

Förberedande arbete för handbok om sprutbetongreparationer

En inledande studie

Elforsk rapport 02:17

**Förberedande arbete för handbok om
sprutbetongreparationer
En inledande studie**

Elforsk rapport 02:17

**Förberedande arbete för handbok om
sprutbetongreparationer
En inledande studie**

Elforsk rapport 02:17

Emma Björkenstam

Sammanfattning

Projektet med att ta fram en handbok för sprutbetongreparationer grundar sig på följande: Främst genom ett uttalat behov inom vattenkraftindustrin men också genom den kartläggning som tidigare genomförts där olika aktörer inom sprutbetongområdet tillfrågats¹.

Syftet med projektet är att utforma ett förslag till innehåll för en svensk handbok inför det fortsatta arbetet med att ta fram en allmänt accepterad sådan. I detta arbete ingår att studera befintliga manualer samt samla de aktörer/personer som är ledande inom sprutbetongområdet och få deras synpunkter om handbokens upplägg och innehåll. Det sistnämnda har gjorts genom att arrangera en workshop.

Målet med projektet är att den information som samlats i denna rapport ska vara till nytta och förenkla det fortsatta arbetet med en nationell handbok för sprutbetongreparationer. En färdig handbok i ämnet skulle bidra till att goda resultat vid sprutbetongreparationer kan säkerställas och en hög kvalitet erhållas.

Projektarbetet har bestått i att:

- ❑ Studera tidigare kartläggningar kring behovet av en handbok
- ❑ Söka och studera befintliga handböcker
- ❑ Studera de EN-standards som behandlar sprutbetong och sprutbetongreparationer
- ❑ Ta fram en grundstruktur för upplägg av en kommande handbok

Resultat:

Ett förslag på upplägg har tagits fram samt ett förslag på faktiskt innehåll från litteraturstudien sammanställts.

Vid en analys av litteraturstudien är det svårt att lyfta fram någon handbok framför någon annan, men vid denna första genomgång anses EFNARCS två dokument vara väl anpassade till de olika nivåer av information som kan vara lämpligt i en handbok. Både den som är enkel och väldigt grundläggande t.ex. för en beställare samt den som är mer detaljerad och anpassad till entreprenörer och konsulter, de som ska utföra arbetet. En annan handbok som är lätt att läsa och begriplig samt har ett trevligt upplägg är den amerikanska handboken (ACI). Här har man bl.a. illustrerat med bilder. Den Österrikiska betongföreningens handbok har koncentrerat sig på sprutbetong som material och nämner t.ex. inte något om underlaget som det ska sprutas emot utan här är det krav på sprutbetongens egenskaper som spelar in.

Det förekommer en del brister i det material som studerats och det är att sprutbetongreparationer mer specifikt saknas i många handböcker. Det är framförallt bergförstärkning som finns beskrivet.

¹ Elforskrapport 00:04.

Studierna av standards är svåra att dra några slutsatser ifrån då de fortfarande ligger på remiss samt att de i sin tur hänvisar vidare till andra standards, som i sin tur är under bearbetning. Dock är detta något som en handbok verkligen behöver ha med för att tolka och visa på vad som är viktigt samt var man kan finna information.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
2	BAKGRUND	2
2.1	SYFTE OCH MÅL.....	2
2.2	METOD	2
3	SAMMANSTÄLLNING AV LITTERATURSTUDIE.....	3
3.1	KARTLÄGGNING UTFÖRD 1999.....	3
3.2	STUDERADE HANDBÖCKER OCH LIKNANDE SKRIFTER.....	4
3.3	EN-STANDARDS	9
3.4	UTVÄRDERING AV LITTERATURSTUDIE	11
4	WORKSHOP	13
5	HANDBOK I SPRUTBETONGREPARATIONER	15
5.1	UPPLÄGG.....	15
6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	18
7	REFERENSER.....	19

Appendix

APPENDIX A FÖRSLAG PÅ FAKTISKT INNEHÅLL

1 Inledning

På uppdrag av Elforsk har Vattenfall Utveckling AB inom verksamhetsområdet ”Effektivisering och Säkerhet samt underhållsprocesser” arbetat med ett projekt som behandlar en framtida handbok för sprutbetongreparationer.

Sprutbetong som är en betong som appliceras på plats mha tryckluft är ett bra reparationsmaterial och ett alternativ som möjliggör snabb etablering av arbetsplats. Underlaget då betongen används kan variera och likaså själva sprutbetongen (torr alt. våtsprutning, fibrer alt. utan fibrer). Dessutom är själva utförandet ett hantverk som kräver god kunskap. I nyproduktion är dessa ovan angivna faktorer svåra att kombinera, men vid reparation kan det var än värre. För att styra upp det hela finns ett behov av en handbok i ämnet. För vattenkraften med åldrande anläggningar med reparationsbehov torde detta arbete vara mycket viktigt. Det med tanke på bibehållen funktion och anläggningarnas ekonomi.

Inledningsvis görs en genomgång av befintliga internationella handböcker. Därefter redovisas den workshop som genomförts och de inledande kontakter som tagits för att undersöka och eventuellt starta upp ett nationellt arbete med en handbok.

Avslutningsvis följer ett förslag på upplägg för en svensk handbok.

Förutom att en kommande handbok ska baseras på de EN-standards och regler som finns bör den även kompletteras med ytterligare information som gör den enkel att läsa och förstå. Den ska också kunna vara behjälplig framförallt vid beställning och upphandling av sprutbetongreparationsarbeten.

2 Bakgrund

Projektet med att ta fram en handbok för sprutbetongreparationer grundar sig följande: Främst genom ett uttalat behov inom vattenkraftindustrin men också genom den kartläggning som tidigare genomförts, rapporten ”Sprutbetongreparationer en kartläggning av vanliga frågeställningar”². Rapporten var ett resultat av ett projekt som genomfördes 1999 i Elforsk regi. Vid genomförandet av projektet gjordes en kartläggning där de aktörer som finns på sprutbetongområdet kontaktades. Aktörerna var beställare, entreprenörer, konsulter, materialtillverkare samt specialister. Dessa aktörer bekräftade bl.a. att det finns ett behov av en handbok för just sprutbetongreparationer.

2.1 Syfte och mål

Syftet med projektet är att utforma ett förslag till innehåll för en svensk handbok inför det fortsatta arbetet med att ta fram en allmänt accepterad sådan. I detta arbete ingår att studera befintliga manualer samt samla de aktörer/personer som är ledande inom sprutbetongområdet och få deras synpunkter om upplägg och innehåll. Det sistnämnda har gjorts genom att arrangera en workshop.

Målet med projektet är att den information som samlats i denna rapport ska vara till nytta och förenkla det fortsatta arbetet med en nationell handbok för sprutbetongreparationer. En färdig handbok i ämnet skulle bidra till att goda resultat vid sprutbetongreparationer och en hög kvalité kan erhållas.

2.2 Metod

Projektarbetet har bestått i att:

- ❑ Studera tidigare kartläggningar kring behovet av en handbok
- ❑ Söka och studera befintliga handböcker
- ❑ Studera de EN-standards som behandlar sprutbetong och reparationer
- ❑ Ta fram en grundstruktur för upplägg av en kommande handbok

² Björkenstam E.; ”Sprutbetongreparationer – En kartläggning av vanliga frågeställningar”, Elforsk rapport 00:04, 1999

3 Sammanställning av litteraturstudie

3.1 Kartläggning utförd 1999

Nedan följer en kort sammanställning över de synpunkter och önskemål på vad en framtida handbok för betongreparationer bör innehålla. Informationen är hämtad från tidigare nämnd Elforsk rapport.

Följande uttalanden om nödvändigt handboks innehåll har gjorts och där alla aktörers synpunkter har sammanställts:

Projektering:

- Konditionsbestämning. En vägledning över hur den gamla betongen eller berget ska bedömas så att den bäst lämpade åtgärden sätts in.
- Dimensionering, rekommendationer om utformning och applicering så att önskad bärighet erhålls.
- Val av reparationsåtgärd med tanke på beständigheten, rekommendationer om lämplig metod för den aktuella skadetyper och skadans placering.
- Delmaterial, såsom lämplig ballastsammansättning, tillsatsmaterial, vct etc., allmänna rekommendationer.
- Fiberarmering eller distansarmering, rekommendationer om vilken fiberarmering som kan vara lämplig i det ena eller andra fallet och om när armering i huvudtaget är nödvändig.
- Utrustning och sprutteknik, allmänna rekommendationer för existerande utrustning och tekniker relaterat till olika material.

Utförande:

- Förarbeten, bilning, blästring, rengöring, förvattning gärna relaterat till skadetyp.
- Tillvägagångssätt när stora ytor ska repareras för att säkra vidhäftning.
- Rekommendationer om förvattning av ytan som ska sprutas, d.v.s. den gamla betongen.
- Förfuktning av materialet vid torrsprutning, rekommendationer om hur mycket vatten som ska tillsättas
- Antalet påslag, hur tjocka, med eller utan fibrer i sista påslaget med hänseende till bärförmåga, vidhäftning och estetik.

Efterbearbetning och kontroll:

- Kontroll, provning och krav enligt EU-standard presenteras på ett tydligt sätt.
- Härdning, eftervattning eller membranhärdning, när rekommenderas den ena eller andra metoden.

Allmänt:

- Åtgärder vid missar i utförandet, exempelvis vid bom.
- Lista på befintliga utbildningar för beställare och entreprenörer. (Kommentar från beställarsidan som baseras på att detta kan vara ett sätt att kontrollera den anlitate entreprenören om de har de rätta kunskaperna inom området.)

Förutom allmänna rekommendationer finns önskemål om beskrivningar av några typiska sprutbetongreparationer. Vid dessa typfall ska vanligt förekommande förutsättningar gälla och tydliga beskrivningar bör finnas över bedömning av skada, val av förarbete, material, utförande och utrustning samt efterarbeten, uppföljning och kontroll.

Det bör även finnas en tabell över vanliga skador och skadeorsaker samt de metoder som är lämpliga för att åtgärda den aktuella skadan med. T.ex. torr- eller våtsprutning, inblandning av fibrer eller ej samt om sprutbetong i huvudtaget är lämpat för nämnd reparation.

3.2 Studerade handböcker och liknande skrifter

Litteratur har funnits i Vattenfall Utvecklings eget bibliotek samt via sökning i databaser³. Viss litteratur har ej kunnat läsas p.g.a. att den ej funnits eller att den ej översatts. Detta gäller handböcker från bl.a. Japan, Finland och Frankrike.

Det har tidigare gjorts en sammanställning av befintliga handböcker i regi av SveBeFo⁴, (1993). Syftet med den sammanställningen var att den skulle ligga till grund för en fortsatt diskussion inom området, den kan inte användas som handbok.

Den handbok som denna rapport syftar till kommer att behandla sprutbetongreparationer och förstås ha en allmän inriktning vilket gör att den ska kunna användas av beställare, entreprenörer och konstruktörer samt vara ett underlag vid utbildning av sprutoperatörer. Dessutom bör den vara anpassad till de EN-standards som gäller.

De handböcker som studerats har på olika sätt belyst sprutbetong som material. Vissa handböcker och skrifter i ämnet beskriver provningsmetodik mer noggrant medan andra koncentrerat sig på det allmänna. Andra har tydligare lyft fram frågor som rör miljö, hälsa och säkerhet och så vidare. För studerad handböcker och liknande skrifter görs kortare sammanfattning om innehållet samt ett utlåtande. I appendix A där förslag på faktiskt innehåll görs finns mer av varje handboks innehåll redovisat.

³ www.ltu.se

⁴ Malmberg B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergsteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

3.2.1 Shotcrete for Rock Support Guidelines and Recommendations – A Compilation

1993 gav SveBeFo⁵ ut en sammanställning av olika standarder och handböcker i ämnet sprutbetong i bergförstärkningssammanhang. Syftet med denna handbok/sammanställning var att kortfattat redovisa vad 15 länder kommit fram till inom sprutbetongområdet vad gäller:

- Utveckling
- Teknisk status
- Existerande handböcker/manualer och rekommendationer
- Aktivt arbete i nationella grupper
- Bibliografier
- Artiklar

Rapporten innehåller en sammanfattning av existerande handböcker och rekommendationer för sprutbetong, speciellt fiberarmerad sprutbetong för bergförstärkning. Syftet var att sätta samman vad som mer eller mindre är officiell praxis i olika länder idag. Uppgifterna är från 1991 och 1992. Här har inte gjorts någon djupare analys utan uppgifter har endast sammanställts. Sammanfattningen som gjorts ska vara underlag för vidare diskussioner i ämnet.

Bra innehåll, dock något röring struktur när det förekommer så många referenser. Vad är det som gäller och vad är bra? Omfattande kapitel om kontroll. Det som saknas är specifikt sprutbetongreparationer.

3.2.2 Sprøtebetong till fjellsikring – Publikation nr 7

1999 gav Norske Betongforeningen⁶ ut en handbok i ämnet sprutbetong för bergförstärkning. Rapporten är uppdelad i fyra sektioner vilka listas nedan:

1. Produktspecifikation – Ger grundläggande information inför teknisk beskrivning i kontraktsammanhang. Tar även upp kontrollbestämmelser.
2. Vägledning – Kompletterande upplysning och bakgrundsmaterial för de bestämmelser som är angivna i produktspecifikationen.
3. Testmetoder – Beskrivningar av metoder för provning och dokumentation av sprutbetong.
4. Referenser – Lista över standarder och litteratur som man i texten hänvisar till.

⁵ Malmberg B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergsteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

⁶ Norsk Betongforening; "Sprøtebetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7", 1999

Handboken är skriven på en hög teknisk nivå med många tabeller och diagram som framförallt behandlar bergförstärkning. Stycket om vägledning var svårläst, dock var det norska upplägget bra då handboken delas in i sektioner.

I handboken förekommer flera hänvisningar till standards och till andra handböcker och då bl.a. EFNARC:s skrifter som redovisas senare. Det finns även erfarenheter beskrivna från beständighetsundersökningar gjorda 1989 till 1997. Det som saknas är specifikt sprutbetongreparationer.

3.2.3 European specification for sprayed concrete

1996 gav EFNARC⁷ ut en skrift som behandlar europeiska specifikationer för sprutbetong. Skriften innehåller riktlinjer för beställare och entreprenörer vilka behandlar specifikationer för sprutbetong som ska vara anpassade till hela Europa. Denna specifikation har under åren använts inom sprutbetongområdet på flera håll i världen (främst Europa) och använts som ett referensdokument. Senaste utgåvan är från 1999.

Bra innehåll rubrikmässigt, dock är det svåröverskådlig med alla hänvisningar till standards, dessutom finns en hel del hänvisningar till appendix som kan upplevas svårt. Dock är rubrikerna bra samt de sammanfattande tabellerna. Det som saknas är specifikt sprutbetongreparationer.

3.2.4 European specification for sprayed concrete

1999 gav EFNARC⁸ ut ny skrift. Här har man skrivit riktlinjer för beställare och entreprenörer vilka behandlar specifikationer för sprutbetong som ska vara anpassade till hela Europa. Denna specifikation har under åren använts inom sprutbetongområdet på flera håll i världen och använts som ett referensdokument. Senaste utgåvan är från 1999. Det som skiljer denna skrift från skriften utgiven 1996 är det enklare upplägget och den mer allmänna beskrivningen vilket är mer lättförståeligt för en icke teknisk insatt beställare.

Bra grundläggande information för en beställare som inte är så insatt, vilket nämndes ovan. Mycket hänvisningar till EN standards. Utförande beskrivs bra steg för steg. Översätts det direkt blir det en kortare och enklare handbok för beställare. Mer om miljö och hälsa än vad som angavs i tidigare utgiven rapport. Om man lägger ihop de två rapporter som EFNARC gett ut och kombinerar med att göra standarderna tillgängliga får man ett bra handboksupplägg. Det som saknas är specifikt förfarande för sprutbetongreparationer.

3.2.5 Guide to Shotcrete

1990 gav det Amerikanska betonginstitutet⁹ (ACI) ut en handbok i ämnet sprutbetong. Handboken behandlar ett flertal aspekter på sprutbetong inklusive material, utrustning,

⁷ EFNARC; "European specification for sprayed concrete", ISBN 0 9522483 1 X, 1996

⁸ EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", ISBN 0 9522483 60, 1999

⁹ ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

personal och organisation, förarbeten, proportionering, applicering och kvalitetskontroll. I appendix finns förslag på kostnadskalkyler. I handboken diskuteras nykonstruktion, reparation, lining, andra täckningar etc. Inget om dimensionering.

En referensstandard¹⁰ har även studerats vilken kan bifogas vid upphandling. Innehållet tar upp material, proportionering och applicering. Den ska vara behjälplig för beställare vid kravställanden och användas vid framtagande av förfrågningsunderlag.

Bra uppdelat och illustrerat med bilder i alla kapitel. Det som fattas är tydliga direktiv på provningsmetoder och hur det går till, dessa finns i kompletterande amerikanska standards.

3.2.6 Guideline – sprayed concrete

1999 utgav den Österrikiska betongföreningen ut en handbok¹¹ för sprutbetong. Handboken behandlar miljömässiga aspekter vid sprutbetongarbeten (påverkan av luften, jord, vatten och hälsa samt säkerhet för operatören), dessutom nämns delmaterial, blandning och proportionering, utförande, allmänna krav samt konstruktionskrav, förfaranden vid enkla påslag (singulära) speciella förfaranden (fiberförstärkning etc.), erforderlig provning, provningsmetoder, kvalitetsstyrning och rekommendationer vid upphandling.

Till handboken finns även en bilaga – ”Guideline on shotcrete¹²”. I skiften finns kompletterande uppgifter om krav och provningsmetoder för sprutbetong vid applicering.

Det nämns även om en kommande handbok inom sprutbetongområdet vid benämningen ”Maintenance and Repair of Concrete and Reinforced Concrete Structures”.

Bra handbok med sammanfattande tabeller som på ett enkelt sätt presenterar information. Handboken är till stora delar enbart koncentrerad på sprutbetongen och inte på det underliggande materialet. Reparationer nämns inte så gör inte heller bergförstärkning dock är det underförstått i texten att det är bergförstärkning som avses. Det som nämns är olika krav och hållfasthetsklasser på sprutbetongen, vilket kan vara vettigt även för vår kommande handbok.

3.2.7 Betonghandboken

Betonghandboken¹³ är uppdelad i flera volymer. För sprutbetong har framförallt böckerna om arbetsutförande och reparation studerats där informationen är allmän vad gäller riktlinjer för sprutbetongarbeten. Viss information om fiberförstärkt sprutbetong och frostbeständighet finns även i materialboken.

¹⁰ ACI Committee 506, ”Specifications for Materials, Proportioning, and Application of Shotcrete”, ACI 506.2-90, 1990

¹¹ Österreichischer Betonverein, ”Guideline Sprayed Concrete – Application and Testing”, 1999

¹² Österreichischer Betonverein, ”Guideline on Shotcrete, Part 1 – Application”, 1990

¹³ Svensk Byggtjänst, ”Betonghandboken”, AB svensk Byggtjänst och Cements AB, 1994

Handboken för arbetsutförande behandlar följande:

- Metoder – torr- och våtsprutning
- Utrustning
- Användningsområden – bergförstärkning, reparation etc.
- Material - bindemedel, ballast och tillsatsmedel
- Armering, konventionell armering och fibrer
- Arbetsutförande
- Härdning
- Arbetsmiljö
- Materialets egenskaper och provning av dessa

I betonghandboken för reparation kompletteras de uppgifter som finns i boken för arbetsutförande inom följande områden:

- Betongmaterials beständighet i allmänhet
- Material
- Arbetsutförande
- Miljö och säkerhet

Dessutom finns något exempel på utförd reparation där sprutbetong använts.

I betonghandboken för material finns information om vilka skador som kan vara orsak till att en reparation behöver utföras.

Betonghandböckerna är lätta och läsa och det går bra att finna information. Dock uppdateras inte uppgifterna kontinuerligt vilket kan leda till att nya rön t.ex. inom tekniker, material och skadeutredningar inte finns med. Dessutom är boken om reparation relativt enkel och inte så detaljerad.

3.2.8 Bergförstärkning med sprutbetong

1992 gav Vattenfall ut en handbok¹⁴ i ämnet bergsförstärkning med sprutbetong. Handboken vänder sig i första hand till byggare i Norden med intresse för bergsförstärkning med sprutbetong. Boken är avsedd att användas av beställare, kontrollanter, entreprenörer, ingenjörsgéologer och konstruktörer inom anläggningsbranschen.

Handboken behandlar val av förstärkningsprincip, dimensionering, synpunkter på bygghandlingar samt kontroll. (Arbetsteknik såsom rengöring av bergytan, dränering eller sprutteknik behandlas inte.) I handboken finns även ett antal exempel på användningsområden för sprutbetong som reparation av sprickor i lamelldamm, dimensionering av sprutbetongförstärkning utsatt för vissa yttre laster och vibrationer.

¹⁴ Holmgren J.; "Bergsförstärkning med sprutbetong", Vattenfall, 1992

Skriften är uppdelad i ett antal kapitel vilka behandlar följande:

- Inledning, upplägg och syfte
- Val av förstärkningstyp med hänsyn till berget
- Sprutbetongförstärkningars beräkningssätt och dimensionering
- Handlingar för sprutbetongarbeten
- Kontroll av sprutbetongarbeten
- Åtgärder vid avvikelser från bygghandlingarna

Boken redogör på ett bra sätt för valet av förstärkning av berg och där beskrivning av dimensioneringen görs. I slutet finns även bra räkneexempel. Dock finns inte rena betongreparationer mot gammal betong med utan det är enbart bergförstärkningar som behandlas.

3.2.9 BRO 94

I Vägverkets BRO 94¹⁵ finns ett antal krav och riktlinjer som gäller sprutbetongarbeten utförda åt Vägverket. Här anges de krav som Vägverket ställer vid användning av sprutbetong vid reparationer på någon av deras broar. Kraven gäller beräkning av bärförmåga vid ökad egentyngd. Hänvisningar till ex. Betonghandboken finns. Här finns även krav på personal som utför sprutningen samt krav på materialet, förstärkningen (armeringen), utförande, efterbehandling och kontroll.

Bra vid arbeten åt Vägverket – då det tydligt framgår vilka krav beställaren ställer.

3.2.10 Contecvet

Contecvetmanualen¹⁶ behandlar hur man ska gå tillväga för att skaffa ökad kunskap om befintliga armerade betongkonstruktioners tillstånd och livslängd. Den andra delen, fastställande av ägarens krav, ingår inte eftersom dessa i hög grad varierar beroende på en ägares filosofi och beroende på vilka typer av konstruktioner det rör sig om.

3.3 EN-standards

De standards som studerats redovisas nedan, det ska påpekas att de endast är remisser. De två första är direkt anknutna till sprutbetong medan de två efterföljande standarderna är allmängiltiga för alla betongreparationer oberoende av material- och metodval. I kapitel 5 finns mer om innehållet i standarderna presenterade.

¹⁵ Vägverket; "BRO 94", VV Publ. 1994:7, 1994

¹⁶ Bernstone. C.; "Contecvet – en manual för bestämning av betongkonstruktioners tillstånd och livslängd", Vattenfall Utveckling AB, Artikelsammanställning från Kraftindustrins Betongdag 1999, UC 99:12Ö

3.3.1 Sprayed concrete Part 1: Definition, Specification and Conformity

En Europa standard¹⁷ i ämnet definition, specifikation och verifikation för sprutbetong och gavs ut 2000. I inledningen anges att standarden innehåller krav på:

- Definitioner
- Hänvisningar till andra standarder som ska följas
- Delmaterial
- Sammansättning
- Blandning
- Färsk sprutbetong
- Härdad sprutbetong

Bifogat appendix behandlas rekommendationer för definitioner, specifikationer och uppföljning av sprutbetong samt fiberförstärkt sprutbetong. Appendix är ett komplement till standarden.

3.3.2 Sprayed concrete Part 2 - Execution

En Europa standard¹⁸ inom ämnet genomförande av sprutbetongarbeten vid reparationer, uppgradering och nykonstruktion gavs ut 1999. Standarden behandlar följande:

- Reparation och uppgradering av konstruktionsdelar.
- Icke bärande konstruktionsdelar och ytförbättringar
- Referenser till andra standarder som använts
- Projektspecifikationer
- Dokument som ska användas vid genomförandet
- Metodrelaterade förarbeten
- Utrustning och installationer
- Proportionering, blandning och leverans

Här finns exempel på var sprutbetong som material och metod kan användas. Här specificeras inte heller vilken utrustning som ska användas utan endast vad som ska uppnås vid användandet. Rubrikmässigt är det ett bra upplägg, dock är det svårt att sätta in den angivna informationen i sitt sammanhang och veta hur man ska uppfylla de krav som anges i standarden. Däremot förekommer bra små tips och tricks i slutet av skriften.

¹⁷ Sprayed concrete, Part 1: Definitions, Specifications and Conformity European standard prEN AAA Pt1 N, 2000

¹⁸ ”Splayed concrete Part 2

3.3.3 SS-ENV 1504-9 - Projektering av skydd och reparation av en betongkonstruktion

Denna förstandard¹⁹ behandlar huvudmomenten i reparationsprocessen och är därmed allmängiltig för betongreparationer. Standarden behandlar följande:

- Bedömning av konstruktionens tillstånd
- Identifiering av orsakerna till nedbrytning
- Målsättning för skydd och reparation, val av princip för skydd och reparation
- Val av metoder
- Bestämning av egenskaper hos produkter och system
- Specificering av krav för underhåll som följer efter utförande skydd och reparation.

Standarden beskriver mer hur reparationsprojekts ska drivas och är ett underlag till beställare, utan att ge någon direkt teknisk beskrivning. Bra med förslag på lösningar dock inget konkret om vad som ska göras.

3.3.4 prEN 1504-10 - Utförande av skydd och reparation av en betongkonstruktion

En utförandestandard²⁰ som ansluter till de principer och metoder som beskrivs i ENV 1504-9. Den beskriver bl.a. hur man ska bearbeta betongkonstruktionen som ska behandlas för att man ska kunna applicera produkten, tabeller finns för kvalitetskontrollen före, under och efter appliceringen av produkten.

Bra presentation av det som ska provas i samband med reparation kopplat till vald reparationsmetod. Standarden ger en del direktiv om vad som bör bli utfallet vid reparation (metodvis), dock sägs inget konkret om hur det ska gå till. Bra dokument att översätta för Elforsk, det ger en allmän översikt av reparationer, men inte tekniskt specificerat.

3.4 Utvärdering av litteraturstudie

Det är svårt att lyfta fram någon handbok framför någon annan, men vid denna första genomgång anses EFNARCS två dokument vara väl anpassade till de olika nivåer av information som kan vara lämpligt i en handbok. Både den som är enkel och väldigt grundläggande t.ex. för en beställare samt den som är mer detaljerad och anpassad till entreprenörer och konsulter, de som ska utföra arbetet.

En annan handbok som är lätt att läsa och begriplig samt har ett trevligt upplägg är den amerikanska handboken . Här har man bl.a. illustrerat med bilder.

¹⁹ SS-ENV 1504-9 "Projektering av skydd och reparation av en betongkonstruktion"

²⁰ prEN 1504-10, "Utförande av skydd och reparation av en betongkonstruktion"

Den Österrikiska handboken har koncentrerat sig på sprutbetong som material och nämner inte något om underlaget som det ska sprutas emot utan här är det krav på sprutbetongens egenskaper som spelar in.

Ovan redovisade standards är svåra att tolka då de fortfarande ligger på remiss samt att de i sin tur hänvisar vidare till andra standards, som i sin tur är under bearbetning. Dock är detta något som en handbok verkligen behöver ha med för att tolka och visa på vad som är viktigt samt var man kan finna information. I största allmänhet är det viktigt att låta översätta standarderna så att de blir mer lättillgängliga.

4 Workshop

Den 29 augusti 2000 arrangerades en workshop i ämnet "Betongreparationer med sprutbetong". Den rapport²¹ som skrevs är publicerad av Vattenfall Utveckling och går att beställa.

Nedan finns dock en utdrag från det kapitel i rapporten som behandlar diskussionen kring en handbok.

Frågan om det finns ett behov av en handbok för sprutbetongreparationer ställdes av Vattenfall Utveckling AB (VUAB). Det är svårare att reparera än att bygga nytt. Reparationstekniker är inte lika utvecklade och har ej samma status som nybyggnationer. En handbok skulle underlätta att ta till sig kunskap. Övriga deltagare hade följande att kommentera:

En entreprenör tyckte att en checklista vore bra att ha för vad som ska ingå vid en sprutbetongreparation. Handboken bör vara övergripande och med fördel vara en samarbete mellan de största beställarna.

En representant från Betongföreningen ansåg att hela reparationsområdet är eftersatt. Betonghandboken reparation är de enda i serien som inte uppdaterats.

Materialtillverkaren från Norge tyckte att det bör finnas en handbok med rådgivande funktion. Där ska även ingå hänvisningar till vart du kan hitta aktuell litteratur. Där ska även påpekas att det är av vikt att anlita firmor som gör bra och seriösa jobb samt utbildar sin personal. (Norge har ett flertal handböcker och där Norska Betongföreningens Publikation nr 7 har studerats av VUAB.)

Vattenfall Utveckling AB påpekade att vattenkraften vill ha en handbok rörande sprutbetongreparationer. Frågan är mera om fler vill vara med och påverka handbokens upplägg och innehåll.

Vägverket påpekade att de är viktigt att de Europastandards som finns och som är under bearbetning ska vara ett led i arbetet.

Betongföreningen stödjer arbetet och ser det gärna som en del i en större helhet, och anser också det är av vikt att ha EN-standard i botten.

Den målgrupp som handboken riktar sig till bör vara alla som använder sig av eller beställer arbeten med sprutbetong. D.v.s. önskan är att handboken blir lätt att läsa och förstå.

²¹ Björkenstam E., "Workshop – sprutbetongreparationer", US 00:38, Vattenfall Utveckling AB, 2000

Innehållet som rör ingående delmaterial bör vara övergripande. Ej för detaljerat eftersom en utveckling sker kontinuerligt inom detta område.

Möjlighet till medverkan i handboksarbetet kan vara genom att ingå i en referensgrupp eller/samt bidra till finansieringen. Ett alternativ är att Betongföreningen står för regi och att handboken trycks hos dem.

Det verkar föreligga ett stort intresse för handboken från beställare, entreprenör och konsultfirmor.

Kapitlet rörande vanliga fel och brister och orsak till detta borde förtydligas något.

Vattenkraften som beställare vill ha handböcker som är lätta att använda vid beställning. Idag slimmas organisationerna och färre personal ska kunna allt fler områden. Handböckerna ska vara behjälpliga vid framtagande av underlag inför beställning

Alla deltagare ser positivt på ett arbete men önskade en plan där Vattenfall Utveckling AB beskriver syfte, mål och vilka externa resurser som efterfrågas. Därmed underlättar man för deltagarna att förankra ett deltagande hos beslutsfattare inom sina företag.

Tillsammans med den rapport som delgavs workshopdeltagarna samt övriga intressenter inom sprutbetongområdet skickades ett brev där de tillfrågades om intresse fanns att delta i ett nationellt handboksarbete. (Inga kommentarer har kommit projektet tillkänna när denna rapport trycks.)

5 Handbok i sprutbetongreparationer

I arbetet att ta fram underlaget för en nationell handbok har handböcker, riktlinjer och standards studerats, se kapitel 3. Med utgång från dessa skrifter och de tidigare uttalade önskemålen från aktörerna på marknaden ges ett förslag på upplägg och innehåll nedan. Det bör påpekas att läsaren alltid ska ha reparationer i fokus när texten läses.

En begränsning i innehållet är att beställaren förutsätts ha fattat beslut om reparation eftersom det i handboken inte ingår något ekonomiskt och tekniskt optimeringsverktyg för val av när reparation ska genomföras. I Appendix A finns en sammanställning av hur olika handböcker och standards behandlar varje delrubrik.

5.1 Upplägg

Nedan redovisas det upplägg som en handbok kan ha. Varje kapitel är numrerat.

1. INLEDNING

Inledningsvis beskrivs syfte och mål med handboken samt att man gör en historisk tillbakablick görs och beskrivning på materialet. Det kan även tas upp några vanliga applikationer och bilder på dessa.

2. DEFINITIONER OCH HÄNVISNINGAR

Detta kapitel ska baseras på de ord som förekommer i den aktuella handboken och underlätta läsningen för de som inte är så insatta på området. Här redovisas även andra dokument som handboken hänvisar till.

3. ORSAK TILL REPARATION

Här nämns olika skador som förekommer och hur dessa ser ut. Här ska även nämnas när sprutbetong är respektive inte är ett bra reparationsalternativ

4. DIMENSIONERING OCH KONDITIONSBESTÄMNING

I detta kapitel ska en redogörelse göras för hur sprutbetong vid reparationer dimensioneras på bästa sätt. Räkneexempel ska även ingå..

5. DELMATERIAL INKL. ARMERING (FIBERARMERING)

Under detta kapitel ska alla möjliga delmaterial presenteras på ett tydligt och enkelt sätt. Här kan även följa en del rekommendationer.

6. SAMMANSÄTTNINGAR, PROPORTIONERING OCH BLANDNING

Här ska rekommendationer på lämpliga sammansättningar ges och vad man bör tänka på. Dessutom ska förvaring av delmaterial, blandning, transport och hantering på arbetsplatsen beskrivas.

7. GENOMFÖRANDE – FÖRARBETE, UTFÖRANDE OCH EFTERARBETE

Förutom att här anges vad som generellt gäller vid förarbete, utförande och efterarbete tas även upp olika skador, som tidigare nämnts, kan åtgärdas (med förutsättningen att sprutbetong är ett lämpligt alternativ).

8. UTRUSTNING

Det kan vara av vikt för en icke insatt att få veta vilken utrustning som finns på marknaden och vilken som är anpassad för det ena eller andra arbetet.

9. PERSONAL OCH ORGANISATION

Här specificeras rekommendationer över vilka krav som kan ställas på anlitad arbetskraft och vilka utbildningar eller erfarenheter som man som beställare kan kräva eller fråga efter. Här finns även flödesscheman som förtydligar arbetsgången vid reparation.

10. PROVNING, EGENSKAPER OCH BESTÄNDIGHET SAMT KRAV

Detta kapitel ska baseras på vad som nämns i EN-standarderna, men även kompletteras med ytterligare information som kan anses av vikt. Eventuellt kan vissa beskrivningar på provning läggas som Bilaga.

11. KVALITETSKONTROLL OCH UPPFÖLJNING

Detta är en viktig del i att beställaren får vad han/hon vill ha. Här redovisas checklistor på vad beställarna bör tänka på. Exempel finns från tidigare skrivna handböcker på tabeller som kan vara lämpade i detta kapitel.

12. MILJÖ, HÄLSA OCH SÄKERHET

Denna punkt har i många andra handböcker inte prioriterats särskilt vilket är motsatsen till hur man vill arbeta idag. Kapitlet behandlar miljöaspekter både på det personliga och det allmänna planet dvs personlig säkerhet samt påverkan på arbetsplats och omgivningar.

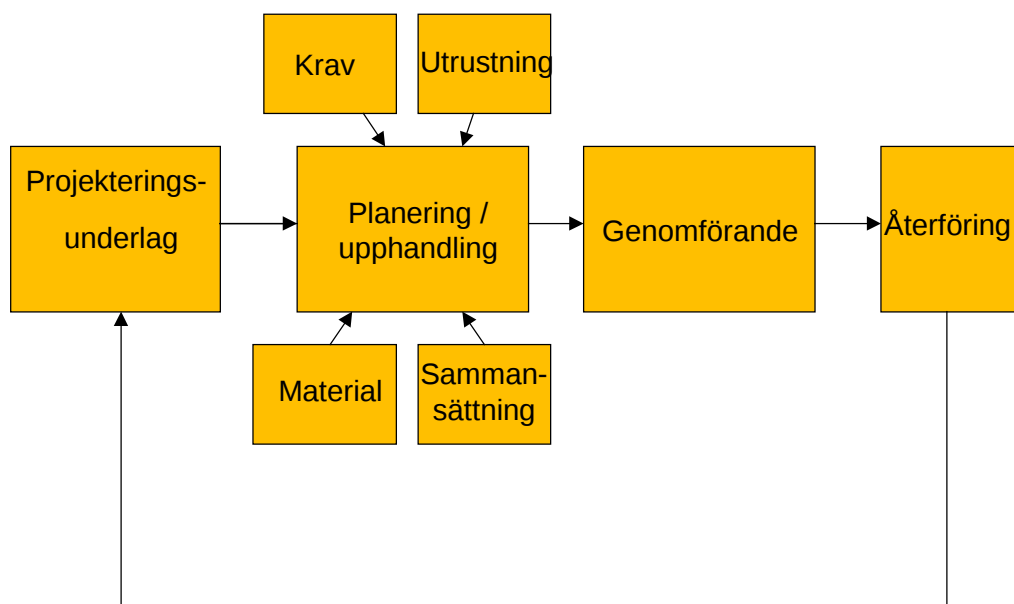
13. CHECKLISTOR FÖR BESTÄLLARE INFÖR FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG, KONTRAKT ETC.

Detta kapitel ska underlätta för beställaren att ta fram ett lämpligt förfrågningsunderlag för de arbeten som ska utföras.

14. PRAKTIKFALL

Några typiska reparationer där sprutbetong är ett alternativ ska redovisas där momenten i boken går igenom och där ett färdiga fall redovisas. Förslagsvis kan reparationer/förstärkningar på betong och på berg redovisas.

Nedan visas ett flödesschema, figur 1, på i vilket steg av reparationsprocessen handboken kan komma till användning.



Figur 1. Flödesschema över reparationsarbete.

6 Diskussion och slutsatser

I och med detta projekt har ytterligare ett steg tagits mot en handbok för reparationer där reparationsmaterialet är sprutbetong. Målet med detta projekt var att skapa en god grund inför ett fortsatt nationellt handboksarbete. Detta mål får anses som uppfyllt genom denna rapport.

Av den litteratur som studerats anses de dokument som EFNARC skrivit i komplement med gällande EN-standards vara en bra handbok i sig. EFNARCS två dokument är anpassade till både lekmän och för dem som är insatta på området. Dock bör det kompletteras med de uppgifter som är specifikt för sprutbetongreparationer.

Ett förslag till handboks innehåll har tagits fram genom att:

- tidigare utförda kartläggningar har studerats och hänsyn har tagits till uttalanden och önskemål
- litteraturstudie har utförts där befintliga handböcker och standarder har studerats
- en workshop har arrangerats där ytterligare hänsyn till synpunkter från marknadens aktörer tagits

Dock förekommer en del brister i det material som studerats och det är att sprutbetongreparationer mer specifikt saknas i många handböcker. Det är framförallt bergförstärkning som finns beskrivet. Inom vattenkraften finns ett behov av att styra upp reparationer med sprutbetong på sina betongkonstruktioner. Dessutom finns det litteratur som inte kunde finnas eller som dykt upp med tiden vilket i ett fortsatt arbete kan studeras. Detta gäller bl.a. Österrikes handbok för reparationer.

Med bl. a. föreliggande arbete och i samverkan med andra aktörer kommer Vattenfall Utveckling under 2002 att utarbeta en handbok för sprutbetongreparationer.

7 Referenser

Litteratur:

- [1] ACI Committee 506; "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990
- [2] ACI Committee 506.2-90; "Specifications for Materials, Proportioning, and Application of Shotcrete", ACI 506.2-90, 1990
- [3] Andersson. R., m.fl.; "Betonghandboken – Arbetsutförande, kapitel 24", AB Svensk Byggtjänst, Cements AB, Örebro 1994
- [4] Balknerud, J-O, m.fl.; "Betonghandboken – Reparation, kapitel 2, 4, 5 och 7", AB Svensk Byggtjänst, Cements m.fl., Stockholm 1988
- [5] Bernstone. C.; "Contecvet – en manual för bestämning av betongkonstruktioners tillstånd och livslängd", Vattenfall Utveckling AB, Artikelsammanställning från Kraftindustrins Betongdag 1999, UC 99:12Ö
- [6] Björkenstam, E.; "Sprutbetongreparationer – En kartläggning av vanliga frågeställningar", Elforsk rapport 00:04, 1999
- [7] Björkenstam, E.; "Workshop - sprutbetongreparationer", Vattenfall Utveckling AB, US 00:38, 2000
- [8] EFNARC; "European specification for sprayed concrete", IBN 0 9522483 1 X, 1996
- [9] EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", IBN 0 9522483 6 0, 1999
- [10] Holmgren, J.; "Bergförstärkning med sprutbetong", Vattenfall, 1992
- [11] Malmberg, B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993
- [12] Norsk Betongforening; "Spøytebetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7", 1999
- [13] PrEN AAA Pt1 N, "Sprayed Concrete Part 1 – Definitions, Specifications and Conformity", 2000
- [14] PrEN AAA Part 2, "Sprayed Concrete Part 2 – Execution", 2000

- [15] PrEN 1504-10; "Utförande av skydd och reparation av en betongkonstruktion", 2000
- [16] Silwferbrand, J., "Lagning av betongskador med sprutbetong – Försök med balkar under statisk och utmattande last", Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för byggnadsstatistik TRITA-BST-0153, 1988
- [17] SS-ENV 1504-9; "Projektering av skydd och reparation av en betongkonstruktion", 2000
- [18] Svensk Byggtjänst; "Betonghandboken", AB Svensk Byggtjänst och Cements AB, 1994
- [19] Vägverket.; "BRO 94 ", VV Publ. 1994:7, 1994
- [20] Österreichischer Betongverein; "Guideline on Shotcrete, Part 1 - Application", 1990
- [21] Österreichischer Betongverein; "Sprayed Concrete Guideline Application and Testing", 1999

Internet källor:

- [a] www.ltu.se

A Förslag på faktiskt innehåll

Nedan redovisas en sammanställning om vad varje kapitel kan innehålla och i vilken litteratur uppgifter hittats.

A.1 Inledning

Handböcker

I den Amerikanska standardens²² första kapitel finns en introduktion där man betraktar sprutbetong historiskt, redovisar definitioner på uttryck och benämningar, man jämför våt- och torrsprutning därefter följer en diskussion kring egenskaper och redogörelse för olika applikationer (inkl. bilder) samt framtida utveckling och nya användningsområden. Detta upplägg är ett lämpligt sätt att inleda handboken.

A.2 Definitioner hänvisningar

Standarder

Definitioner nämns för de vanligaste orden vad gäller sprutbetong, för övriga ord kopplat till betong finns definitionerna i en annan standard. De områden som definitioner finns inom är delmaterial, färdiga produkter, sprutningsprocessen, egenskaper, genomförande, operativt, provtagning och inspektion.²³

I inledningen anges även övriga standards som ska följas vid arbeten då sprutbetong används. Dessa standarder behandlar bl.a. de olika delmaterialen, provningsmetoder, utförande etc.

A.3 Orsak till reparation

Handböcker

I Betong handböckerna²⁴ finns bra förklaringar till betongskadors uppkomst och verkan. Här beskrivs skademekanismer, orsaker och hur detta kontrolleras.

A.4 Dimensionering och konditionsbestämning

Handböcker

I den norska handboken²⁵ behandlas just dimensionering. Inledningsvis nämner man vid val av metod och dimensionering av sprutbetong, bör det utföras en ingenjörsmässig geologisk kartläggning och värdering av stabilitetsförhållandena. Det tillför var dålig vidhäftning kan förväntas utifrån mineralsammansättningar eller andra förhållanden och man kan tillsätta åtgärder. Utifrån detta grundmaterial kan det fattas beslut om fibrer ska användas, val av tryckhållfasthet, seghetsindex och tjocklek på sprutbetongpåslag. Detta kräver dock väl beprövade räkningsmodeller där böjhållfasthet och seghetsindex ingår

²² ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

²³ PrEN AAA Pt1 N, "Sprayed Concrete Part 1 – Definitions, Specifications and Conformity", 2000

²⁴ Svensk Byggtjänst; "Betonghandboken", AB Svensk Byggtjänst och Cements AB, 1994

²⁵ Norsk Betongforening; "Sprutbetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7", 1999

som parametrar. I övrigt nämner man säkringsfilosofi, bestämmelser av bergmassans kvalitet för val av säkring, värkningssätt och brottmekanismer, beräkningsmetoder och sprutning vid speciella förhållanden (t.ex. sprutning i lerzon, under höga vattentryck, omkring vattenläckage).

Vattenfalls handbok²⁶ för bergförstärkning med sprutbetong har ett kapitel om dimensionering. Där behandlas verkningsätt, dimensionering (av bult, sprutbetongskiktet, dynamisk belastning, ekonomisk optimering av statisk och dynamiskt belastad, bultupphängd, fiberarmerad sprutbetongförstärkning) samt överbyggnad av svaghetszoner, belastning av enstaka, grova block och bågar.

A.5 Delmaterial inkl. armering (fiberarmering)

Handböcker

De material som nämns i SveBeFo:s²⁷ skrift är:

- Cement
- Ballast
- Tillsatsmaterial – flygaska, silika och slagg.
- Tillsatsmedel
- Fibrer

I den Norska handboken²⁸ behandlar kapitlet ”materialegenskaper” följande:

Krav på materialegenskaper och refererar till standardmetoder för provning av vissa bestämda egenskaper. Där det inte är satt ett specifikt krav för en egenskap, hänvisar man till eventuella kontrakt eller andra avtal i dokument. Därefter följer ett kapitel som behandlar delmaterialen. De delmaterial som nämns är cement, silika, ballast inkl. ballastkurva, vatten, tillsatsmaterial och fibrer. I samband med att delmaterialen presenteras anges den standard som det aktuella delmaterialet måste uppfylla.

I fjärde kapitlet i en av EFNARCS²⁹ handböcker anger man vad varje delmaterial generellt bör uppfylla för att vara lämpade för sprutbetongarbeten. De material som nämns är: cement, ballast, vatten, armering och övrig stålforstärkning, tillsatsmedel, tillsatsmaterial samt membranhärdare.

²⁶ Holmgren, J.; ”Bergförstärkning med sprutbetong”, Vattenfall, 1992

²⁷ Malmberg B.; ”Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation”, Stiftelsen Bergsteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

²⁸ Norsk Betongforening; ”Sprøtebetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7”, 1999

²⁹ EFNARC; ”xxx”, IBN xxx, 1996

I den andra skriften från EFNARCS³⁰ behandlas ingående delmaterial. Här säger man att delmaterialen ska väljas med tanke på tekniskt utförande samt hälsa och säkerhet. De delmaterial som översiktligt behandlas är:

- Cement
- Ballast
- Vatten – tabell med provningsprogram för att kontrollera vatten som kommer från andra källor än rent dricksvatten.
- Armering
- Fibrer
- Tillsatsmedel – plasticerare, superplasticerare, retarder, hydratationsstyrande tillsatser, tixotropa tillsatser, acceleratorer samt vidhäftningsförbättrare.
- Tillsatsmaterial
- Membranhärdare

Det andra kapitlet i den amerikanska ACI³¹ skriften behandlar delmaterialen. De delmaterial som nämns är:

- Cement – portland cement och kalcium aluminat cement
- Ballast – normal ballast och lättballast
- Vatten – för både blandning och härdning
- Tillsatsmedel för bättre vidhäftning
- Tillsatsmedel – acceleratorer, luftporbildare, flyttillsatsmedel och retareder och vattenreducerare.
- Förstärkningar – stål fibrer, armering, nätarmering, förspänd armering samt övriga stålförstärkningar.

Det fjärde kapitlet i den Österrikiska skriften³² behandlar de delmaterial som sprutbetong består utav:

- Cement – här nämns följande bindetid, finhalt, tryckhållf., alkalihalt, sulfat resistens, temperaturens inverkan
- SH-cement – det finns två typer av SH-cement med olika tillstyvnadstider
- Tillsatsmaterial - Flygaska, slagg, mikrosilika
- Ballast - Här finns en tabell med den vanligast rekommenderade siktkurvan med stenmax på 8-11 mm.
- Vatten
- Tillsatsmedel - Acceleratorer – ickealkaliska acceleratorer och alkaliska acceleratorer
- Vattenglas
- Övriga tillsatsmedel - Vattenreducerare, superplasticerare etc.

³⁰ EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", IBN 0 9522483 60, 1999

³¹ ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

³² Österreichischer Betonverein; "Sprayed Concrete Guideline Application and Testing", 1999

Standarder

I utförande standards³³ nämns förstärkning vid sprutbetongarbeten. Enligt standarden ska armeringen förankras väl så att den inte vibrerar under sprutning. Placering och utformning ska vara anpassad till att minska skuggeffekter bakom armeringen samt bidra till en tätare betong. Dessutom nämns att vid förstärkning i två lager så ska det som är längst in i konstruktionen sprutas in först innan det andra lagret monteras. Standarden hänvisar även till andra standarder som behandlar förstärkning.

Lagring av material enligt standard är enligt följande:

- Förvaras så ej materialet påverkas (fukt, kyla etc.)
- Tydlig märkning för att undvika misstag
- Speciella instruktioner från leverantören ska noteras
- Säkra mot stöld

A.6 Sammansättning, proportionering och blandning

Standarder

I gällande EN-standards³⁴ sägs följande vad gäller sammansättning, proportionering och blandning:

Delmaterialen, cement, ballast, fibrer, tillsatsmaterial och tillsatsmedel, skall satsas efter vikt, volymsatsning kan ske i särskilda fall.

Blandning ska ske till betongen är jämn. Spill ska inte återanvändas om inte speciella förhållanden råder. Gällande toleranser för de olika delmaterialen presenteras i tabell 5.1.

Tabell 5.1. Toleranser vid angivning av mängd delmaterial.

Delmaterial	Tollerans, % av angiven mängd
Cement	±5%
Vatten (för våtsprutning)	±5%
Ballast	±5%
Tillsatsmedel	±5%
Fibrer	±5%
Tillsatsmaterial	±5%
Material tillsatt i munstycket	±10%

När det gäller leveransen anges följande :

Torrspjutning – De flesta torrbruk ska appliceras 90 minuter efter förfuktning, torrbruk ska appliceras direkt efter blandning med vatten, separation ska undvikas vid transport, avlastning samt vid utförandet.

³³ PrEN AAA Pt1 N, "Sprayed Concrete Part 1 – Definitions, Specifications och Confirmity", 2000

³⁴ PrEN AAA Pt2

Våtsprutning – Förprovning ska säkerställa de öppethållandetider som krävs, separation, vattenseparation, förlust av pasta eller dyl. ska undvikas under transport, avlastning samt vid utförandet. Sammansättningen för sprutbetong ska specificeras som antingen ett klassificerat recept och hänvisa till kapitlet 4 och 5 eller baseras på förprovning eller baseras på lång erfarenhet med liknande sprutbetong. En sammanfattning av information som ska presenteras följer:

Information för recept klassificerat enligt kapitel 4 och 5:

- Grundläggande information - Tryckhållfasthet, exponeringsklasser och maximalt klordidinnehåll.
- Tilläggsinformation – minsta cementhalt och vct i förhållande till exponeringsklass, speciella krav på cementen, tidig hållfasthetsutveckling, maximal hållfasthet, vattentäthet, vidhäftning, frostresistens, elasticitetsmodul samt för fiberförstärkt sprutbetong första peak för böjdraghållfasthet, maximala böjhållfastheten samt möjligheten att lagra energi.

Information för recept som baseras på förprovning:

- Grundläggande information – cementtyp och mängd, hållfasthetsklass, vct, ballasttyp och siktkurva, typ och mängd av tillsatsmedel och tillsatsmaterial, leverantörer till tillsatsmedel och tillsatsmaterial samt vid fiberförstärkt sprutbetong fibertyp och mängd.
- Tilläggsinformation – ytterligare krav vad gäller ballasten, speciella krav vad gäller temperaturer vid blandning av våt sprutbetong³⁵

Handböcker

I SveBeFo:s³⁶ skrift nämns följande:

- Sammansättning – här anges en sammanställning av rekommendationer för sammansättning vct och cementhalt, sätt att påverka återstutts och pumpbarhet.
- Utförande, färsk betong – här sammanställs rekommendationer för konsistens och arbetbarhet, luftporvolym och bindetid.
- Utförande, ung sprutbetong (ca. 10 Mpa) – här sammanställs rekommendationer för hållfasthet vid sprängning och utsättning för frysning.
- Utförande, hårdnad sprutbetong - här sammanställs rekommendationer för tryckhållfasthet (varierar för olika hållfasthetsklasser), första sprickan och/eller ultimata böjhållfasthet, draghållfasthet
- Övrigt - här sammanställs rekommendationer för täthet samt övriga egenskaper som spräckdraghållfasthet, enaxiell dragghållfasthet, frostresistens, vidhäftning

³⁵ PrEN AAA Pt1 N, "Sprayed Concrete Part 1 – Definitions, Specifications och Confirmity", 2000

³⁶ Malmberg B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergsteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

De delmaterial och delmoment som ska ingå där en sammanställning av rekommendationer ges är följande:

För torrprutning:

- Cement – max temperatur samt satsning (vikt eller säck).
- Ballast – satsning (vikt), temperatur, fukthalt.
- Fibrer – satsning (vikt eller säck).
- Tillsatsmaterial – satsning (vikt eller inblandad i cementen).
- Tillsatsmedel – satsas i vattnet.
- Blandarutrustning – vilka standardkrav utrustningen måste uppfylla.
- Vattentryck – rekommendationer för minsta tryck och var vattnet bör tillsättas i slangen/munstycket.
- ”Livslängd” – temperaturer kontra betongens öppethållandetid,

För våtprutning:

- Tillsättning av cement och ballast – för stor skala ska allt vägas för mindre satser kan satsning ske utifrån volym.
- Fibrer – antingen kan de tillsättas före vattnet och tillsatsmaterialen eller till den redan färdigblandade betongen.
- Transport – långa transportsträckor påverkar konsistensen så att den blir trögare.

I den Norska handboken³⁷ behandlas delar som betongfabrik (vissa kvalitetskrav föreligger), blandning (krav på homogentiet kontra blandningstid), transport (riktlinjer för transport och ytterligare satsning), temperatur (max och min temperaturer etc.) och konsistens (hänvisning till standard).

Det femte kapitlet i EFNARCS³⁸ skrift från 1996 behandlas bestämmelser vid betongsammansättning och där man tar upp varje delmaterial enligt kapitel fyra. Här förekommer en hel del hänvisningar till olika standards, men även någon tabell och diagram. Det sjätte kapitlet tar upp bestämmelser för beständighet. Det som nämns är generellt, klorider, alkaliinnehåll samt krav relaterade till omgivande miljöns kondition. Sjunde kapitlet behandlar blandningar och sammansättningar. För det senare bör följande anges:

- Minsta cementmängd
- Maximalt vct
- Seghet
- Böjhållfasthet
- Tidig hållfasthet
- Maximal hållfasthet
- Permeabilitet

³⁷ Norsk Betongforening; ”Sprotebetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7”, 1999

³⁸ EFNARC; “European specification for sprayed concrete”, IBN 0 9522483 1 X, 1996

- Vattenabsorbktion
- Vidhäftning

Vid föreskriven blandning av entreprenören ska följande anges:

- Cementtyp och innehåll
- Vct eller konsistens
- Förhållande mellan ballast och cement
- Fibertyp och mängd
- Typ och mängd av ballast
- Typ och mängd av tillsatsmedel och tillsatsmaterial

I kapitlet med bestämmelser för betongsammansättning i EFNARCS³⁹ andra skrift från 1999 tas följande delar upp:

- Cement – mängder för våt- och torrsprutning, normala tillstyvnadstider, förprovning med övriga material ska vara genomförd, lagring och hantering samt cement för speciella förhållande som risk för alkali i ballast.
- Tillsatsmaterial – endast tillsatsmaterial med bevisad användbarhet får användas, de tillsatsmaterial som nämns är flygaska, slagg och silika.
- Ballast – kvalitén på använd ballast är viktig både med tanke på den färska och härdade betongen, rekommendationer om maximal stenstorlek, val av ballastyp samt hantering och lagring.
- Tillsatsmedel – rekommendationer vid användandet av alkalifria och tillsatsmedel med alkali, förprovning och hantering samt tillverkarensrekommendationer tas upp.
- Fibrer – hantering, inblandning, återstuds samt val av typ av fiber och dess funktion.
- Konsistens – provningsmetoder och riktvärden anges samt vad man bör tänka på.
- Temperatur – temperaturers inverkan på betongen och rekommendationer kring gjuttemperatur.

Sjunde kapitlet behandlar sammansättningar. Efter den generella inledningen nämns följande:

- Design blandningar – entreprenören kan sätta samman sin betong på valfritt sätt bara de krav som finns uppfylls.
- Föreskrivna blandningar – här nämner man att det är viktigt att beställaren lyssnar på entreprenören och använder sig utav dess erfarenhet på området.
- Kombinerade blandningar – som tidigare nämnts så finns det en fara i att över-specificera betongsammansättningen.

Det sjätte kapitlet i ACI:s handbok⁴⁰ behandlar proportionering och förprovning. (Det som sägs styra detta är framförallt krav på tryckhållfasthet och själva utförandet.)

³⁹ EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", IBN 0 9522483 60, 1999

⁴⁰ ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

Det finns två sätt att specificera en sprutbetongsammansättning, antingen via utförandet eller via recept.

- Utförandespecifikation – här ska följande specificeras: cementtyp, siktkurva för ballast, tryckhållfasthet vid viss ålder, sättmått, lufthalt samt speciella egenskaper på betongen som kräver tillsatser.
- Receptspecifikation – här ska följande anges: cementtyp och mängd, ballastkurva samt mängd eller volym, tillsatsmedel och dosering, sättmått och lufthalt.

Därefter följer exempel på proportionering för både våt- och torrsprutning samt en diskussion för förprovning som bör genomföras. För förprovningen nämns följande:

- Provkroppar – spruta i formar av plywood eller stål, olika provkroppar för varje aktuell sammansättning och för varje aktuell yta som ska sprutas, horisontell, vertikal, nedåt eller uppåt. Helst inte mindre än 750 x 750 mm med en tjocklek av minst 75 mm.
- Högre hållfasthet bör eftersträvas än vad konstruktionen kräver – ACI 214.
- Försök att spruta in aktuell armering/förstärkning ska genomföras.
- Kuber ska tas ut för provning av tryckhållfasthet samt vid behov frostresistens, krympning etc.
- Materialet/sprutade betongen ska studeras för eventuella brister, d.v.s. fri från lamineringar och sandfickor.

Där anlitaad entreprenör har stora kunskaper från tidigare jobb kan denna förprovning minskas eller tas bort.

Sjunde kapitlet behandlar satsning och blandning. Satsning kan ske genom mängd eller volym. De delar som nämns är:

- Cement
- Ballast
- Tillsatsmaterial
- Förpackade material exkl. vatten

Dessutom specificerar man en del uppgifter för våt- och torrsprutning.

I Österrikes handbok ⁴¹behandlas detta område enligt följande:

Sammansättning och produktion – Tabell med blandningsklasser och övrig information.
Torr sprutbetong

- Produktion – en del krav förekommer vad gäller blandningsstation.
- Arbetstemperatur – tabell med temperaturer för torr och fuktad blandningar.
- Naturlig fukthalt – 0,2 % eller enl. SH-cement tillverkaren

⁴¹ Österreichischer Betonverein; "Sprayed Concrete Guideline Application and Testing", 1999

- Förvaring och transport – förvaras torrt, spillt material får ej användas utan speciellt förfarande.
- Möjligheten till långtidsförvaring av torrbruk – enligt leverantörens rekommendationer

Förfuktad sprutbetong:

- Produktion – beroende på cementsort kan öppethållandetiden variera från 1,5 timme och kortare detta inverkar även på sträckan mellan blandarstation och vart arbetet ska utföras.
- Arbetstemperatur – åtgärder vid höga eller låga temperaturer för att ändå erhålla ett bra resultat.
- Naturlig fukthalt – mellan 1,5% och 5%.
- Förvaring och transport
- Öppethållande tid – beror mycket på yttre påverkan men en riktlinje är 1,5 timme, vilket kan förlängas med retareder.

Våt sprutbetong:

- Produktion av pumpbar betong och betong för tunna ytor – blandningsutrustningen bör innehålla en elektronisk kontroll med följande funktioner: automatiskt mäta fukthalt i sanden och korrigera tillsatt vattenmängd, jämföra aktuell vikt med receptet, betongtemperaturer och blandningstid, receptutskrift och statistisk utvärdering (om möjligt).
- Arbetstemperatur - om utetemperaturen är över 20°C påverkas arbetbarheten till det sämre.
- Öppethållande tid – ca. 1,5 timme vilket kan förlängas med retareder.

Det åttonde kapitlet behandlar konstruktiva krav.

Allmänna krav

- Konstruktion och design
- Fogar
- Formbyggnad om det behövs
- Dubbla förstärkningslager

Förstärkning

- Stål armering
- Täcksikt

Nionde kapitlet behandlar en konstruktionsmetod då endast ett lager förs på. Detta lager ska både klara den konstruktiva delen och rätt ytskikt.

- Definition, variationer i utförandet
- Sprutbetonggradering och design

- Att tänka på vid utförandet – vidhäftning, rengöring, fogar, lager etc.

Det tionde kapitlet behandlar speciella procedurer som t.ex..

Sprutbetong utsatt för högre lufttryck kan ge ökad luftfuktighet, inverkan på kvalitet, aktuella mätmetoder samt skillnader i lufttryck (speciellt i tunnlar).

Stålfiberförstärkt sprutbetong – applicering och funktion (mängd fibrer samt max ballast storlek), fibrers utformning (längd och diameter), arbetsprocedur (tillsättning samt jämn tillsättning), krav som ska uppfyllas för fiberförstärkt sprutbetong (vidhäftning, hållfasthet, seghet – här anges en mer detaljerad beskrivning på provresultat och metod).

A.7 Genomförande – förarbete, utförande och efterarbete

Standarder

Förarbete

I standarderna⁴² nämns följande om förarbetet:

Säkerhetsanordningar (säkerheten för operatören ska garanteras), *ställningar* (ska bära all utrustning och personal samt klara den återstuds som blir, vara placerad så att rätt avstånd mellan munstycke och vägg kan erhållas, tillåta tillgänglighet för det som behöver åtgärdas) och formbyggnad (undvika fickor där återstuds kan samlas).

Förbehandling av ytor som ska pågjutats ska följa EN 1504-10. Här anges bl.a. lämpliga provningsmetoder för att kontrollera underlaget.

Förvattning av underliggande betong ska ske om inte ytans temperatur är under +5°C. Detta är för att motverka att underlaget tar vatten från den färska betongen.

Skydd mot extrema temperaturer, höga som låga, ska detta beaktas och förberedas.

Genomförande

Rät vinkel mellan munstycke och ytan för att erhålla optimal densitet, tjocklek och minsta återstuds. Viss korrigering där armering finns.

Avståndet avgörs vid arbetsplatsen, bara så att bra kompaktering och god omslutning av armering erhålls (0,5-1,5m).

Tjockleken bestäms från fall till fall. Andra påslaget får vänta till dess att det underliggande kan bära den nya lasten. Vid andra påslaget på torr yta ska underlaget renas med tryckluft, högtryckstvätt eller blästring.

Påslagen kan vara tjockare om accelerator, speciellt tillsatsmaterial eller cement används.

Applicerad sprutbetong ska vara homogen och ej inkludera återanvänt material. Gammal sprutbetong slask, återstuds etc. ska alltså tas bort.

⁴² PrEN AAA Part 2, "Sprayed Concrete Part 2 – Execution", 2000

Efterbehandling

Den sprutade ytan ska lämnas som den är om inte annat anges. Ett avslutande lager kan dock läggas på och behandlas.

Tunna lager är extra känsliga för krympning och därmed sprickor. God härdning är viktigt och ska ske enligt standard. Vattenhärdning kan ske vid temperaturer över +5°C.

Handböcker

Efter en generell inledning i SveBeFo:s⁴³ skrift där man rekommenderar att våta ytor dräneras av och där torra ytor fuktas nämner man följande:

- Sprutning direkt på arbetsytan – applicering bör ske snabbt efter att ytan rengjorts.
- Andra påslag på en ung sprutbetong – om ett andra påslag läggs på en icke härdad yta behöver ingen speciella behandling av ytan ske innan.
- Sprutning på en befintlig konstruktion – för god vidhäftning krävs att ytan rengörs ordentligt.
- Dränering av vatten – viktigt att undvika allt vattentryck som kan påverka den nysprutade betongen.

Själva sprutningen. I den generella inledningen nämns olika krav på att standards ska följas liksom hur arbetsledningen på plats bör ske. I övrigt förekommer rekommendationer inom följande områden:

- Utförande – avstånd, placering av munstycke och betong, vart man bör börja samt vem som ska kontrollera tjocklek.
- Lagertjocklek
- Fogar i konstruktionen – beskrivning på hur detta ska genomföras.
- Ytbehandling
- Väderlekens betydelse – sprutning i kallt väder eller varmt.

Härdning av den färdigsprutade ytan. De rekommendationer som finns gäller:

- Förhållanden vid härdning
- Härdningstid
- Metod – vatten, membranhärdare

I den Norska handboken⁴⁴ tar man upp förarbeten som rensning, geologisk kartläggning etc., därefter går man över till att beskriva själv sprutningen. Sist nämner man härdning och den rapport som ska skrivas för varje utfört sprutbetongarbete.

⁴³ Malmberg B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergsteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

⁴⁴ Norsk Betongforening; "Sprøtebetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7", 1999

Utförande

Först nämns förarbete (rengöring och dränering av underlag, tillsatsmedel och kontroll av utrustning), sprutning (accelerator, påslagstjocklek och sprutning mot armering), armering och härdning.

I EFNARC:s⁴⁵ skrift från 1996 tar man upp olika punkter vad gäller förarbete där följande nämns för bergförstärkning:

- Dålig samt lös sten ska tas bort från ytan
- Berget ska kartläggas så att det totala behovet för förstärkning kan klarläggas
- Vattenläckor ska dräneras bort eller stoppas genom ex. injektering

Vid reparation av betongkonstruktioner nämns följande:

- Konstruktionen kondition ska bestämmas
- Orsaken till nedbrytning ska identifieras och elimineras i den mån det är möjligt
- Defekter och löst sittande delar ska tas bort och den resterande betongen ska utgöra ett fullgott material.
- Om betongen är karbonatiserad eller om klorider trängt in ska betongen realkaliseras respektive kloriderna tas bort. Om detta inte är möjligt ska den skadade betongen tas bort dock genom att behålla konstruktionens struktur och bärförmåga.

Efter förarbete tar man upp genomförandet och efterbehandlingen. Följande sägs om genomförandet:

- Förvattning ska ske om inte annat anges
- Stora håligheter ska fyllas först innan hela ytan sprutas
- Sprutningen ska börja nederst och fortsätta uppåt. Detta är för att undvika att spruta in spillet.
- Munstryckets ska generellt placeras 90° mot ytan.
- Hastigheten och avståndet vid sprutning ska vara det optimala för bästa vidhäftning och täthet.

När det gäller efterbehandling hänvisar man till EN-standards samt att man ger vissa rekommendationer inför att flera påslag ska läggas.

Kapitel fem i den Amerikanska handboken⁴⁶ behandlar förarbeten. Där man har delat upp det i jordytor, stål ytor, betongytor samt murade ytor. Därefter behandlas:

- Formarbete – material
- Förstärkning – armering och nätarmering
- Förankring – till stål, betong, murverk, berg och trä.
- Kontroll av räta linjer och korrekta avstånd och djup

⁴⁵ EFNARC; "cvcvc"; 1996

⁴⁶ ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

- Fogar
- Skydd av intilliggande ytor
- Speciella applikationer och blandningar
- Förarbeten – förberedelser vad gäller material, utrustning samt rengöring och förvattning
- Sprutning – våt- och torrsprutning
- Applicering av sprutbetong – generellt, pumputrustning, kontroll av tillsättning av vatten, hastigheten i munstycket, teknik och hantering av munstycket, tjocklek och arbetsställning och riktning mot ytan, sprutningen, flera påslag, bärande konstruktioner med sprutbetong, återstuds och för mycket sprutbetong kommer ur munstycket samt inverkan av väderlek.
- Efterarbeten – naturlig avslutning, avslutningslager med finare ballast, ytbehandling med träplatta, gummiplatta, borste och stålglättning.
- Härdning – bäst är att härda med vatten men membranhärdare kan också vara lämpligt i vissa fall.
- Sprutning vid varm utetemperatur – man bör vara mer observant vid våtsprutning än vid torrsprutning.
- Sprutning vid kall väderlag – alla risker för att betongen utsätts för frysning ska elimineras.
- Försiktighet – rätt skyddsutrustning på personal

Kapitel sex i den Österrikiska hanboken⁴⁷ behandlas utförande av sprutning.

Applicering av sprutbetong

Det som behandlas är:

- Tjocka påslag
- Avstånd mellan munstycke och underlag
- Accelerator dosering
- Återstuds
- Förstärkning
- Låga temperaturer
- Efterbehandling

Torrsprutning

Leverans av torrbruk – torrbruk, blandningsutrustning, slangar, munstycke samt tillsättning av vatten.

Tillsättning av accelerator – utrustning för att tillsätta flytande och torr accelerator

Våtsprutning

Leverans av betongen - utrustning, slangar och munstycken.

Tillsättning av accelerator – utrustning för att tillsätta flytande och torraccelerator

Placering av våt sprutbetong – robot och avstånd mellan munstycke och underlag

⁴⁷ Österreichischer Betonverein; "Sprayed Concrete Guideline Application and Testing", 1999

Det sjunde kapitlet behandlar krav på sprutbetongen.

Sprutbetongklasser'

- Sprutbetong utan bärande funktion
- Sprutbetong med bärande funktion
- Sprutbetong med särskilda krav på bärande funktion

Sprutbetong med speciella egenskaper – för samtliga betonger anges hur detta kan uppnås och vilken provningsmetod som gäller.

- Vattentät och frostresistent
- Sprutbetong med hög beständighet mot kemiska angrepp
- Sprutbetong med hög beständighet mot mekaniska angrepp
- Sprutbetong med beständighet mot frost och tningscykler

Betongklasser

Här finns en tabell som anger för olika placeringar av sprutbetong och krav vilken betongklass som gäller.

A.8 Utrustning

Standarder

I standard⁴⁸ nämns följande om utrustningen:

Satsningsutrustning

Utrustningen ska tillgodose att de toleransgränser som finns i den aktuella standarden kan följas. De nationella reglerna ska följas om det finns sådana annars finns det några regler uppunktade.

Blandare

Ska ge en jämn betong enligt önskemål.

Sprutningsutrustning

I de fall accelerator används ska korrekt tillsättning kunna tillgodoses.

Provningsutrustning

All utrustning och instruktioner ska finnas tillgängliga och utrustningen ska vara kalibrerad.

Lufttillförsel - rätt mängd luft med rätt tryck är viktigt och det är även kompressorns kapacitet att ge ett jämnt flöde av luft och där luften inte är förorenad av t.ex. olja.

Vatten – rätt vattentryck vid torrsprutning är viktigt.

⁴⁸ PrEN AAA Part 2, "Sprayed Concrete Part 2 – Execution", 2000

Slangar – diametern ska väljas så att rätt mängd erhålls i munstycket för att erhålla en jämn sprutad yta.

Pumpar för tillsatsmedel – ska möjliggöra doseringar inom toleransgränserna.

Handböcker

I SveBeFo:s⁴⁹ samlingsskrift nämns utrustning för torrsprutning.

Sammanställningen av rekommendationer tar upp följande delar:

- Typ av maskin – Bell type eller rotormaskin.
- Slang – dimension.
- Munstycke – material och förvattning.
- Tillsättning av tillsatsmedel – flytande tillsatsmedel tillsätts i munstycket och torra tillsatsmaterial tillsätts maskinellt på bandtransportör.
- Vattentillförsel – tryck och utformning på munstycke.
- Luft – flöde, tryck och kompressorkapacitet.

Sammanställning av rekommendationer vid våtsprutning tar upp följande:

- Typ av pump – skruvpump och kolvump.
- Luft – Flöde och tryck.
- Slang – material, dimension och kopplingar.
- Munstycke – material och dimension.
- Tillsättning av tillsatsmedel – accelerator tillsätts i munstycket och mängden kontrolleras med hjälp av pump, men manuell kontroll måste också ske.

Sprutning med robot rekommenderas vid stora arbeten och där miljön och säkerheten kan säkras för operatören.

Norsk handbok⁵⁰ behandlar framförallt utrustning för våtsprutning. Första stycket behandlar betongpumpen därefter behandlas betongslangar och kopplingar, munstycke, tryckluft, accelerator, utrustning till torrsprutning och arbetsmiljö.

Det åttonde kapitlet i EFNARCS⁵¹ skrift från 1999 behandlar utförande av sprutningen. För förarbetet gäller att det är avgörande för att få ett fullgott resultat. De förarbeten som nämns är som grundläggingsmaterial, bergförstärkning, betongreparationer och kvantitet.

Därnäst nämner man själva sprutningen. Först nämns sprutningstekniker – påslag tjocklekar, sprutning med stålfibrer, mätning av återstuds, reparationssprutning, operatörens yrkesskicklighet.

⁴⁹ Malmberg B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergsteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

⁵⁰ Norsk Betongforening; "Sprotebetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7", 1999

⁵¹ EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", IBN 0 9522483 60, 1999

Nästa område är utrustningen. Här tas både torr- och våtsprutning upp. Det som nämns är erforderlig utrustning, kapacitet och tryck samt rekommenderade slang och munstycksdimensioner.

Näst sist nämns applicering med våtsprutbetong för bergförstärkning och sist ställning (som ska vara anpassad för operatör och utrustning). Vid applicering med våtsprutbetong för bergförstärkning nämns vad som gäller generellt, sprutning i lerzoner, berg utsatt för högt tryck, kontroll av tjocklek på påslag samt avrundning av hörn och kanter.

Kapitel tre i den amerikanska hanboken behandlar utrustning för torrsprutning och våtsprutning. Det finns beskrivningar på hur utrustningarna ser ut och fungerar samt vad man bör tänka på vid användandet. Dessutom redogörs för lufttillförsel för både torr- och våtsprutning. Därefter tas blandningsutrustning upp och därefter slangar, munstycken samt extra utrustning.

A.9 Personal och organisation

Standards

EN 1504-9 och 1504-10 ska följas:

Operatören ska vara erfaren och tränad samt erhålla information och träning om hälsa och säkerhet relaterad till aktuellt arbete.

Handböcker

Kapitel fyra i den amerikanska handboken⁵² behandlar personalens organisation. I inledningen nämner man att det viktigaste elementet för ett lyckat sprutbetongarbete är människan själv och inte utrustningen, duktiga arbetsledare och operatörer.

Sammansättning av arbetsgrupp samt arbetsuppgifter – förman, operatör, ytbehandlare, assisterande operatör, pumpoperatör, blandansvarig och laborant.

Kvalifikationer – specificeras för de olika ansvarsområdena

Kommunikation – speciellt under sprutning

Vägverket⁵³ kräver att personal som utför sprutbetongarbeten ska ha särskild erfarenhet av detta arbete.

⁵² ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

⁵³ BRO 94, VV Publ 1994:7 Kap. 7, 74.4 Sprutbetong, Vägverket 1994

A.10 Provning, egenskaper och beständighet samt krav

Standarder

Enligt standard⁵⁴ gäller följande krav (det finns även kompletterande tabeller):

Krav på ingående delmaterial:

- Delmaterialen får inte innehålla några skadliga beståndsdelar
- Materialen ska nämnas/uppfylla gällande EN-standards – alt. förprovas eller följa gällande nationell standard.

Krav på sammansättningen:

- Generellt – här nämns bl.a. vad konstruktionens livslängd påverkas utav. T.ex. utförande skett enligt ENV 13670-1, tillräcklig tjocklek erhålls, hänsyn tas till omgivningen etc.
- Delmaterialen – tabell där delmaterial och krav samt provningsmetoder redovisas, användandet av cement, ballast, tillsatsmedel, tillsatsmaterial samt fibrer. Dessutom tas kloridinnehåll och vct upp.

Krav på blandningen – tabell som anger egenskap och krav samt provningsmetod:

- Konsistens
- Temperatur

Krav på den nysprutade betongen – tabell som anger egenskap och krav samt provningsmetod:

- Densitet
- Fiberinnehåll

Krav för den härdade sprutbetongen – tabell som anger egenskap och krav samt provningsmetod:

- Färsk sprutbetong
- Tryckhållfasthet
- Densitet
- Elasticitet
- Böjhållfasthet
- Vattentäthet
- Frostresistens
- Vidhäftning

För fiberförstärkt sprutbetong:

⁵⁴ PrEN AAA Pt1 N, "Sprayed Concrete Part 1 – Definitions, Specifications och Confirmity", 2000

- Första peak för böjhållfastheten
- Maximala böjhållfastheten
- Återstående hållfasthet
- Elasticitetsmodul

Handböcker

I SveBeFo's⁵⁵ skrift behandlas provningsmetoder. I inledningen nämns de olika dimensioner på provkroppar som olika handböcker och standards tar upp. Att välja rätt provkropp är viktigt ur både praktisk och teknisk synvinkel. Här ges rekommendationer om hur proverna ska tas ut.

I en andra del behandlar provningsmetoder på den färska betongen. Här bör fibermängd, återstuds samt åtgång av tillsatsmedel – accelerator. Efter det färska betongen tas provtagning på den hårdnande betongen upp – hållfasthetsutveckling.

Provtagning av den härdade betongen involverar tester på:

- Tryckhållfasthet
- Seghet
- Spräckhållfasthet
- Densitet
- Tjocklek
- Vidhäftning
- Vattentäthet

Den norska handboken⁵⁶ behandlar krav på följande sätt: Här nämns inga krav till färdig produkt utan ger ”goda råd”. Först nämns materialegenskaper (miljöklass, material sammansättning, hållfasthetsklasser, seghet, böjdraghållfasthet, vidhäftning, tjocklek och beständighet) delmaterial (material krav som inte är värderas ur teknisk/ekonomisk synvinkel angavs i produktspecifikationen), betongproduktion, praktisk kvalitetssäkring (förutsättningarna för väl genomfört kvalitetssäkring är bl.a. att beställning och kvalitetskrav är entydiga), specifikation av sprutbetong (vägledning för den som specificerar, byggherrens-, utförarnade sprutbetongsentreprenörs- och entreprenörens-specifikation), kvalitetsdokumentation (från betongproducent till entreprenör samt från entreprenör till byggherre) samt checklistor (betongrecept, förarbeten, betongtillverkning, utförande och efterarbete).

Första kapitlet behandlar tidig hållfasthet och provning av denna.

Andra kapitlet behandlar hållfasthetsutveckling och provning av denna.

Tredje kapitlet behandlar seghet och provning av denna. Först nämns böjning av balkar (framställning av balkar, tillvägagångssätt i laboratoriet och provning, rapportinnehåll och värdering av provningsresultat.) Därefter nämns provning av plattor, (framställning av plattorna därefter sprutning, provning, rapportens innehåll och värdering av resultat)

⁵⁵ Malmberg, B.; ”Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation”, Stiftelsen Bergteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

⁵⁶ Norsk Betongforening; ”Sprutbetong til fjellsikring – Publikasjon nr. 7”, 1999

Fjärde kapitlet behandlar vidhäftning (bomknackning).
Femte kapitlet behandlar fiberinnehåll och provning därutav.
Sjätte kapitlet behandlar tjocklek och kontroll av denna.

Nionde kapitlet i EFNARCS⁵⁷ skrift från 1996 behandlar bestämmelser för slutlig produkt.

- Tryckhållfastheten. Här refererar man till EN-standards samt att man lagt in tabeller. Böjhållfasthet och har lagt in tabeller.
- Segheten hos ett material är antingen specificerat genom klasser för resterande hållfasthet (från böjning av balk) eller klasser för energilagringssförmåga (från provning av platta). Här finns även en del tabeller.
- Elasticitetsmodul – Förekommer det rörelser i konstruktionen ska elasticitetsmodulen verifieras.
- Vidhäftning – tabell kan användas om vidhäftning är specifikt angiven om berget ej medgör vidhäftning ska detta ej specificeras.
- Fiber innehåll – innehållet av fibrer ska anges i kg/m³ efter att det har sprutats på.
- Permeabilitet
- Frostresistens – Sprutbetong som kan utsättas för frysning ska provas med tanke på avskalningsresistens med och utan salt (SS 13 72 44 eller ASTM C 672) samt med tanke på nedsänkning i vatten (ASTM C666).

Det tionde kapitlet behandlar testmetoder.

- Provkroppar - vilka ska vara 600 x 600 mm vid handsprutning och 1000 x 1000 mm vid robotsprutning. I övrigt anges hur provet ska tas ut och hur det ska behandlas vid härdning och transport etc.
- Tryckhållfasthet och densitet – Här refererar man till standards där tryckhållfastheten kan bestämmas genom att borra ut cylindrar eller såga ut kuber ur provkropparna. Rapporten som levereras ska innehålla:
 1. Identifiering av provkropp
 2. Vatteninnehåll i provkroppen
 3. Provkroppens dimensioner
 4. Behandling, hantering samt ålder vid provning
 5. Maximal last och tryckhållfasthet (närmaste 0,5 Mpa)
 6. Densitet (närmaste 10 kg/m³)
 7. Avvikelser i utseende och beteende hos provkroppen
 8. Påpekanden
- Böjhållfasthet och kvarvarande hållfasthet – detta ska provas på balkar som är 75 x 125 x 600 mm
- Förmåga att lagra energi –
- Elasticitetsmodul –
- Vidhäftning –
- Permeabilitet – ska ske enligt EN 7031

⁵⁷ EFNARC; "European specification for sprayed concrete", IBN 0 9522483 1 X, 1996

- Fiberinnehåll –

I kapitlet med bestämmelser för beständighet i EFNARC:s skrift⁵⁸ från 1999. (Här säger man att en beständig betong är en som tål de påfrestningar som den var dimensionerad och designad för och gör detta under hela den planerade livslängden.) Lista på vad betongen kan utsättas för finns i prEN 206:1997.

Efter den generella inledningen nämns:

- Kloridinnehåll – allmän information samt hänvisning till EN standard för acceptabla kloridhalter etc.
- Alkaliinnehåll – allmän information samt tillvägagångssätt för att undvika skador.
- Krav relaterade till omgivande miljö

Nionde och tionde kapitlet behandlar bestämmelser för ”slutprodukt” samt provningsmetoder. Provkroppar och hur de tas ut beskrivs.

- Tryckhållfasthet – klassificering av betonghållfasthet samt tryckhållfasthet prov. Färsk betong provas enligt prEN 12394, utsågade prover eller borrhärdingar enligt prEN 12504, tidig tryckhållfasthet provas efter 30min till 12 timmar efter beskrivning, densiteten provas rutinmässigt och borrhärdingar ska alltid inspekteras noggrant för att bekräfta kvalitén på sprutningen.
- Seghet – Provas efter 28 dygn och medelvärde av tre prover. Balkböjning.
- Draghållfasthet – möjligheten för sprutbetong av ta laster efter spricka och bestäms enligt de två nedan beskrivna metoderna.
- Energilagringsslag – bestäms på tre prover och riktvärden specificeras eller överenskommas av/med ingenjör. Balkböjning.
- Förmågan att lagra energi- bestäms på tre prover och riktvärden specificeras eller överenskommas av/med ingenjör. Tryck på upplagda plattor.
- Elasticitetsmodul – specificeras av ingenjör.
- Vidhäftning – bomknackning är en metod, utborede kärnor. Vidhäftning och kraven på detta varierar beroende på grundmaterialet. Beskrivs bäst i prEN 1542 (anpassat för reparation)
- Fiberinnehåll – allmän information om fibrer av olika typ som används i olika sammanhang.
- Permeabilitet – Tre borrhärdingar ska tas ut för provning. En metod är prEN 12364.
- Frostresistens – ska provas om egenskapen krävs. En metod kan vara SS 13 72 44.

Elfte kapitlet behandlar provningsmetoder. Provning utförs för att säkra god kvalitet.

Ingående material – här finns två tabeller där erforderlig provning sammanställts.

Blandning – tabeller där erforderlig provning sammanställts

Sprutbetongen – förprovning (verifierar både den färska betongen och den hårdnade betongens egenskaper)

⁵⁸ EFNARC; ”Guidelines – for specifiers and contractors”, IBN 0 9522483 6 0, 1999

Kvalitetsprovning – kontinuerlig provning av den färska betongen för att säkerställa jämn/god kvalitet

Hårdnad betong – säkerställa att rätt betonegenskaper erhålls

Inspektion av blandare och provningsutrustning – tabell där erforderlig provning är sammanställd.

Tolfte kapitlet behandlar själva provningsförfarandet – främst provning kopplat till laboratorium och arbetsplats.

Delmaterial

- Uttagning av prover av delmaterial och torrbruk
- Separation - cement och bindemedel
- Laboratorietester för bindemedel i kombination med accelerators – manuell provning samt instruktioner för provning
- Tillverkning för prover av bindemedel och accelerators – tillverkning av cylindriska provkroppar med bindemedel, Tillverkning av prover enligt EN 196-part 1, tillverkning av provkroppar med referenssprutbetong (tabell med sammansatta referensrecept för torr- och våtsprutning.
- Laborieprovning av bindemedel och accelerators för hållfasthetsutveckling.
- Volymbstabilitet hos sprutbetong – provningsmetod och instruktioner för provning
- Bestämning av alkaliinnehåll för cement och accelerators
- Identifiering av en accelerator
- Bestämning av AL_2O_3 -halt
- Provning av ballastens inverkan på hållfastheten
- Kvalitativ bedömning av den kommande sprutningen
- Provning av möjliga alkaliballastreaktioner

Blandning utan accelerators

- Utvärdering av öppethållandetiden för förfuktatblandning – utrustning, inspektion av Dewar flaskan, instruktioner för provtagning och utvärdering.
- Provning av betong utan accelerator
- Provning av torrbruk
- Provning av färsk sprutbetong (tidig hållfasthet)
- Penetrationsnål
- Metod med bultpistol – skruvar skjuts in och inträngningen kan omräknas i hållfasthet. Inkl. instruktioner för provning och utvärdering.

Provning av sprutbetong

- Provning på hårdad sprutbetong – densitet, tryckhållfasthet, seghet, permeabilitet, frostresistens och elasticitetsmodul. Tabell bifogas med storlek på provkroppar och förfarande vid förvaring.
- Provning av sulfatresistens – behandling av provkroppar, förberedelse av utrustning etc.

- Bestämning av ekvivalent böjhållfasthet och arbetbarhet
- Böjning av plattor – syfte, instruktioner för provning
- Utvärdering av sprutbetong

Kontroller som ska göras vid tillverkning av sprutbetong

Verifiering av dosering med pulver och flytande accelerator och SH-cement

Bestämning av resultat vid sprutning och återstuds

Mätning av finhaltskoncentrationen

Tjocklek hos sprutbetongen

Fiberinnehåll hos den färdigsprutade betongen

Prover tas direkt efter sprutning eller borrhning.

Det trettonde kapitlet behandlar kvalitetsstyrning. Två tabeller finns där man sammanställt vad som ska kontrolleras före och under sprutning.

Fjortonde kapitlet behandlar kort krav/rekommendationer för anbud.

Vad som generellt ska ingå i förfrågningsunderlaget inför anbud och som även ska ligga till grund för specifikation är:

- Igenfyllnad av håligheter som blir under sprutning och som har geologiska orsaker.
- Reparation av sprutbetong med bärande funktion.

Entreprenören får generellt bestämma själv om torr- eller våtsprutning ska användas.

I övrigt bör följande ingå:

- Tidig hållfasthet
- Krav som ställs på sprutbetongen
- Provningsfrekvens och/eller undantag
- Beräknad kostnad för förprovning, kvalitets och provning av den härdade betongen
- Minsta och maximala tjocklek
- Uppskattning kring möjliga kvalitetsbrister och bristande tjocklek
- Krav på ytfinish
- Indikationer på arbetsplatsens utformning och arbetsförhållanden
- Specificerade måtenheter
- Speciella provningsrutiner
- Krav på provning
- Specificera provningsmetod för hållfasthetsklasser inom ramen för kvalitetsuppföljningen

A.11 Kvalitetskontroll och uppföljning

Standard

Om inget annat anges ska inspektion ske enligt de tabeller som finns i standard^{59/60}. Det finns även tabeller relaterade till vilken typ av arbete som ska utföras; bergförstärkning, reparation, uppgradering samt nyproduktion.

Inspektion innan sprutning – enligt aktuell inspektionsklass

- Formarnas utformning
- Armeringens placering och fästning
- Täcksikt
- Förbehandling av motgjutna ytor enligt föreskrift

Dokumentation av inspektion enligt inspektionsklass.

Generellt

- Om kontrollen visar på avvikande resultat ska tilläggsprovning göras enligt EN 12504-1 samt EN 12504-2.

Inspektionsklasser

- Tre inspektionsklasser som beskrivs i tabeller.

Förprovning

- Förprovning ska ske enligt tabell.
- Det ska visas att de ställda kraven kan uppfyllas innan projektet startar.
- Förprovningen ska genomföras med samma personal, utrustning, metod och material som vid skarp sprutning.
- Finns det stor erfarenhet hos personalen (som är den samma) från liknande arbeten behövs ingen förprovning. Avvikelser från tidigare förfaranden ska dock noggrant dokumenteras.

Produktionskontroll

Det som generellt ska kontrolleras för att säkerställa kvalitén är:

- Ingående delmaterial – tabell finns där delmaterial, provning och syfte samt frekvens anges.
- Blandning – tabell finns där typ av test, inspektion, syfte och frekvens anges.
- Sprutbetongens egenskaper – om provning krävs enligt projektspecifikationen ska provning ske enligt tabell.
- Utförande

⁵⁹ PrEN AAA Pt1 N, "Sprayed Concrete Part 1 – Definitions, Specifications och Confirmity", 2000

⁶⁰ PrEN AAA Part 2, "Sprayed Concrete Part 2 – Execution", 2000

Kriterier som används vid uppföljning för att se om ett värde är godkänt eller ej

- Tidig hållfasthetsutveckling – antal provplatser etc specificeras i tabell.
- Tryckhållfasthet – de kriterier som gäller anges i tabell
- Resistens mot vatteninträngning
- Frostresistens
- Vidhäftning
- Fiberinnehåll
- Spänning vid första spricka
- Maximal spänning/böjhållfasthet
- Elasticitet

Förmåga att lagra energi hos fiberförstärkt sprutbetong

Handböcker

I SveBeFo's skrift nämns följande om kvalitetskontroll: Först nämns förprovning vilket involverar kontroll av det aktuella konceptet där man rekommenderar en del provning på både den färska och den härdade betongen. Därefter följer rutinkontroll där vissa länder använder sig utav olika kontrollklasser. Här anges kontroll vid arbetsplatsen vilken är speciellt omfattande för våtsprutning.

I norska handboken nämns följande om kvalitetsstyrning och dokumentation: Här nämner man att organisation och bemanning samt rutiner för styrning och dokumentation av kvalitet ska anpassas till projektets art, styrelse och varaktighet. I kapitlet tar man upp kvalitetssäkring (information, kvalifikationer för personalen) samt kontrollplan (tre kontrollklasser nämns, begränsad kontroll, normal kontroll och utvidgad kontroll). I kapitlet finns även två tabeller, en för gruppering av kontroll (kontrolltyp, ansvar och omfattning) samt en för kontrollfrekvens (kontrolltyp, begränsad-, normal- och utvidgad kontroll).

Kapitel elva i EFNARC:s⁶¹ skrift från 1996 behandlar kvalitetskontroll. I en inledning nämns de tre klasserna som kontroll kan ske efter, mindre kontroll, normal kontroll samt utökad kontroll. Valet av kontrollklass ska diskuteras av konstruktör baserat på typ av projekt och konsekvens vid fel.

Förprovning innan applicering färsk betong:

- Vattenbehov, arbetbarhet och pumpbarhet
- Sprutbarhet och återstuds
- Konsistens och densitet
- Dosering av accelerator

Förprovning innan applicering hårdnad betong:

- Tryckhållfasthet efter 7 och 28 dygn

⁶¹ EFNARC; "European specification for sprayed concrete", IBN 0 9522483 1 X, 1996

- Böjhallfasthet
- Lagrad energi
- Fiber innehåll
- Vidhäftning

Kvalitetskontroll - för förstärkning under jord, produktionskontroll (EN 206) eller förprovning samt uppstyrande kontroll.

Elfte kapitlet i EFNARC⁶² skrift från 1999 behandlar kvalitetskontroll. Förts generellt därefter förprovning och kvalitetskontroller.

Kapitel nio i den amerikansk handboken⁶³ behandlar kvalitetskontroll. Efter en inledning där man nämner att det är av vikt att följa upp arbetet för att säkerställa att rätt egenskaper erhålls och att livslängden på konstruktionen blir den rätta. De delar man kontrollerar är enligt följande:

- *Utformning och kvalitetskontroll* – bestämma form, tjocklek, förstärkningar och proportionering.
- *Material* – de levererade materialens kvalité, specificerade recept, förvaring och transport.
- *Utrustning* – ska hållas ren och underhållas för en säker funktion.
- *Kompetens* – certifiering i ACI 506R
- *Placeringsteknik* – viktigt att betongen appliceras rätt för bästa resultat.
- *Inspektion* – Erfaren kontrollant
- *Provning* – fysisk provning på betongen före, under och efter applicering. Här ska ACI 506.2 följas.

A.12 Miljö, hälsa och säkerhet

Handböcker

De områden som tas upp i de olika handböckerna⁶⁴ och sammanställningarna är enligt följande:

- Gränser för dammkoncentration på arbetsplatsen
- Krav på ventilation
- Ljus
- Skyddande kläder
- Renhållning och rengöring av arbetsutrymmen och utrustning

Kapitel tolv i EFNARCs⁶⁵ skrift från 1996 behandlar endast helt kort hälsa och säkerhet. Här nämns att applicationer med sprutad betong skall möta de hälso- och säkerhetskrav som är aktuella för det aktuella jobbet/platsen.

⁶² EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", IBN 0 9522483 6 0, 1999

⁶³ ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

⁶⁴ Malmberg, B.; "Shotcrete for Rock Support, Guidelines and Recommendations – A Compilation", Stiftelsen Bergteknisk Forskning BeFo 463:1/93, 1993

Tolfte kapitlet i EFNARCs⁶⁶ skrift från 1999 behandlar miljö, hälsa och säkerhet. Här tar man upp saker som säkerhet för personal och påverkan från omgivande miljö. För det förstnämnda tar man upp dammkoncentration personlig säkerhet, observant på om material blockerar i slang och munstycke, säkerhet för slangar och kopplingar. När det gäller omgivande miljö tar man upp inverkan på jorden, inverkan på vatten samt spillrets omhändertagande.

I den Österrikiska handboken⁶⁷ anses det viktigt att följande aspekter vad gäller miljön följs upp:

- Inverkan på luftkvalitén
- Inverkan på jorden, en rekommendation är att man minskar återstudsens i möjligaste mån samt använder icke alkaliska acceleratorer.
- Inverkan på vatten (speciellt berg och grundvatten) Här finns även krav på vad urlakat vatten från sprutbetong får innehålla.
- Inverkan på hälsa och säkerhet. Även här finns en tabell med tillåtna dammkoncentrationer baserat på maximalt tillåtna avfallskoncentrationen på arbetsplatsen.

A.12.1 Checklistor för beställare inför förfrågningsunderlag, kontrakt etc.

Standarder

Projektspecifikation

Ska inkludera all nödvändig information och tekniska krav som behövs för att genomföra arbetet. Det som definitivt ska ingå är: typen av arbete, inspektionsklass, syftet med sprutningen, krav relaterade till hälsa och säkerhet, personalens kvalifikationer, ytbehandling samt tjocklek. Dessutom ska det anges om en kontrollplan är nödvändig. Projektspecifikationer ska inkludera nationella standarder etc. Godkännanden och certifikat enligt nationella och europeiska regler. Inkludera hanteringen av dokument samt kopplingar till tidigare skrivna avtal om krav etc. Bra sammanfattande tabell i gällande standard⁶⁸.

Dokumentation vid genomförande

Kvalitetsplan – (om det behövs) inkludera komplett lista på relevanta referenser och vara relaterade till de krav som ställs enligt EN AAA Part 1.

Dokumentation vid utförandet – (om det behövs) baseras på denna standard och kvalitetsplanen.

Handböcker

Den amerikanska handboken⁶⁹ tar även upp, i ett appendix, vad man bör tänka på vid beräkning av kostnader och fakturering av ett sprutbetongarbete.

⁶⁵ EFNARC; "European specification for sprayed concrete", IBN 0 9522483 1 X, 1996

⁶⁶ EFNARC; "Guidelines – for specifiers and contractors", IBN 0 9522483 6 0, 1999

⁶⁷ Österreichischer Betonverein; "Guideline on Shotcrete, Part 1 - Application", 1990

⁶⁸ PrEN AAA Part 2, "Sprayed Concrete Part 2 – Execution", 2000

⁶⁹ ACI Committee 506, "Guide to shotcrete", ACI 506R-90, 1990

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31

Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35

www.elforsk.se