekonomiskt hållbart sätt.

Minst två parkeringsobjekt/-arbeten planerades inledningsvis ingå i Etapp I. Projektet som helhet planeras sträcka sig över en 3-årsperiod. Uppföljningen föreslås därefter fortsätta under ytterligare ett antal år (ingår dock inte i detta projekt om tre etapper).

1.4 Nyttan

En väl fungerande tätskiktsbeläggning i kombination med katodiskt skydd på kritiska platser i en parkeringsanläggning kommer att bidra till en mer hållbar anläggning med längre livstid utan kostsamma betongreparationer, med färre skador och mindre underhållsbehov. Detta beskriver i stort nyttan med projektet. För parkeringsdäck utan skydd kan däremot nedbrytningen gå snabbt med stora reparationskostnader som följd. Detta gäller även för parkeringsdäck med otillräcklig eller rentav olämplig tätskiktsbeläggning som inte klarar den miljö och trafikbelastning som förekommer på plats.

Utförare och materialtillverkare förväntas således kunna leverera bättre och mer hållbara anläggningar till förvaltare och fastighetsägare vilka i sin tur kan sänka sina underhållskostnader och inte behöver ställas inför valet att eventuellt minska på underhållsinsatserna vilket medför en kortare livslängd för anläggningen.

Kunskapsnivån måste höjas hos beställare såväl som tillverkare och entreprenörer vad gäller materialval, kravspecifikation och utvärdering av funktionella egenskaper.

2 Projektets genomförande – Etapp I

Detaljerad planering av projektets praktiska utförande har genomförts tillsammans med tillverkare och entreprenörer. Litteratur- och erfarenhetsinsamling har gjorts mot bakgrund av CBI rapport 1:2012 samt erfarenheter från berörda förvaltare och ägare av parkeringsanläggningar.

Två parkeringsobjekt har inledningsvis valts ut. Dessa var Silvergranen i Stockholm (Stockholm Parkering) och Kville i Göteborg (P-bolaget Göteborg). Parkeringsobjekten togs fram i samarbete med förvaltare och ägare av parkeringsanläggningar samt berörda entreprenörer och branschorganisationer. En rad olyckliga omständigheter gjorde emellertid att Silvergranen fick utgå. Provlägningsarbetet i Kville beskrivs i avsnitt 2.1.

Inget av ovan nämnda garage befanns lämpligt för installation av katodiskt skydd. Installation kom istället att utföras på två pelare i ett parkeringshus, Blasieholmen 24. Installationen beskrivs i avsnitt 2.2.

Betongundersökningar har inom projektet genomförts endast för Silvergranen. Borrprov var redan tagna och provningen påbörjad när parkeringsytan Silvergranen togs ur projektet. Analysresultaten har sammanställts och redovisas i avsnitt 2.3.

Vad gäller Kville hade betongen där statusbedömt av WSP, 2012. Inga ytterligare analyser befanns därför nödvändiga. Statusbedömningen från WSP bifogas tillsammans med en CBI

provningsrapport av kloridhalt och kalciumhalt i betongprov från Kville (bilaga N). Bedömningen kommenteras inte vidare i denna rapport.

Input och erfarenheter från ett större parkeringsdäck i Bergen har även tillförts projektet via utföraren Mapei (kapitel 4).

2.1 Provläggning i parkeringsgarage - Kville

Provläggningen av tätskikts- och skyddsbeläggning på betong i parkeringsgaraget på Vågmästargatan 3 i Göteborg har genomförts under veckorna 44 - 48, 2013. Medverkande entreprenörer och system framgår av tabell 1.

Information om projektet förmedlades de boende genom en skylt vid avspärningen (figur 3).



Figur 3 De boende informeras om projektet

Betongprovplattor har applicerats med respektive beläggningssystem i anslutning till provläggningen. Provp Plattorna kommer att testas med avseende på slitstyrka i laboratorium. Provp Plattorna tillsänds tre olika laboratorier för genomförande av denna provning inom Etapp II av projektet. Provningsen beskrivs närmare i bilaga K.

Inledande provning har genomförts inom Etapp I vid ISAC / RWTH Aachen University. Den redovisas i kapitel 3.

Tabell 1 Produktsystem och tillverkare som ingått i provläggningen

Typ av produkt Ytor	Produktnamn	Tjocklek (mm)	Tillverkare / Utförare
Tätskiktsmatta och PGJA* Yta 1 / v 44	PGJA 8 med vax bromatta enl TRVKB10 och bitumenprimer	30	Duo Asfalt/GAFS
Hårdbetong Yta 2 / v 44	Densit med Densit primer (cementbaserad)	8-12	Spännbalkkonsult SBK
Polyuretan Yta 3 / v 45	Sikafloor 375 med topplack och epoxiprimer	3-8	Sika
Polyuretan Yta 4 / v 45	StoCretec Metod 1007 med topplack och epoxiprimer	3-8	Sto
Polyuretan Yta 5 / v 46	Deckshield ID med topplack och epoxiprimer	3-8	Flowcrete
Polyuretan Yta 6 / v 46	Conideckk 2255 med topplack och epoxiprimer	3-8	Modern Betong
Akryl och polymer Yta 7 / v 47	Map Pro Flexibinder med topplack och epoxiprimer	3-8	Mapei
Polyurea Yta 8 / v 48	Micorea S3 med epoxiprimer	3-8	Elmico
Polyuretan Yta 9 / v 47	Mapefloor PU Flexibinder med topplack av polyuretan och MMA- primer	3-8	Mapei

Den totala provytan visas i figur 4, med aktuell uppdelning i provytor enligt skiss i bilaga A. Varje delprovyta var cirka 30 kvadratmeter.

Inledningsvis blåstrades hela provytan i GAFS' regi (Duo Asfalt). Arbetet utfördes av Skåneblästring AB. Betongprovplattorna som skulle appliceras i anslutning till provläggningen blåstrades också i Duo Asfalts regi. Se figur 5.

Provytorna spacklades vid behov upp av respektive utläggare. Arbetet med en provyta tog som regel mellan två och fyra dagar.

De olika produktsystemens utläggning beskrivs något mer ingående i avsnitten som följer.



Figur 4 Aktuell provyta före blästring. (Foto: D Boubitsas)



Figur 5 Blästrad och icke blästrad yta. (Foto: D Boubitsas)

2.1.1 Yta 1 - PGJA 8 med vax, bromatta och bitumenprimer (v 44)

Systemet utgörs av bitumenprimer, svetsapplicerad tätskiktsmatta samt polymermodifierad gjutasfalt med vax som additiv. Samtliga produkter uppfyller enligt uppgift Trafikverkets krav enligt *TRVKB 10 Tätskikt på broar*. Tätskiktsmattan utgörs av en 5 mm tjock SBS (styren-butadien-styren)-modifierad bitumenmatta med polyesterstomme (Duo Flex 6000).

Mattan svetsappliceras mot underlaget. Den polymermodifierade gjutasfalten (PGJA 11) består av polymerbitumen (Pmb32 från Nynas, med cirka 4 % SBS), sand från Lysegården och makadam från Svevia Ballast Brålanda. Gjutasfalten har sandavrivits med DS Natursand. Tillsatsvaxet är Sasobit (2% på bindemedelshalten). Den huvudsakligen avsikten med tillsats av vax i bitumen är vanligtvis att sänka viskositeten inom ett visst temperaturanvändningsområde. Detta innebär i sin tur bättre bearbetbarhet och arbetsmiljö.

Foton från utläggningsarbetet på yta 1 presenteras i figur 6.



*Figur 6 Provyta behandlad med bitumenprimer (t v) och svetsapplicering av matta (t h)
(Foto: Duo Asfalt)*

Några blåsor uppstod vid utläggningen av gjutasfalt, men dessa åtgärdades senare genom lokal uppvärmning. Orsak till blåsorna var rester från matolja som använts i samband med rengöring på plats.

Provplattor för provning av slitstyrka i laboratoriet applicerades i anslutning till provläggningsarbetet.

Färdig provyta och en provplatta för slitageprovning enligt *Scuffing resistance* visas i figur 7.



Figur 7 Färdig provyta (t v) och provplatta för slitageprovning (t h) (Foto: Y Edwards)

Produktdatablad finns i bilaga B.

2.1.2 Yta 2 – Hårdbetong Densit med Densit primer, cementbaserad (vecka 44)

Systemet utgörs av en cementbaserad primer som blandas till en slurry med vatten, och därefter appliceras på betongunderlaget som vattnats ett dygn före appliceringen. Densitop® MT påförs primern och vibreras till en tjocklek på 8-12 mm. Densitop MT är ett cementbaserat bruk som avslutningsvis förseglas med Densit® Curing Compound, alternativt täcks med plastfolie.

Gjutningsarbetet genomfördes med vindskydd kring provytan. Beläggningen lades med vibrobrygga och piggrullades. Ytemperaturen låg kring 7-9 °C. Utläggning med vibrering visas i figur 8. Ytan plastades, för att minska uttorkningshastigheten, och fick sedan härda under helgen. Betongytan slipades några dagar efter det att utläggningsarbetet var klart (figur 9). Anledningen var att det hade kommit in vatten på ytan ganska tidigt efter gjutningen. När beläggningen inte har torkat tillräckligt fälls kalk ut. Ytan polerades därför för att få bort den ljusare kalkutfällningen. Normalt slipas inte ytan efteråt.

Man valde därefter att täcka med plast igen eftersom beläggningen fortfarande mognar, och mognadsprocessen gynnas av att ske under plast.



Figur 8 Utläggning av Densit beläggning med vibrering (Foto: SBK)

Figur 9 Densitbeläggningen slipas veckan efter utläggning (Foto: Y Edwards)

Provplattor för provning av slitstyrka i laboratoriet applicerades i anslutning till provläggningsarbetet (figur 10).



Figur 10 Provplattor för laboratorieprovning (Foto: Y Edwards)

Produktdatablad finns i bilaga C.

2.1.3 Yta 3 - Sikafloor 375 med topplack och epoxiprimer (v 45)

Systemet utgörs av epoxiprimer som avsändas/uppströas lätt med kvartssand. Slitskiktet Sikafloor®-375 påförs när primern har härdat och fullströas sedan med sand (i detta fall Dynagrip 0,5-0,85 mm). Slitskiktet utgörs av en 2-komponents polyuretanbeläggning. Avslutningsvis påförs ett toppskikt, i detta fall Sikafloor®-354, som är en 2-komponents pigmenterad (grå) epoxibaserad toppförsegling. Till topplacken fick sättas en aning rödsprit för att lättare få ut den. Totala tjockleken för belägningssystemet uppgår till cirka 4 mm. Utläggningen utfördes av Martin Skjöldebrand, TM Flooring.

Utläggingsarbetet genomfördes med vindskydd runt provytan. Två byggfläktar hjälpte till att hålla temperaturen uppe. Registrerad yttemperatur låg strax under 10 °C under hela perioden. Relativa luftfuktigheten låg kring 50-65 %.

Foton från utläggningsarbetet med Sikafloor visas i figurerna 11 och 12. Provplattorna för slitageprovning i laboratorium applicerades inte i garaget utan vid senare tillfälle.



Figur 11 Slitlagerbeläggnings fullströas med sand (Foto: Y Edwards)



Figur 12 Topplack påförs beläggnings (Foto: Y Edwards)

Färdig grå provyta visas i figur 13. Provytan såg förhållandevis glatt ut, jämfört med övriga provytor.



Figur 13 Färdig grå provyta Sikafloor 375 med topplack (Foto: Y Edwards)

Produktdatablad finns i bilaga D.

2.1.4 Yta 4 - StoCretec Metod 1007 med topplack och epoxiprimer (v 45)

Golvmetod 1007 är en polyuretanbeläggning som utförs med epoxiprimer (StoPox 502) och avsandning med kvartssand (0,4-0,8 mm). Själva slitbeläggningen är en polyuretanbeläggning som fullsandas och slutligen påförs en topplack/försegling av epoxi. Totala tjockleken för beläggningssystemet uppgår till cirka 6-7 mm. Utläggningen utfördes av Michael Cajander, RA Golv AB.

Utläggningsarbetet genomfördes med vindskydd runt provytan. Två byggfläktar hjälpte till att hålla temperaturen uppe. Registrerad yttemperatur låg strax under 10 °C under hela perioden. Relativa luftfuktigheten låg kring 50-65 %.

Foton från utläggningsarbetet med Golvmetod 1007 visas i figurerna 14 och 15. Provplattorna för slitageprovning i laboratorium applicerades i garaget i anslutning till provläggningen (figur 15).

Färdig provyta visas i figur 16. Ytan såg grov ut, jämfört med övriga ytor, med lokala blanka/glatta partier.



Figur 14 Slitlagerbeläggningen fullströas med sand (Foto: Y Edwards)



Figur 15 Provplattor appliceras (Foto: Y Edwards)



Figur 16 Färdig provyta med metod 1007 från Sto (Foto: Y Edwards)

Produktdatablad finns i bilaga E.

2.1.5 Yta 5 - Deckshield ID med topplack och epoxiprimer (v 46)

Flowcrete lade systemet **Deckshield ID** med topplack och epoxiprimer. Epoxiprimer Deckshield EP med strösand (0,8-1,4 mm) ingick. Beläggningssmassan Deckshield SF ströades med Dynagrip 16 (0,85-1,4 mm). Som topplack användes Deckshield Finish 280. Utlägningsarbetet genomfördes med vindskydd runt provytan. Byggfläktar hjälpte till att hålla temperaturen uppe. Registrerad yttemperatur låg strax under 10 °C under hela perioden. Relativa luftfuktigheten låg tidvis högt (90 %).

Foto från utlägningsarbetet med Deckshield ID visas i figur 17.



Figur 17 Utläggning av primer Deckshield EP (Foto: Y Edwards)

Provplattorna för slitageprovning i laboratorium applicerades i garaget i anslutning till provläggningen.

Färdig provyta visas i figur 18.



Figur 18 Färdig grå provyta med Deckshield ID från Flowcrete (Foto: Y Edwards)

Produktdatablad finns i bilaga F.

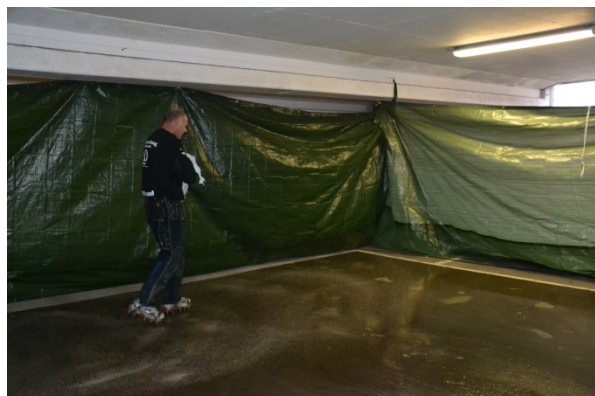
2.1.6 Yta 6 - Conideck 2255 med topplack och epoxiprimer (v 47)

Modern Betong lade systemet Conideck 2255 med topplack och epoxiprimer. Epoxiprimer Mastertop P617 snabb valdes på grund av rådande kyliga förhållande. En del mindre håligheter spacklades upp och provytan avsandades med natursand 0,7-1,2 mm. Mastertop BC 376 lades som slitbeläggning och avsandades, först med finsand och därefter med Dynagrip (bauxit). Som topplack ingick Mastertop TC 458 (som är bättre för kalla underlag). Totala tjockleken för beläggningssystemet uppgår till cirka 3-4 mm. Utläggningen utfördes av Sören Wingstrand.

Utläggingsarbetet genomfördes med vindskydd runt provytan. Byggfläktar hjälpte till att hålla temperaturen uppe. Registrerad yttemperatur låg strax under 10 °C under hela perioden. Relativa luftfuktigheten låg tidvis högt (90 %).

Foton från utläggingsarbetet med Conideck 2255 visas i figurerna 19 och 20.

Provplattorna för slitageprovning i laboratorium applicerades i garaget i anslutning till provläggningen.



Figur 19 Primern ströas (Foto: Y Edwards)



Figur 20 Färdig provyta med Conideck 2255 samt provplattor (Foto: Y Edwards)

Produktdatablad finns i bilaga G.

2.1.7 Yta 7 – Map Pro Flexibinder med topplack och epoxiprimer (v 47)

Mapei deltar med två system, varav det ena är Map Pro Flexibinder. Epoxiprimern byttes emellertid ut mot MMA primer Rescryn P107 på grund av den låga temperaturen i garaget. Primern avsändades med kvartssand (0,3-1,2 mm). En hel del lagning av betongunderlaget krävdes (figur 21). Primern belades sedan med akrylatmassan (slurry, cirka 1mm) som slutligen försågs med bauxit. (Cirka 150 kg bauxit gick åt.) Beläggningsarbetet avslutades slutligen med en polyuretanbaserad transparent topplack (Map Pro Topcoat). Totala tjockleken för beläggningssystemet uppgår till cirka 3 mm. Beläggningsarbetet härdade mycket snabbt. Utläggingsarbetet utfördes av Tomas Andersson.

Beläggingsarbetet utfördes utan vindskydd runt provytan eftersom ytttemperaturen är mindre viktig för denna typ av system. Lufttemperaturen låg kring fryspunkten. Relativa luftfuktigheten mättes inte.

Foton från utläggingsarbetet med Map Pro Flexibinder visas i figur 22 och 23.

Provplattorna för slitageprovning i laboratorium applicerades i garaget i anslutning till provläggningen.

Färdig provyta med topplack visas i figur 24.

Produktdatablad finns i bilaga H.



Figur 21 Lagning med akrylmassa på yta 7 inför beläggingsarbetet (Foto: Y Edwards)



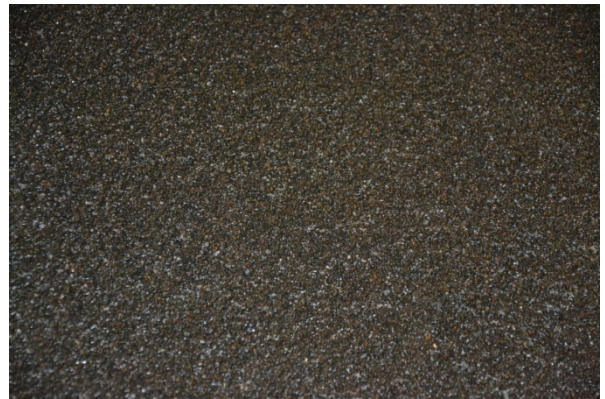
*Figur 22 Akrylmassa läggs ut
(Foto: Y Edwards)*



*Figur 23 Sedan fort på med bauxit
(Foto: Y Edwards)*



Figur 24 Färdig provyta med Map Pro Flexibinder (Y Edwards)



2.1.8 Yta 8 - Micorea S3 med epoxiprimer (v 48)

Elmico lade Micorea S3 med epoxiprimer.

Sprutapplicering av Micorea S3 visas i figur 25 och färdig yta i därpå följande figur.

....



*Figur 25 Polyurea Micorea S3 sprutappliceras med ordentligt skydd omkring provytan
(Foto: Y Edwards)*



Figur 26 Färdig provyta med Polyurea Micorea S3 (Foto: Y Edwards)

Provplattorna för slitageprovning i laboratorium applicerades inte i garaget utan vid senare tillfälle.

Produktdatablad finns i bilaga I.

2.1.9 Yta 9 – Mapefloor PU Flexibinder med topplack av polyuretan och MMA-primer (v 47)

Mapei lade även systemet Mapefloor PU Flexibinder. Primern (samma som för yta 7) avsandades med kvartssand (0,3-0,8 mm). En hel del lagning av betongunderlaget krävdes även här. Primern belades sedan med polyuretanmassan (slurry, cirka 1mm) som slutligen försågs med bauxit. Cirka 150 kg bauxit gick åt även här. Topplacken som användes var grå (Mapefloor Finish PU 415 grå / 1kg per kvadratmeter). Totala tjockleken för beläggnings-systemet uppgår till cirka 3 mm. Utlägningsarbetet utfördes av Tomas Andersson.

Utlägningsarbetet genomfördes med vindskydd runt provytan. Tre byggfläktar hjälpte till att hålla temperaturen uppe under härdningen av beläggningssmassan. Ett speciellt ”extratält” sattes upp över provytan.

Temperatur på underlaget vid beläggningsutförandet var cirka +6°C, och vid lackningen cirka +8°C.

Efter beläggningen lagts ut tillfördes värme (extratältet) så att beläggningen kunde härda tillfredsställande till nästa dag (cirka 12 timmar). Topplacken påfördes cirka 19 timmar efter beläggningsutförandet.

Utlägningsarbete och extra tältanordning visas i figur 27. Färdig provyta framgår av figur 28.

Produktdatablad finns i bilaga J.



Figur 27 Mapefloor PU Flexibinder under utläggning respektive härdning (Foto: Y Edwards)



Figur 28 Färdig provyta med Mapefloor PU Flexibinder samt provplatta (Foto: Y Edwards)

2.2 Katodiskt skydd av betongpelare i parkeringsgarage

En provinstallation av katodiskt skydd med påtryckt ström och insticksanoder har genomförts på två korrosionsskadade betongpelare (benämnda C3 och C4) i ett parkeringsgarage beläget på Blasieholmen i Stockholm (figur 29).



Figur 29 Parkeringsgarage beläget under markyta vid Blasieholmen (Foto: B Sederholm)

Garaget, som byggdes under 1978 och renoverades under 2007, ligger under markytan, och uppvisar idag omfattande skador på betongen (väggar, golv och pelare) orsakade av armeringskorrosion. De uppkomna korrosionsskadorna på armeringen beror bland annat på att kloridhaltigt grundvatten trängt in i golv, väggar och pelare. Även tölsalter från bilar har transporterats in till den ingjutna armeringen, varvid korrosion initierats. Uppmätta totala kloridhalter per cementvikt i väggar och pelare är i vissa fall mycket höga (3-7 % klorider per cementvikt). I figur 30 visas exempel på betongskador hos pelare C4 orsakat av armeringskorrosion.



Figur 30 Betongskador på pelare C4 orsakat av armeringskorrosion (Foto: B Sederholm)

I december 2013 genomförde således 3C (Corrosion Control Company) och A E Korrosionskonsult en provinstallation av katodiskt skydd med insticksanoder på två betongpelare pelare (pelare C3 och C4), enligt figur 29. Före installationen kontrollerades pelararmeringens kontinuitet genom att mäta spänningsfallet mellan olika punkter i varje pelare. Det framgick av mätningarna att de båda provpelarnas armering hade elektrisk kontakt med varandra. För båda pelarna användes insticksanoder av titan som var belagt med ett ädelmetallskikt (MMO). Se figurerna 31 och 32.



Figur 31 Insticksanod av märket Ebonex Plus från Vector. Anodlängd 200 mm och diameter 12 mm



Figur 32 Instickselektrod av märket DurAnod 3 från Force. Den övre anoden används vid vertikal montering i innertak. Anodlängd 250 mm och diameter 8 mm

I pelare C4 installerades 9 stycken insticksanoder av märket Ebonex plus (figur 33) och i pelare C3 installerades 10 stycken insticksanoder av märket DurAnod 3 (figur 34).



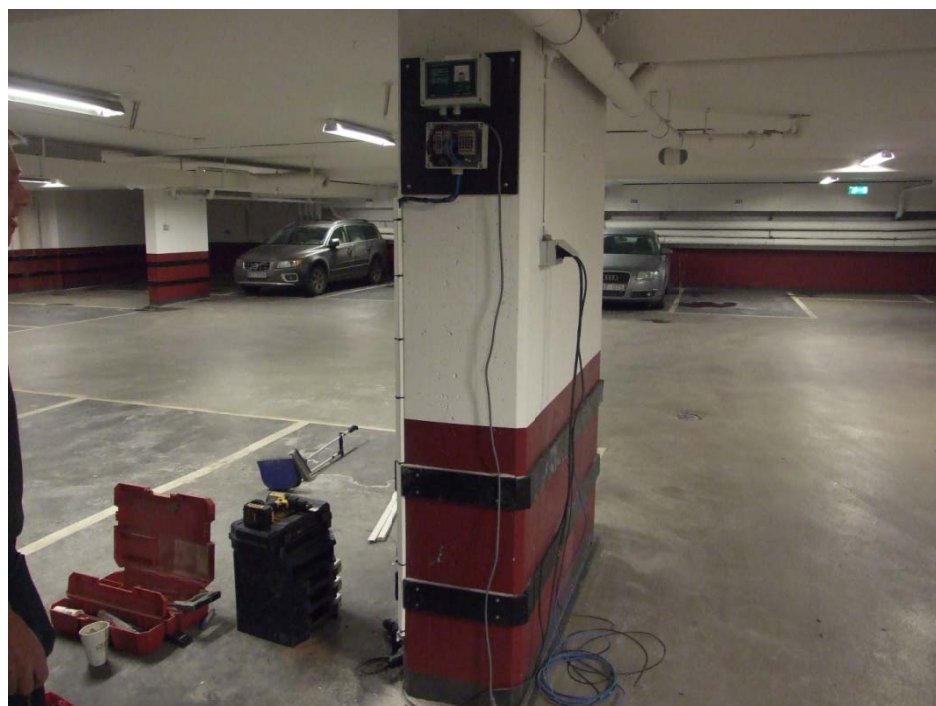
Figur 33 Pelare C4 med inmonterade insticksanoder av märket Ebonex Plus (220 mm från golvytan) (Foto: B Sederholm)



Figur 34 Montering av insticksanoder av märket DurAnod 3 i pelare C3 (510 mm från golvytan) (Foto: B Sederholm)

För att kontrollera skyddseffektiviteten hos det katodiska skyddet installerades referenselektroder av titan med ett ädelmetallskikt av MMO (Mixed Metal Oxide). Vid ingjutning av insticksanoderna och referenselektroder användes ett injekteringsbruk med en högre ledningsförmåga. För pelare C3 användes injekteringsbruk DurAgrout Inject 50 från CPI och för pelare C4 användes injekteringsbruk Ebofix grout från Vector. För strömutföring användes likriktare med konstant strömutföring och varierande utgående

spänning. I figur 35 visas en monterad likriktare med tillhörande mätbox. Mätningar kan utföras antingen med uppkoppling och fjärravläsning via dator eller manuellt på plats.



Figur 35 Likriktare med mätbox monterad på pelare C4 (Foto: B Sederholm)

I tabell 2 ges en sammanställning av dimensioneringsvärden, armeringsyta, material för insticksanoder samt referenselektroder.

Tabell 2 Sammanställning – Katodiskt skydd av pelare C3 och C4

	Pelare C3	Pelare C4
Installatör	3C	A.E Korrosionskonsult
Anodsystem	Insticksanoder, 10 st (titan, MMO, DurAnod 3)	Insticksanoder, 9 st (titan, MMO, Ebonex Plus))
Referenselektrod	3 st, (titan, MMO)	4 st , (titan, MMO)
Likriktartyp	Konstant ström	Konstant ström
Strömutmatning per anod	7 mA per anod	10 mA per anod
Beräknad strömbehov	5-10 mA/m ² stályta	5-10 mA/m ² stályta
Armeringsyta	6,9 m ²	10,5 m ²

2.2.1 Kontroll av skyddseffektivitet

Vid kontroll av det katodiska skyddets skyddseffektivitet används kriteriet katodisk depolarisation vilket innebär att stålarmeringen skall depolariseras (potentialen förflyttas i positiv riktning) minst 100 mV under en viss tid efter brytning av skyddsströmmen. Skyddsströmmen bryts således och potentialen mäts omedelbart, en bråkdel av en sekund efter brytningen ($E_{från}$), samt efter det att strömmen varit frånslagen en viss tid. Det vanliga är att strömmen är frånslagen 24 timmar. Kriteriet tillämpas för betongkonstruktioner i luft. I

detta fall skrivs kriteriet : $\Delta E_{(24\text{tim})} \geq 100 \text{ mV}$. Om potentialavklingningen är större än 100 mV efter 24 timmars fränslag innebär det en sänkning av korrosionshastigheten med över 95 %.
[3]

2.3 Mätning på utborrade betongprover - Silvergranen

Analys för tillståndsbedömning av slitbetongen genomfördes på garaget Silvergranen, Telefonvägen 39 i Haninge. Slitbetongens tjocklek framgår av figur 36. Inga dokumenterade uppgifter om beställd betongkvalitet fanns hos Stockholm Parkering. Genomförda analyser är:

- RF i betongen på olika djup
- Tryckhållfasthet och densitet
- Sorptionskoefficient
- Kloridanalyser vid olika djup (ytan och armeringen)
- Karboniseringsdjup
- Täckande betongskikt
- Korrosionsmätningar

Konstruktionen är cirka 25-30 år gammal (byggd på 1980-talet) och består av ett underjordiskt garage med slitlager av betong ovanpå konstruktionens tak, där pakeringsmöjligheter finns (se figurerna 36 och 37).



Figur 36 Slitbetongens tjocklek framgår av bilden, ca 40 cm (skikt mellan underjordsgarage och stödmur). Under slitbetongen finns någon form av isolering eller tätskikt (Foto CBI)



Figur 37 Mätning av korrosionshastighet genomförs (Swerea KIMAB, CBI och Weber). Rapicorr och galvanopuls, utrustning från CBI respektive Weber används. I bakgrunden skimtar stödmuren från figur 36 (Foto: CBI)

2.3.1 RF på olika djup

Borrkärnorna borrades ut och inkom inplastade till CBI den 6:e september. Provmaterialet togs, efter klyvning, ut från borrkärnans centrum. De angivna djupen för provtagningen är medelvärden, dvs 80 mm innebär att provmaterialet kommer från ca 70-90 mm djup. RF-mätningarna har genomförts med RF-givare (av märket Vaisala HMP40S) vid 20°C i ett av CBI:s klimatrum. Erhållna värden redovisas i tabell 3 nedan.

Tabell 3 Relativa fuktigheten vid 20°C för provmaterial från borrkärnorna C3 och B2. Avståndet anges från ovkant på provkroppen

	25 mm	50 mm	75 mm	100 mm	125 mm
C3 (RF %)	79,2	80,8	75,7	79,9	82,2
B2 (RF %)	78,9	79,7	80,4	83,8	80,3

2.3.2 Tryckhållfasthet och densitet på utborrade cylindrar

Provcylindrar sågades ut från kärnor med diameter 75 mm och längden i möjligaste mån motsvarande diametern. På cylindrarna avsedda för tryckhållfasthet planslipades tryckytorna. Efter provberedningen, och fram till provningstillfället, lagrades cylindrarna fem dygn i luft vid 20°C och 65 % RH. Resultaten redovisas i tabell 4. Tryckhållfasthetsprovningens mätosäkerhet för enskilt värde är ± 1 MPa.

Tabell 4 Tryckhållfasthet (SS-EN 12390-3:2009) och densitet (SS-EN 12390-7:2009)

	Tryckhållfasthet MPa	Densitet kg/m ³
B 3	65,0	2230
C 2	66,6	2240
D 1.1	59,2	2160
D 1.2	58,7	2200

2.3.3 Kloridinnehåll på utborrade betongprover

Kloridhalten, i kärnor med diameter 75 mm, bestämdes enligt CBI: metod 5.1995, Total klorid i hårdnad betong.

Kloridbestämningen utfördes direkt efter kalibreringen (direktpotentiometrisk metod med jonselektiv elektrod). Kloridhalten redovisas som kloridjonhalt i procent av cementets vikt. Cementhaltsbestämningen utfördes genom titrering med EDTA och fotometrisk mätning av färgomslaget med murexidindikator.

Resultaten redovisas i tabell 5. Kloridhaltsprovningens mätosäkerhet för enskilt värde är $\pm 0,1$ vikt-% vid en kloridhalt av 1,0 vikt-%.

Tabell 5 Kloridinnehåll

	djup mm	kloridjoner/cement vikt-%	Cementhalt vikt-%
B	10	0,07	25,6
B	70	0,02	29,7

2.3.4 Armeringens korrosionshastighet

Mätningarna har utförts i fält på parkeringsdäck Silvergranen, 5:e september 2013. Erhållna resultat från dessa redovisas i tabell 6, och kommenteras direkt under tabellen.

Tabell 6 Elektrokemisk potentikorrosionshastighet

Provyta	Korrosionsström per ytenhet (GalvanoPuls) ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Korrosionsström per ytenhet RapiCorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Korrosionshastighet (GalvanoPuls) ($\mu\text{m}/\text{år}$)	Korrosionshastighet RapiCorr ($\mu\text{m}/\text{år}$)
A	Ej mätbar	-	-	Ej mätbar
B	0,72	Anges ej	7,2 (beräknad)	8,3
C	Ej mätbar	-	Ej mätbar	Ej mätbar
D	3,37	Anges ej	33,7 (beräknad)	8,9

Armeringens korrosionshastigheten mättes vid fyra olika ställen på parkeringsdäcket. Mätningarna utfördes av Weber (GalvanoPuls) och CBI (RapiCorr). Som framgår av resultaten från mätningarna kunde ingen korrosionshastighet uppmätas vid två av provställena (A och C). Det konstaterades vidare att korrosionshastigheten vid provställe D var hög ($33,7 \mu\text{m}/\text{år}$) med utrustningen från Weber. Vid den senare okulära undersökningen av den frilagda armeringen kunde inga korrosionsangrepp konstateras vid mätstället på provyta D.

Provyta A: Placering mitt emellan parkeringsruta nr 27 och 38, enligt ritning

Provyta B: Placering i parkeringsruta nr 45, enligt ritning

Provyta C: Placering i parkeringsruta nr 38,

Provyta D: Placering i parkeringsruta nr 34

2.3.5 Karbonatiseringsdjup

Karbonatiseringsdjupet mättes med hjälp av fenolftaleinlösning. Resultatet av mätningarna blev ett karbonatiseringsdjup på 0,5-1 mm.

2.3.6 Täckande betongskikt

Slitbetongen var sparsamt armerad. Där armering förekom var täckande betongskiktet ca 70 mm (se figur 38). Hela slitbetongens tjocklek uppskattades till ca 400 mm. Krympsprickor förekom med periodiska intervall 90 grader mot garagets längdriktning.



Figur 38 Tekniskt brott vid armeringen. Täckande betongskikt ca 70 mm (Foto: CBI)

3 Provning av belägningars slitstyrka i laboratorium

Viss inledande provning av slitstyrka i laboratorium har även ingått i Etapp I. Ett besök vid Institut für Strassenwesen (ISAC) i Aachen har genomförts. Avsikten med besöket var att starta upp ett pilotprojekt med provning av slitstyrka enligt modifierad metodik, prEN 12697-50 "Resistance to Scuffing". Modifieringen består huvudsakligen i att utrustningen förses med dubbdäck för simulering av dubbdäckstrafik i svenska parkeringshus. Utrustningen visas i figur 39.

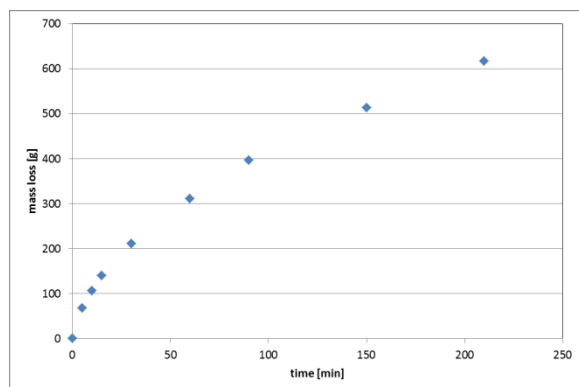


Figur 39 Utrustning för provning av Scuffing resistance, med dubbdäck (Foto: Y Edwards)

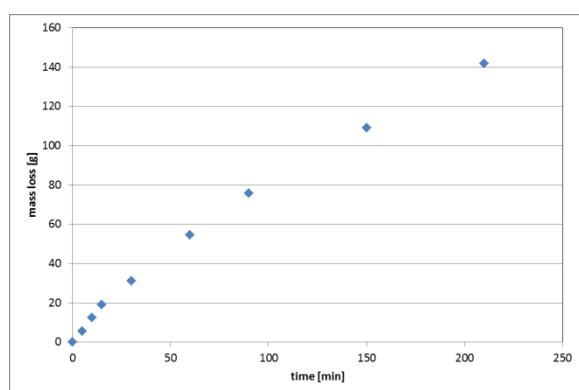
Gjutasfalt och hårdplast provades under besöket. Resultaten visar att hårdplastmaterialet slits mindre än gjutasfalten, vilket var väntat. Inget vidhäftningssläpp mellan betong och hårdplast noterades. Stenmaterialet på gjutasfalten med BCS var helt bortslitet efter avslutad provning. Rapport från besöket i Aachen har bilagts (bilaga L).

Resultat från fortsatta körningar som senare genomförts vid institutet redovisas i diagram och figurerna 40 - 41 nedan.

Provningsrapport från institutet ingår som bilaga M.



Figur 40 Viktförlust för gjutasfalten. Totalt cirka 1,2 mm



Figur 41 Viktförlust för härdplasten (polyurea). Totalt cirka 1,1 mm

4 Bergen

Utvärdering av tekniska krav och offerter har genomförts.

Utförande entreprenör blev R-Bygg AS och de har totalt kontraktansvar gentemot byggherren. Offererad lösning var enligt specifikation, men yta och lösningar blev något justerade under projektets gång.

Mer information om parkeringsgaraget i Bergen kommer att erhållas under 2014.

5 Konklusioner

Konklusioner från Etapp I sammanfattas nedan.

5.1 Provläggning

Provläggning har genomförts på ett garageplan i Kville, Göteborg. Utlägningsarbetet förlöpte utan större problem och var klart inom utsatt tid (november månad). Provytorna kommer att följas upp visuellt, främst med avseende på slitage. Provplattor har applicerats för slitageprovning i laboratoriet. Provningen kommer att genomföras 2014 (inom Etapp II).



Figur 42 och 43 Färdig provläggning i Kvillegaraget (Foto: Y Edwards)

Planerad provläggning på garageplan Silvergranen i Haninge har utgått. Provläggning på garage i Stockholmsområdet kommer eventuellt att kunna ingå i Etapp II. Kanske kan ett skriftligt åtagande bli aktuellt.

5.2 Katodiskt skydd

Installation av katodiskt skydd med insticksanoder har genomförts på två pelare i ett parkeringsgarage vid Blasieholmen i Stockholm. De katodiska skydden kommer att trimmas in under senare delen av december 2013 och slutligen driftsätts innan årsskiftet 2013/14. Resultatet av kontrollmätningar av skyddseffektiviteten hos de olika installationerna kommer att följas upp under 2014 i Etapp II. En ytterligare installation av katodiskt skydd i ett garage är planerad i Göteborg under 2014 i Etapp II.

5.3 Betonganalyser

Resultaten från betonganalyserna visar att slitbetongen är av hög kvalitet. Värden från tryckhållfasthet, densitet och sorptionskoefficient visar att betongen är mycket tät. Inga skademekanismer kunde observeras på betongen, och kloridhalterna var mycket låga intill armeringen. Karbonatiseringsdjupet var mycket litet, vilket ytterligare verifierar den täta cementpastan i betongen.

Krymsprickor förekom med periodiska intervall, vinkelrät mot garagets längdriktning. Orsaken till krymsprickorna är bristfällig armering i kombination med hög betongkvalitet. Krymsprickorna är dock sannolikt inte genomgående ner till underlaget. Detta borde dock undersökas av Stockholm Parkering, och kan göras genom att borra längs med sprickan på ett par ställen och kontrollera sprickbredden på mantelytan.

6 Fortsättning – Etapp II

Etapp I som beskrivits i denna rapport förväntas fortsätta i ytterligare två etapper.

Etapp II beskrivs kortfattat nedan (utdrag från ansökan om Etapp II). Ansökan om Etapp II har tillsänts SBUF.

1 Planering - Momentet innefattar en del ytterligare planering av projektet som helhet. Detta genomförs mot bakgrund av CBI rapport 1:2012 och resultat från Etapp I samt erfarenheter från berörda förvaltare och ägare av parkeringsanläggningar, tillverkare och entreprenörer som också aktivt deltar i momentet / projektet.

2 Urval – Lämpliga parkeringsobjekt väljs ut. Kville har ingått i Etapp, men tanken var att ytterligare ett objekt skulle ingå. Stockholm Parkering har erbjudit sig att ta fram ett objekt som kompensation för Silvergranen som fick tas ur projektet. Vilket objekt det blir bestäms under januari 2014.

3 Betong – Betongundersökningar genomförs av CBI för utvalt objekt för att kartlägga betongens status inför installationen av katodiskt skydd. Analysresultaten sammanställs och utvärderas av CBI. Endast ett fåtal analyser har ingått i Etapp I. Om ett objekt i Stockholm kan ingå i Etapp II kommer även betongundersökningar att ingå där.

4 Katodiskt skydd – Katodiskt skydd installeras i utvalt parkeringsobjekt mot bakgrund av genomförda betonganalyser. Arbetet utförs av aktuella tillverkare/entreprenörer för katodiskt skydd samt övervakas och dokumenteras av Swerea KIMAB. Installation har ingått i ett parkeringsobjekt i slutet av Etapp I. Ytterligare en kan förväntas i Stockholmsobjektet.

5 Beläggning – Beläggningsarbetet har utförts i Kville. Ytterligare kan förväntas i Stockholmsobjektet. Arbetet övervakas och dokumenteras av CBI. Applicering av provplattor Provtagning för laboratorieprovning utförs för system som inte redan ingår i Kville.

10 Delrapport – Arbetet som genomförts inom etappen dokumenteras i en SBUF-etapprapport och publiceras. Arbetet med att skriva rapporten utförs i huvudsak av CBI och Swerea KIMAB.

11 Styr/ref – Styr- och referensgruppsmöten genomförs enligt uppgjord tidplan. Mötesrapporter upprättas.

Preliminär planering för Etapp II framgår av tabell 7.

Tabell 7 Etapp II

Moment/ Månad	2014											
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1) Planering, litt- och erfarenhetsinsaml.												
2) Urval lämpliga objekt												
3) Betongundersökning												
4) Inst. katodiskt skydd												
5) Beläggningsarbete utförs												
6) Beläggningspec.												
7) Beläggningsprovning												
8) Uppf. beläggning												
9) Uppf. katodiskt skydd												
10) Delrapport												
11) Styr- och referensgruppsmöten												

7 Referenser

[1] Edwards Y., Powell T., *Beläggningsystem på betong i parkeringshus och garage – en översikt*, CBI Rapport 1:2012.

[2] Johansson L., Thorsén A., Edwards Y., *Garage och P-hus*, Tidskriften Betong nr 1, 2010.

[3] Sederholm B., *Utomhusprovning av enkelt installerade anodsystem för katodiskt skydd av räckesståndare och kantbalksarmering på Ölandsbron*, Korrosionsinstitutet SCI AB, ISSN: 0348-7199, Stockholm, 2002.