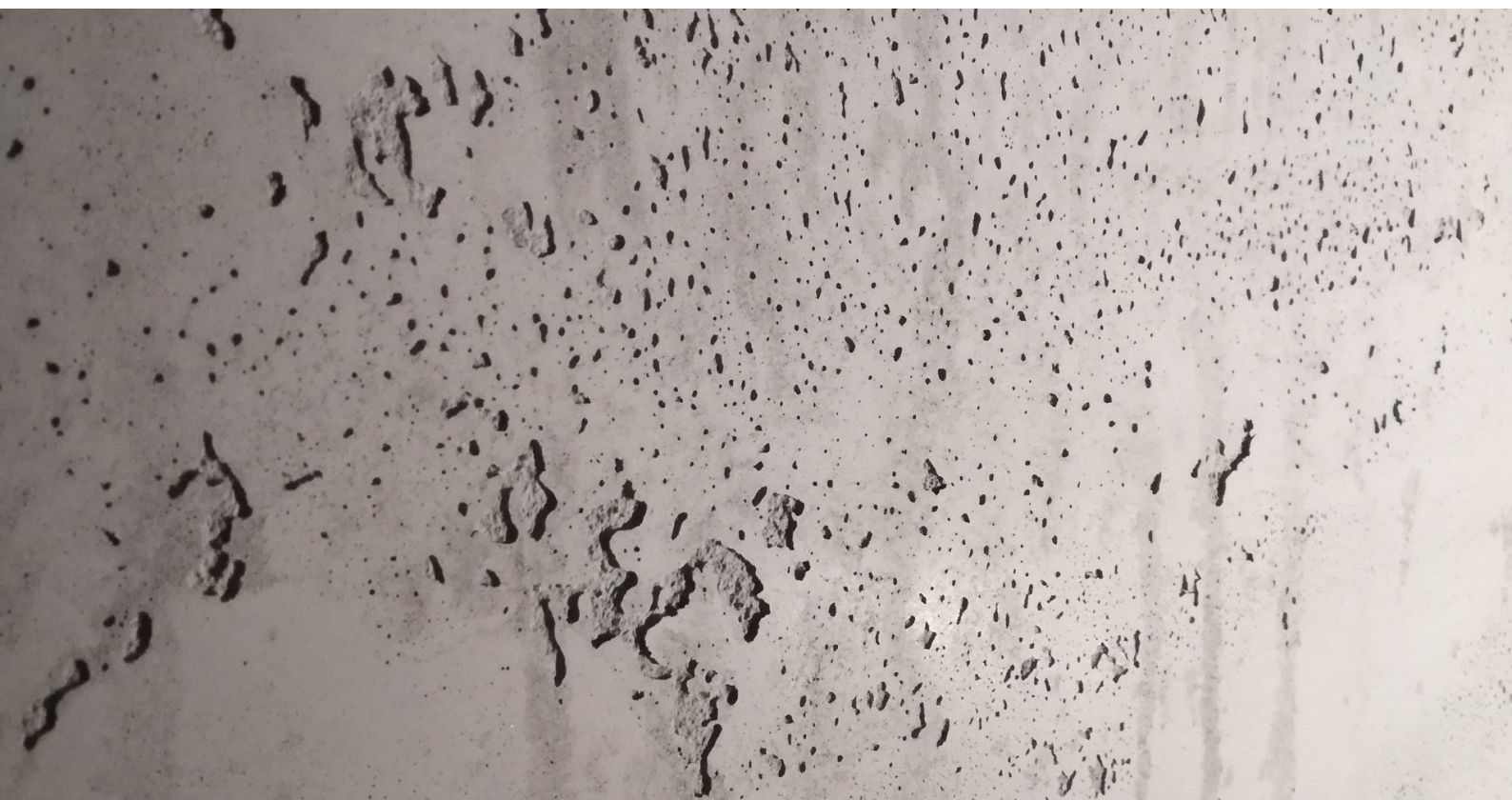


# Handbok för arkitektonisk betong

Anvisningar för projektering och produktion





Föreställning  
hos beställaren  
eller projektören

Möjligt resultat på  
byggarbetsplatsen

# INLEDNING

## Arkitektonisk betong – skönhet och teknik i ett

Arkitektonisk betong har i årtal inspirerat arkitekter, byggherrar och entreprenörer. Det är ett material som förenar en särpräglad visuell karaktär med beständighet och konstruktiv soliditet. Var och en uppfattar dock betong på sitt sätt – somliga uppskattar dess estetik och ädla råhet, andra fokuserar på funktion och tekniska parametrar.

Även om allt fler byggnader i arkitektonisk betong uppförs i Polen saknas fortfarande tydliga och enhetliga riktlinjer och standarder som skulle underlätta projektering, utförande och besiktning. Följden blir ofta missförstånd och skilda förväntningar på ytans utseende och kvalitet.

Föreställ dig en process där:  
det är känt hur många porer betongytan får ha och hur stora de får vara,  
tillåtna färgskillnader är noga angivna och det på förhand är klart när ett referenselement ska tillverkas,  
kostnads kalkyl och tidplan inte lämnar utrymme för gissningar.

En sådan ordning av kraven gör det möjligt att:

- undvika onödiga tvister och reklamationer,
  - korta genomförandetiden,
  - säkerställa hög kvalitet och upprepbarhet i resultatet,
- planera budget och teknik exakt.

I andra länder finns omfattande regelverk och standarder – hos oss tillämpas de fortfarande sällan på grund av bristen på översättningar och begränsad tillgänglighet. Samtidigt tillverkas i Polen varje år miljontals kubikmeter betong, varav en betydande del är arkitektonisk betong vars kvalitet avgör byggnadernas uttryck och byggherrarnas nöjdhet.

Därför har denna skrift tagits fram – för att underlätta för alla i byggprocessen att samarbeta utifrån tydliga regler och höga standarder. Det är ett steg mot en mer professionell, förutsägbar och inspirerande användning av arkitektonisk betong i polsk arkitektur.

## Definitioner och grundbegrepp

### Arkitektonisk betong

Detta är betong som redan i projekteringen medvetet planeras och definieras med hänsyn till ytans utseende. Dess estetik – struktur, färg, enhetlighet – har avgörande betydelse för byggnadens visuella karaktär.

Som arkitektonisk betong räknas inte bara ytor som lämnas i naturligt skick efter avformning, utan ytor som utförts med iakttagande av lämplig teknisk disciplin – så att



# Klasser och krav

## på arkitektonisk betong

Arkitektonisk betong är ett material som medvetet utformas redan i handlingsskedet. Kraven på dess utseende – struktur, färgenhetlighet eller porositet – påverkar byggnadens visuella karaktär väsentligt. Arkitektonisk betong kan ha olika former:

- lämnad i naturligt skick efter avformning,
- infärgad i massan,
- mekaniskt bearbetad (t.ex. slipning, mejsling, flamning, sandblästring, polering),
- med frilagd ballast.

Oavsett ytbehandling är förutsättningen för ett lyckat resultat att den tekniska disciplinen hålls, så att ytfel – porer, rinningar eller missfärgningar – undviks.

Kategorier av arkitektonisk betong

Ytkvaliteten hos arkitektonisk betong hänförs till tre kategorier – beroende på visuella krav och användning:

- **Låga krav (BA1)**

Ytor där utseendet har mindre betydelse – t.ex. källarväggar eller garage under mark.

- **Medelhöga krav (BA2)**

Vanliga synliga ytor – t.ex. trapphus, allmänt tillgängliga utrymmen.

- **Höga krav (BA3)**

Representativa byggnadsdelar – fasader och exponerade väggar inomhus.

| Kategori             | Struktur | Porositet | Enhetlighet i färgen | Referenselement | Kategori av formen | Kostnader        |
|----------------------|----------|-----------|----------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| BA1 – Låga krav      | F1       | P1        | RZ1                  | Fritt val       | KD1                | Låga             |
| BA2 – Medelhöga krav | F2       | P2        | RZ2                  | Rekommenderas   | KD2                | Medelhöga        |
| BA3 – Höga krav      | F3       | P3        | RZ3                  | Krävs           | KD3                | Höga/mycket höga |

Tabell 1 – Kategorier av arkitektonisk betong

Detaljerade riktlinjer för varje kategori finns i tabell 1 (ovan). Det bör betonas att dessa krav gäller betong som formas före inbyggnad, det vill säga som återger formen. De avser varken ytor som formas medan blandningen binder (t.ex. stålglättning) eller ytor som bearbetas efter hårdnandet.

Man skiljer mellan kanter fasade med en triangellist och skarpa kanter. Skarpa kanter har av produktionstekniska skäl i regel en radie på cirka 3 mm. Elementen bör lyftas försiktigt för att undvika kantskador.

Ett fullständigt och omsorgsfullt utförande av kanterna bidrar väsentligt till en perfekt arkitektonisk betong – varvid betongblandningens konsistens måste beaktas.



| Strukturkategori                             |    | Beskrivning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Struktur, skarv mellan form-element, Avbrott | F1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>till stor del enhetlig betongyta,</li> <li>cementpasta/bruk i skarvarna mellan formelementen bör inte överstiga: bredd upp till ca 20 mm och djup upp till ca 10 mm [T1-T3],</li> <li>avtryck av formelementets ram tillåts,</li> <li>förskjutningar av plan – högst 10 mm</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                              | F2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>till stor del enhetlig och sluten betongyta,</li> <li>cementpasta/bruk i skarvarna mellan formelementen bör inte överstiga: bredd upp till ca 10 mm och djup ca 5 mm (T1-T3),</li> <li>avtryck av formelementets ram tillåts.</li> <li>Ytterligare krav:</li> <li>säkerställ samma typ av form och samma förberedelse av den,</li> <li>säkerställ formens renhet och jämn påföring av formläppmedlet,</li> <li>sättet att täta formskarvarna ska fastställas,</li> <li>typen av distanser ska fastställas,</li> <li>formar med samma ytkvalitet rekommenderas,</li> <li>framställning av en provyta rekommenderas.</li> <li>förskjutningar av plan vid avbrottet – högst 10 mm</li> </ul>                                                                                                                                                  |
|                                              | F3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>slät, sluten och till stor del enhetlig betongyta,</li> <li>cementpasta/bruk i skarvarna mellan formelementen bör inte överstiga: bredd upp till ok.3 mm [T1-T3],</li> <li>ytterligare krav på t.ex. formskarvar och ramavtryck ska fastställas i detalj.</li> <li>Ytterligare krav:</li> <li>som för F2,</li> <li>en detaljerad projektering av formen krävs (skarvar, tätningar, skivornas placering osv.),</li> <li>formen ska skyddas mot väderpåverkan,</li> <li>ett kort intervall mellan formsättning och gjutning rekommenderas,</li> <li>riktlinjer för utförande av arbetsfogar ska anges (trapetslist, anslutningsfog osv.),</li> <li>en utförandeanvisning ska upprättas,</li> <li>de färdiga elementen ska skyddas (hörnskydd, skydd mot nedsmutsning),</li> <li>förskjutningar av plan vid avbrottet – högst 5 mm</li> </ul> |

Tabell 2 – Krav på arkitektoniska betongytor som erhålls genom återgivning av formen

Planförskjutning – lodrät anslutning.



Planförskjutning – vågrät anslutning.

## Smygar

Utförandet av smygarna och deras ytkaraktär ska anges i detalj (t.ex. fönsterfals, fönsterbänk, solavskärmning).

Anvisning:

Genom att använda Zemdrain®-inlägg kan luft ledas bort och uppkomsten av stenredor begränsas avsevärt,

Kom dock ihåg att en sådan åtgärd i en prefabfabrik med daglig produktion medför stor arbetsinsats och bör avtalas och ersättas separat.

## Fogbild och indelning

För ett ekonomiskt genomförande bör projektören redan i konceptskedet överväga byggnadsdelarnas planerade eller möjliga mått.

Vid montage av betongelement uppstår fogar vars medvetna placering kan användas som ett gestaltande element – eventuellt i kombination med skenfogar. Fogbredden beror på elementens mått.

vid stora fasadytor krävs projektering av både vågräta och lodräta fogar.

Beroende på önskad visuell verkan tillverkas väggelementen i lämpliga mått. Stötfogar ska förutses i alla byggnader, i förhållande till väggarnas storlek.

| Kategori<br>porositet | Beskrivning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P1                    | maximal porarea ca 3000 mm <sup>2</sup> **, ***                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| P2                    | maximal porarea ca 2350 mm <sup>2</sup> **, *** [Fig. 8].<br>Ytterligare krav: <ul style="list-style-type: none"><li>kontrollera samverkan mellan betongtyp, formsläppmedel och element,</li><li>samma typ och förberedelse av formen ska säkerställas,</li><li>formens renhet och jämn påföring av formsläppmedlet ska säkerställas,</li><li>framställning av en provyta rekommenderas.</li></ul> |
| P3                    | maximal porarea ca 1600 mm <sup>2</sup> **, *** [Fig. 9]<br>Ytterligare krav: <ul style="list-style-type: none"><li>som för P2,</li><li>ändring av betongsammansättningen ska uteslutas,</li><li>användning av återvunnet vatten och återvunnen ballast ska uteslutas,</li><li>framställning av minst 2 provytor rekommenderas.</li></ul>                                                          |

Tabell 3. Ytans porositet

\* Area av porer med diameter  $\varnothing$  inom intervallet 2 mm <  $\varnothing$  < 15 mm.

\*\* Porarea på en standardkontrollyta om 500 mm × 500 mm.

\*\*\* Vid användning av sugande form ska den maximala porarean antas till P1 – upp till 3000 mm<sup>2</sup>, P2 – upp till 2000 mm<sup>2</sup>, P3 – upp till 1000 mm<sup>2</sup>.

P1

P2

P3

## Färgskillnader

Av tekniska skäl kan betongelement uppvisa färgskillnader. Orsakerna är många. Många prefabfabriker arbetar i skift, varför faktorn ”människa” med alla sina influenser spelar stor roll. Dessutom står elementen olika länge i hårdkamrar eller på formbord. Avformningstiderna är tekniskt sett alltid olika, vilket kan påverka ytans färg. Omgivningstemperatur, betongblandningens temperatur och formbordens temperatur påverkar också nyansen. Ju kallare det är, desto större är risken att betongytorna blir fläckiga eller mörkare.

Formbord som underhålls väl och hålls rena avspeglas i ytstrukturer av hög kvalitet. Även olika betongkonsistenser har grundläggande betydelse för slutresultatet. Därför spelar faktorn ”människa” och faktorn ”utrustning” en lika avgörande roll.

Varje förändring – oavsett om den gäller cement, ballast, tillsatsmaterial eller tillsatsmedel – kan under vissa förhållanden leda till att ytans utseende förändras. Formsläppmedlet har mycket stor betydelse.

Framför allt är sättet att påföra det avgörande för att få en enhetlig och porfri yta.

| Kategori | Beskrivning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RZ1      | <ul style="list-style-type: none"><li>– nyansförändring och ett ljusare/mörkare utseende är tillåtet,</li><li>– rost och smutsiga rinningar är inte tillåtna.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| RZ2      | <ul style="list-style-type: none"><li>• jämna, storytiga nyansförändringar mot ljus/mörkt är tillåtna,</li><li>• rost och smutsiga rinningar är inte tillåtna,</li><li>• olika typer av formyta (olika plywood) liksom olika slags ytmaterial är inte tillåtna.</li></ul> <p><b>Ytterligare krav:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• som för P3,</li><li>• betongens blandningstid ska sättas till minst 60 sekunder,</li><li>• ett större antal provtytor ska förutses.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| RZ3      | <ul style="list-style-type: none"><li>• storytiga färgförändringar orsakade av olika slags ytmaterial, olika typer av formyta samt olika slutbearbetning av betongen är inte tillåtna,</li><li>• små färgförändringar är tillåtna,</li><li>• rost, smutsiga rinningar, tydligt synliga enskilda lager av den inbyggda blandningen liksom färgförändringar är inte tillåtna,</li><li>• valet av ett särskilt och lämpligt formsläppmedel är nödvändigt.</li></ul> <p><b>Ytterligare krav:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• som för RZ2,</li><li>• hänsyn ska tas till att avformningstiden ändras beroende på olika väderförhållanden,</li><li>• armeringen bör placeras så att stavvibratort inte kan komma i kontakt med form och armering,</li><li>• platserna där blandningen släpps ned i formen ska förutses med jämna avstånd,</li><li>• byggnadsdelarnas geometri och armeringens utformning måste tillåta en snabb gjutning,</li><li>• vct ska hållas inom <math>\pm 0,02</math> eller konsistensen hållas med noggrannhet <math>\pm 20</math> mm.</li></ul> |

Tabell 3. Krav på arkitektoniska betongtytor avseende färg



Observera! Även med största omsorg och efterlevnad av reglerna går det inte att helt undvika nyansförändringar i betongen!

| Byggnadsdel / egenskap                 | KD1                                              | KD2                                     | KD3                                                   |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Borrade hål                            | Tillåtet                                         | Tillåtet för reparation                 | Ej tillåtet                                           |
| Hål efter spik och skruv               | Tillåtet                                         | Tillåtet utan avflagningar              | Tillåtet som reparationsställen efter överenskommelse |
| Skador från vibratorn                  | Tillåtet                                         | Ej tillåtet eller efter överenskommelse | Otillåtet                                             |
| Repor                                  | Tillåtet                                         | Tillåtet som reparationsställen         | Tillåtet som reparationsställen efter överenskommelse |
| Betongrester                           | Tillåtet i fördjupningar utan vidhäftande betong | Ej tillåtet                             | Ej tillåtet                                           |
| Nedsmutsning av cementpasta            | Tillåtet                                         | Ej tillåtet                             | Ej tillåtet                                           |
| Veck, skrynklor i plywooden (rippings) | Tillåtet                                         | Ej tillåtet eller efter överenskommelse | Ej tillåtet                                           |
| Lokala reparationer                    | Tillåtet                                         | Tillåtet                                | Ej tillåtet eller efter överenskommelse               |
| Referenselement                        | Valfritt                                         | Utförande rekommenderas                 | Utförande krävs                                       |

Tabell 5. Formkategorier

\* Alla reparationer av formen måste utföras av kvalificerad och kompetent personal, och formen ska kontrolleras före användning

För att i största möjliga mån undvika avvikelser måste betongen vara stabil. Den får varken separera eller avge vatten. För betongens robusthet har en lämplig cement- och bindemedelshalt mycket stor betydelse. Betongens konsistens får under inga omständigheter ändras genom tillsats av extra vatten. Om den vattenmängd som anges i receptet inte räcker för att uppnå önskad konsistens ska betongen tillverkas med lämpliga tillsatsmedel. Robust och stabil betong är grundförutsättningen för lyckad arkitektonisk betong.

## Beställning – uppgifter som krävs för ett bra resultat

I anbudsskedet är detaljerade rekommendationer och god praxis ett värdefullt stöd vid planering och precisering av kraven på arkitektonisk

betong. Anvisningarna hjälper till att undvika typiska fel och missförstånd mellan projektör och entreprenör. Nedan följer den viktigaste informationen som bör beaktas redan när den tekniska beskrivningen upprättas:

- Grova och strukturerade ytor av arkitektonisk betong har betydligt mindre benägenhet för molnbildning, marmorerade missfärgningar och mikrosprickor.
- Fogar som delar elementen och skenfogar kan fungera som gestaltande element på ytan.
- Det rekommenderas att elementens kanter fasas, vilket minskar risken för avflagningar under transport och montage.
- För ytor som utsätts för väder måste väderpåverkan ovillkorligen beaktas – bland annat genom kontrollerad avledning av regnvatten och genom vattenavvisande behandling som förhindrar att smuts samlas och rinningar bildas.

I anbudsunderlaget räcker det inte med ett allmänt krav på ”arkitektonisk betong”. För att uppnå önskat visuellt och kvalitativt resultat måste en entydig och praktiskt genomförbar beskrivning av arbetsomfattningen upprättas. Beskrivningen bör bland annat omfatta:

Val av kategori av arkitektonisk betong enligt klassificeringen BA1, BA2 eller BA3:

- BA1 – låga krav (t.ex. källar- och garageväggar under mark),
- BA2 – medelhöga krav (t.ex. trapphus, gemensamma utrymmen),



Spikavtryck i plywooden

- BA3 – höga krav (fasader och representativa ytor).

Angivande av krävda ytparametrar enligt tabellerna:

- struktur (F1, F2, F3),
- porositet (P1, P2, P3),
- färgenhetlighet (RZ1, RZ2, RZ3).

**Noggranna riktlinjer för formen – inklusive formkategori (KD1–KD3), utförandet av formskarvar, placering av hål efter genomgående stag och spik samt tillåtna ytreparationer.**

**Utförandet av den oformade ytan, om sådan finns, samt krav på kanterna (t.ex. skarpa kanter kräver större arbetsinsats och måste beskrivas särskilt i handlingarna).**

**Skyldigheten att utföra en provyta och ett referenselement som godkänns innan den egentliga produktionen inleds och som utgör referens vid besiktningen.**



# Formar

Formen är prefabteknikens grundelement och formar direkt och avgörande utseendet hos den arkitektoniska betongytan. Formens kvalitet, förberedelse och hantering har avgörande betydelse för det förväntade estetiska och tekniska resultatet.

## Formtyp och ytstruktur

Betongelement tillverkas oftast i följande formar:

- stål – släta och icke sugande, som ger enhetliga, slutna ytor med tydligt avtryck av formen,
- trä – som ger en mer naturlig teckning och en subtil struktur,
- matris – som gör det möjligt att återge strukturmönster (t.ex. spår, ränder, geometriska motiv).

Formtypen bestämmer direkt elementytans struktur och är en av de viktigaste faktorerna för betongens visuella karaktär.

## Formens skick och förberedelse

Formytan måste vara helt ren, fri från betongrester och skador. Även små föroreningar, repor eller spår av tidigare arbeten kan orsaka missfärgningar, strimmor och oönskade avtryck.

Innan gjutningen påbörjas ska man:

- kontrollera samtliga formskivors skick,
- kontrollera anslutningarnas täthet,
- applicera lämpligt formsläppmedel i ett jämnt skikt,
- skydda ytan mot alltför stark uppvärmning eller nedkylning.

## Formens inverkan på färg och struktur

Släta stålformar ger en mycket jämn yta men kan samtidigt framhäva de minsta färgskillnader. Även under identiska produktionsförhållanden kan betongytor i släta formar uppvisa:

- lätt variation i nyans,
- marmorerade missfärgningar,
- skillnader till följd av betongens bindning och hårdnande.

Vid matrisform dominerar ytans struktur visuellt över nyansen, vilket gör att färgskillnader blir mindre märkbara.

## Formavtryck och formfogar

Formanslutningarnas kvalitet har väsentlig inverkan på avtrycket av indelningar, skarvlinjer och eventuella planförskjutningar:

- de tekniska fogarnas bredd och djup måste begränsas enligt kategorin av arkitektonisk betong (t.ex. till 3 mm i den höga klassen BA3),
- alla springor bör tätas omsorgsfullt för att undvika att cementpasta rinner ut,
- matrisernas och anslutningarnas ytor bör utformas så att ett estetiskt resultat i linje med den avsedda arkitektoniska idén uppnås.

**Fig. 3.2 "Levande" betong orsakad av separation i blandningen**



### **Färgenhetlighet**

Betong med slät yta från formen är, med alla sina oregelbundenheter, inte jämförbar med en målad yta – det är "levande" betong. Större färgenhetlighet på ytan kan uppnås genom ljusa, strukturerade eller bearbetade ytor (t.ex. lätt uttvättning, syraetsning, slipning osv.).

### **Formade och oformade ytor**

Den formade ytan (i kontakt med formen) uppvisar större enhetlighet och upprepbarhet i strukturen än den oformade ytan (sidan där blandningen fylls på).

För arkitektoniska element av hög kvalitet är följande avgörande:

- typen av form,
- sättet att packa blandningen,
- tidpunkten för avformning.

### **Underhåll och användning av formar**

Upprepad användning av formar kräver systematiskt underhåll:

- rengöring av arbetsytorna,
- borttagning av rost och föroreningar,
- kontroll av anslutningarnas täthet och tekniska skick.

Bristande vård av formen leder till sämre ytkvalitet och synliga fel, vars reparation ofta inte är möjlig utan att det visuella resultatet försämras.

# Formsläppmedel

Formsläppmedel har följande syften:

- optimal separation av form och betong,
- felfri återgivning av formens yta,
- vård och skydd av formmaterialet,
- förebyggande av fläckar och marmorerade missfärgningar,
- undvikande av avsandning samt kalkutfällningar,
- underlättad frigöring av luftbubblor,
- ingen negativ inverkan på vidhäftningen hos målningsskikt, puts, lim osv.

## Påföring av formsläppmedel

Vid val av formsläppmedel ska samverkan mellan form och betong beaktas. Formtillverkarnas rekommendationer är här till stor hjälp.

Det finns olika typer av formsläppmedel: lösningsmedelsbaserade och lösningsmedelsfria (båda på mineraloljebas) samt olja-i-vatten-emulsioner.

Erfarenheten visar att de bästa resultaten i arkitektonisk betong uppnås när så lite formsläppmedel som möjligt påförs och överskottet dras av med en gummiskrapa eller – ännu hellre – torkas av med en trasa.

Om formsläppmedlet påförs med munstycke (fig. 4.1) måste munstycket finfördela det för att ge jämn täckning. Rätt inställt tryck och lämpliga munstycken har avgörande betydelse.

Ytor som täckts med alltför mycket formsläppmedel kan uppvisa tydliga missfärgningar i brungula toner (fig. 4.6) samt kraftiga porer eller avsandning. Överskott av formsläppmedel förblir tydligt synligt på betongytan.

Rätt påföring av medlet och avtorkning av ytan med trasa ger en betongyta med få porer.



Fig. 4.1. Påföring av formsläppmedel



Fig. 4.2. Jämn fördelning utförd med trasa



Fig. 4.3  
Observera, fotspår förblir synliga

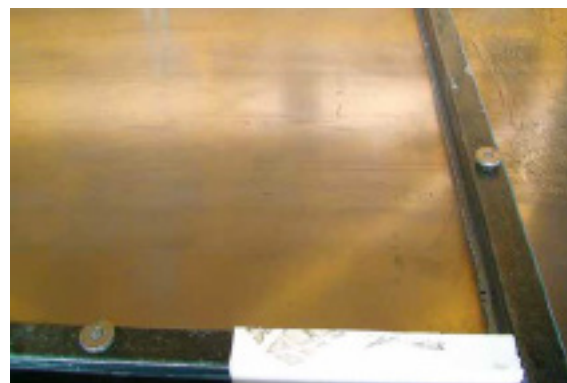


Fig. 4.4  
Yta korrekt täckt med medlet

## Avdunstningstid

Marknadens utbud ger användaren en rad olika formsläppmedel.

Vid sidan av klassiska formoljor, som är klara att använda direkt efter påföring på formytan och inte kräver någon avdunstningstid, finns många produkter vars separerande egenskaper utvecklas först efter en viss tid.

Till denna grupp hör alla lösningsmedelsbaserade produkter och emulsioner vars separerande verkan stabiliseras först sedan lösningsmedlet avdunstat.

Aktuella avdunstningstider anges normalt i tillverkarens tekniska datablad eller på förpackningen och måste ovillkorligen följas.

Vid låga temperaturer, hög luftfuktighet och för riklig påföring kan de förlängas avsevärt.

Under alla omständigheter ska separationsfilmens skick kontrolleras före gjutning.

Eftersom element till största delen tillverkas på stålbord är inte bara separationsförmågan viktig, utan även formens korrosionsskydd.

Vid felaktigt val av formsläppmedel kan korrosion uppstå, särskilt på ställen där betongen – till följd av uttorkning – börjar släppa från formytan.

På dessa ställen bildas kondens som kan leda till korrosion.

Processen kan förstärkas ytterligare av temperaturen i härdkammaren.

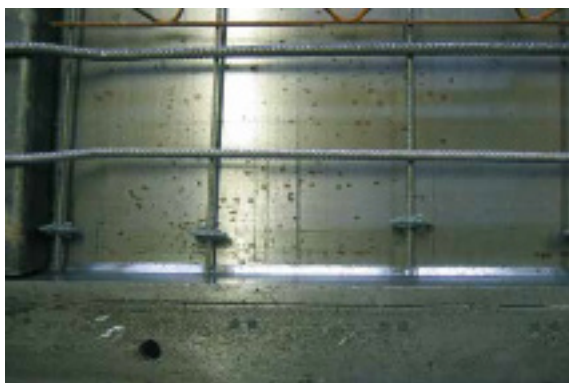
Rostbildning beror normalt på många faktorer.

Avgörande är rätt anpassning mellan formsläppmedel, betong och stålbord.

Ett formsläppmedel med starkt korrosionsskyddande egenskaper kan i sin tur ge avlagringar på stålbordet som kan leda till att betongytan lossnar.

Det är lämpligt att genomföra prov med olika formsläppmedel.

I slutänden krävs en noggrann anpassning av formsläppmedlet till formbordet, betongblandningen och omgivningsförhållandena.



**Fig. 4.5**  
**Rost på stålbord**



**Fig. 4.6**  
**Missfärgningar orsakade av överdosering av formsläppmedel**



**Fig. 4.7**  
**Lossnande partier på betongytan**

# Tillverkning och lagringstid

## Produktionsprocess

Många elementtillverkare arbetar på så kallade cirkulationslinjer. Sådana oftast helautomatiserade produktionslinjer säkerställer i regel alltid samma processförlopp. Stålbordet rengörs och med robotar påförs positionsmarkeringar för formar och ingjutningsgods, varefter formarna ställs. Därefter påförs formsläppmedlet – maskinellt eller för hand. Nästa steg är att lägga armeringen och gjuta. Betongen packas med yttervibratorer eller med vibrations- och stötteknik. Även en kombination av dessa metoder är möjlig. Att olika lag lägger betongblandningen kan påverka betongens och betongytans kvalitet.

## Lagringstid

Lagringen av elementen under hårdnandet (lager, härdkammare osv.) varar olika länge – beroende på om fabriken arbetar ett, två eller tre skift. Om väggar tillverkas på morgonen sker avformningen vanligen på eftermiddagen. Element som gjuts på eftermiddagen har längre härdningstid. Följaktligen kan olika lagringstider ge färgskillnader på betongytan. Ofta används för produktion med kortare lagringstid ett annat betongrecept som snabbare når tidig hållfasthet. Detta medför olika cementhalter och olika vattencementtal, vilket påverkar betongens färg.

## Inverkan av temperaturskillnader

Även lufttemperaturen påverkar ytans nyans. Om ett element tillverkas på sommaren är dess färg vanligen ljusare och jämnare än vid vinterproduktion. Stålbordens inverkan på betongens färg, marmoreringen och formsläppmedlets verkan är i hög grad temperaturberoende. Även formsläppmedlets verkan är känslig för temperatur.

### Temperatures inverkan – sammanfattning:

- Stålbordet lämnar vid olika temperaturer olika visuella effekter på betongytan
- Betongens bindning förlöper olika beroende på temperaturen
- Formsläppmedel reagerar temperaturberoende
- Vid låga temperaturer avtecknar sig armeringen i betongen tydligt på ytan
- Med kall ballast kan grövre korn avteckna sig mörkt på betongytan
- Vid låga temperaturer förlängs betongens lagringstid
- Tillsatsmedlens verkan (FM/BV) varierar beroende på temperaturen



**Fig. 5.1**  
Cirkulationslinje



**Fig. 5.2**  
Grov ballast avtecknar sig på ytan



**Fig. 5.3**  
Armeringen avtecknar sig



**Fig. 5.4**  
Oskyddad lagring: vattenspår

### Armeringen avtecknar sig

Möjliga orsaker till detta är:

- för stora temperaturskillnader mellan betongen och armeringsnätet
- för intensiv packning av betongblandningen
- nedsmutsning av ytan till följd av längre lagringstid. Sådana visuella effekter beror i regel inte på otillräckligt täckande betongskikt.

### Lagring

Betongelement lagras efter torkning i härdkammaren ofta direkt under bar himmel. Under sådana förhållanden finns risk för betydande sprickor orsakade av för stora temperaturskillnader och av att elementen torkar ut. Dessutom kan nederbörd orsaka utfällningar på färsk betong.

Det rekommenderas därför att betongelementen skyddas mot uttorkning, nedkylning och fukt.

### Lastning

Betongelement bör lastas och transporteras först när tillräcklig hållfasthet uppnåtts.

I vissa fall lastas och transporteras elementen direkt efter avformning. Om deras hållfasthet ännu inte är tillräckligt hög kan detta leda till sprickor.

### Betong-”kosmetika”

Under transport, montage på byggarbetsplatsen eller uppställning kan elementen delvis skadas. Sådana skador repareras vanligen på plats av en specialist på betongkosmetika. De reparerade ställena förblir synliga, särskilt på element av infärgad betong. Färgskillnader mellan den ursprungliga betongytan och de reparerade ställena går inte att undvika.



**Fig. 5.5**  
Skyddad lagring i hall



**Fig. 5.6**  
Färgskillnader orsakade av

# Många möjligheter att gestalta ytan

## Matriser

Med strukturmatiser som läggs i formen kan nästan vilken ytstruktur och/eller ytindelning som helst uppnås. På så sätt uppstår betongytor med enhetligt utseende och relativt få porer. Marmorering och molnbildning är praktiskt taget eliminerade. Dessutom ger ytstrukturen, genom spelet mellan ljus och skugga, hela den synliga ytan större optisk enhetlighet. Vid planeringen ska elementens mått anpassas till tillgängliga matrisformat. Vid behov ska fogarna där matriserna möts projekteras i samråd med tillverkaren.

Gestaltningmöjligheterna sträcker sig från ytor som efterliknar brädform till bilder som skapas av ytans skuggverkan.

## Ytbearbetning

När elementet hårdnat och kan avformas finns olika metoder att i efterhand gestalta betongytan.

Den föreskrivna täckande betongtjockleken måste dock ovillkorligen hållas.

## Fin uttvättning

Det översta skiktet cementpasta avlägsnas till 1–2 mm djup, vilket ger ytan en struktur som liknar sandsten. Beroende på avverkningsdjupet påverkar både cementpastan och ballasten färgen.

## Grov uttvättning

De grova ballastkornen friläggs nästan till hälften (mer än 2 mm). Resultatet blir en mycket grov, grovkornig yta, kallad tvättad betong. Den dominerande färgen ges av ballasten. Ytan skapas genom att en retarderpasta påförs den färska betongen och det retarderade skiktet avlägsnas med vattenstråle.

## Den dominerande färgen ges av ballasten.

Ytan skapas genom att en retarderpasta påförs den färska betongen och det retarderade skiktet avlägsnas med vattenstråle.

## Syraetsning

Att avlägsna det översta cementpastaskiktet med syra frilägger ballastkornen något. Beroende på etsdjupet framstår ytan som måttligt grov.

## Högtrycksvattenstråle

Bearbetning av hårdnad betongyta med vattenstråle sker på liknande sätt som fin uttvättning, men utan retarderpasta. Beroende på

vattenstrålens intensitet uppstår ytor med olika grad av grovhet.

### **Sandblästring**

Sandblästring ger en effekt liknande fin uttvättning. Dessutom mattas ballastkornen och förlorar sin glans. Ytan blir matt och grov. Bearbetningsdjupet kan anpassas till kraven.

### **Flambearbetning**

Under en låga på cirka 3000 °C smälter det översta cementpastaskiktet och ballastkornen spricker och flagar av. Resultatet blir en mycket grov och starkt uppbruten betongyta.

### **Slipning och polering**

Om ytan endast slipas lätt och ballastkornen knappt syns förblir cementets färg dominerande. Vid djupare slipning, så att ballastkornen blir tydligt synliga, ger ballasten den dominerande färgen. I båda fallen blir ytan mycket slät och blank. Ytterligare polering ökar ytans glans ännu mer.



**Tvättad yta**



**Sandblästrad yta**



**Syraetsad yta**

# Infärgade betongytor

Utöver ytbearbetning kan även färgen vara ett gestaltande element hos betongen. För mycket ljus betong används vanligen vit cement som, med pigment tillsatta enligt DIN EN 12878, gör praktiskt taget alla färger möjliga. Infärgningen kan förstärkas ytterligare med färgad ballast. Betong med grå cement kan också färgas in, men resultatet blir mindre uttrycksfullt och mindre mättat. Mörkare nyanser uppnås lättare just med grå cement. Färgens intensitet beror på pigmentets dosering och kvalitet. Pigment kan tillsättas i pulverform eller flytande.

## Anvisningar för produktionen:

- Vid användning av vit cement ska cementsilo, blandare och all utrustning som betongen bereds och transporteras med rengöras noggrant innan produktionen inleds.
- Var uppmärksam på lagringstiden – alla element bör stå lika länge på formbordet (eller i härdkammaren).
- Gjut om möjligt i torrt och varmt väder – då är risken för utfällningar och missfärgningar betydligt mindre.
- Säkerställ att ytvattnet avdunstar och tillämpa vid behov vattenavvisande behandling.
- Infärgade ytor skyddas bäst med lasyr.
- Skydda elementen mot nederbörd.
- Utför provytor för att bedöma färgen och det visuella helhetsintrycket.
- Håll råvarorna så konstanta som möjligt och sträva efter enhetlighet vid produktion och bearbetning.

Även med största omsorg från tillverkare och entreprenör kan nyansvariationer eller vita utfällningar uppträda.

## Vattenavvisande behandling

För grå, infärgade och särskilt mörka betonger som utsätts för väder rekommenderas vattenavvisande behandling för att minska benägenheten för utfällningar.

## Ytskydd

En pigmenterad lasyr kan användas för att göra betongytornas utseende mer enhetligt. Med lasyr kan praktiskt taget vilken färg som helst uppnås, och hela betongytan får en enhetlig nyans. Tekniken gör det också möjligt att enkelt och snyggt täcka reparationsställen i samma färg. Betongens struktur förblir synlig, ytan får ingen glans och väggarna behåller materialets karaktär samtidigt som de blir mer enhetliga i färgen. Bilderna 6.17 till 6.20 visar exempel på användning av pigmenterade lasyrer. Beläggningen kan påföras både i fabriken och senare på byggarbetsplatsen.

Lasyren skyddar dessutom elementen mot vatten, olje- och fettbaserad nedsmutsning samt mot graffiti. Olika tillverkare erbjuder lämpliga produkter och appliceringstekniker.

### **Skydd och förebyggande**

Till de särskilda åtgärder som utförs i fabriken på prefabricerade betongelement hör ytbehandlingar som syftar till att skydda och bevara kvaliteten mot yttre påverkan (t.ex. väder eller graffiti).

I princip kan skyddande beläggningar appliceras när som helst under brukstiden, men för arkitektonisk betong avsedd för utomhusbruk rekommenderas att skyddet utförs redan i fabriken – före leverans och montage av elementen.

Typer av skyddsåtgärder:

### **Vattenavvisande**

**behandling** Detta är en åtgärd som innebär att betongytan behandlas med ett flytande, vattenavvisande medel på silanbas.

Det bildar ingen film utan tränger in i betongens ytnära porsystem. Därigenom hämmas kapillär uppsugning av vatten, och transporten av fukt och skadliga ämnen in i betongen samt migrationen av lösta mineraler (t.ex. fri kalk) till ytan begränsas.

Vattenavvisande behandling är lätt att applicera och effekten kan hålla i upp till 10 år.

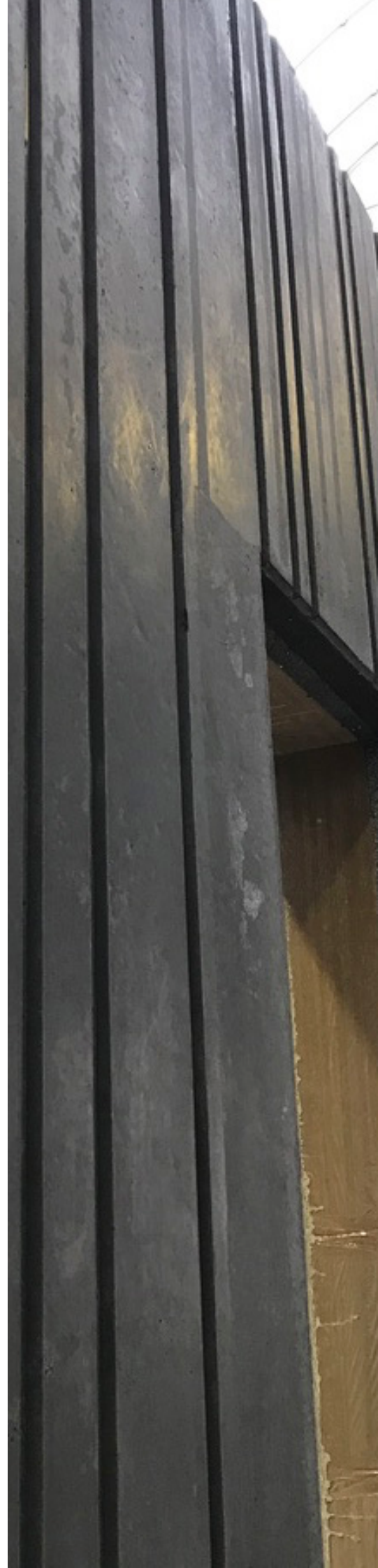
### **Lasyrer**

De tränger in i betongens ytnära struktur på liknande sätt som vattenavvisande behandling, men bildar inget slutet lackskikt. De är vanligen osynliga. Hittillsvarande erfarenheter visar att lasyerer är mer arbetskrävande att applicera men betydligt beständigare och effektivare när det gäller att skydda ytan mot yttre faktorer.

Utfällningar, väderbetingade materialförluster och tillväxt av mikroorganismer (alger, lavar, mossor) begränsas i hög grad. För arkitektonisk betong, särskilt infärgade och bearbetade ytor, är lasyren i dag teknisk standard för ytskydd. Färgade lasyerer påförs bäst efter att elementen monterats på byggarbetsplatsen, vilket gör att reparationsställen kan täckas samtidigt.

### **System för klotterskydd**

Detta är del- eller heltbeläggningar som efter klotter kan avlägsnas med ånga eller högtrycksvattenstråle. Sedan skyddsbeläggningen avlägsnats krävs i de flesta system att den påförs på nytt. Beläggningarna är mer eller mindre synliga – de kan verka ”feta” eller matt blanka och förändrar ytans nyans. På grund av kostnaden och den visuella effekten används de främst på ytor som är särskilt utsatta för klotter.



# Transport montage

## Allmänt

Transporten av betongelement från fabriken till byggarbetsplatsen och deras montage i slutläget i byggnaden är obligatoriska organisatoriska processer vid byggande med element. Därför måste alla arbeten, moment och steg i denna process, liksom elementets följande "uppehållsplatser" fram till montaget, analyseras och planeras särskilt noggrant när det gäller element med höga arkitektoniska krav. Varje lagring och förflyttning av ett element innebär risk för skada eller nedsmutsning.

## Innan tillverkningen av elementen inleds ska följande fastställas:

- hur elementen ska efterbehandlas i fabriken och lagras fram till leverans,
- hur arkitektoniska ytor av hög kvalitet ska skyddas under lastning, transport, lossning och montage på byggarbetsplatsen.

Om tillfällig lagring av elementen planeras på byggarbetsplatsen ska samma frågor beaktas och organiseras som gäller vid lagring i fabriken.

För att skydda kvaliteten är det värdefullt att i förväg tillsammans med alla projektdeltagare gå igenom hur elementen ska hanteras i varje skede.



## Transport

Avgörande är inte bara sättet att lagra i fabriken, utan även lagringen under transporten till byggarbetsplatsen. Om elementen staplas kan de mellanlägg av trä eller plast som används för att skilja dem åt avteckna sig på ytan. Solstrålning eller regn kan orsaka färgskillnader på betongytan kring fönsteröppningar och nischer. Till exempel kan konturen av en fönsteröppning avteckna sig som ett ljusare spår på det underliggande elementet.

## Montage

Prefabricerade väggar ställs vanligen med kran. De monteringshylsor som är avsedda för lyft av elementen förblir delvis synliga. Vid felaktig hantering av elementen kan skador, avflagningar och sprickor uppstå.

Risken för skador är särskilt stor vid uppställning av elementen, och smutsiga hand- och skoavtryck lämnar bestående spår. Inga föremål får lutas mot väggen och inga markeringar för efterföljande yrkesgrupper får göras på betongytan. Väggar av arkitektonisk betong ska märkas med informationsskyltar. Generellt rekommenderas att betongväggar skyddas mot nedsmutsning – t.ex. i fabriken genom vattenavvisande behandling eller genom täckning med folie.



# Reparationer

## av betong på byggarbetsplatsen

### Allmänt

Vid kosmetisk bearbetning av arkitektoniska betongytor som avviker från kraven, uppvisar fel eller har skadats skiljer man i dag på två slags åtgärder:

- Kosmetiska reparationer utförda av elementtillverkaren eller entreprenören. Sådana arbeten räcker vanligen för att åtgärda tekniska skador på byggnadsdelar eller små, föga omfattande estetiska avvikelser. Sådana reparationslag når dock ofta snabbt gränsen för sin förmåga.
- Kosmetisk bearbetning av arkitektoniska betongytor av specialiserade företag. I dag levereras kosmetiska korrigeringar av mycket hög kvalitet oftast av välkvalificerade konservatorer och konstnärer som tack vare stor konstnärlig skicklighet utför sådana tjänster.

För bara några år sedan betraktades många slags avvikelser i arkitektoniska betongytor, sett till avtalskraven, som ”icke reparerbara”. Tack vare framväxten av företag som erbjuder en helt ny kvalitet inom betongkosmetika finns i dag bara en liten grupp defekter eller fel som inte går att korrigera.

Även om en kvalificerad ytreparation utförd av ett specialiserat företag avsevärt vidgar möjligheterna att förbättra den arkitektoniska betongens utseende kan den också vara kostsam och bör därför begränsas till minsta möjliga partier.

### Reparationsställen

Vid montage av element med kran uppstår ofta skador på elementen. Detta kan bero på felaktig hantering eller på tillfälliga händelser på byggarbetsplatsen. Sådana skador repareras sedan mer eller mindre fackmässigt. Vanligen används spackelmassa för detta. Dess färg är oftast inte identisk med betongens, vilket gör att reparationsstället i regel förblir synligt. I många fall syns skadan efter reparationen mer än om den hade lämnats orörd. Även förmågan att ta upp fukt och åldrandet hos sådana reparerade ställen skiljer sig vanligen från den ursprungliga betongen.

### Provytor

För att kontrollera färg och spacklingskvalitet ska en provyta utföras innan det egentliga elementet repareras. En sådan provyta fungerar samtidigt som referensyta för byggherren – utifrån den kan denne avgöra om reparationsmetoden godtas. Därigenom kan även reparationsarbetenas utförandekvalitet bedömas i förväg. I samtliga fall rekommenderas att reparationer utförs fackmässigt, omsorgsfullt och rent, eftersom det vid besiktning av arkitektoniska betongytor ofta är just sådana reparationsställen som är avgörande för slutbedömningen.

# Besiktning av ytan

## på arkitektonisk betong

### Betraktningsavstånd

Det är utomordentligt viktigt att bedöma arkitektonisk betong från det avtalade betraktningsavståndet.

Ett mycket vanligt fel vid besiktning av ytor är att betraktaren ställer sig på **\*\*kort avstånd\*\*** från den konstruktion som bedöms



Olika avstånd för att betrakta och bedöma betong.

Varje byggnadsdel bör bedömas från det avstånd som förutses som normalt för den senare brukaren. Byggnadsdelar inomhus bedöms från ett annat avstånd än fasader. Rätt avstånd är det som gör det möjligt att optiskt omfatta hela byggnaden eller dess väsentliga delar. Rör det sig om en byggnad anses rätt avstånd vara det från vilket byggnaden syns i sin helhet. Gäller det en byggnadsvägg bör avståndet tillåta att hela väggen betraktas.

Ljusförhållandena är avgörande. Besiktningen ska genomföras under dagen men utan direkt solljus. Kvällsljus, som kastar skarpa skuggor, gör att brister syns tydligare. Även fuktiga, regniga dagar ger fasadytan ett annat visuellt intryck.

### Allmänna principer för besiktning

Vid bedömningen ska man komma ihåg att varje element tillverkats under olika väderförhållanden och att det kan ha funnits skillnader i de använda materialens kvalitet (inom det tillåtna intervallet). Små skillnader i struktur, porositet eller färg är tillåtna i var och en av de beskrivna kategorierna av arkitektonisk betong. Därför krävs en individuell bedömning av varje byggnadsdel

### Bedömningens ordningsföljd

Först ska helhetsintrycket från det avtalade betraktningsavståndet bedömas och resultatet jämföras med referenselementets utseende. Först när helhetsbilden inte motsvarar kraven ska enskilda parametrar bedömas.

För besiktning av ytan definieras följande principer:

- Helhetsintrycket är viktigare än ett enskilt kriterium.
- Ett lämpligt betraktningsavstånd och typiska ljusförhållanden ska tillämpas.
- För en byggnad: det avstånd som gör det möjligt att optiskt omfatta hela byggnaden i dess väsentliga delar.
- För byggnadsdelar: det avstånd en betraktare normalt intar, eller det bruksavstånd som följer av normal användning av byggnaden.

### **Arkitektoniska betongytor – krav vid besiktning**

Vid bedömning av ytan är helhetsintrycket sett från det typiska betraktningsavståndet avgörande. Enskilda kriterier bedöms endast när ytans helhetsintryck inte motsvarar de avtalade kraven.

Tillåtna avvikelser i ytans utseende:

- små strukturskillnader på bearbetade betongytor,
- molnbildning, marmorering och små färgskillnader,
- ansamlingar av porer,
- distanser och armering som avtecknar sig,
- mörka strimmor och små utfällningar vid formelementens skarvar,
- ett litet antal och en liten yta av rinningar från nedrinnande vatten,
- enstaka kalkstrimmor och utfällningar,
- kantskador vid utförande av skarpa kanter,
- små deformationer av ytan.

Krav som är tekniskt omöjliga att uppnå eller inte kan säkerställas på ett fullt kontrollerat sätt:

- enhetlig färgnyans på alla synliga ytor på byggnaden,
- ytor helt utan porer,
- homogen porstruktur (enhetlig storlek och fördelning av porer),
- yta utan mikrosprickor.

### **Bedömningskriterier**

Bedömningen av arkitektoniska betongytor bör bygga på objektiva och så långt möjligt mätbara kriterier, med hänsyn till det betraktningsavstånd som följer av byggnadens mått. Korrekt utförd reparationsbearbetning är tillåten.

### **Oformade ytor av arkitektonisk betong**

Ytor som bearbetas för hand uppvisar synliga spår av bearbetningstekniken och kan kännetecknas av molnbildning och färgskillnader.

### **Bedömning av**

**sprickor** i betong är en konstruktion där sprickbildning är en materialegenskap och inte helt går att undvika. En estetisk bedömning av sprickor är möjlig endast om konkreta krav i detta avseende formulerats i bygg- eller leveransavtalet. I annat fall bedöms sprickor enligt de allmänna tekniska kriterierna för armerade betongkonstruktioner.

Som oskadliga betraktas sprickor med en medelbredd av:

- 0,3 mm i utvändiga byggnadsdelar,
- 0,4 mm i invändiga byggnadsdelar.



