

## Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och reovering Etapp I-IV



CBI Betonginstitutet

**Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering  
Etapp I-IV**

Ylva Edwards, Bror Sederholm

2016-12-05

Finansiering: SBUF  
Bidragmottagare: NCC

Projektnummer: SBUF 13212

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

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	4
1 Bakgrund .....	6
1.1 Beläggningar .....	6
1.1.1 Plastbaserat beläggningssystem .....	6
1.1.2 Bitumenbaserat beläggningssystem .....	7
1.1.3 Cementbaserat beläggningssystem .....	7
1.1.4 Skador .....	7
1.1.5 Slitstyrka .....	8
1.1.6 Tjocklekar och kostnader .....	8
1.1.7 Livslängd.....	8
1.2 Katodiskt skydd.....	9
1.3 Syfte med projektet .....	10
1.4 Nyttan.....	11
2 Projektets genomförande – Beläggningar och betong .....	12
2.1 Provläggning i parkeringsgarage.....	12
2.1.1 Kville 2013 – nio provytor och beläggningssystem.....	14
2.1.2 Åkeshov 2014 – sju provytor och beläggningssystem.....	15
2.1.3 Baggen 2015 – sex provytor och beläggningssystem .....	16
2.2 Uppföljningar .....	17
2.2.1 Kville.....	17
2.2.2 Åkeshov .....	17
2.2.3 Baggen.....	18
2.2.4 Äldre beläggningssystem i garage .....	19
2.3 Provning av beläggningars slitstyrka i laboratorium .....	20
2.3.1 <i>Scuffing resistance</i> med dubbdäck .....	20
2.4 Riktlinjer .....	22
2.5 Beställarens hjälpverktyg .....	23
3 Projektets genomförande – Katodiskt skydd i parkeringsgarage.....	24
3.1 Katodiskt skydd med insticksanoder på betongpelare - Blasieholmen.....	24
3.2 Katodiskt skydd med nätanoder av titan - Blasieholmen.....	25
3.3 Katodiskt skydd med titannät - Smyckeparken, Göteborg.....	26
3.4 Katodiskt skydd med ingjutna offeranoder – Skrapan, Västerås .....	27
3.5 Katodiskt skydd med ingjutna offeranoder - Lignagatan, Stockholm .....	28
3.5.1 Resultat.....	30
3.6 Riktlinjer för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage .....	32
4 Konklusioner .....	33
4.1 Provläggning och provning av slitstyrka samt riktlinjer .....	33
4.2 Katodiskt skydd.....	34
5 Fortsättning .....	35
5.1 Beläggningar .....	35
5.2 Katodiskt skydd.....	35
6 Informationsspridning om projektet sedan start.....	36
7 Referenser .....	37

Bilaga A: Riktlinjer för beläggningssystem till parkeringsdäck

Bilaga B: Hjälpverktyg vid val av beläggningssystem till parkeringsdäck

Bilaga C: Riktlinjer för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage

## Sammanfattning

CBI Betonginstitutet och Swerea KIMAB har tillsammans med en rad tillverkare, entreprenörer och fastighetsägare genomfört aktuellt projekt med delfinansiering från SBUF. Finansiellt stöd till projektet har även erhållits från Rebet, NFB (Norsk Forening for Betongrehabilitering) och Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse. I föreliggande rapport sammanfattas samtliga fyra etapper, d v s Etapp I (2013) t o m Etapp IV (2016).

Syftet med projektet har varit 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. En ny och för parkeringsdäck anpassad kravspecifikation och riktlinje, inklusive ny laboriemetod för provning av motstånd mot dubbdäcksslitage (*Resistance to Scuffing*), har ingått på beläggningsidan. Riktlinjer för katodiskt skydd i parkeringsgarage har också tagits fram.

### Beläggningar

Provläggning med ett 20-tal olika typer av beläggningssystem har genomförts på tre olika garageplan i Göteborg, Stockholm respektive Linköping. Provytorna följs upp, främst med avseende på slitage. Provplattor har, i anslutning till provläggningsarbetet, applicerats för slitageprovning i laboriet. Provläggningarna har redovisats i tidigare tre SBUF-rapporter 12764, 12936 respektive 13084. Provläggningarna har följts upp.

Laborieprovning enligt *Resistance to Scuffing* (modifierad prEN 12697-50) visar på stora skillnader mellan de olika produkterna. Överensstämmelsen mellan enskilda provplattor verkar god, men varken repeterbarhet eller reproducerbarhet har ännu fastlagts för den aktuella metoden. Provtiden, som inledningsvis i projektet var 3,5 timmar, har reducerats till 60 minuter i ett förslag till metodbeskrivning eftersom totala slitaget efter längre tid även kan inkludera betongslitage, och därmed kan bli missvisande. Slitaget på dubbdäckens dubbar (i utrustningen) verkar lågt och bedöms inte ha påverkat provningsresultatet nämnvärt. Metoden differentierar väl mellan olika produkter. Vid jämförelse med motsvarande provningsresultat enligt Prall (SS EN 12697-16) kan konstateras att resultaten även här skiljer sig kraftigt åt. De båda metoderna korrelerar inte med varandra utan visar på olika typer av slitage. Metoderna rangordnar också produkterna olika. Provning enligt RWA (SS EN 13892) har ingått för en del av beläggningssystemen, men har efter Etapp II bedömts som olämplig, beroende på bland annat dålig överensstämmelse mellan enskilda provplattor.

Under Etapp IV har riktlinjer och kravspecifikation för skyddsbeläggning tagits fram, inklusive en excelapplikation som är tänkt som ett beställarens hjälpverktyg vid val av lämplig skyddsbeläggning till ett specifikt garage. Dessa finns som bilagor i rapporten.

## **Katodiskt skydd**

När det gäller projektdelen katodiskt skydd med diskreta anodsystem i parkeringsgarage har det under Etapp I genomförts två olika installationer på två betongpelare i ett parkeringsgarage på Blasieholmen 24 i Stockholm. Installationerna utfördes av Corrosion Control Company AB (3C AB) och A.E Korrosionskonsult AB. Installationerna har utvärderats och kontrollerats med avseende skyddseffektivitet av Swerea KIMAB. Resultaten visar att det katodiska skyddet med inborrade insticksanoder fungerade bra och gav ett fullgott katodiskt skydd.

Under Etapp II har kontrollmätningar av skyddseffektivitet genomförts på det katodiska skydd som hade installerats i en fullskalig installation av påtryckt ström med titannät på golv, väggar och pelare i parkeringsgaraget på Blasieholmen. Installationen togs i drift i mars 2015. Det katodiska skyddets skyddsförmåga har kontrollerats på plats vid flera tillfällen under året. Vid samtliga mättillfällen uppnåddes ett fullgott katodiskt skydd.

Under Etapp III har det katodiskt skyddade parkeringsgaraget Smyckeparken (installationsår 1992) i Göteborg kontrollerats med avseende på skyddsförmåga. Kontrollmätningarna visar att det katodiska skyddet är fullgott. En kartläggning om möjligheterna att använda katodisk skydd med offeranoder av zink har också genomförts inom Etapp III.

I Etapp IV har en installation och utvärdering av skyddsförmågan hos ingjutna offeranoder av zink med ett cementshölje innehållande LiOH utförts av A.E Korrosionskonsult och Swerea KIMAB. Installationen gjordes i ett parkeringsgarage på söder i Stockholm (Lignagatan 13). Resultaten från utvärderingen visar att strömspridningen från offeranoderna var begränsad till cirka 15 cm från anoden. Under Etapp IV har även en bedömning ur både teknisk och ekonomisk synvinkel gjorts av olika lämpliga anodsystem för katodiskt skydd i parkeringsgarage.

# 1 Bakgrund

Parkeringshus och garage tillhör den mest utsatta typen av betongkonstruktion, framförallt när det gäller armeringskorrosion. De ofta mycket allvarliga skador som uppstår utgörs nästan uteslutande av rostangrepp på den ingjutna armeringen och därav uppkomna betongskador. Skadorna uppstår huvudsakligen till följd av klorider från vägsalt 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 efterhand sönder på grund av armeringens ökande volym (korrosionsprodukterna kräver plats). Även ingjutna klorider förekommer i kombination med karbonatisering. Armeringskorrosion är allvarligt eftersom konstruktionens bärförmåga kan nedsättas och skadans omfattning inte alltid syns vid visuell yttre inspektion [1].

Skador i form av rostande armering i olika typer av parkeringshus och garage uppstår, enligt bland annat CBIs erfarenheter, huvudsakligen i bjälklag, ramper och i de nedre delarna av väggar och pelare. Denna typ av skador kan emellertid till stora delar undvikas med rätt betongkvalitet, tillräckligt tjocka täckskikt över armeringen och, inte minst, väl fungerande ytskyddsbeläggning. En annan möjlig åtgärd är att, i mer eller mindre stor omfattning, komplettera med katodiskt skydd i samband med reparation eller t o m vid nybyggnad [2]. Väl fungerande skyddsbeläggning 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 har därför tagits upp för utveckling och utvärdering inom det aktuella projektet.

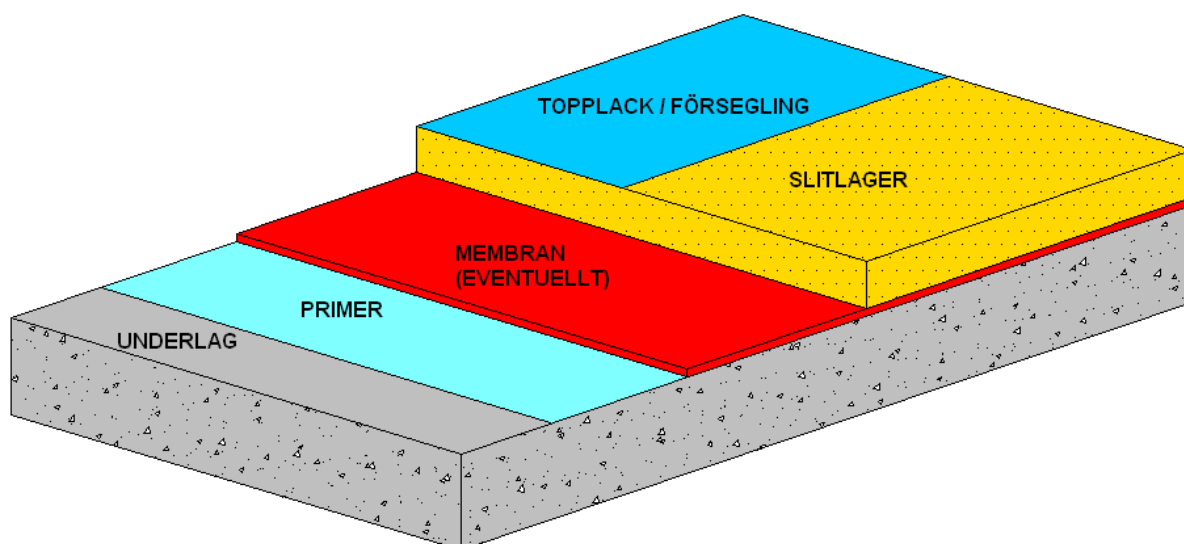
Projektet har pågått sedan 2013 och genomförts i fyra olika etapper. I föreliggande rapport sammanfattas samtliga fyra etapper. För mer detaljerad information om laboratorieprovningar, provläggningar och uppföljningar av beläggningssystem samt installationer och uppföljningar av katodiskt skydd hänvisas till tidigare etapprapporter i projektet [3, 4, 5]. Riktlinjer har bifogats rapporten.

## 1.1 Beläggningar

De tre huvudtyperna av ytskyddsbeläggning i golvnivå till parkeringshus och garage utgörs av plastbaserad beläggning, bitumenbaserad beläggning eller hårdbetong/cementbaserad beläggning.

### 1.1.1 Plastbaserat beläggningssystem

I den generella och traditionella uppbyggnaden av en plastbeläggning ingår som regel hårdplast av något slag, i flera skikt, inklusive stenmaterial i form av sand/mineral och filler. I det fall ett så kallat membran ingår i systemet utgörs detta av ett flexibelt, vattentätt och spricköverbyggande skikt. Ibland är membranet färgat och förväntas då fungera som ett indikationsskikt på nednötning. Själva slitlagret i systemet innehåller ofta en hel del sand/mineral och filler. Stor mängd fyllnadsmaterial begränsar slitlagrets elasticitet och gör materialet hårdare. För att få grövre struktur och förbättrad halksäkerhet kan sand/mineral ströas i den utlagda plastmassan. För högre slitstyrka (i kurvor och ramper) används granit eller bauxit (en svart aluminiumhaltig sand/mineral). På slitlagret läggs ofta en tunn topplack. Se figur 1.1.



Figur 1.1 Exempel på uppbyggnad av en hårdplastbeläggning i flera skikt [6]

### 1.1.2 Bitumenbaserat beläggningssystem

Uppbyggnaden av ett bitumenbaserat beläggningssystem utgörs som regel av gjutasfalt i kombination med tätskiktsmatta, vilken som regel är SBS (styren butadien styren)-modifierad med armerande stomme av polyester, och har polymerbitumen på båda sidor.

Tätskiktsmattans tjocklek ligger på 4-5 mm. Mattan helsvetsas i de allra flesta fall mot det primerbehandlade betongunderlaget. Primern kan bestå av bitumenlösning, bitumenemulsion eller akrylat (MMA, d v s metylmetakrylat). Själva beläggningsskiktet utgörs av polymermodifierad gjutasfalt. Polymerhalten i gjutasfalten uppgår till cirka 4 vikt-% inblandning i bindemedlet. Flyttillsatsmedel i form av vax tillsätts eventuellt för att kunna sänka utläggningstemperaturen och därmed förbättra arbetsmiljön i samband med utläggning (med avseende på rökutveckling), liksom miljön ur ett större perspektiv. Tätskiktsmattan kan ibland ersättas med asfaltmastix bestående av polymermodifierat bitumen, filler och sand. Mastixen läggs ut cirka 10 mm tjockt på gasavledande nät.

### 1.1.3 Cementbaserat beläggningssystem

Hårdbetong tillverkas med cement som bindemedel och kan vara armerad med ballast och fibrer av t ex akryl eller epoxi. Tjockleken varierar beroende på typ av system från cirka 5 till 50 mm. Beläggningen läggs som regel ut på vattenbehandlad betongyta som först primerbehandlats.

### 1.1.4 Skador

Skador på hårdplastbeläggningar uppträder framförallt i form av slitage, sprickbildning och vidhäftningsförluster. I gjutasfalt kan sjunkmärken uppstå vid långvarig tung punktbelastning (t ex motorcykel på stöd). Exempel på skador på gjutasfalt respektive hårdplastbeläggning visas i figur 1.2. Vad gäller hårdbetong av olika slag kan t ex betongens krympeegenskaper ge upphov till sprickbildning.



### 1.1.5 Slitstyrka

Beträffande slitstyrka utsätts beläggningen för dubbdäcksslitage i svenska/nordiska 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 provas och redovisas. En relevant och för parkeringsdäck anpassad kravspecifikation för beläggningar bör tas fram för att underlätta för såväl beställare som tillverkare och entreprenörer vid val av beläggning. Bestämning av slitstyrka är här centralt.



*Figur 1.2 Exempel på skador i form av sjunkmärken för gjutasfalt (t v) och slitage för hårdplast (t h)*

### 1.1.6 Tjocklekar och kostnader

Hårdplastbeläggnings 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 varierar förstås också beroende på systemets uppbyggnad och lagertjocklekar. Enligt uppgift från olika leverantörer kan priset (2012) ligga mellan 150 och 350 SEK/m<sup>2</sup> (exklusive membran). Membranet kan kosta cirka 150-250 SEK/m<sup>2</sup> extra. Ytterligare kostnader kan tillkomma för exempelvis UV-beständig topplack. Med polyurea är kostnaden enligt uppgift cirka 400 SEK/m<sup>2</sup> för 2 mm, cirka 550 SEK/m<sup>2</sup> för 4 mm och cirka 750-800 SEK/m<sup>2</sup> 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 30 mm PGJA cirka 400 kr/m<sup>2</sup> för ett (svart) parkeringsdäck. Färdigt arbete med t ex den tunnare hårdbetongprodukten Intercrete uppges ligga på cirka 300 kr/m<sup>2</sup> (inklusive blästring av betongyta).

### 1.1.7 Livslängd

Beläggningens 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 tillverkarens uppgifter, ligger mellan 8 och 30 år för hårdplastbaserat system, vilket emellertid som regel baseras på erfarenheter från andra europeiska länder utan dubbdäcksanvändning. Tjockleken har avgörande betydelse. Livstiden



för ett system med matta och gjutasfalt bör vara minst 30 år under svenska förhållanden. En lyckad hårdbetong kan enligt tillverkarens uppgift också hålla minst 30 år. I samtliga fall gäller att beläggnings regelbundet måste inspekteras och underhållas på lämpligt sätt.

Livscykelkostnad har inte tagits upp i projektet.

## 1.2 Katodiskt skydd

Katodiskt skydd är en aktiv korrosionsskyddsmetod som har använts i Sverige sedan slutet av 1980-talet för betongbroar, betongkajer, vattentorn och parkeringsgarage. Den första installationen med katodiskt skydd i ett parkeringsgarage gjordes 1993 i bostadsområdet Smyckeparken i Göteborg. Den senaste installationen i ett parkeringsgarage i Sverige gjordes under 2015 vid Blasieholmen i Stockholm.

Skyddsmetoden innebär att man gör metallytan, i detta fall den ingjutna armeringen som ska skyddas, så elektriskt negativ att korrosionsreaktionerna hindras, genom att alla armeringsytor blir katodiska. Vad som sker är att armeringens korrosionspotential sänks några tiondels volt så att hela armeringsytan blir katodisk. På det sättet elimineras alla anodiska och korroderande partier på armeringsytan. En fördel med katodiskt skydd är att det kan appliceras både vid nyanläggning av konstruktioner och på konstruktioner som redan är i användning. I det senare fallet hindras pågående korrosion. Katodiskt skydd är därför särskilt lämpat för att avbryta pågående korrosion på stålarmring i t ex parkeringsgarage.

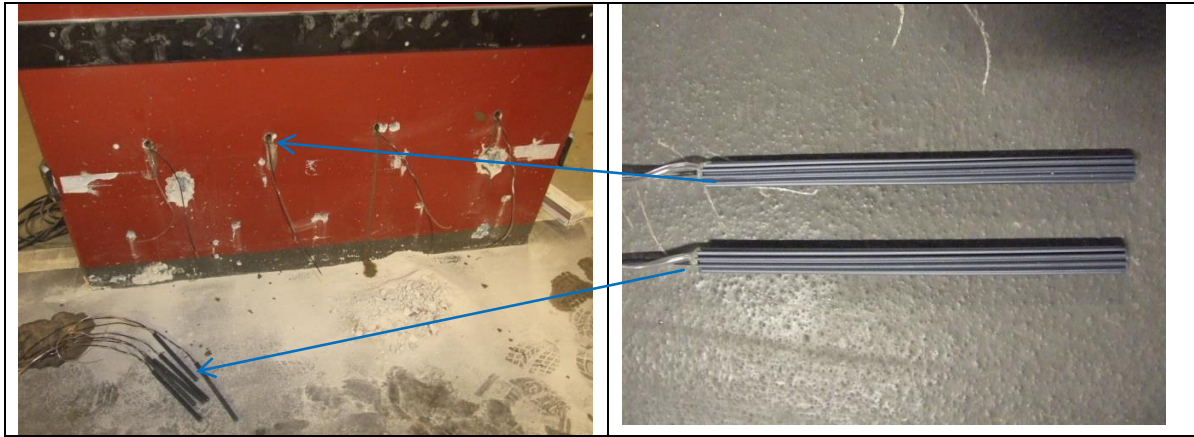
Det katodiska skydd som oftast används idag för att skydda stålarmringen i betongkonstruktioner mot korrosionsangrepp är titannät med ädelmetallskikt (MMO Mixed Metal Oxide) med påtryckt ström. Se figur 1.3.



*Figur 1.3 Anodsystem med nätanod av titan belagt med MMO (Mixed Metal Oxide)*

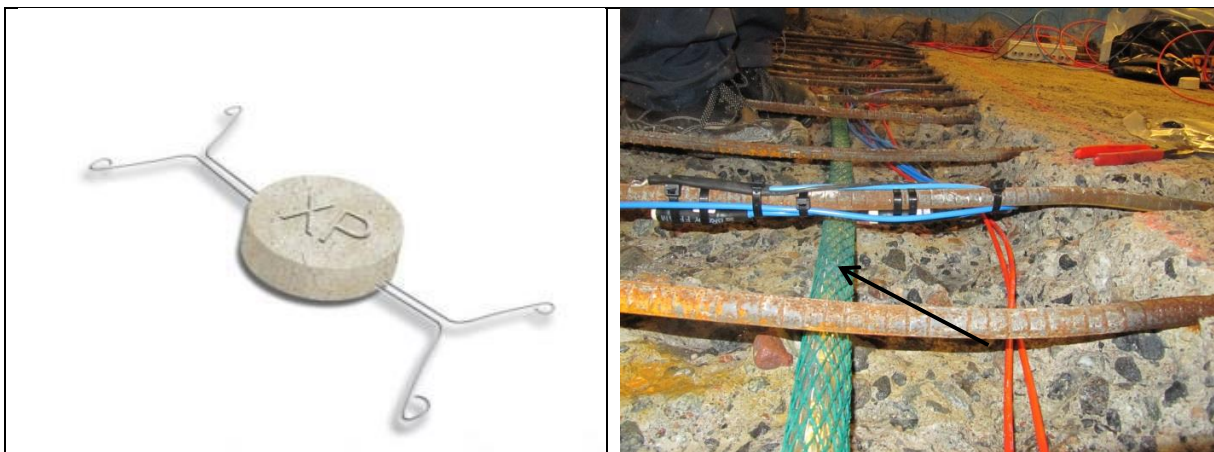
Detta anodsystem är relativt dyrt och komplicerat att installera jämfört med diskreta anodsystem. Exempel på diskreta anodsystem är instickselektroder av titan. Se figur 1.4. För att uppnå god skyddsförmåga hos armeringen med hjälp av diskreta anodsystem, där anodytan

är mycket mindre än anodytan hos ett titannät, krävs att betongens tillstånd är kartlagd innan installationen genomförs. Med tillstånd avses sådana egenskaper som resistivitet, kloridhalt och täcksikt samt armeringens korrosionstillstånd och elektriska kontinuitet. 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.



Figur 1.4 Exempel på insticksanoder av titan belagda med MMO

Under senare år har en typ ingjutna offeranoder av zink med ett aktivt cementslitage innehållande en liten mängd litiumhydroxid (LiOH) börjat användas i parkeringsgarage för att hindra armeringskorrosion. Se figur 1.5.



Figur 1.5 Exempel på två typer av zinkanoder med cementslitage innehållande litiumhydroxid (LiOH): Galvashield XP (t v) och Galvanode DAS 89 (t h)

### 1.3 Syfte med projektet

Det finns idag inga klara riktlinjer för val av skyddsbeläggning eller katodiskt skydd i parkeringsgarage. Syftet med projektet som helhet har därför varit 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. Förslag till riktlinjer och kravspecifikation har tagits fram liksom ett beställarens hjälpverktyg vid val av beläggningssystem.

Projektet som helhet planerades inledningsvis sträcka sig över minst en 3-årsperiod, och har hitintills pågått under fyra år (2013 – 2016). Uppföljning av provbeläggningar och installationer föreslås fortsätta under ytterligare ett antal år.

#### **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. Dessa kan i sin tur sänka sina underhållskostnader och behöver inte ställas inför valet att eventuellt minska på underhållsinsatserna, vilket medför en kortare livslängd för anläggningen.

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

## 2 Projektets genomförande – Beläggningar och betong

Detaljerad planering av projektets praktiska utförande har genomförts av CBI tillsammans med tillverkare och entreprenörer, med start vid inledningen av Etapp I. Litteratur- och erfarenhetsinsamling har gjorts mot bakgrund av bland annat CBI rapport 1:2012 samt erfarenheter från berörda förvaltare och ägare av parkeringsanläggningar [6].

Etapp I (2013) har innefattat:

- projektplanering och val av parkeringsobjekt
- provläggning i Kville
- utprovning av modifierad laboratoriemetodik i Aachen [7]

Etapp II (2014) har innefattat:

- provläggning i Åkeshov inklusive betonganalyser
- laboratorieprovning av slitstyrka mot dubbdäck (tre metoder). Prov från Kville och prov från Åkeshov

Etapp III (2015) har innefattat:

- provläggning i Linköping (Baggen) inklusive betonganalyser
- laboratorieprovning av slitstyrka mot dubbdäck (två metoder). Prov från Baggen
- uppföljning av provytor
- uppföljning av äldre beläggningssystem (Examensarbete)
- specifikation och riktlinjer

Etapp IV (2016) har slutligen innefattat:

- specifikation och riktlinjer
- hjälpverktyg
- uppföljningar av provytor

Provläggningar, uppföljningar och resultat från laboratorieprovning av slitstyrka sammanfattas i kommande avsnitt (2.1-2.3).

### 2.1 Provläggning i parkeringsgarage

Provläggning av tätskikts- och skyddsbeläggning på betong genomfördes, som tidigare nämnts, i tre olika parkeringsgarage:

- Kville i Göteborg under november 2013
- Åkeshov i Stockholm under augusti 2014
- Baggen i Linköping under juli 2015

Inledningsvis har hela provytan i respektive garage blästrats (Kville och Åkeshov) eller slipats (Baggen). Varje provyta är på cirka 30-35 kvadratmeter.

Betonganalyser har genomförts inom projektet för Åkeshov och för Baggen. Resultaten från betonganalyserna visar att slitbetongen är av hög kvalitet i båda garagen. Värdena för tryckhållfasthet visar också att betongen är mycket tät. Inga skademekanismer kunde observeras på betongen i de respektive garagens aktuella delar. Karbonatiseringsdjupet var litet. I Kville hade betongen statusbedömts av WSP, 2012. För mer detaljer vad gäller betonganalyser hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.

Betongprovplattor har applicerats med respektive beläggningssystem i anslutning till varje provläggning, och testats i laboratorium med avseende på slitstyrka mot dubbdäck. Se tidigare SBUF-rapporter. Betongprovplattorna har också förbehandlats på motsvarande sätt som underlaget.

De respektive provläggningarna beskrivs mycket kortfattat i följande tre avsnitt. För mer detaljerade beskrivningar hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.

### 2.1.1 Kville 2013 – nio provytor och beläggningssystem

Produktsystem och tillverkare/utförare som ingått vid provläggningen i Kville framgår av tabell 2.1. Färdig total provyta visas i figur 2.1. Parkeringsdäcket utgörs av ett mellanplan i ett kallgarage för boendeparkering.

Tabell 2.1 Produktsystem och tillverkare/utförare som har ingått vid provläggningen i Kville

Yta nr	Typ av produkt	Produktnamn	Tjockl (mm)	Tillverkare/utförare
1	Gjutasfalt	<b>PGJA 8</b> med vax bromatta enligt TRVKB10 och bitumenprimer	30	Duo Asphalt/GAFS
2	Hårdbetong	<b>Densit</b> med Densit primer (cementbaserad)	8-12	Spännbalkkonsult SBK
3	Polyuretan	<b>Sikafloor 375</b> med topplack och epoxiprimer	3-8	Sika
4	Polyuretan	<b>StoCretec Metod 1007</b> med topplack och epoxiprimer	3-8	Sto
5	Polyuretan	<b>Deckshield ID</b> med topplack och epoxiprimer	3-8	Flowcrete
6	Polyuretan	<b>Conideckk 2255</b> med topplack och epoxiprimer	3-8	Modern Betong
7	Akryl och polymer	<b>Map Pro</b> Flexibinder med topplack och epoxiprimer	3-8	Mapei
8	Polyurea Yta 8 / v 48	<b>Micorea S3</b> med epoxiprimer	3-8	Elmico
9	Polyuretan	<b>Mapefloor PU</b> Flexibinder med topplack av polyuretan och MMA-primer	3-8	Mapei



Figur 2.1 Färdig total provyta med nio beläggningssystem - Kville 2013

(Foto: Y Edwards)

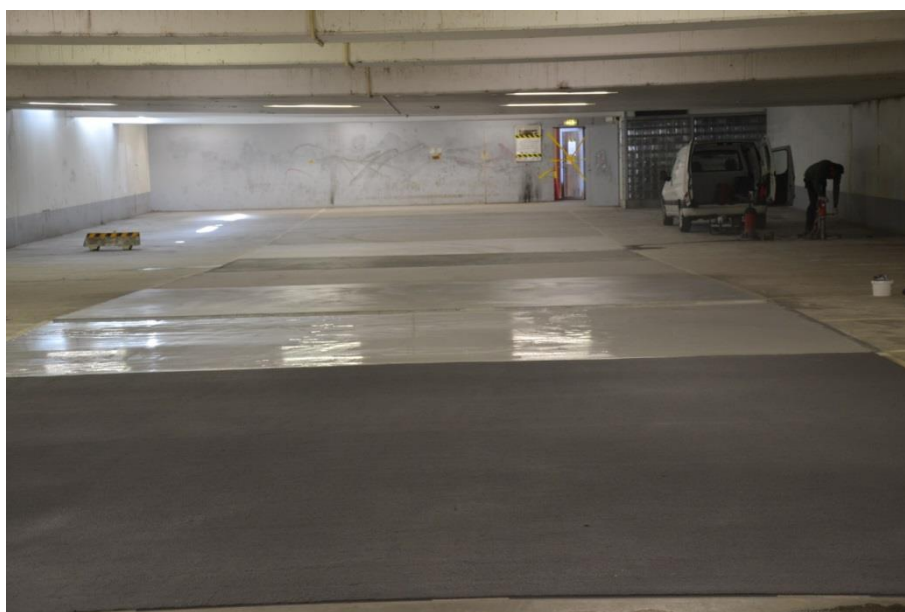


## 2.1.2 Åkeshov 2014 – sju provytor och beläggningssystem

Produktsystem och tillverkare/utförare som ingått vid provläggningen i Åkeshov framgår av tabell 2.2. Färdig total provyta visas i figur 2.2. Parkeringshuset ligger i markplan i anslutning till Åkeshovs simhall.

Tabell 2.2 Produktsystem och tillverkare/utförare som har ingått vid provläggningen i Åkeshov

Yta nr	Typ av produkt	Produktnamn	Tjockl (mm)	Tillverkare/ utförare
1	Hårdbetong	Intercrete	mer än 2	International/ Akzo Nobel/ TPM
2	Akryl	Silikal	3-8	Acrylgolv Industrigolv
3	Akryl	Duracon	3-8	Flowcrete / Injo Golv
4	Polyuretan	Ucrete	3-8	Modern betong
5	Hårdbetong	Mastertop	ca 20	Modern betong
6	Epoxi	Micopox C HD	3-8	Elmico/Lingfjords
7	Polyurea	Micorea S3 med epoxiprimer	3-8	Elmico/ Lingfjords



Figur 2.2 Färdig total provyta med sju beläggningssystem - Åkeshov 2014  
(Foto: Y Edwards)



### 2.1.3 Baggen 2015 – sex provytor och beläggningssystem

Produktsystem och tillverkare/utförare som ingått vid provläggningen i Baggen framgår av tabell 2.3. Färdig total provyta visas i figur 2.3. Parkeringsdäcket ligger utomhus på plan fem. Baggen ligger mycket centralt i Linköping med totalt 400 P-platser.

Tabell 2.3 Produktsystem och tillverkare som har ingått vid provläggningen i Baggen

Yta nr	Typ av produkt	Produktnamn	Tjockl (mm)	Tillverkare/ utförare
1	Polyurea	Purtop 1000	3-4	Mapei/Polyterm
2	Akryl	Silikal Struktur	ca 4	Industrigolv
3	Gjutasfalt	PGJA 11	ca 30	GAFS/Haninge tak
4	Polyurea	Micorea HS	3-4	Elmico/Sprayskum
5	Hårdbetong	Primer Sika MonoTop 910 Beläggning Sikafloor-1+Concrete	8-10	Sika
6	Akryl	Duracon	6	Flowcrete/ Pea fogfria golv



Figur 2.3 Färdig total provyta med sju beläggningssystem - Baggen 2015  
(Foto: Y Edwards)

## 2.2 Uppföljningar

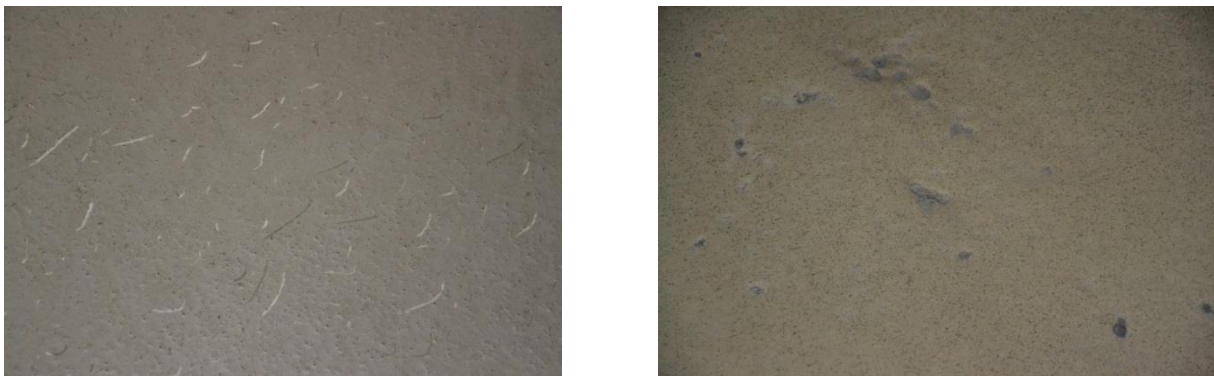
Samtliga provfält har inspekterats visuellt under 2014- 2016. I följande avsnitt sammanfattas dessa inspektioner generellt sett.

### 2.2.1 Kville.

Uppföljning av de nio provbeläggningarna i Kville, med visuell bedömning och fotodokumentation, genomfördes i november 2014 och i maj 2016 . Generellt konstateras att samtliga provytor såg mycket bra ut:

- inga sprickor
- inga vidhäftningssläpp utom i kant på yta 8 (som åtgärdades vid tillfälle mellan de båda besiktningarna)
- gropar (ytorna 8 och 9)
- slitage efter dubbdäck (märken på samtliga ytor)

Märken efter dubbar och gropar visas i figur 2.4. För mer detaljerad information hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.



Figur 2.4 Märken efter dubbdäck på yta 5 (t v) och gropar (t h) på yta 8  
(Foto: Y Edwards)

### 2.2.2 Åkeshov

Uppföljning av de sju provbeläggningarna i Åkeshov, med visuell bedömning och fotodokumentation, genomfördes i november 2015 och i augusti 2016. Generellt konstateras:

- inga sprickor, men märkbar krackelering på yta 5 (Mastertop)
- inga vidhäftningssläpp
- gropar (enstaka på ytorna 1, 2 och 7 samt mycket *pinholes* ned till betongen på yta 6 (epoxi Micopox)
- slitage efter dubbdäck (märken på samtliga ytor men mest märkbart på yta 6 och minst på yta 7)

Krackelering och *pinholes* visas i figur 2.5. För mer detaljerad information hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.



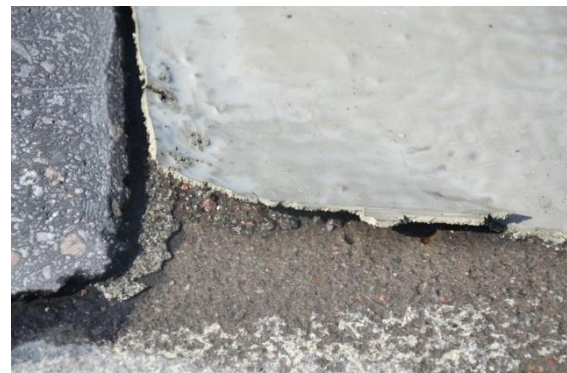
*Figur 2.5 Krackelering (t v) på yta 5 (2016) och pinholes (t h) på yta 6 (2015)  
(Foto: Y Edwards)*

### **2.2.3 Baggen**

Första uppföljningen av de sex provbeläggningarna på Baggen, med visuell bedömning och fotodokumentation, genomfördes redan en dryg månad efter provläggningen. Nästa uppföljning blev i augusti 2016. Generellt konstateras:

- inga sprickor, men mindre skador på yta 5 (Sikafloor-1+Corecrete)
- inga vidhäftningssläpp utom i kant på yta 4 (Micorea HS)
- gropar, enstaka samt blåsbildning på yta 4 (Micorea HS)
- slitage efter dubbdäck (märken på samtliga ytor)

Krackelering och vidhäftningssläpp visas i figur 2.6. För mer detaljerad information hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.



*Figur 2.6 Krackelering/mindre skador (t v) på yta 5 (2016) och vidhäftningssläpp (t h) på yta 4 (2016) (Foto: Y Edwards)*

## 2.2.4 Äldre beläggningssystem i garage

Som en kompletterande del i Etapp III ingick ett examenarbete som utförts på KTH Byggteknik och Design [8]. I rapporten har 19 beläggningssystem bestående av fem olika typmaterial, genomgått en okulär inspektion i Stockholmsområdet. Syftet med inspektionen har varit att kartlägga de skador och slitage beläggningssystemen drabbas av. Rapporten resulterar i en analys av beläggningssystemen och samband mellan skador och slitage för de olika systemen på ramper och mellanbjälklag. De aktuella parkeringsdäcken är utförda i betong med ytbeläggningar av tre typmaterial: härdplaster (akryl, polyuretan och epoxi), gjutasfalt samt hårdbetong.

Inspektionen omfattade okulär bedömning av skador och slitage där huvudsakligen synliga skador har noterats. Skador och slitage omfattas av sprickor, krackelering, vidhäftningssläpp, plastisk deformation, däckspårsslitage, frostsprängning, hål, armeringskorrosion, kulör- och glansförändring, snöröjningsskador, däckspårsmärken, samt repskador orsakade av dubbdäck.

De olika ytskyddsbeläggningarna ligger inom ett stort åldersspann på 3-22 år. Detta gör att beläggningarna inte direkt går att jämföra med varandra. En äldre beläggning på t ex 20 år kan naturligt antas vara mer skadad än en yngre beläggning på endast 3 år. Detsamma gäller för trafikintensitet, d v s en beläggning med hög trafikintensitet blir skadedrabbad i ett tidigare skede än en beläggning med låg trafikintensitet. För att göra insamlad data jämförbar för de olika garagen har en formel tagits fram som modifierar den graderade skademängden med hänsyn till trafikintensitet och beläggningens ålder. Se ekvation nedan för ekvivalent skademängd.

$$\frac{s}{\text{å} \cdot t} \cdot 100 = e$$

s = skademängd [0-5], å = ytbeläggningens ålder [år], t = uppskattad trafikintensitet [0-5], e = ekvivalent skademängd. För att göra den ekvivalenta skademängden överskådlig och jämförbar har värdet multiplicerats med faktor 100.



## 2.3 Provning av belägningars slitstyrka i laboratorium

Provning har genomförts enligt de tre laboriemetoder som listas nedan:

- *Resistance to Scuffing*, modifierad prEN 12697-50
- Prall, SS EN 12697-16
- RWA, SS EN38921

Modifieringen av *Resistance to Scuffing* består huvudsakligen i att utrustningen försetts med dubbdäck för simulering av dubbdäckstrafik i svenska/nordiska parkeringshus. Utrustningen visas i figur 2.7.



Figur 2.7 Utrustning för provning av *Scuffing resistance*, med dubbdäck (Foto: Y Edwards)

Provning enligt RWA har ingått för beläggningssystemen i Kville och Åkeshov men har inte ingått i den tredje provningsomgången beroende på dålig repeterbarhet hos metoden och brist på koppling till erfarenheter från verkligheten.

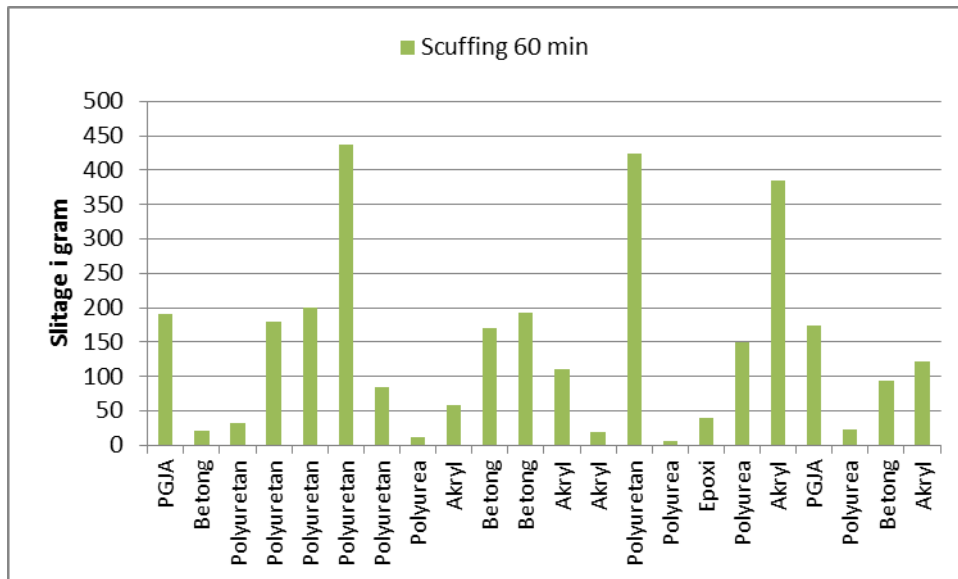
I detta avsnitt sammanfattas endast genomförd laborieprovning enligt *Resistance to Scuffing* för de beläggningssystem som ingått i projektet som helhet. För övrig laborieprovning hänvisas till tidigare etapper och SBUF-rapporter.

Metoderna *Scuffing resistance* och Prall korrelerar enligt utförd provning inte med varandra, utan visar på olika typer av slitage. Metoderna rangordnar produkterna olika.

### 2.3.1 *Scuffing resistance* med dubbdäck

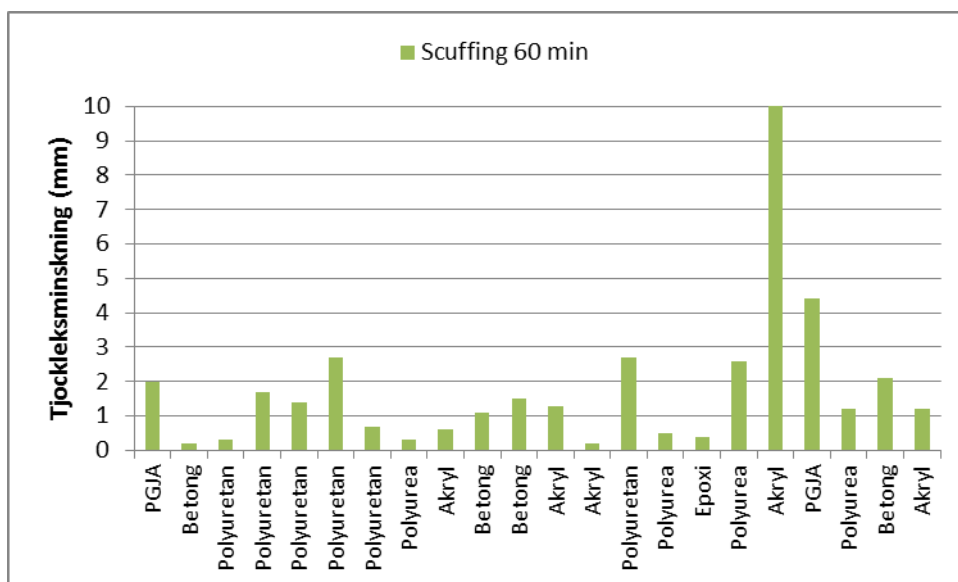
Erhållna resultat uttryckt i vikt förlust vid provning enligt *Scuffing resistance* för samtliga system visas i figur 2.8. Endast typ av produkt (betong, PGJA, polyuretan, polyurea, akryl

eller epoxi) har angivits i diagrammen. Med betong avses olika typer av hårdbetong, och med akryl avses även hybridprodukt där akryl kombinerats med polyuretan. Genomförda provningar, med olika lång provningstid, visar att en provningstid på 60 minuter är lämplig för metoden. Provtiden var inledningsvis i projektet 3,5 timmar, men har under projektets gång reducerats till 60 minuter i ett förslag till metodbeskrivning eftersom totala slitaget efter längre tid även kan inkludera betongslitage, och därmed bli missvisande.



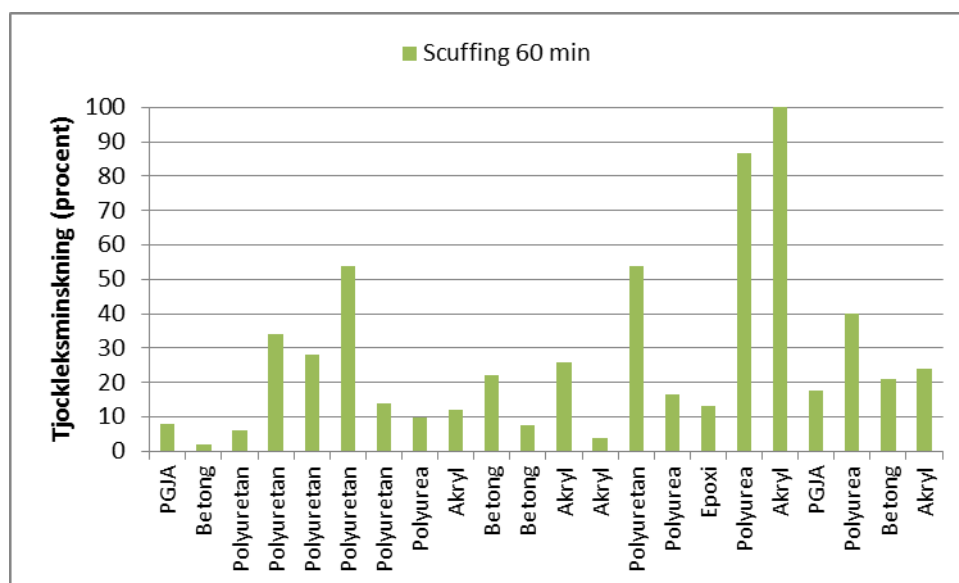
Figur 2.8 Scuffing - Slitage uttryckt i vikt förlust efter 60 minuter vid 20°C, samtliga 22 system. Systemen har lagts in med start från vänster i Kville (9 system), Åkeshov (7 system) och Baggen (6 system)

Diagrammet i figur 2.9 nedan visar erhållit slitaget uttryckt i tjockleksminskning i mm.



Figur 2.9 Scuffing - Slitage uttryckt i mm tjockleksminskning efter 60 minuter vid 20°C, samtliga 22 system. Systemen har lagts in med start från vänster i Kville (9 system), Åkeshov (7 system) och Baggen (6 system)

Betydelsen av beläggningssystemets tjocklek för systemets slitstyrka över tid (livslängdsparameter) blir tydligare om slitaget uttrycks i procentuell tjockleksminskning. Detta framgår av motsvarande diagram i figur 2.10 nedan.



Figur 2.10 Scuffing - Slitage uttryckt i ungefärlig procentuell tjockleksminskning efter 60 minuter vid 20°C, samtliga 22 system. Systemen har lagts in med start från vänster i Kville (9 system), Åkeshov (7 system) och Baggen (6 system)

Provning enligt *Resistance to Scuffing* har således genomförts för totalt 22 olika beläggningssystem inom Etapp II och Etapp III. Systemen har applicerats på betong i anslutning till provläggningarna. Två provplattor har ingått för varje beläggningssystem vad gäller just denna metod. Konklusioner beträffande metoden är:

- överensstämmelsen mellan enskilda provplattor verkar god, men repeterbarhet eller reproducerbarhet har ännu inte fastlagts för den aktuella metoden
- en provningstid på 60 minuter föreslås, vilket innebär 2460 hjulrotationer med dubbdäck vid en hastighet av cirka 1 km/h i laboratoriet
- slitaget på dubbdäckens dubbar (i utrustningen) verkar lågt och bedöms inte ha påverkat provningsresultatet nämnvärt
- metoden differentierar uppenbart mellan olika produkter och visar på stora skillnader

## 2.4 Riktlinjer

Riktlinjer för tätskikts- och skyddsbeläggningssystem på parkeringsdäck av betong har tagits fram och redovisas i bilaga A.

Avsikten med riktlinjerna är att höja kunskapsnivån samt peka på olika fördelar, brister och problem vad gäller val av beläggningssystem. Dokumentet ska läsas i anslutning till den excelapplikation som också har tagits fram inom projektet som hjälpverktyg till beställaren (se avsnitt 2.5 nedan).

I riktlinjerna listas olika standarder och regelverk som man bör känna till inom området och ett förslag på funktionskrav för beläggningssystem på parkeringsdäck av betong presenteras.



Olika typer av produkter och system tas upp vad gäller innehåll, uppbyggnad och funktion. För- och nackdelar listas. Avslutningsvis behandlas arbetsutförande, säkerhet och hälsa.

## **2.5 Beställarens hjälpverktyg**

Ett hjälpverktyg för beställarens val av skyddsbeläggning på parkeringsdäck har utvecklats, med start under Etapp III. Verktöget baseras på:

- det aktuella P-däckets konstruktionsuppbyggnad
- befintlig miljö
- beställarens behov och önskemål

Instruktioner och olika möjliga val tas upp och anges i ett excelark. Beställaren fyller i och får förslag på lämpligt produktval. En mer detaljerad beskrivning finns i Bilaga B.

Verktöget testas och utvärderas förslagsvis i praktiken under 2017 och görs därefter tillgängligt på valda hemsidor utan kostnad.

### **3 Projektets genomförande – Katodiskt skydd i parkeringsgarage**

Planering av projektets praktiska utförande har genomförts av Swerea KIMAB tillsammans med 3C AB och A.E. Korrosionskonsult AB, med start vid inledningen av Etapp I. Swerea KIMAB:s tidigare erfarenheter av katodiskt skydd för betongkonstruktioner har legat till grund för detta.

Etapp I (2013) har innefattat:

- projektplanering och val av parkeringsobjekt
- provinstallation på betongpelare, Blasieholmen
- uppföljningar och kontrollmätningar, Blasieholmen

Etapp II (2014) har innefattat:

- uppföljning och kontrollmätning på betongpelare, Blasieholmen
- fullskalig installation med nätanod av titan på golv, väggar och pelare, Blasieholmen
- uppföljningar och kontrollmätningar av den fullskaliga installationen, Blasieholmen

Etapp III (2015) har innefattat:

- uppföljning och kontroll av skyddseffektivitet, Blasieholmen
- uppföljning och kontroll av skyddseffektivitet, Smyckeparken, Göteborg
- bedömning av olika lämpliga anodsystem samt riktlinjer
- kartläggning av katodiskt skydd med ingjutna offeranoder

Etapp IV (2016) har slutligen innefattat:

- uppföljning och kontrollmätning av den fullskaliga installation, Blasieholmen
- val, planering av provinstallation med ingjutna offeranoder, Lignagatan 13
- uppföljningar och kontrollmätningar för provinstallationen i Lignagatan
- riktlinjer

Provinstallationer, uppföljningar och resultat från kontrollmätningar av de olika installerade katodiska skyddens skyddseffektivitet sammanfattas i kommande avsnitt (3.1-3.5).

#### **3.1 Katodiskt skydd med insticksanoder på betongpelare - Blasieholmen**

En provinstallation av katodiskt skydd med påtryckt ström och insticksanoder genomfördes på två korrosionsskadade betongpelare i parkeringsgarage Blasieholmen 24 i Stockholm.

Garaget byggdes under 1978 och renoverades under 2007. Det ligger under markytan, och uppvisar idag omfattande betongskador orsakade av armeringskorrosion.

I den ena pelaren installerades 9 insticksanoder av märket Ebonex plus och i den andra pelaren 10 insticksanoder av märket DurAnod 3. Även referenselektroder installerades. Se figur 3.1.



*Figur 3.1 Pelare med inmonterade insticksanoder  
(Foto: B Sederholm)*

Resultaten från kontrollmätningarna av det katodiska skyddet visar att ett fullgott katodiskt skydd av armeringen erhållits i båda pelarna, enligt SS-EN 12696:2012 ”Katodiskt skydd av stål i betong – Konstruktioner i atmosfär” [8].

För mer detaljerad information hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.

### **3.2 Katodiskt skydd med nätanoder av titan - Blasieholmen**

För att skydda armeringen i parkeringsgaragets golv, nedre delarna av pelare och väggar mot korrosion installerades ett katodiskt skydd med påtryckt ström. Före installationen genomfördes mätningar av armeringskontinuitet, och gammal betong med dålig vidhäftning avlägsnades genom vattenbilning. Kraftigt korroderad armering ersattes med ny armering.

Skyddsanoderna, som matar ut en likström till armeringen, består av ett titannät belagt med ett ädelmetallskikt som är ingjutet i betong. Se figur 3.2. Anodnätet monteras med plastfästen på en nygjuten betongyta. Efter monteringen av anodnätet görs en pågjutning med ett täckande betongskikt på cirka 30 mm.

Anodnätet förses med likström via ett strömfördelningsband som punktsvetsas till nätet.



*Figur 3.2 Montering av anodnät av titan på betonggolv och nedre del av pelare i parkeringsgaraget på Blasieholmen 24  
(Foto: B Sederholm)*

Det katodiska skyddet består av sex separata skyddszoner. Till varje enskild skyddszon finns en separat likriktarenhet. Titannätanoden är kopplad till likriktarenhetens pluspol och armeringen är kopplad till likriktarenhetens minuspol.

För övervakning av likriktarnas strömutfästning, och för mätning av armeringens elektrokemiska potential (skyddsförmågan), har referenselektroder gjutits in i betongen.

Sammanfattningsvis framgår av resultaten från potentialmätningarna att skyddsförmågan hos det installerade katodiska skyddet är god i samtliga sex skyddszoner.

För mer detaljerad information hänvisas till tidigare SBUF-rapporter.

### **3.3 Katodiskt skydd med titannät - Smyckeparken, Göteborg**

Det aktuella parkeringsgaraget har varit katodiskt skyddat, med titannät på undersida tak och på ett antal betongpelare, sedan början av 1990-talet.

Resultaten från kontrollmätningarna av skyddsförmågan hos det katodiska skyddet visar att skyddsförmågan är god förutom i en mätpunkt där det konstaterades att stålbyglar för montering av elkablar hade skruvats in i betongen efter installationen (figur 3.3). Det finns nämligen en risk att skruvarna får kontakt med både anodnätet och armeringen, vilket leder till kortslutning och därmed inget katodiskt skydd.

För mer detaljerad information hänvisas till tidigare SBUF-rapporter [5].



*Figur 3.3 Fästelement till bygel monterad i sprutbetong med titannät och armering  
(Foto: B Sederholm)*

### **3.4 Katodiskt skydd med ingjutna offeranoder – Skrapan, Västerås**

Parkeringsgaraget är byggt under åren 1988-90 och uppvisar omfattande betongskador till följd av kloridinitierad armeringskorrosion. Se figur 3.4.

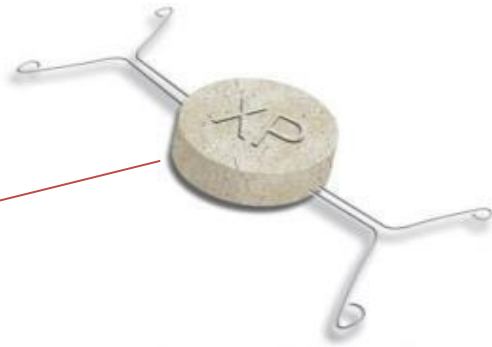


*Figur 3.4 Delaminerad betong på grund av kraftiga korrosionsangrepp på armering i golv/tak i parkeringsgaraget under Skrapan i Västerås (Foto: B Sederholm)*

I samband med reparationer av parkeringsgaraget 2012 installerades offeranoder av zink med ett aktivt betonghölje. Se figur 3.5.

Av en total golvyta på cirka 10000 m<sup>2</sup> reparerades cirka 1500 m<sup>2</sup>. Skyddad yta beräknades till 1100 m<sup>2</sup>. Antalet offeranoder som användes var 300. Eftersom varje enskild offeranod är i elektrisk kontakt med armeringen i betonggolvet så är det inte möjligt att kontrollera skyddsförmågan hos det installerade offeranodsystemet. Inga kontrollmätningar har således genomförts.





*Figur 3.5 Frambilad armering med offeranoder av zink (Galvashield XP) med ett cementhölje innehållande litiumhydroxid (LiOH) (Foto: B Sederholm)*

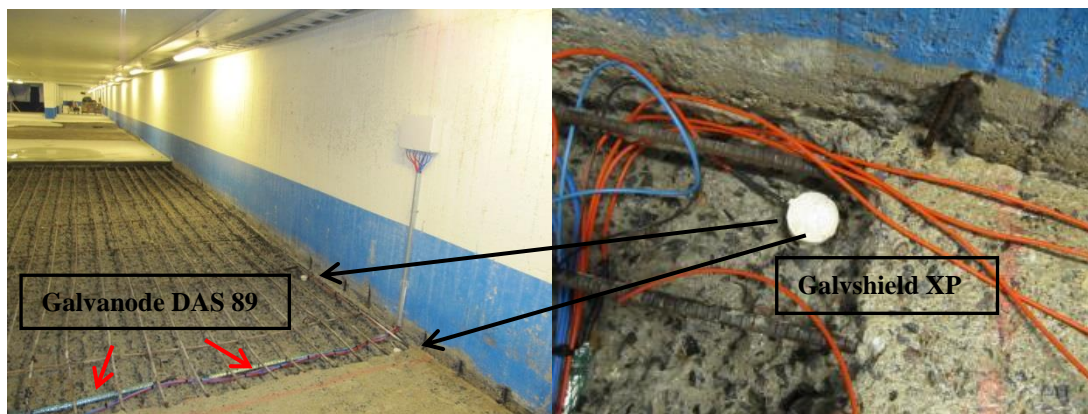
### **3.5 Katodiskt skydd med ingjutna offeranoder - Lignagatan, Stockholm**

Parkeringsgaraget byggdes under åren 1967-1973 och renoveras under 2015-2017. Garaget ligger under markytan och uppvisar idag omfattande skador på betonggolvet till följd av dålig vidhäftning mot armering samt armeringskorrosion. I figur 3.6 visas exempel på armeringskorrosion i parkeringsgaragets betonggolv.



*Figur 3.6 Delaminerad betong p g a armeringskorrosion i betonggolv (Foto: B Sederholm)*

I samband med renoveringen utfördes en provinstallation med två olika typer av offeranoder av zink med cementhölje innehållande LiOH. Anoderna placerades i närheten av en oskadad äldre betong för att kunna undersöka strömspridningen från anoderna till den äldre betongen (se figur 3.7).



*Figur 3.7 Provninstallation med två typer av offeranoder av zink med cementshölje*

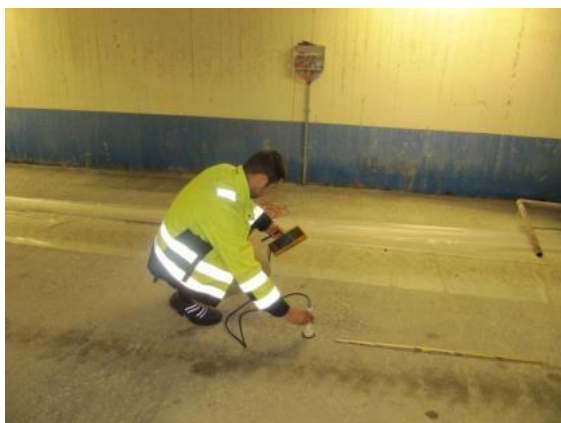
Från varje enskild anod (totalt 6 st) och referenselektrod av ERE20,  $\text{MnO}_2/\text{Mn}_2\text{O}_3/\text{NaOH}$  (totalt 3 st) drogs anslutningskablar till ett apparatskåp som placerades på garagets vägg, för att möjliggöra kontrollmätningar av det katodiska skyddets skyddsförmåga och anodernas strömavgivning till armeringen.

Armeringens elektrokemiska potential (skyddsförmågan) hos det katodiska skyddet bestämdes med hjälp av ingjutna referenselektroder ( $\text{MnO}_2$ ) som placerats med olika avstånd (0,02, 0,15 och 0,5 meter) från anoderna. I figur 3.8 visas en monterad referenselektrod av  $\text{MnO}_2$ . En ytterligare kontroll av skyddsförmågan gjordes med hjälp av extern referenselektrod ( $\text{Ag}/\text{AgCl}$ ) som trycks mot betongytan. Se figur 3.9.



*Figur 3.8 Monterad referenselektrod av  $\text{MnO}_2$  före ingjutning. Referenselektroden används för bestämning av det katodiska skyddets skyddsförmåga (Foto: B Sederholm)*





Figur 3.9 Kontrollmätning av skyddsförmågan med extern referenselektrod, Ag/AgCl. (t v) och mätning av de ingjutna anodernas strömavgivning med nollresistans-ampremeter (t h) (Foto: B Sederholm)

### 3.5.1 Resultat

Inledningsvis utfördes mätningar av offeranodernas elektrokemiska potential (se tabell 3.1). Mätresultaten visar att den elektrokemiska potentialen hos anoderna 1, 2 och 4 är mycket negativ. Vid en elektrokemisk potential på mindre än  $-1350$  mV rel.  $\text{MnO}_2$  hos zink ökar risken för vätgasutveckling vilket innebär en ökad egenkorrosion hos anoden. Det framgår vidare av tabellen att anod 5 har elektrisk kontakt med armeringen.

Tabell 3.1 Resultat från mätningar av anodernas elektrokemiska potential före hopkoppling med armeringen. Anod 1-4 är Galvanode DAS 89 och Anod 5-6 är Galvashield XP

Ingjuten referens-elektrod		Anod 1 Elektrod-potential rel. $\text{MnO}_2$	Anod 2 Elektrod-potential rel. $\text{MnO}_2$		Anod 3 Elektrod-potential rel. $\text{MnO}_2$		Anod 4 Elektrod-potential rel. $\text{MnO}_2$		Anod 5 Elektrod-potential rel. $\text{MnO}_2$		Anod 6 Elektrod-potential rel. $\text{MnO}_2$	
(nr)	(avst.)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)
R1	(0,02 m)	-1375	-1557		-1338		-1620		-674			-952
R2	(0,15 m)	-1370	-1553		-1334		-1616		-670			-948
R3	(0,50 m)	-1361	-1544		-1325		-1606		-661			-938

Resultaten från kontrollmätningarna av skyddsförmågan hos det katodiska skyddet visas i tabell 3.2 och 3.3. Av resultaten framgår att fullgott katodiskt skydd uppnås på armeringen cirka 0,15 meter från anoden. Vid fullgott katodiskt skydd måste potentialavklingningen vara minst 100 mV efter 24 timmars fränslag enligt europeisk standard [9].

Tabell 3.2 Resultat från mätningar av elektrokemisk potential och bestämning av skyddsförmåga hos armering ingjuten i golv och pelare efter 2 och 38 dygns drift. Observera att mätvärdena är uppmätta med ingjutna mangandioxidelektroder

Ingjuten referens-elektrod (meter)	Armeringens elektrod-potential rel. MnO <sub>2</sub> Före start (mV)	Armeringens on-potential rel. MnO <sub>2</sub> efter i hopkoppling		Armeringens off-potential rel. MnO <sub>2</sub> efter fränslag		Armeringens potential rel. MnO <sub>2</sub> efter 24 timmars fränslag		Potentialavklingning efter 24 timmars fränslag	
		2dygn (mV)	38dygn (mV)	2dygn (mV)	38dygn (mV)	2dygn (mV)	38dygn (mV)	2dygn (mV)	38dygn (mV)
0,02	-638	-819	-777	-797	-773	-660	-667	137	106
0,15	-637	-764	-738	-754	-736	-650	-634	100	102
0,5	-630	-649	-700	-649	-698	-645	-692	4	6

Tabell 3.3 Resultat från mätningar av elektrokemisk potential och bestämning av skyddsförmåga hos armering ingjuten i golv och pelare. Observera att mätvärdena är uppmätta med en extern Ag/AgCl-elektrod och omräknade till mangandioxidelektrod

Avstånd från anod (meter)	Armeringens elektrod-potential rel. MnO <sub>2</sub> Före start (mV)	Armeringens on-potential rel. MnO <sub>2</sub> efter i hopkoppling		Armeringens off-potential rel. MnO <sub>2</sub> efter fränslag		Armeringens potential rel. MnO <sub>2</sub> efter 24 timmars fränslag		Potentialavklingning efter 24 timmars fränslag	
		2dygn (mV)	38dygn (mV)	2dygn (mV)	38dygn (mV)	2dygn (mV)	38dygn (mV)	2dygn (mV)	38dygn (mV)
0	-625	-786	-620	-763	-618	-655	-516	108	102
0,1	-622	-770	-618	-760	-617	-659	-517	101	100
0,2	-615	-764	-615	-754	-617	-659	-525	95	92
0,3	-604	-751	-609	-711	-614	-654	-560	57	54
0,4	-612	-700	-604	-690	-610	-653	-580	37	30
0,5	-617	-671	-602	-660	-601	-654	-596	6	5
1,0	-610	-660	-562	-656	-583	-652	-579	4	4
2,0	-580	-589	-519	-583	-514	-580	-513	3	1

Resultaten från mätningar av strömavgivningen från varje anod visas i tabell 3.4. Här framgår att den totala strömavgivningen var 22,7 mA efter en timmes drift och därefter sjönk till 6,2 mA efter totalt 38 dygns drift.

Den låga strömavgivningen från anoderna innebär att anoden ger ett fullgott skydd endast cirka 0,15 meter från anoden. Detta innebär i sin tur att avståndet mellan anoderna inte bör överstiga 0,3 meter om ett fullgott katodiskt skydd ska kunna erhållas.

Tabell 3.4 Total strömavgivning från installerade anoder till stålarmeringen efter 1 timme, 2 dygn och 38 dygn i drift

Anod (nr.)	Strömavgivning från anod		
	mA 1 tim	mA 2 dygn	mA 38 dygn
A1 (Galvanode DAS 89)	6,7	1,8	1,4
A2 (Galvanode DAS 89)	2,1	2,0	1,2
A3 (Galvanode DAS 89)	2,2	2,0	1,5
A4 (Galvanode DAS 89)	11,5	4,0	2,0
A5 (Galvashield XP rund)	0	0	0
A6 (Galvashield XP rund)	0,2	0,1	0,1
Total strömavgivning	22,7	9,9	6,2

Sammanfattningsvis kan konstateras att mätningar av skyddsförmågan bör göras under en betydligt längre mätperiod än vad som utförts i detta försök, minst under ett år. Anledningen till detta är att miljöförhållandena i parkeringsgaraget varierar under året och att strömavgivningen från offeranoderna därför kommer att variera med de yttre förhållandena. Vid hög fuktbelastning ökar strömavgivningen från anoden. Mätningarna hittills har utförts i augusti och september 2016 under relativt torra månader.

Resultat från provinstallationen har inte redovisats i tidigare SBUF-rapporter.

### 3.6 Riktlinjer för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage

En bedömning av lämpliga katodiska skydd för parkeringsgarage och allmänna riktlinjer till ägare, förvaltare och byggherren samt betongrenoveringsföretag för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage har tagits fram. Dessa finns i bilaga C.

## 4 Konklusioner

Konklusioner från Etapperna I-IV sammanfattas nedan.

### 4.1 Provläggning och provning av slitstyrka samt riktlinjer

Provläggning har genomförts inom Etapperna I-III på tre olika garageplan i Göteborg, Stockholm respektive Linköping. Utlägningsarbetet förlöpte i samtliga fall utan större problem och var klart inom utsatt tid (november 2013, augusti 2014 respektive juli 2015). Provytorna har följts upp visuellt, främst med avseende på slitage. Provpplattor har applicerats för slitageprovning i laboratoriet. Laboratorieprovningen har genomförts 2014 (inom Etapp II) och 2015 (inom Etapp III).

Provning enligt *Resistance to Scuffing* har genomförts för de totalt 22 olika beläggningssystemen. Systemen har applicerats på betongplattor i anslutning till provläggningarna. Två provplattor har ingått för varje beläggningssystem. Konklusioner beträffande metoden så långt i projektet är:

- överensstämmelsen mellan enskilda provplattor verkar god, men repeterbarhet eller reproducerbarhet har ännu inte fastlagts för den aktuella metoden
- provningstid på 60 minuter föreslås, vilket innebär 2460 hjulrotationer med dubbdäck vid en hastighet av cirka 1 km/h i laboratoriet
- slitaget på dubbdäckens dubbar (i utrustningen) verkar lågt och bedöms inte ha påverkat provningsresultatet nämnvärt
- metoden differentierar uppenbart mellan olika produkter och visar på stora skillnader
- metodens korrelation till verkligt slitage behöver verifieras genom uppföljning av de aktuella provbeläggningarna under ytterligare ett antal år framåt

Vid jämförelse med motsvarande provningsresultat enligt Prall, SS EN 12697-16, kan konstateras att resultaten även här skiljer sig kraftigt åt. De båda metoderna korrelerar inte med varandra.

Provning enligt RWA, SS EN13892, har ingått för beläggningssystemen i Kville och Åkeshov, men har inte ingått i den aktuella tredje provningsomgången beroende på dålig repeterbarhet hos metoden och dålig överensstämmelse med erfarenheter från verkligheten.

**Riktlinjer** för tätskikts- och skyddsbeläggningssystem på parkeringsdäck av betong har tagits fram liksom ett **Hjälpverktyg** till beställaren inför val av beläggningssystem. Både riktlinjer och hjälpverktyg behöver nu användas och utvärderas.

## 4.2 Katodiskt skydd

- **Katodiskt skydd med insticksanoder på betongpelare – Blasieholmen**  
Installation av katodiskt skydd med insticksanoder och påtryckt ström har genomförts på två pelare i ett parkeringsgarage på Blasieholmen i Stockholm. Kontrollmätningar av skyddseffektiviteten har visat att båda pelarna med insticksanoder fungerar bra och ger ett fullgott katodiskt skydd.  
(Det planerades inledningsvis att installera insticksanoder också i golvet och på väggarna. Undersökningar visade emellertid att grundvattenrycket mot betongplattans undersida och mot väggarnas utsida var högt. Risken för översvämning till följd av inläckande grundvatten vid håltagning för montering av instickselektroder bedömdes vara stor, varför det beslutades att titannät skulle användas istället för att skydda armeringen i golv, pelare och väggar.)
- **Katodiskt skydd med titannät – Blasieholmen**  
Resultaten från kontrollmätningar har visat att skyddsförmågan är god och det katodiska skyddet fungerar bra. Eftersom katodiskt skydd har installerats i betonggolvet har ingen beläggning på golvyta använts.
- **Katodiskt skydd med titannät – Smyckeparken, Göteborg**  
Resultat från mätningar under 2015 visade att samtliga referenselektroder, som installerades för cirka 22 år sedan, fortfarande fungerar. Resultat från kontrollmätningar av skyddseffektiviteten hos det katodiska skyddet visade att skyddsförmågan är god.
- **Katodiskt skydd med ingjutna offeranoder - Skrapan, Västerås**  
Vid reparation av golvet till parkeringsgaraget under Skrapan i Västerås installerades offeranoder av zink med cementhölje innehållande LiOH (Galvashield XP). Inga kontrollmätningar av skyddsförmågan har varit möjligt att genomföra, varför ingen bedömning av skyddsförmågan av katodiska skyddet har gjorts.
- **Katodiskt skydd med offeranoder - Lignagatan, Stockholm**  
Kontrollmätningar av katodiska skyddet med offeranoder av zink med cementhölje har hittills visat att skyddsförmågan för fullgott katodiskt skydd av armeringen är begränsat till ett avstånd på cirka 0,15 meter från anoderna till armeringen. Detta avstånd kan dock variera beroende av fuktförhållandena i parkeringsgaraget. Anodernas egenpotential var emellertid mycket negativ ( $< -1350$  mV rel  $\text{MnO}_2$ ), vilket innebär en förhöjd risk för vätgasutveckling på anoden. Vätgasutveckling på anoden leder i sin tur till ökad egenkorrosion och minskad livslängd hos anoden.

## **5 Fortsättning**

Arbetet behöver nu fortsätta med uppföljningar av utlagda beläggningar och genomförda installationer sen 2013. Erhållna resultat behöver lanseras och marknadsföras, komma till praktisk användning och utvärderas över tid. Behovet beskrivs kortfattat nedan.

### **5.1 Beläggningar**

- 1) Fortsätta uppföljningar av provlagda beläggningssystem i Kville, Åkeshov och Baggen. Uppföljningarna behövs för att kunna korrelera erhållna provningsresultat i laboratoriet med verkligt slitage i fält så att lämplig kravnivå slutligen kan fastställas. Dokumenteras.
- 2) Användning och utvärdering av Riktlinjer och Hjälpverktyg som ska leda fram till förbättringar och reviderade versioner av dessa dokument. Leder till förhöjd kunskapsnivå, bättre beställare och mer hållbara anläggningar för framtiden.
- 3) Fortsatt informationsspridning.

### **5.2 Katodiskt skydd**

- 1) Fortsatt uppföljningar av befintliga installationer av katodiskt skydd i Blasieholmen och Lignagatan. Det är viktigt att kontinuerliga mätningar av skyddsförmågan görs under en längre period så att inverkan av årstidsvariationer kan fastställas.
- 2) Erfarenhetsinsamling och undersökning av katodiskt skydd med elledande beläggningar. Ett flertal installationer har utförts i parkeringsgarage i Norge.
- 3) Fortsatt informationsspridning.

## 6 Informations-spridning om projektet sedan start

Projektet har under projekttidens gång presenterats, och kommer att presenteras, i följande sammanhang:

- **Parkeringsnytt** nr 2, 2013
- **Parkeringsnytt** nr 3, 2013
- **Parkeringsnytt** nr 2, 2014
- **IV seminarium naukowo-techniczne GARAZE PARKINGI**, 21 oktober 2013, Warszawa
- **ÅForsk rapport nr 13-356** ”Ny metodik för utvärdering av slitstyrka hos beläggningar i parkeringshus”, mars 2014
- **GAFS årsmöte** 15 april 2014 i Stockholm, presentation
- **AMA-nytt 1/2014**. Artikeln heter ”Tösalt förstör betongen i garage – en lösning på väg”. Det tillkommer nu två nya koder i AMA Hus 14. (Idag beskrivs platsgjuten betong i bjälklag i garage och parkeringshus under ESE.24 med underliggande kodstruktur. Eftersom kraven för dessa konstruktioner skiljs från kraven som ställs på den övriga byggnaden skapas nu inför remissen av AMA Hus 14 två nya koder  
ESE.27 – Stommar av platsgjuten betong med hög exponeringsklass  
ESE.271 – Garage och parkeringshus)
- **PDA Europe 8th Annual Conference**, 5-7 november 2014 i Krakow Polen
- **Ytskydd 2015 Metall och Betong**, 4-5 februari 2015, Svenska Mässan i Göteborg
- **Betongrehabiliteringsdagene, Oslo 10-11 mars 2015**
- **5:e Nordiska parkeringskonferensen - Parking innovations**, Stockholm 21 - 24 april 2015
- **PDA Europe 9th Annual Conference**, 16-17 november 2015 i Berlin Tyskland
- **Transportforum**, 12-13 januari 2016 i Linköping
- **Ytskydd 2016**, 9-10 februari 2016, Svenska Mässan i Göteborg
- **CBI infodag** 16 mars 2016 i Stockholm
- **REBET Styrelsemöte** 26 april 2016
- **Betongdagen** 13 oktober 2016
- **PDA Europe 10th Annual Conference**, 7-9 november 2016
- **Bygg & teknik** nr 8, 2016
- **Ytskydd 2017** 21-22 mars 2017



## 7 Referenser

- [1] Johansson L., Thorsén A., Edwards Y., *Garage och P-hus*, Tidskriften Betong nr 1, 2010.
- [2] Sederholm B., *Utomhusprovning av enkelt installerade anodsystem för katodiskt skydd av räckesståndare och kantbalksarmering på Ölandsbron*, Korrosionsinstitutet SCI AB, ISSN: 0348-7199, Stockholm, 2002.
- [3] Edwards Y., *Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp I*, SBUF-rapport 12764, 2013.
- [4] Edwards Y., Sederholm B., Trägårdh J., *Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp II*, SBUF-rapport 12936, 2014.
- [5] Edwards Y., Sederholm B., *Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp III*, SBUF-rapport 13084, 2015.
- [6] Edwards Y., Powell T., *Beläggningssystem på betong i parkeringshus och garage – en översikt*, CBI Rapport 1:2012.
- [7] Edwards Y., *Ny metodik för utvärdering av slitstyrka hos beläggningar i parkeringshus*, ÅForsk rapport nr 13-356, 2014.
- [8] Thuresson J., Forselius M., *Skador och slitage på ytbeläggningssystem hos parkeringsdäck. En undersökning av äldre ytbeläggningssystem*. Examensarbete på KTH Byggteknik och Design, Haninge, Stockholm, 2015.
- [9] SS-EN 12696 *Katodiskt skydd av stål i betong – Konstruktioner i atmosfär*.

# Bilaga A – Riktlinjer för beläggningssystem till parkeringsdäck

## **RIKTLINJER FÖR BELÄGGNINGSSYSTEM TILL PARKERINGSDÄCK**

Riktlinjerna har tagits fram som en delaktivitet inom SBUF-projekt 13212 "Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering" Etapp IV. De vänder sig främst till beställare och utförare av beläggningssystem på betong i golvnivå, men också till projektörer, konstruktörer och arkitekter. Avsikten med rapporten är att höja kunskapsnivån samt peka på olika fördelar, brister och problem vad gäller val av beläggningssystem. Riktlinjerna ska läsas i anslutning till det hjälpverktyg (P-BAPP) som, i form av en excelapplikation, också har tagits fram inom projektet.

I kapitel 1 listas olika standarder och regelverk som man bör känna till inom området. Kapitlet avslutas med ett förslag på funktionskrav för beläggningssystem på parkeringsdäck av betong.

I kapitel 2 behandlas kortfattat olika typer av produkter och system vad gäller innehåll, uppbyggnad och funktion. För- och nackdelar tas upp.

Avslutningsvis behandlas i kapitel 3 arbetsutförande, säkerhet och hälsa.

### **1. Specifikation för tätskikts- och skyddsbeläggningssystem på betong**

Det finns en serie europeiska standarder för hur en betongkonstruktion bör undersökas, repareras och skyddas (EN 1504, Del 1-10). Speciellt viktigt ur beläggningssynvinkel är delarna 9, 10 och 2.

#### **1.1 Standarder**

##### **SS-EN 1504-2 – Ytskyddsprodukter för betong**

Standarden specificerar relevanta prestandakrav som genom provning ska uppfyllas av en produkt eller ett system ämnat att skydda eller öka beständigheten hos en betongkonstruktion, med eller utan armering. Grundläggande krav som ställs enligt angivna provningsmetoder är bland annat följande:

- Slitstyrka
- Ånggenomtränglighet
- Vattentäthet
- Kemikalieresistens
- Slagtålighet
- Vidhäftning

Ytterligare provningsmetoder som är relevanta för beläggningens ändamål, exempelvis provningar av spricköverbryggande förmåga vid olika temperaturer, kan väljas.

Det finns utöver SS EN 1504 en rad specifikationer för tätskikts- och/eller skyddsbeläggning till betong inom olika mer specifika användningsområden, t ex till vägbroar och järnvägsbroar enligt Trafikverkets kravspecifikation. Dessa baseras i sin tur på valda delar ur motsvarande europeiska specifikationer som tagits fram inom CEN (*Comité Européen de Normalisation*) och EOTA (*European Organisation for Technical Approvals*). Skillnaden mellan EOTA och CEN, vad gäller tätskikt för broar, är att EOTA behandlar flytande (flytapplicerade) system medan CEN behandlar system med tätskiktsmatta.

## **ETAG 033**

ETAG 033 (*European Technical Approval Guideline*) är ett regelverk som har tagits fram inom EOTA för flytande system som sprutas eller läggs ut på annat sätt på betongdäcket, i ett eller fler lager, till ett sammanhängande vattentätt tätskikt. Normalt förväntas tätskiktet inte bli utsatt för direkt trafik eller ballast (järnvägsbroar). Riktlinjerna baseras på relevant existerande kunskap och provningserfarenhet för denna typ av produkt. Ett antal tekniska rapporter (EOTA TR) har sammanställts som stöd- och referensdokument till riktlinjerna. Systemen kan inkludera skyddslager, armering (som väv) och andra kompletterande produkter (som primer och eventuell klisterprodukt). Produktsystem som anses relevanta i sammanhanget baseras på en eller flera teknologier med akrylat, epoxi, polyester, polyurea och/eller polyuretan. Systemen indelas i tre olika användningskategorier (A, B och C) beroende på exponering och trafikbelastning. Avsett temperaturområde under användning ligger mellan -40 och +60°C. Vad gäller t ex halkrisk refereras till EN 13036-4 (friktionspendel), men för slitstyrka finns ingen specifik nötningsmetod. För kemikalieresistens mot olja, bensin, diesel, avisningsmedel, m m ska tillverkaren helt enkelt deklarerat att systemet behåller sina egenskaper efter aktuell exponering.

## **SS-EN 13813 – Golvmaterial**

Även produktstandard SS EN 13813, för golvmaterial, kan vara relevant i sammanhanget. I EN 13813 ingår tre olika metoder för slitstyrka (SS EN 13892-3, SS EN 13892-4 och SS EN 13892-5). Dessa antas simulera olika typer av nötning för golv i form av slipande nötning, mindre tung rullande hjulbelastning respektive belastning från tungt rullande industrihjul. Vid slipande nötning pressas slipmedel in i provytan och sliter bort material från denna. Vid rullande hjulbelastning pressas och knådas golvmaterialet ner i underlaget av hjulet. Metoderna kan vara avsevärt mer aggressiva än Taber test (ASTM D4060-90) som också simulerar slipande nötning.

Golvmaterial indelas enligt SS EN 13813 i olika klasser beroende på slitage och vald metodik.

Golvsystem enligt SS EN 13813 som används för att skydda eller återställa en betongyta eller betongkonstruktion ska, utöver kraven i golvstandarden, också uppfylla gällande krav enligt SS EN 1504-2. Följaktligen ska beläggningar som marknadsförs till parkeringshus vara anpassade till och uppfylla relevanta krav enligt båda dessa standarder.

## **1.2 AMA**

Dessa riktlinjer för tätskikts- och skyddsbeläggningssystem på betong i parkeringsgarage ansluter till AMA beskrivningsverktyg.

### **Vad är AMA?**

De tekniska delarna av AMA som berörs är AMA Anläggning och AMA Hus med tillhörande råd och anvisningar i RA Anläggning och RA Hus. I vissa delar kan även Trafikverkets TRVAMA vara tillämplig, när det gäller krav på beläggning och beklädnad av konstruktion med tätskikt.

### **Vad skiljer de olika AMA?**

AMA Anläggning används som kravställande dokument vid upphandling av entreprenader av broar, tunnlar, kajer, hamnar och liknande.

AMA Hus innehåller motsvarande beskrivningstexter för användning vid uppförande av hela eller delar av hus.

Trafikverkets, TRVAMA används för att beskriva krav i anläggningar som ägs, drivs, förvaltas och där underhåll upphandlas samt styrs av Trafikverket.

### **Vilket beskrivningsverktyg ska användas var?**

AMA:s olika tekniska delar kan åberopas tillsammans i en och samma beskrivning. Därefter väljs koder för anpassning till aktuellt projekt.

Förutsättningarna är det som styr:

- För ett 2-plans, öppet P- däck, med betongplatta på mark, där övre planet utgör tak så är det enklast att beskriva enligt AMA Anläggning. Tätskiktet och beläggningen är då till för att skydda betongkonstruktionen och förhindra läckage till grundvattnet. Tätskiktet ska vara tätt och även skydda betongkonstruktionen under belastning.
- Vid parkeringshus, i ett eller flera plan med, så kallade mellanbjälklag, där krav ställs på beläggningens funktions- och bruksegenskaper för att utgöra ytskikt, kan beskrivningen anslutas till AMA Hus.
- När Parkeringsytor ägs, förvaltas och underhålls av Trafikverket, ska AMA Anläggning användas med komplettering av kraven i TRVAMA.

AMA Anläggning 13 och RA Anläggning 13 har avsnitt som beskriver tätskikt, beläggningar, yt- och slitskikt som appliceras på mark och/eller som tak.

I AMA Hus 14 ställs krav på tätskikt och beläggningar i följande koder och rubriker (med tillhörande råd och anvisningar i RA Hus 14):

- ESE.24 Bjälklag av platsgjuten betong
- ESE.27 Stommar av platsgjuten betong med hög exponeringsklass
- ESE.271 Garage och parkeringshus
- ESE.5 Undergolv och golv av platsgjuten betong
- ESE.53 Golv av hårdbetong
- M Skikt av belägnings- och beklädnadsvaror i hus.
- MH Beläggning av massa mm. Material och varukrav.
- MHF Beläggning av bitumenbunden massa.
- MHG Beläggningar av plastbaserad massa.
- MHJ Beläggningar av avjämningsmassa.

Kontinuerlig uppdatering av AMA sker med AMA- nytt.

## **1.3 Miljöcertifiering – Miljöbedömning av byggvaror**

Vid val av system för tätskikt och beläggning ska även hänsyn tas till eventuell miljöklassning av nyproducerande eller befintliga byggnader. Där bedöms bland annat materialval, energi och inneklimat. Några för parkeringsdäck aktuella system och förordningar listas nedan.

**SGBC** (Sweden Green Building Council) är en organisation som administrerar olika miljöbedömningssystem såsom Miljöbyggnad, BREEAM, LEED, etc. Mer information finns på [www.sgbc.se](http://www.sgbc.se).

**Miljöbyggnad** är ett certifieringssystem som baseras på svenska bygg- och myndighetsregler. Det finns tre betygsnivåer som är Brons, Silver och Guld. Bedömningskriterierna är uppdelade i 15 olika indikatorer. Mer information finns på [www.sgbc.se](http://www.sgbc.se).

**BREEAM** (BRE Environmental Assessment Method) är ett miljöcertifieringssystem från Storbritannien. I Sverige finns BREEAM SE som är en svenskanpassad certifiering och administreras av SGBC. De möjliga betygsnivåerna är Pass, Good, Very Good, Excellent och Outstanding. Mer information finns på [www.sgbc.se](http://www.sgbc.se).

**LEED** är ett certifieringssystem som är utvecklat och administrerat av U.S. Green Building Council. I Sverige sköts certifieringen av SGBC, men inga egna tolkningar är tillåtna. Mer information finns på [www.sgbc.se](http://www.sgbc.se).

**BASTA** är ett oberoende miljöbedömningssystem för bygg- och anläggningsprodukter. Syftet är att fasa ut ämnen med farliga kemiska egenskaper och bidra till Sveriges nationella miljö kvalitetsmål - Giftfri miljö. EU:s lagstiftning REACH är kärnan i BASTA:s krav på kemiskt innehåll. Basta är den enda miljö databasen som är fritt tillgänglig för alla. Mer information finns på [www.bastaonline.se](http://www.bastaonline.se).

**REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals) är en EU-förordning gällande produktionen och säkert användande av kemikalier som antagits för att förbättra skyddet av människors hälsa och miljön från risker som kan förorsakas av kemikalier. Mer information finns på [www.kemi.se/reach](http://www.kemi.se/reach).

## **1.4 Förslag till funktionskrav för tätskikts- och beläggningssystem på P-däck av betong**

Övergripande gäller relevanta krav enligt SS-EN 1504-2 och SS EN 13813 (se avsnitt 1.1). Specifikt för parkeringsdäck bör ett antal egenskaper redovisas. Här avses t ex vidhäftning, slitstyrka, halksäkerhet och spricköverbyggande förmåga. Föreslagen kravspecifikation vad gäller funktionskrav visas i tabell 1.1 nedan.

Det ska poängteras att produkter avsedda för att skydda betong ska uppfylla relevanta krav enligt 1504-2 och/eller motsvarande krav enligt EN 13813 om produkten är en golvprodukt för inomhusbruk. Enligt EN 1504-2 så skiljer man mellan olika så kallade principer; PI (protection against ingress), MC (moisure control), PR (physical resistance/surface improvement), RC (resistance to chemicals) och IR (increasing resistivity by limiting moisture content). För parkeringsdäck gäller i huvudsak krav enligt PI och PR. I EN 1504-2 behandlas både cementbaserade produkter och hårdplast. I EN 13813 ingår dessutom gjutasfalt.

Specifikationsförslaget baseras på tillämpliga delar enligt TDOK 2013:0531 Krav Tätskikt på broar (Krav för provning av flytapplicerat tätskikt för järnvägsbro). Till grund för denna ligger i sin tur valda delar ur SS EN 14695 (Tätskiktsmattor till betongbroar), SS EN 13707 (Tätskiktsmattor till tak) och ETAG 033 (Flytapplicerade tätskiktssystem för broar). Andra specifikationer som också legat till grund för förslaget är EN 1504-9 och EN 1504-2 (Produkter och system för skydd och reparation av betongkonstruktioner) samt SS EN 13813 (Golvmaterial).

Om tätskiktet utgörs av bitumenbaserad tätskiktsmatta (under slitlagerbeläggning) gäller för mattan kravspecifikation enligt TDOK Krav Tätskikt på broar.

Användningen avser skyddsbeläggning på parkeringsdäck av betong i mer eller mindre aggressiv miljö till följd av bland annat inverkan av vägsalt och högt slitage.

Tabell 1.1 Funktionskrav för tätskikts- och beläggningssystem på parkeringsdäck av betong

FUNKTIONSKRAV PÅ TÄTSKIKTS- OCH BELÄGGNINGSSYSTEM					
Egenskap/Provning	Metod	Krav	Typ av system och total tjocklek		
			PGJA på tätskiktsmatta ca 30 mm	Hårdbetong (cementbaserat material) ≥5 mm	Härdplast ≥3 mm
<b>Normativa krav enligt EN 1504-2</b>			X	X	X
<b>Normativa krav enligt EN 13813</b>			X	X	X
<b>Vidhäftning</b> (mot betongunderlag) Utförs för det totala systemet på blästrad betongplatta, enligt respektive standard	SS EN 1542 eller SS EN 13892-8	≥ 1,5 N/mm <sup>2</sup>		X	X
	SS EN 13596 (TRV bromatta)	≥ 0,8 N/mm <sup>2</sup>	X		
<b>Slitstyrka/nötning</b> Avser dubbdäcksslitage. Utförs för det totala systemet på blästrad betongplatta enligt SS EN 1766 (typ MC 0,40 med ballast ≤ 8 mm) eller t ex typ Bender trädgårdsplatta (som har använts i SBUF-projektet)	prEN 12697-50 (modifierad med dubbdäck och under utvärdering sedan 2013 inom SBUF-projekt 13084)	Resultat anges efter 60 min	X	X	X
<b>Halksäkerhet</b> Körbanor och parkeringsytor. Utförs för det totala systemet, på våt yta	SS EN 13036-4	SRT-värde ≥ 55 enheter	X	X	X
<b>Slaghållfasthet</b> Utförs för det totala systemet på blästrad betongplatta enligt SS EN 1766 (typ MC 0,40 med ballast ≤ 8 mm)  Alternativt enligt 1504-2	SS EN ISO 6272-1	≥4 Nm	-	X	X

Tabell 1.1 Funktionskrav för tätskikts- och beläggningssystem på parkeringsdäck av betong.  
Fortsättning

Egenskap/Provning	Metod	Krav	Typ av system och total tjocklek		
			PGJA på tätskiktsmatta ca 30 mm	Hårdbetong (cementbaserat material) ≥5 mm	Härdplast ≥3 mm
<b>Vattentätthet</b> Utförs på friliggande provbitar, tjocklek 4 mm	SS EN 1928 alt. EOTA TR 003	Inget läckage efter 24 timmar vid 60kPa	-	-	0
<b>Vattenabsorption</b> Utförs på friliggande provbitar, tjocklek 4 mm  Alternativt enligt 1504-2	SS EN 14223	≤3,0 % viktförändring	-	-	0
<b>Tryck- och böjhållfasthet</b>  Alternativt enligt 1504-2	EN 13892-2	Redovisas	-	X	-
<b>Stämpelvärde</b>	SS EN 12697-20	Redovisas	X	-	-
<b>Elasticitetsmodul</b>	SS EN ISO 178	Redovisas	-	-	X
<b>Beständighet vid temperaturförändringar i fuktig miljö med tölsalter</b> Utförs för det totala systemet på blåstrad betongplatta, enligt standard	SS EN 13687-1 SS EN 13687-2	Ingen sprickbildning eller vidhäftningsförlust	-	0	0
<b>Kemikalieresistens mot klorider och andra kemikalier</b> Utförs på friliggande provbitar, tjocklek 4 mm (hårdplast). Övrigt enl. överenskommelse	Lagras i 2 %-ig kloridlösning 28 dygn vid 70°C. Hårdhet enligt SS ISO 48 (Metod M) bestäms före och efter lagring	Redovisas	0	0	0
<b>UV-beständighet</b>  Alternativt enligt 1504-2	EOTA TR 010	Redovisas	-	-	0



Tabell 1.1 Funktionskrav för tätskikts- och beläggningssystem på parkeringsdäck av betong.  
Fortsättning

Egenskap/Provning	Metod	Krav	Typ av system och total tjocklek		
			PGJA på tätskiktsmatta ca 30 mm	Hårdbetong (cementbaserat material) ≥5 mm	Härdplast ≥3 mm
<b>Skjuvhållfasthet</b> Utförs för det totala systemet på blåstrad betongplatta, enligt respektive standard	SS EN 13653  SS EN 14691	Genomförs före och efter värmelagring 91 dygn vid 50 °C. Redovisas	0	0	0
<b>Spricköverbryggande förmåga</b> Utförs för det totala systemet på blåstrad betongplatta, enligt respektive standard	SS EN 14224 alt. EOTA TR 013 alt. SS EN 1062-7 (enl 1504-2)	Redovisas	0	0	0
<b>Brandkrav</b>	EN 13501-1	Redovisas	0	0	0

X Provas

O Provas om relevant

- Ej relevant

## 2 Olika typer av tätskikt- och beläggningssystem för parkeringsdäck av betong – Generellt

Endast de beläggningstyper som ingår i SBUF-projekt 12764 (Etapp I)/ 12936 (Etapp II) / 13084 (Etapp III) tas upp, d v s bitumenbaserade material, hårdbetong (cementbaserat material) samt system som baseras på en eller flera teknologier med härdplastmaterial av olika slag. Avsikten med detta avsnitt i Riktlinjerna är att förmedla beställaren viss grundläggande kunskap om de aktuella produkternas egenskaper och att peka på eventuella för- och nackdelar under olika förutsättningar och omständigheter. Med ökad kunskap ökar beställaren sina möjligheter att få ”rätt material på rätt plats”.

Beläggningssystemen som ingår i projektet är två bitumenbaserade system (gjutasfalt på tätskiktsmatta), fyra olika cementbaserade system så kallad hårdbetong och totalt tretton olika härdplastsystem (sex polyuretanbaserade, tre akrylatbaserade, tre polyureabaserade och ett epoxibaserat system). Totalt ingår tjugo olika system i projektet, varav tre i mer än en av etapperna.

### Bitumenbaserat beläggningssystem

Ett bitumenbaserat tätskikt- och beläggningssystem utgörs oftast av gjutasfalt i kombination med tätskiktsmatta. Tätskiktsmattan är som regel SBS (styren butadien styren)-modifierad med armerande stomme av polyester, och polymerbitumen på båda sidor. Polymerhalten ligger som regel på minst 10 %. Stommen är impregnerad med impregneringsbitumen, och filler är vanligt förekommande i polymerbitumenet. Tätskiktsmattans tjocklek ligger på 4-5 mm. Mattan helsvetsas i de allra flesta fall mot det primerbehandlade betongunderlaget. Primern kan bestå av bitumenlösning, bitumenemulsion eller akrylat (MMA, d v s metylmetakrylat). Bitumenlösning är vanligast. Slit- eller beläggningsslagret utgörs av polymermodifierad gjutasfalt. Polymerhalten uppgår till cirka 4 vikt-% inblandning i bindemedlet. Gjutasfalten kan läggas ut manuellt på tätskiktsmattan eller med läggare. Flyttillsatsmedel i form av vax tillsätts för att kunna sänka utläggningstemperaturen och därmed förbättra arbetsmiljön i samband med utläggning (med avseende på rökutveckling), liksom miljön ur ett större perspektiv.

Tätskiktsmattan kan ibland ersättas med asfaltmastix bestående av polymermodifierat bitumen, filler och sand. Mastixen läggs ut cirka 10 mm tjockt på gasavledande nät eller väv av glasfiber.

Tätskiktsmatta är emellertid absolut mest förekommande på parkeringsdäck.

Gjutasfalt utan polymerinblandning används i undantagsfall, för t ex ytor som ska slipas, men ökar risken för sprickbildning.

Gjutasfaltssystem som ingår i SBUF-projektet är:

- PGJA 8 med vax på bromatta, enligt TDOK 2013:0529 Krav Bitumenbundna lager och TDOK 2013:0531 Krav Tätskikt på broar, samt bitumenprimer i form av bitumenlösning (2013)  
Cirka 30 mm
- PGJA 11 med vax på bromatta, enligt TDOK 2013:0529 Krav Bitumenbundna lager och TDOK 2013:0531 Krav Tätskikt på broar, samt bitumenprimer i form av bitumenlösning (2015)  
Cirka 30 mm

För mer information hänvisas till CBI rapport 1:2012 [Edwards och Powell 2012] och [Edwards 2012].

### **Hårdbetong (cementbaserat material)**

Hårdbetong tillverkas med cement som bindemedel och kan vara armerad med ballast och fibrer av t ex akryl eller epoxi. Tjockleken varierar från cirka 5 till 50 mm. Beläggningen läggs ut på vattenbehandlad betongyta som först primerbehandlats. Hårdbetong kan läggas ut manuellt eller med läggningssmaskin. Hårdbetongssystem som ingått i SBUF-projektet är:

- Densit med Densit primer (cementbaserad) från SBK Spännbalkkonsult (2013)  
Cirka 8-12 mm
- Intercrete 4852 med vattenbaserad akrylprimer 4850 (med små fibrer av polypropylen) från International/Akzo Nobel (2014)  
Cirka 4 mm
- Mastertop 135 PG med epoxiprimer (Mastertop epoxy glue) och membranhärdare (Mastercure 113) från Modern Betong (2014)  
Cirka 20 mm
- Sikafloor-1+ Corcrete med cementbaserad primer (Sika Mono Top 910) från Sika (2015)  
Cirka 8-10 mm

### **Plastbaserade beläggningssystem**

I ett plastbaserat tätskikts- och beläggningssystem ingår som regel härdplast av något slag i flera skikt inklusive stenmaterial i form av sand/mineral och filler. I det fall ett så kallat membran ingår i systemet utgörs detta av ett flexibelt, vattentätt och spricköverbryggande skikt. Ibland är membranet färgat och förväntas då fungera som ett indikationsskikt på nednötning. Själva slitlagret i systemet innehåller ofta en hel del sand/mineral och filler. Stor mängd fyllnadsmaterial begränsar slitlagrets elasticitet och gör materialet hårdare. För att få grövre struktur och förbättrad halksäkerhet kan sand/mineral ströas i den utlagda plastmassan. För högre slitstyrka (i kurvor och ramper) används granit eller bauxit (en svart aluminiumhaltig sand/mineral). En grövre fraktion kan emellertid göra beläggningen mer smutsbenägen och svårstädad. Slitlagrets tjocklek har mycket stor betydelse för beläggningens livslängd och ligger vanligtvis mellan 3 och 8 mm. På slitlagret läggs ofta en tunn topplack.

Härdplastsystem som ingår i SBUF-projektet är:

- Polyuretan Sikafloor 375 med topplack och epoxiprimer från Sika (2013)  
Cirka 4 mm
- Polyuretan StoCretec Metod 1007 med topplack och epoxiprimer från Sto (2013)  
Cirka 6-7 mm
- Polyuretan Deckshield ID med topplack och epoxiprimer från Flowcrete (2013)
- Polyuretan Conideck 2255 med topplack och epoxiprimer från Modern Betong (2013)  
Cirka 3-4 mm
- Polyuretan Mapefloor PU Flexibinder med topplack av polyuretan och MMA-primer från Mapei (2013)  
Cirka 3 mm
- Polyuretan och cementbaserad Ucrete utan primer och topplack från Modern Betong (2014)  
Cirka 6 mm
- Polyurea Micorea S3 med epoxiprimer från Elmico (2013 och 2014)  
Cirka 3 mm
- Polyurea Purtop 1000 med epoxiprimer från Mapei (2015)  
Cirka 3-4 mm

- Polyurea Micorea HS med epoxiprimer från Elmico (2015)  
Cirka 3-4 mm
- PU/MMA Map Pro Flexibinder med topplack och epoxiprimer från Mapei (2013)  
Cirka 3 mm
- PU/MMA Duracon med topplack och akrylprimer från Flowcrete (2014 och 2015)  
Cirka 6 mm i båda fallen
- Akryl Silikal med topplack och akrylprimer från Industrigolv (2014 och 2015)  
Cirka 4 mm i båda fallen
- Epoxi Micopox C-HD med epoxiprimer från Elmico (2014)

Några mycket korta rader om varje typ av härdplast återfinns nedan.

För mer information hänvisas till CBI rapport 1:2012 [Edwards och Powell 2012] och [EFNARC 2001]. EFNARC vänder sig framförallt till utförare av härdplastbeläggningar på golv. En motsvarande specifikation och guideline finns för polymermodifierade cementbaserade golvbeläggningar.

### ***Polyuretan***

Polyuretaner tillverkas från tre startmaterial; polyoler, diisocyanat och en kedjeförlängare. Råmaterial som påverkar polyuretanets egenskaper är typ av isocyanat, typ av polyol samt typ av additiv. Polyuretan kan formuleras i hög grad, från det hårdaste till madrassmjukt, och kan därmed anpassas för många olika användningsområden.

### ***Polyurea***

Polyurea fås när isocyanat reagerar med polyamin. Råmaterial som påverkar polyureans egenskaper är typ av isocyanat, typ av amin samt typ av additiv. Polyurea sprutappliceras och härdar snabbt även vid låga temperaturer. Slutprodukten har hög flexibilitet och nötningsstyrka.

### ***Akrylat - MMA Metylmetakrylat***

Akrylplast kan tillverkas på en rad olika sätt. MMA härdar genom tillsats av en katalysator (peroxid) som utlöser reaktionen. I ren form utvecklar produkten då endast koldioxid och vatten. MMA härdar snabbt även vid låga temperaturer. Elastisk MMA har tillsats av mjukgörare, ofta ftalater.

### ***PU/MMA - hybrid polyuretan/metylmetakrylat***

Materialet är en blandning av polyuretan och metylmetakrylat (cirka 50/50). Ingen mjukgörare krävs, utan polyuretankomponenten står för flexibiliteten hos produkten. Produkten härdar, liksom MMA, snabbt vid låga temperaturer. Härdningen sker genom tillsats av katalysator (peroxid). Polyuretandelen är lufthärdande och påskyndas av reaktionen i MMA-delen.

### ***Epoxi***

Epoxi framställs genom reaktion mellan en bas av epoxiharts och en härdare. Epoxihartset framställs som regel ur bisfenol A och epiklorhydrin. Epoxi utmärks kanske främst av sin förmåga att verka som ett mycket starkt lim mot olika typer av underlag.

### **Fördelar och eventuella risker med olika typer av beläggningssystem**

I tabell 2.1 avsnitt listas översiktligt och mycket generellt en del fördelar och eventuella risker med olika typer av beläggningssystem på parkeringsdäck. Helt avgörande för slutresultatet, oberoende av system, är god förbehandling av betongunderlaget och ett lyckat utförande. Alla system förutsätts vara täta mot vatten och klorider.

Tabell 2.1 *Fördelar och eventuella risker med olika typer av belägningssystem på parkeringsdäck*

<b>FÖRDELAR OCH EVENTUELLA RISKER</b>		
<b>Beläggning med</b>	<b>Fördelar</b>	<b>Eventuella risker (att tänka på)</b>
Bitumenbaserat belägningssystem (gjutasfalt i kombination med tätskiktsmatta)	Lätt justerbart och reparerbart slitlager  Lång livslängd på grund av tjocklek Spricköverbryggande Fogfritt	Färskvara under läggning (gjutasfalten) Kan deformeras vid statisk tung punktbelastning
Härdbetong (cementbaserat material)	Lång livslängd	Ej spricköverbryggande
Flytapplicerat system av härplasttyp - Generellt	Fogfritt Låg vikt Kemikalieresistent	Blåsbildning Komplicerat med efterkontroll Flera skikt, tjocklek Exakta blandningsförhållanden krävs, speciell teknik Hälsospekter vid utförandet
Epoxi		Ej spricköverbryggande
Polyuretan	Spricköverbryggande	Fuktkänsligt vid utförandet
Polyurea	Spricköverbryggande Snabb härdning	Begränsad erfarenhet
Akryl	Snabb härdning	Krympspänningar Stark lukt vid utförandet Brandrisk vid utförandet

Tabellen är baserad delvis på motsvarande tabell enligt [Edwards och Powell 2012]

### 3 Arbetsutförande, Säkerhet och hälsa

I detta avsnitt listas en rad information samt förslag till regler för hur en skyddsbeläggning på betongdäck i parkeringsgarage kan och bör utföras. För samtliga typer av system gäller övergripande Arbetsmiljöverkets råd och föreskrifter.

#### Arbetsutförandet

##### *Underlag*

Ytbehandling kan utföras på både ny och gammal betong. Underlaget ska i varje enskilt fall noggrant tillståndsbedömas före arbetets start och varje steg i appliceringsprocessen ska därefter dokumenteras noga.

För betongens tillståndsbedömning föreslås följande ingå (i relevant omfattning):

- Mätning av täckande betongskikt
- Mätning av neutraliseringsdjup
- Tunnslipsanalys
- Bomknackning
- Ytdraghållfasthet

Vad gäller anläggningens temperatur- och fuktillstånd utgår vi i fallet parkeringsdäck från att temperaturen under drift kan uppgå till max 40°C. Vid appliceringen ska betongen vara torr och ren

från föroreningar. Betongens fukthalt ska mätas och lämplig primer (om detta ingår i systemet) därefter väljas. Även lufttemperatur och daggpunkt kan ha betydelse vid appliceringsutförandet och ska noteras.

Betongens ytdraghållfasthet ska mätas på plats. Lämplig metod för detta är SS EN 1542 eller motsvarande.

#### Förbehandling av betongunderlaget

Att betongunderlaget prepareras på tillfredsställande sätt är alltid av fundamental betydelse för ett lyckat slutresultat. Förbehandling kan genomföras genom t ex slipning eller blästring (med stålkulor). Ytan ska vara jämn och homogen samt uppvisa en viss ytstruktur. Vissa betongreparationsåtgärder kan krävas.

Vikten av ett bra betongunderlag inför appliceringen av ett tätskikt eller tätskiktssystem kan inte nog understrykas. Vidhäftningen till betongen blir nämligen aldrig bättre än betongens egen ytdraghållfasthet, och förarbetet är därför av avgörande betydelse. I förarbetet ingår rengöring. Alla föroreningar (som damm, olja, fett och kemikalier) måste avlägsnas liksom eventuell betonghud och betonghårdare. Detta kan, som redan nämnts, genomföras med hjälp av slipning, fräsning och/eller blästring. Dammsugning eller vattenspolning kan vara nödvändigt för att få en riktigt ren betongyta med god möjlighet för en primerprodukt att tränga in i betongen. Även lagning av skador i betongen är problematiskt och måste utföras med stor noggrannhet och anpassade reparationsprodukter. Ett sätt kan vara med hjälp av specialkomponerat reparationsbruk.

Betongytan måste vidare vara stark nog för tätskiktet så att inte eventuella spänningar som kan uppstå i gränsskiktet mellan beläggning och betong ger upphov till vidhäftningsförlust, och beläggningsen därmed lossnar från betongen. Ytdraghållfastheten hos betongunderlaget ska därför, som nämnts ovan, bestämmas på plats.

Yttemperatur och fuktförhållanden är andra viktiga faktorer att ta hänsyn till i strävan mot ett gott belägningsresultat. Yttemperaturen kan i många fall ha avgörande betydelse för härdningstiden hos ett plastmaterial. Beträffande primerprodukter i det aktuella sammanhanget är epoxi vanligtvis mest temperaturkänsligt och akrylprimer minst känsligt. För att inte riskera att fukt bildas på en betongyta under utläggningsarbetets gång ska yttemperaturen ligga minst 3°C över daggpunkten (den temperatur vid vilken luften är fuktmättad och fukten därmed kondenserar som vatten).

Att förse ett betongunderlag med skyddsbeläggning kan i många fall vara dyrt och det är därför viktigt att det blir rätt från början.

#### Val av skyddsbeläggning

Val av skyddsbeläggning på betongunderlag i parkeringsgarage kan göras utifrån ett flertal aspekter:

- Tillstånd
- Ekonomiska förutsättningar
- Förväntad livslängd
- Planerat underhåll

Vid valet ska även följande beaktas:

- Provning eller referensobjekt som visar att den aktuella skyddsbeläggningen tål den miljö som råder på ett parkeringsdäck, d v s vägsalt och slitage från dubbdäck.
- Kvalitetskontroll under arbetsutförandet som innefattar verifiering av tjocklek och vidhäftning mot betongunderlaget
- Provning som visar produktens mekaniska egenskaper
- Kvalitetsgaranti på material och utförande

Produkter som används som skyddsbeläggning på betong i parkeringsanläggningar är gjutasfalt, hårdbetong (cementbaserat material) samt olika typer av hårdplastsystem.

### **Säkerhet och hälsa**

Hälsa och säkerhet är viktigt vad gäller arbetsutförandet, men negligeras tyvärr ofta beroende på bristande information och kunskap. Olika aspekter på säkerhet kan ha att göra med t ex resurser, kemikalier, utrustning och personlig skyddsutrustning. Information om säkerhet finns i produktens säkerhetsdatablad och ska noggrant uppmärksammas så olyckor av olika slag i största möjliga omfattning kan undvikas. Inte alla kemikalier är lika hälsovådliga men måste alltid hanteras på ett säkert sätt. T ex polyurea kan klassas som icke hälsovådligt i härdat/polymeriserat tillstånd, men ska under appliceringsarbetet hanteras med stor försiktighet. Personalen ska ha genomgått en speciell utbildning och ska bära rätt personlig utrustning i form av skyddskläder och andningsskydd.

De flesta produkterna i detta sammanhang är idag lösningsmedelsfria. Lösningsmedel kan emellertid förekomma för rengöring av utrustning och ska då hanteras i enlighet med säkerhetsdatablad för respektive lösningsmedelsprodukt.

Beträffande appliceringsutrustningen är det viktigt att denna är i fullgott skick vid arbetsutförandet. Vid sprutapplicering med högtrycksspruta är temperatur och tryck viktiga faktorer, liksom utrustningens rörliga delar. Exakta instruktioner ska finnas att tillgå för varje typ av appliceringsutrustning.



## **4 Referenser**

SS EN ISO 178, Plast – Bestämning av flexningsegenskaper, 2010.

SS EN 1062-7, Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete, 2004.

SS EN 1504-2, Betongkonstruktioner - Produkter och system för skydd och reparation - Del 2: Ytskyddsprodukter för betong, 2004.

SS EN 1504-9, Betongkonstruktioner - Produkter och system för skydd och reparation - Del 9: Allmänna principer för val av produkter och system, 2008.

SS EN 1504-10, Betongkonstruktioner - Produkter och system för skydd och reparation - Del 10: Utförande, 2004.

SS EN 1542, Betongkonstruktioner – Provning av produkter och system för skydd och reparation – Vidhäftningshållfasthet (utdragsprov), 1999.

SS EN 1928, Flexibla tätskikt - Bitumen-, plast- och gummibaserade tätskikt för tak - Bestämning av vattentäthet, 2000.

SS EN ISO 6272-1, Färg och lack – Snabbdeformationsprovning – Del 1: Fallande-vikt-provning, fallkropp med stor area, 2011.

SS EN 12697-20, Vägmaterial – Asfaltmassor – Provningsmetoder för varmblandad asfalt – Del 20: Stämpelbelastning av kub- eller cylinderformad provkropp, 2012.

prEN 12697-50, Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 50: Resistance to Scuffing, 2011.

SS EN 13036-4, Ytegenskaper för vägar och flygfält – Provningsmetoder – Del 4: Mätning av en ytas friktionsegenskaper – Pendelmetoden, 2011.

SS EN 13596, Flexibla tätskikt – Isolering av betongbroar och andra trafikerade betongytor – Bestämning av vidhäftningsförmåga, 2004.

SS-EN 13653 Flexibla tätskikt – Isolering av betongbroar och trafikerade betongytor – Bestämning av skjuvhållfasthet, 2004.

SS EN 13687, Betongkonstruktioner – Provning av produkter och system för skydd och reparation – Bestämning av beständighet vid temperaturförändringar – Del 1: Frostbeständighet i fuktig miljö med tössalter, 2002.

SS EN 13813, Golvmaterial – Avjämnings- och beläggningmassor baserade på cement, gips magnesit, bitumen eller hårdplaster – Egenskaper och krav, 2002.

SS EN 13892-2, Golvmaterial – Provning av avjämnings- och beläggningmassor – Del 2: Bestämning av böjdrag- och tryckhållfasthet, 2002.

SS EN 13892-3, Golvmaterial - Provning av avjämnings- och beläggningmassor - Del 3: Bestämning av nötningsmotstånd enligt Böhme-metoden, 2014.

SS EN 13892-4, Golvmaterial - Provning av avjämnings- och beläggningssmassor - Del 4: Bestämning av nötningsmotstånd enligt BCA-metoden, 2002.

SS EN 13892-5, Golvmaterial - Provning av avjämnings- och beläggningssmassor - Del 5: Bestämning av nötningsmotstånd mot rullande hjul hos avjämnings- och beläggningssmassor använda som slitskikt,

SS EN 13892-8, Golvmaterial – Provning av avjämnings- och beläggningssmassor –Del 8: Bestämning av vidhäftningshållfasthet, 2002.

SS EN 14223, Flexibla tätskikt – Isolering av betongbroar och andra trafikerade betongytor – Bestämning av vattenabsorption, 2005.

SS EN 14224, Flexibla tätskikt - Isolering av betongbroar och andra trafikerade betongytor - Bestämning av spricköverbryggande förmåga, 2010.

ETAG 033, Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Bridge Deck Waterproofing Kits, 2010.

EOTA TR 003, Determination of watertightness, 1999.

EOTA TR 010, Exposure procedure for artificial weathering, 2004.

EOTA TR 013, Determination of crack-bridging capability, 2004.

EFNARC Specifikation och handledning för golvbeläggningar av härdplaster, översättning av EFNARC Specification & Guidelines for Synthetic Resin Flooring, 2001.

EFNARC Specification & Guidelines for Polymer-Modified Cementitious Flooring, 2001.

ASTM D4060-90 Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by Taber Abraser.

Edwards, Y., Powell T., Beläggningssystem på betong i parkeringshus och garage – en översikt, CBI rapport 1:2012, Stockholm 2012.

Edwards, Y., Gjutafalt – ett vackert och hållbart material i byggande, 2012.

## **Länkar**

[www.breem.org](http://www.breem.org)

[www.sgbc.se](http://www.sgbc.se)

[www.kemi.se/reach](http://www.kemi.se/reach)

[www.bastaonline.se](http://www.bastaonline.se)

# Bilaga B – P-BAPP som hjälpverktyg vid val av beläggningssystem till parkeringsdäck

## Hjälpverktyg för val av beläggningsystem till parkeringsdäck – P-BAPP

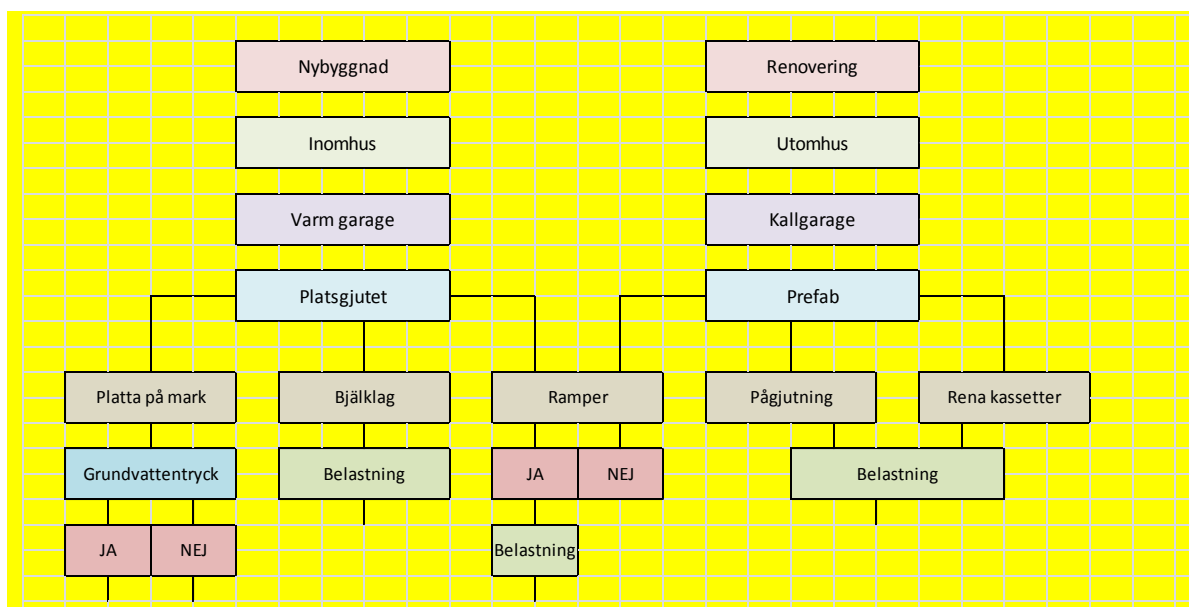
Riktlinjer har tagits fram som en delaktivitet inom SBUF-projekt 13212 "Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering" Etapp IV. De vänder sig främst till beställare och utförare av beläggningsystem på betong i golvnivå, men också till projektörer, konstruktörer och arkitekter. Avsikten med både rapport och riktlinjer är att höja kunskapsnivån samt peka på olika fördelar, brister och problem vad gäller val av beläggningsystem. Riktlinjerna ska läsas i anslutning till det hjälpverktyg (P-BAPP) som, i form av en excelapplikation, också har tagits fram inom projektet.

I detta dokument beskrivs i korthet hjälpverktyget som i stora drag baseras på det aktuella P-däckets konstruktionsuppbyggnad, befintlig miljö i garaget samt beställarens behov och önskemål för sin beläggning.

Instruktioner och olika möjliga val tas upp och anges i ett excelark. Beställaren fyller i sina specifika svar på en rad frågor och får avslutningsvis förslag på lämpligt produktval. Vi skiljer på vanlig kör- och parkeringsyta och på ramper. För parkeringsdäck på mark med grundvattentryck finns speciella anvisningar.

### 1. Parkeringsdäckets konstruktionsuppbyggnad

Möjliga val beträffande parkeringsdäckets konstruktionsuppbyggnad beskrivs skissartat i figur 1.1 nedan.



Figur 1.1 Parkeringsdäckets konstruktionsuppbyggnad

## 2. Befintlig miljö

Belastningar från vägsalt, sand, damm m m ingår i garagemiljön, liksom också trafikrörelser av normal karaktär. När det gäller trafikbelastning från dubbdäck så varierar denna stort över landet. Vi har för enkelhetens skull delat in landet i tre delar: Norrland, Mellansverige och Södra Sverige. Som jämförelsetal har vi använt procentandelen av den totala mängden fordon (100 %), som regionalt är utrustade med dubbdäck (angivet %-tal). Enligt vår bedömning används dubbdäck i Norrland till 90 %, i Mellansverige till 70 % och i södra Sverige till 30 %. En tydlig minskning i dubbdäcksanvändning över tid kan emellertid konstateras för landet. Därmed minskar också belastningen för den totala miljön, liksom den belastning som dubbdäck utgör på P-däckens golvytor.

Frågor som behandlar den befintliga miljön och som ska besvaras i excelarket rör förekomsten av:

- trafikbelastning
- dubbdäckstrafik specifikt
- höga temperaturer
- låga temperaturer
- städning
- långtidsplatser
- snöröjning
- solljus

Här finns ett antal olika svar att välja mellan. För t ex städning står valet mellan en gång per år, mer än 6 gånger per år och mer än 12 gånger per år. För solljus finns bara ja eller nej att välja mellan. Vissa svar går inte att kombinera, t ex ett ja för snöröjning om parkeringsdäcket ligger inomhus. Några frågor finns bara med som informationspunkter.

## 3. Behov och önskemål

Bland frågor som behandlar behov och önskemål för den aktuella beläggningen, och som ska besvaras i excelarket, ingår:

- slitstyrkans betydelse hos beläggningen
- betydelsen av spricköverbryggande förmåga hos beläggningen
- halksäkerhetens betydelse hos beläggningen
- viktens betydelse hos beläggningen
- betydelsen av UV-resistens hos beläggningen
- betydelsen av kemikalieresistens hos beläggningen
- betydelsen av lång och underhållsfri livslängd för beläggningen
- betydelsen av reparationsmöjligheter
- betydelsen av att beläggning är snabbt trafikerbar
- betydelsen av en låg kostnad för beläggningen (priset)
- betydelsen av en lättstädad beläggning
- betydelsen av en ljus beläggning (kulören)

Här finns också olika svar att välja mellan. Betydelsen av beläggnings halksäkerhet kan t ex vara av stor, medelstor eller mindre betydelse. En önskan om lång och underhållsfri beläggning kan av förståliga skäl inte kombineras med ytterligare en önskan om lågt pris för samma beläggning.

#### **4. Användning och utvärdering**

Verktyget är således kopplat till specifikationen i riktlinjerna samt parkeringsdäckets konstruktionsuppbyggnad och verkliga miljö, kombinerat med beställarens behov och önskningar vad gäller beläggningssystem. Riktlinjer och hjälpverktyg behöver nu lanseras och komma till användning i praktiken. Synpunkter behöver samlas in och sammanställas, så att riktlinjer och P-BAPP kan förbättras efter behov.

Ett antal användare kommer kontaktas och tillfrågas för att ingå i en kommande utvärderingsprocess. Intervjuer genomförs. Resultat, synpunkter och förslag på ändringar sammanställs och revideringar införs efter behandling i lämplig referensgrupp. Vi gör ett riktat utskick för att få kontroll på vilka som använder verktyget, och till vad. Först under 2018 kan det förhoppningsvis bli fritt tillgänglig på t ex SBUF:s, CBI:s och/eller Rebet:s hemsida.



# Bilaga C – Riktlinjer för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage

## Riktlinjer för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage

Avsikten med detta avsnitt är att ge allmänna riktlinjer till ägare, förvaltare och byggtreprenörer samt betongrenoveringsföretag för användning av katodiskt skydd i parkeringsgarage. Ägarna, är den viktigaste länken i en beslutprocess om katodiskt skydd ska användas för att skydda mot armeringskorrosion. När det gäller val av vilken typ av katodiskt skydd som ska användas görs detta oftast tillsammans med ägare, förvaltare och byggtreprenörer, betongrenoveringsföretag och företag som installerar katodiskt skydd.

Faktorer som påverkar ägarnas beslut att välja katodiskt skydd är bland annat:

- Konstruktionens återstående livslängd
- Livslängden hos det katodiska skyddet
- Krav på underhåll och övervakning
- Installationskostnader och installationstid
- LCC-kostnader för det katodiska skyddet
- Konstruktionens utseende efter installation av katodiskt skydd
- Andra kostnader såsom avstängningar av p-platser

Ett företag som designar eller installerar ett katodiskt skydd i ett parkeringsgarage är oftast intresserad av:

- Vilken typ av konstruktion (slakarmering eller efterspänd armering)
- Vilket skyddsströmsbehov för att skydda armeringen (armeringsyta)
- Maximal strömutmatning från anod
- Antalet skyddszoner och strömfördelning
- Installationsmetoder så att samordning kan ske med övriga reparationer
- Elektrisk kontinuitet i armering
- Val av likriktare och övervakningssystem

## Katodiskt skydd – Allmänt

Katodiskt skydd av armerade betongkonstruktioner har använts i USA och Kanada sedan början av 1970-talet. Framför allt var det nya typer av anoder och sättet att placera anoderna som togs fram. Utvecklingen föranleddes av de mycket omfattande korrosionsskadorna på stålarmeringen i tusentals motorvägsbroar som upptäcktes i stor skala i början av 1970-talet (1). Den voluminösa rosten hade medfört att broarnas körbana och pelare hade spruckit och delaminerat. Korrosionsangreppen var orsakade av att klorider trängt in till stålarmeringen som en följd av tösaltning.

På 1980-talet började katodiskt skydd tillämpas i större skala i Europa, framför allt i Storbritannien, Tyskland och Italien. Även i Sverige gjordes under framförallt i slutet av 1980-talet och i början 1990-talet installationer i betongbroar, betongkajer, parkeringshus och vattentorn (1,3).

Katodiskt skydd är en elektrokemisk skyddsmetod som bygger på att man gör metallytan, i detta fall stålarmeringen, som ska skyddas så elektriskt negativ att de elektrokemiska reaktionerna hindras, genom att alla stålytor blir katodiska. Vad som sker är att stålets korrosionspotential sänks några tiondels volt så att hela stålytan blir katodiskt. På det sättet elimineras alla anodiska, korroderande partier på stålytan. Potentialsänkningen åstadkommer man genom att mata en svag likström genom betongen till alla stålytor som ska skyddas. Strömmen matas ut från speciella strömelektroder av metall, så kallade anoder, som har gjutits in i betongen. När likströmmen flyter in i stålytorna blir de katodiska och kan inte rosta.

### **Katodiskt skydd med offeranoder av zink**

Katodiskt skydd med offeranoder kallas också galvanisk katodiskt skydd. Skyddsströmmen alstras på galvanisk väg. Som drivkraft för strömmen utnyttjar man den potentialskillnad, galvanisk spänning, som råder mellan stål och en metall som oädlare än stål. För katodiskt skydd av stål ingjutet i betong användes under 1990-talet nästan uteslutande offeranoder av zink som termiskt påsprutats betongytan, **figur 1**. När offeranoden, i detta fall av termiskt sprutat zink, ansluts via kabel till stålarmeringen börjar den avge en galvanisk ström, skyddsströmmen, till stålkonstruktionen. Någon strömkälla behövs alltså inte, vilket minskar behovet av tillsyn. Strömavgivningen medför att offeranoderna förbrukas med tiden. Detta innebär att offeranoderna efter en tid måste ersättas med nya om skyddet ska vara verksamt ytterligare en period.



*Figur 1. Installation av katodiskt skydd med termiskt sprutad offeranod av zink på Ölandsbron(2,4)*

Under senare år har ingjutna offeranoder av offeranoder av zink med ett cementshölje innehållande litiumhydroxid (LiOH) börjat användas. Anoden kopplas ihop med armeringen och gjuts in i betong, se **figur 2**.



Figur 2. Installation av katodiskt skydd med offeranoder av zink med cementsludge (Galvashield XP) i parkeringshuset Skrapan, Västerås

### **Katodiskt skydd med påtryckt ström**

Vid katodiskt skydd med påtryckt ström, också kallat elektrolytiskt katodiskt skydd, alstras skyddsströmmen av en yttre likströmskälla som vanligen är en nätansluten likriktare- och transformatorenhet. Anoder som används för strömutmatning i betong är i de närmaste olösliga, vilket innebär att de har mycket lång livslängd. Vanligt material i strömmatade anoder som gjuts in i betongkonstruktioner i atmosfären är titan belagt med oxider av ädelmetaller (3).

Anoderna och armeringsstålet, som ska skyddas i betongkonstruktionen, ansluts med elkabel till likriktaren. Anoderna kopplas till pluspolen och armeringsstålet till minuspolen. Den yttre spänningskällan innebär att katodiskt skydd med påtryckt ström inte begränsas av hög resistivitet i elektrolyten eller av högt totalt strömbehov. Till skillnad mot fallet med offeranoder kräver en anläggning med påtryckt ström återkommande tillsyn och övervakning.

### **Tekniskt underlag för utvärdering av möjliga anodsystem i parkeringshuset**

Utformningen av ett katodiskt skydd på pelare, golv och väggar bestäms av den armeringsyta som skall skyddas, det katodiska skyddsströmsbehovet, katodiska skyddssystemets livslängd, styrning och funktionskontroll. Övriga omständigheter är rådande förhållanden i garaget, såsom risk för nedbrytning av betongen, säkerhet mot skadegörelse och vandalism.

#### Stålyta som skall skyddas

Ytan hos stålet som skall skyddas i ett garage, omfattar:

- Ingjuten stålarmering
- Ingjutna metalldelar
- Delvis ingjutna metalldelar

Vid installationen av det katodiska skyddet skall alla metalldelar i det elektriska fältet förbindas elektriskt till den stålyta som skall skyddas. Icke elektriskt förbundna delar i det elektriska fältet löper annars en risk att utsättas för läckströmskorrosion.

### Skyddsströmsbehov

Vid beräkning av behovet av skyddsström för att skydda den ingjutna stålarmeringen mot korrosionsangrepp används ofta  $20 \text{ mA/m}^2$  stållyta. I den Europeiska standarden SS EN 12696:2012 (5) anges typiska strömbehov vid installation av katodiskt skydd på äldre konstruktioner i atmosfär till  $2\text{-}20 \text{ mA/m}^2$  stållyta. I Trafikverkets publikation 2006:146 anges strömbehovet till  $20 \text{ mA/m}^2$  stållyta (6). För de installationer som gjorts i Sverige under 1990-talet fram till 2010 har strömbehovet aldrig varit större än  $10 \text{ mA/m}^2$  per stållyta.

### Livslängd

Det normala kravet på livslängd för ett katodiskt skyddssystem är ca 20 år. Inom denna tidsperiod förutsätts att det inte skall behöva utföras något väsentligt underhåll på systemet, i synnerhet anodsystemet.

Inom den 20-åriga livslängden bör man dock räkna med ett behov att byta ut delar av elektroniken i likriktarna. Erfarenheter från Sverige och Danmark visar att ca 25-35 % av elektroniken byts ut med ca 10 års intervaller (7,8).

För anodsystem av titan belagt med oxider av ädelmetall är livslängden betydligt längre än 20 år. I dag finns installationer som har varit i drift i mer än 20 år och som fungerar utmärkt. En mer realistisk bedömning är att livslängden för titan belagt med oxider av ädelmetaller är ca 50 år.

### Styrning och funktionskontroll

För funktionskontroll av det katodiska skyddet med påtryckt ström installeras referenselektroder permanent ingjutna referenselektroder i varje pelare. Genom mätning av armeringens frånslags potential (armeringens potential omedelbart efter att strömmen brutits) och efter 24-timmars frånslag av det katodiska skyddet kan skyddseffektiviteten hos det katodiska skyddet bestämmas för den armerade konstruktionen. Potentialskillnaden mellan potentialen efter 24 timmars frånslag och vid frånslag skall var  $\geq 100 \text{ mV}$ , dvs  $\Delta E_{(24\text{h,från})} \geq 100 \text{ mV}$ . Detta gäller oftast välluftade betongkonstruktioner. Vid vattenmättade konstruktioner används ett fast absolut potentialvärde. Vid fullgott katodiskt skydd skall den absoluta potentialen hos armeringen vara mer negativ än  $-880 \text{ mV}$  relativt  $\text{MnO}_2$ -elektrod. Potentialen bör inte heller understiga  $-1350 \text{ mV}$  på grund av risk för vätgasutveckling på armeringsjärnet.

## Jämförelse mellan katodiskt skydd med offeranoder eller påtryckt ström.

Som tidigare nämnts kan katodiskt skydd principiellt utföras på två sätt, med offeranoder eller med påtryckt ström. Fördelen med att använda ett galvaniskt skydd med offeranoder jämfört med ett katodiskt skydd av påtryckt ström är att offeranoder oftast är betydligt enklare och billigare att installera än ett anodsystem med påtryckt ström. Nackdelen med offeranoder i form av en metallbeläggning är att den galvaniska skyddsströmmen från anoden inte kan regleras utan är helt beroende av anodens kemiska sammansättning och betongens resistivitet. Fuktinnehåll, karbonatisering och kloridhalt har en avgörande betydelse för den senare. Det är sålunda viktigt att ta fram och kvantifiera offeranodens egenskaper och de betongparametrar som har betydelse för utmatningen av galvanisk skyddsström för att uppnå ett fullgott katodiskt skydd med offeranoder. Offeranoder förbrukas med tiden på grund av strömgivning till det ingjutna armeringsstålet och genom egenkorrosion. Med egenkorrosion menas ”vanlig” korrosion av anoden utan någon strömgivning till den korroderande ingjutna stålytan. Eftersom offeranoden förbrukas genom egenkorrosion blir inte anodens strömbyte (verkningsgrad) 100 %. Anodens livslängd är sålunda beroende både av anodens egenkorrosion och strömgivning till den korroderande ingjutna stålarmeringen. Anodens egenkorrosion är beroende av aggressiviteten hos den yttre miljön. Den vanligaste använda galvaniska anodsystemet i Sverige för att skydda stålarmeringen mot fortsatta korrosionsangrepp är termiskt sprutade offeranoder av zink. Även ingjutna zinkanoder med ett hölje av cementbruk innehållande litiumhydroxid har under senare år börjat användas.

Det finns idag ett stort antal kommersiellt tillgängliga anodsystem för katodiskt skydd med påtryckt ström. Några typer har varit på marknaden i många år och vissa endast i några få år. Anodsystemen kan enligt (8) indelas i följande grupper:

- elledande ytbehandling
- titan belagt med ädelmetallskikt
- elledande cementbruk
- ingjutna offeranoder av zink med ett aktivt betonghölje
- Termiskt påsprutade offeranoder av zink

Swerea KIMAB har tillsammans med installatörer av katodiskt skydd tagit fram olika förutsättningar/krav för en teknisk utvärdering av anodsystem i ett katodiskt skyddssystem till stålarmeringen i ett parkeringshus. Anodsystemen har bedömts utifrån deras egenskaper med avseende på:

- **Lång erfarenhet/väldokumenterat:**

För parkeringshus är det avgörande att valda metoder och material är väl beprövade och väl dokumenterade med hänsyn till skyddseffektivitet, beständighet, livslängd etc. Det är därför ett krav att anodsystemet är väl beprövat och dokumenterat och att det finns positiva erfarenheter från användning av det valda systemet under en längre tidsperiod (minst 10 år).

- **Mekanisk robusthet**

Anodsystemet skall vara mekaniskt robust, så att det generellt kan motstå en påkörning. Alternativt skall skador orsakade av påkörningar lätt kunna repareras.



- **Strömkapacitet**

Strömkapaciteten skall vara tillräcklig med hänsyn till bedömt strömbehov.

- **Strömspridning**

Anodsystemet skall kunna skydda samtliga korroderande stålytor i betongkonstruktionerna. Anoder skall placeras så att strömmen kan fördela sig till hela den korroderande armeringen.

- **Beständighet**

Anodsystemet skall vara beständigt under den givna yttre miljöpåverkan: tölsalter, fukt, temperatur och vägsnuts.

- **Livslängd**

Minst 20 år

- **Andra relevanta faktorer som påverkar installationen**

Kortslutningsrisk, kontroll/styrning, bärförmåga, estetik, förarbete/reparationer, arbetsmiljö, erfarenheter entreprenörer, tillgänglighet materia/materiel, partiell reparation, installationstid, underhåll och referenser.

Ekonomiska krav är inte medtagna i detta sammanhang eftersom denna undersökning fokuserar på en ren teknisk bedömning av möjliga anodsystem. Egenskaperna är bedömda med betyg från 1 till 4, där:

1. God
2. Acceptabel
3. Icke fullgod
4. Oacceptabel

I **tabell 1** och **2** ges en sammanställning av bedömda anodsystem. Bedömningen har gjorts av Swerea KIMAB. Efter kommentarer till de i **tabell 1** och **2** bedömda anodsystemen.

Tabell 1. Bedömning av olika anodsystem för golv, pelare och väggar i parkeringshuset.  
Skala: 1= god, 2=acceptabel, 3= icke fullgod, 4=oacceptabelt.

Egenskap	Ledande färg (påtryckt ström)	Termisk sprutning av zink (offeranod)	Termisk sprutning av zink (påtryckt ström)	Titannätanod med betong-sprutning (påtryckt ström)	Ingjuten offeranod av zink med aktivt cement hölje	Titannätanod med betong-pågjutning (påtryckt ström)
Erfarenhet	1	1	1(a)	1	3	1
Dokumentation	1	1	1(a)	1	2	1
Mekanisk robusthet	3	1	1	1	1	1
Strömkapacitet	3	3	1	1	3	1
Strömspridning	2	2	2	2	3	2
Beständighet tösalter	4	1	1	1	1	1
Livslängd	3	2	2	1	2	1
Tid för installation	1	2	3	3	2	3
Kortslutningsrisk	3	1	4	1	1	2
Kontroll/styrning	2	4	2	2	4	2
Estetik	1	1	1	2	1	1
Förarbete/repairation	3	1	3	3	1	3
Arbetsmiljö	2	3	3	2	1	2
Påverkan av yttre miljö	2	2	2	1	1	1
Erfarenhet hos entreprenör	1	1	2	1	3	1
Tillgänglighet hos material	1	1	1	1	1	1
Underhåll om 20 år	4	1	2	1	3	1
Referenser	1	1	2	1	2	2
<b>Totalt poäng</b>	<b>38</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>28</b>

a) Det finns inga erfarenheter och dokumentation från Europa, men anodsystemet används och är väl beprövad i USA.

Tabell 2. Bedömning av olika anodsystem för golv, pelare och väggar pelare i parkeringsgarage. Skala: 1= god, 2=acceptabel, 3= icke fullgod, 4=oacceptabelt.

Egenskap	Infräst anodband av titan (påtryckt ström)	Infräst trådanod av titan (påtryckt ström)	Insticks anoder av titan (påtryckt ström)	Elledande betongbeläggning (påtryckt ström)
Erfarenhet	1	1	1	3
Dokumentation	1	1	1	3
Mekanisk robusthet	1	1	1	2
Strömkapacitet	1	1	1	2
Strömspridning	3	3	3	2
Beständighet tösalter	1	1	1	2
Livslängd	1	1	1	3
Tid för installation	2	2	1	2
Kortslutningsrisk	<b>4</b>	<b>4</b>	4	3
Kontroll/styrning	2	2	2	3
Estetik	2	3	1	2
Förarbete/reparation	3	3	1	1
Arbetsmiljö	1	1	1	3
Påverkan av yttre miljö	1	1	1	2
Erfarenhet hos entreprenör	1	1	1	1
Tillgänglighet hos material	1	1	1	3
Underhåll om 20 år	1	1	1	3
Referenser	1	1	1	1
<b>Totalt poäng</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>41</b>

Sammanfattningsvis framgår det av **tabellerna 1 och 2** att insticksanoder av titan med påtryckt ström får den lägsta totalpoängen. Anodsystem med en poängsumma mindre än 30 rekommenderas för parkeringsgarage. Vid högt grundvattentryck mot den betongkonstruktion som skall katodiskt skyddas rekommenderas inte användning av insticksanoder med påtryckt ström.

I detta avsnitt ges kommentarer till de i **tabell 1 och 2** bedömda anodsystemen.

### Elledande färg

Elledande färg omfattar ytbehandling med organiskt material som elektriskt ledande färg eller grafitnät i elledande färg.

Traditionell elledande färg har funnits på marknaden i många år. Färgen har gjorts ledande oftast genom tillsats av grafit och strömmen leds till färgen via primäranoder. Livslängden hos denna typ av anodsystem är emellertid begränsad (ca 10-15 år) eftersom grafiten förbrukas i samband med anodreaktionerna (1, 2, ). Det framgår vidare att elledande anodsystem har begränsningar i utmatad skyddsström, eftersom likriktarens utgående spänning inte får överstiga 2,0 volt. Anodsystemet bedöms, utifrån livslängd och begränsningar i strömutmatning inte vara lämplig för att skydda framför allt golv i parkeringshuset.

### **Termisk sprutning av zink på betong**

Metallisk ytbehandling omfattar olika former av metallisering, där metalliseringen används såväl som offeranoder som till system med påtryckt ström (förekommer i USA). I Sverige används uteslutande termiskt sprutade offeranoder av zink. Erfarenheterna från Ölandsbron efter ca 10 års användning och från kärnkraftsindustrin (ca 8 års användning) är relativt goda (4).

Undersökningar utförda år 2000 på kantbalken på Ölandsbron visade att användningen av termiskt sprutad offeranod av zink på kantbalken minskade korrosionshastigheten hos stålarmeringen med 95 % jämfört med oskyddad armering (2). Den goda skyddsförmågan antogs bero på betongens låga resistivitet på grund av höga kloridhalter (bräckt vatten från Kalmarsund användes som blandvatten vid gjutning av kantbalken) i betongen.

Senare undersökningar utförda 2011 av Swerea KIMAB och CBI visade att det termiskt sprutade offeranodsystem av zink på kantbalken vid Ölandsbron hade god vidhäftning mot betongen efter 10 års drift. Mätningarna av den termiskt påsprutade zinkanoden efter 10 års drift vid Ölandsbron visade att skiktjockleken varierade mellan 300 och 500 µm. Den goda vidhäftningen och de tjocka zinksikt som uppmättes innebär att livslängden för anodsystemet bedöms vara mer än 15 år.

Undersökningar i Forsmark kärnkraftverk visade att den termiskt påsprutade offeranoden av zink var helt bortkorroderad efter 8 år i bräckt vatten. För de zinksprutade betongytorna som exponerats ovanför vattenytan uppmättes en skiktjocklek av zinkanoden som varierade mellan 200 och 500 µm. Livslängden för den påsprutade zinkanoden som exponerats ovanför vattenytan bedöms vara ca 15 år (4). Termiskt sprutade offeranoder av zink bedöms lämpligt för katodiskt skydd av betongpelare i parkeringshus.

Termiskt sprutad zink kan också användas med påtryckt ström. Det finns emellertid mycket liten erfarenhet av användning av sådana anodsystem i Europa. Nackdelen med användningen av detta anodsystem är att om betongens täckande betongskikt är tunt finns risken för att det påsprutade zinksiktet kommer i elektrisk kontakt med stålarmeringen (9). Om detta sker kommer inte det katodiska skyddet att fungera på grund av en elektrisk kontakt mellan sprutat zinksikt och armering. Eftersom en sådan kontakt kan fås under betongytan så kommer vara i stort sett omöjligt att identifiera var på konstruktionen denna kontakt är.

På grund av den osäkerhet som idag råder vid användning av termiskt sprutade anoder av zink med påtryckt ström bedöms detta anodsystem för närvarande inte vara lämpligt för att användas parkeringshus.

### **Titananod belagt med ädelmetallskikt**

Titananoder belagt med ädelmetallskikt finns i många utförande, såsom nät, tråd och band (massivt eller perforerat). De ytmonterade anoderna har ett cementbaserat täckskikt medan anoder som monteras i förborrade hål är täckta med grafitmassa, ledande gel eller cementbruk. Livslängden hos belagda titananoder är betydligt större än 20 år. Den faktiska livslängden är beroende av sammansättning och tjocklek hos ädelmetallskiktet och anodens strömbelastning under drift har betydelse för livslängden. Livslängden hos belagda titananoder uppskattats till ca 50 år för olika installationer i Norden (3). Erfarenheterna av dessa anodsystem är god. Följande olika utformningar av titananoden ingår i bedömningen:

- Nätanod med påsprutad betong
- Tråd-/bandanod med påsprutad betong
- Stavanod kringgjuten med cementbruk

### **Titannätanod med sprutbetong**

Titannät med påsprutad betong är de anodsystem som är vanligast och som har den bästa strömspridningen samt den längsta hållbarheten. Det finns flera installationer utförda i Norden. I Danmark installerades anodsystemet på bropelare till Aggersundsbron (1989) och på bropelare på Egersundsbron 2004. I Sverige har under flera installationer med anodsystemet utförts från 1990 och framåt. Exempel på betongkonstruktioner med titannätanod belagt med ädelmetallskikt är bropelare under Smögenbron, Nötesundsbron, Ölandsbron, parkeringshus i Göteborg (pelare och undersida tak), hamnkaj i Stenungssund (krönbalkar) samt Fredhällstunneln (socketelement). För samtliga dessa konstruktioner användes titananodnätet tillsammans med sprutbetong. Det finns dock även andra installationer där anodnätet har gjutits in i betongen. Exempel på sådana konstruktioner är balkar i en kajkonstruktion i Oxelösund (2009) och kantbalkarna på Ölandsbron (2011). Det vanligaste sättet är dock betongsprutning.

Före montering och betongsprutning av titannätanoden skall befintliga betongytor rengöras från smuts och löst sittande betong för att säkerställa god vidhäftning av sprutbetongen.

Nätanoden kan fås med olika maskvidd, med olika maximal tillåten strömutmatning av 18,8 mA/m<sup>2</sup>, 24,4 mA/m<sup>2</sup> eller 37,8 mA/m<sup>2</sup>. Ju större tillåten maximal strömutmatning desto styvare är nätet. Ett styvare nät kan i vissa fall vara enklare att montera i t ex tak än ett mindre styvare nät.

Titannätanod med sprutbetong bedöms som ett lämpligt anodsystem för att skydda armeringen i golv, pelare och väggar i parkeringshus mot fortsatta korrosionsangrepp.

### **Tråd- och bandtitananod med cementbaserat täckskikt**

Tråd- och bandtitananod i infrästa/skurva skåror bedöms generellt inte vara lämpliga på grund av att betongens täckskikt oftast lokalt är för tunt. För att undvika elektrisk kontakt mellan anod och armering rekommenderas att avståndet mellan anod och armering bör vara minst 15 mm. Detta kan vara svårt att uppnå i praktiken.

Titantrådanod har provats på kantbalkarna på Ölandsbron. Anodsystemet bedömdes ha en tillfredställande skyddsförmåga efter två års drift. Vid den okulära undersökningen av anodsystemet efter två års drift framgick det att anodtråden var synlig och en missfärgning hade uppkommit på tråden. Den blottlagda anoden kan förklaras med en dålig utförd pågjutning av tråden på grund av en för smal skåra i betongen.

Anodsystemet bedöms vara mindre lämpligt för golv, pelare och väggar i parkeringshus

### **Insticksanod kringjutna med cementbruk**

Anodsystemet består av en titanstav belagd med ett ädelmetallskikt. Anoden sticks in/ ned i ett förborrat hål i betongen och omges i hålet med cementpasta. Stavanoden kan användas särskilt vid skydd av stålarmeringen i pelare i parkeringshus. Stavanoderna behöver placeras ganska nära varandra (ca 30 cm) för att strömspridningen till armeringen skall bli jämn. Avståndet mellan anoderna i höjddled bör vara maximalt ca 30 cm. Antalet stavanoder per pelare bestäms av hur högt upp på pelaren som höga halter av klorider finns i konstruktionen. Fördelen med detta anodsystem är att ingen betongsprutning fordras och ingen förbehandling av befintliga betongytor är nödvändig. Nackdelen är dock att det finns en risk att man borrar i armeringen. Före borrning av hål skall armeringens placering i pelarna noggrant dokumenteras med en armeringssökare så att ingen risk finns att armering borrar av.

Anodsystemet bedöms vara mycket lämpliga för pelarna i parkeringshus. Vid golvytor som har kontakt med grundvatten bör inte detta anodsystem användas.

### **Elledande täckskikt**

Elledande täckskikt omfattar:

- Cementbaserade täckskikt som gjorts elledande genom tillsats av nickelinklädda grafitfibrer med strömtillförsel genom primärledare av titan.

Cementbaserade täckskikt med grafitfibrer har samma begränsning som elledande färg, nämligen att grafiten förbrukas under anodreaktionerna och därmed fås en reducerad livslängd.

Elledande täckskikt av cementbruk med nickelinklädda kolfibrer har enligt (7,8) en livslängd av ca 25 år. Eftersom anodsystemet är relativt nytt finns det inte tillräckligt med erfarenheter och dokumentation över anodsystemets ledande förmåga, skyddseffektivitet. Anodsystemet har endast provats i några år.

### **Offeranod av zink med ett cementbaserat hölje**

Denna offeranod är relativt ny på marknaden och bygger på att zinkanoden är täckt med ett aktivt (LiOH) cementbaserat hölje. Anoden har använts i Sverige i ett parkeringsgarage för att lokalt skydda mot kloridinditerad armeringskorrosion. Vid denna installation var det inte möjligt att kontrollera skyddsförmåga hos anodsystemet. Installationen av anoden är enkel att utföra. Anoden är relativt billig jämfört med titananoden. För ökad användning behövs mer information om skyddsförmågan och strömspridning i betong. Även information om anoden livslängd är nödvändigt.

I etapp IV i har en provinstallation med två typer av ingjutna offeranoder (Galvanode DAS 89 och Galvashield XP) av zink med ett cementbaserat hölje utförts på en mindre golvyta till ett parkeringsgarage. Resultaten från kontrollmätningar av skyddsförmågan visade att strömavgivningen från anoderna till armeringen är begränsat till 0,15 meter för att uppnå ett fullständigt katodiskt skydd på armeringen (10).

## Övriga system vid katodiskt skydd

### Referenselektrod

Kontroll av det katodiska skyddets förmåga att skydda armeringen mot korrosionsangrepp görs normalt med ingjutna referenselektroder av typen  $MnO_2$ . Även andra typer av referenselektroder förekommer såsom Ag/AgCl eller belagda titanelektroder.

Referenselektroder installeras i förborrade hål eller i upphuggningar som utförts i samband med betongreparationer före installationen av det katodiska skyddssystemet.

Referenselektroder skall vara av sådan kvalitet att elektrodens livslängd inte är mindre än anodsystemets. I princip bör det finnas en referenselektrod i varje pelare för övervakning av skyddsförmågan.

Trafikverket anger i (5) att varje skyddszon skall vara försedd med minst en referenselektrod för funktionskontroll. Referenselektroden skall placeras så att det kan kontrolleras att det finns tillräckligt skydd längst från strömtilldelaren till anoden och att det inte erhålls överskydd i närheten av strömtilldelaren till anoden.

Varje skyddszon är ett område av flera pelare som försörjs med ström och kontrolleras separat. I en skyddszon är strömutföringen, beroende av storlek, ca 1-2 A. Armeringens strömbehov kommer maximalt att vara ca  $20 \text{ mA/m}^2$  stålyta. I de flesta installationer som gjorts i Sverige ligger strömbehovet oftast mellan 3 och  $10 \text{ mA/m}^2$  stålyta.

Slutgiltigt antal och placering av referenselektroder fastställs i samband med detaljutformning av det katodiska skyddet.

### Likriktare och styrsystem

Till strömförsörjning för de enskilda skyddszonerna skall väljas ett system med likström med konstant strömutföring och ett antal likströmsuttag som motsvarar antalet skyddszoner. Antalet skyddszoner fastställs med hänsyn till betongpelarnas armeringsyta som skall skyddas.

Det finns flera möjligheter till reglering av strömutföring och kontroll av de enskilda skyddszonerna. Anläggningarna kan vara manuella eller helt eller delvis automatiska.

### Kablar och dragningssträcka

Dragningssträckan för kablar till de enskilda pelarna (anodkablar, katodkablar och kablar till referenselektroder) är beroende av anodsystemet. Vid anodsystem med nätanod kan kablarna med fördel dras under sprutbetongen. För inborrade stavanoder dras kablarna utvändigt på pelarna i plaströr. Ström- och mätkablar från pelarna till likriktare och referenselektroder dras via kabelstegar placerade i taket.

### Drift och underhåll

Den dagliga driften av det katodiska skyddet är inte omfattande. Systemet bedöms kunna kontrolleras och styras från distans via dataöverföring (modem). Det mäts med automatik med de inbyggda referenselektroder och skyddsström/spänning i fastställda intervaller. Det kan installeras larmfunktioner som larmar driftpersonal vid fel i driften.

Kontrollmätningar av skyddsförmågan hos det katodiska skyddet kan utföras automatiskt en gång i månaden efter det att det katodiska skyddet är satt i drift.

Om det katodiska skyddet skall kontrolleras manuellt utförs minst kontrollmätningar efter 3, 6 och 12 månader efter att det katodiska skyddet tagits i drift. Därefter görs mätningar en gång per år.

Vid den årliga kontrollen görs en okulär undersökning av de synliga delarna av installationen såsom kablar, anslutningar etc. Detta gäller både vid manuell och automatisk kontroll av det katodiska skyddet.

## Referenser

1. Camitz G: Korrosionsskydd av stål i betongkonstruktioner. Handbok Swerea KIMAB 2011 Stockholm.
2. Sederholm B: Utomhusprovning av enkelt installerade anodsystem för katodiskt skydd av räckesståndare och kantbalksarmering på Ölandsbron. KI Rapport 2002:3. Korrosionsinstitutet.
3. Sederholm B & Austnes P: Katodiskt skydd av armerade betongkonstruktioner - Praktiska erfarenheter av nya och konventionella anodsystem. KI Rapport 2000:7. Korrosionsinstitutet.
4. Sederholm B & Selander A: Katodiskt skydd av betongkonstruktioner med termiskt sprutade offeranoder av zink. Erfarenhetsinsamling och fältundersökning med fokus på långtidsegenskaper – Etapp I. Elforsk Rapport.
5. SS-EN 12696. Katodiskt skydd av stål i betong – Konstruktioner i atmosfär.
6. Vägverket. Allmän teknisk beskrivning för underhåll av broar. Brounderhåll 2006. Publikation 2006:146.
7. Vejdirektoratet. Katodisk beskyttelse, State-of-the art. Rapport 267. 2003.
8. Sörensen R: Katodisk beskyttelse i fuld skala. Dansk vejtidsskrift. Februari 2005.
9. Oregon Department of Transportation and Federal Highway Administration. Final report SPR 364. March 2002.
10. Edwards Y & Sederholm B. Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp I-IV. SBUF Rapport 13212, 2016.