

De första viktiga timmarna!

En skrift om
plastiska krympsprickor



Plastiska krympsprickor i betong kan undvikas!

Sprickor som uppstår i betongytan strax innan betongen börjar hårdna har i alla tider varit ett gissel vid betonggjutning.

Det är en skada som man får leva med under konstruktionens livstid och som kan ha betydelse för beständigheten.

Med relativt enkla medel kan man minska risken för plastiska krympsprickor om man sätter in rätt åtgärder i gjutningsskedet.

I den här skriften försöker vi att enkelt förklara varför sprickor bildas och hur man kan undvika att de uppstår.

Till stora delar är det ett byggproblem som i första hand måste hanteras på arbetsplatsen.

Skriften fokuserar bland annat på de effekter som uppstår på grund av de temperaturförhållanden som råder i den färska betongen efter gjutning. Värmeflödet ur betongen kan då vara som störst, vilket också ökar risken för hastig vattenavgång.

Den grundläggande förklaringen är att betongens eget vatten strävar efter att avgå under de första timmarna innan cementreaktionen har kommit igång.

Skriften vänder sig i första hand till alla som kommer i kontakt med betong vid gjutningar samt personal vid betongfabriker.

Skriften är sammanställd av Cementa och baserar sig på praktiska erfarenheter från betonggjutningar samt på beräkningar med programmet Hett97.

Läs gärna skriften tillsammans med Cementas tidigare skrift om Gjutning i kall väderlek.

Varför uppstår plastiska krymp-sprickor?

Tidsrymden innan färsk betong börjar reagera med cementet i betongen är mycket kort. Betongmassans egenskaper är då mycket annorlunda jämfört med när den börjar hårdna.

Det vatten som finns i betongmassan är i detta skede inte bundet och kan mycket lätt avgå till omgivningen.

Om det avgår för mycket vatten och för snabbt så krymper betongen. Det

kan då uppstå plastiska krympsprickor, om betongytan inte skyddas direkt i samband med gjutningen.

Betongrecept och åtgärder under arbetsutförandet måste ses i ett sammanhang, men den grundläggande och enkla förklaringen är oftast att vattnet avgår från betongmassan.

Hur och varför förklarar vi i den här skriften.



Leran spricker när den blir torr ...



... det gör betongen också!

Naturlagarna styr!

Naturen strävar alltid efter utjämning och balans.

- Varmt går mot kallt.
- Vått går mot torrt
- Varm luft binder mera vattenånga än kall luft.

Avdunstning sker under alla årstider.

Naturlagarna har stor inverkan på gjutresultatet. Arbetsutförandet måste därför alltid anpassas till de förutsättningar som gäller på arbetsplatsen.



De första timmarna efter gjutning kan betongmassans värme flöda ut och ”drar” då med sig obundet vatten ut ur betongmassan. Storleken på värmeflödet beror dels på temperaturskillnaden mellan luft och betong dels på vindens påverkan. För stora ytor och tunna konstruktioner kan värmeavgången ske mycket snabbt.

Den färska betongmassan är oftast både varmare och fuktigare än omgivningen. Ju större temperaturskillnader desto större risk för hastig vattenavgång.

När uppstår plastiska krympsprickor?

Oavsett årstid så finns det alltid en risk för plastiska krympsprickor. Avgörande är hur mycket och hur snabbt vattnet avgår ur betongen.

Detta styrs främst av temperaturskillnaden mellan betongmassan och den omgivande luften.

De första timmarna innan härdningsprocessen kommer igång är allt vatten obundet. Därför är det viktigt att täcka betongytan så att vattnet hindras från att avgå för hastigt.

Kyla, värme, solstrålning och blåst gör att betongytan svalnar, alternativt värms upp. Blåser det blir vattenförlusten ännu kraftigare. Värmen och vattnet blåser då helt enkelt bort från betongytan och risken för sprickor ökar ytterligare.

Är betongen varmare än luften vill värmen flöda ut för att uppnå temperaturjämnning med luften.

Värmeavgång har oftast ett snabbare förlopp än värmeförlust, därför att betongmassan tar längre tid att värma än att kyla. Risken för sprickbildning finns alltid, men sprickorna har olika karaktär beroende på om orsaken är värmeavgång, värmeförlust eller skillnader i luftfuktighet.

Det idealiska förhållandet är att betongmassan och luften har samma temperatur^{*)} och att det är vindstilla. Luftfuktigheten bör också vara relativt hög. Då råder jämvikt och betongens naturliga härdningsprocess störs inte nämnvärt.

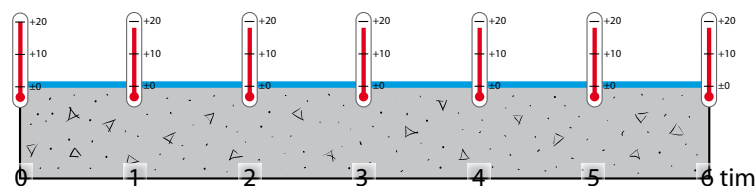
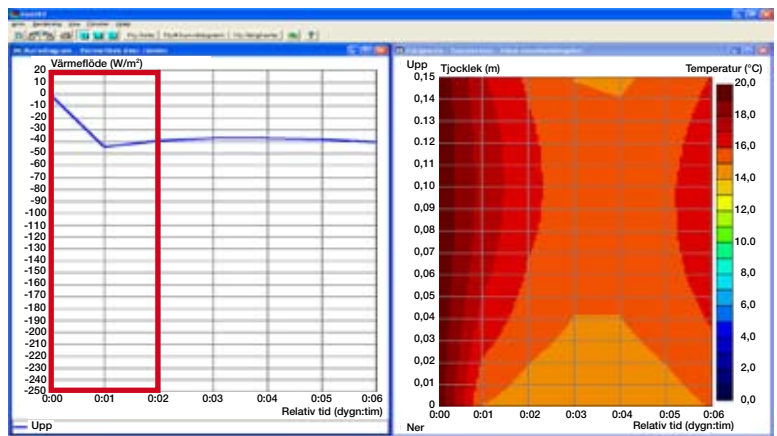
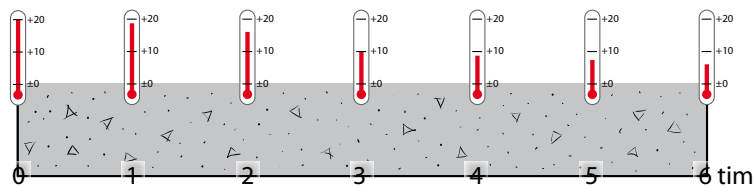
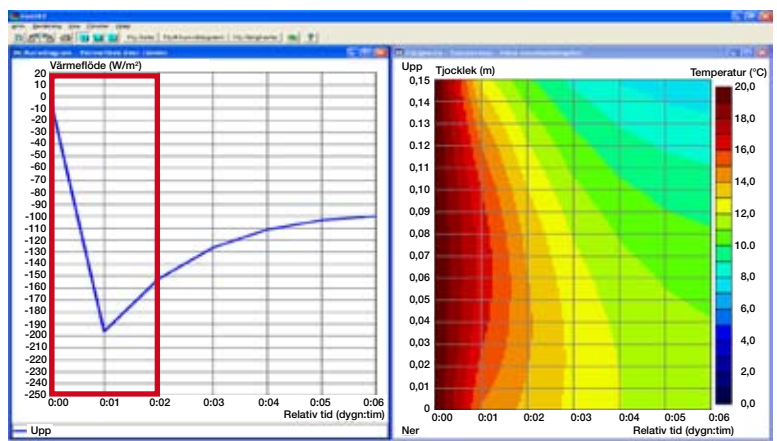
Tyvärr inträffar detta sällan i verkligheten. Varje enskild gjutning måste därför behandlas individuellt och kompenseras för de förhållanden som råder vid gjutningstillfället.

^{*)}Betongmassans temperatur bör dock oftast inte understiga +15°C på grund av att härdningsförloppet då kan bli för utdraget.

Fall 1:

Betongmassan är varmare än omgivningen

Värmen vill avgå och "drar" med sig vatten på vägen ut. Risken är då stor att det bildas relativt djupa sprickor genom att betongen krymper när det obundna vattnet avgår.





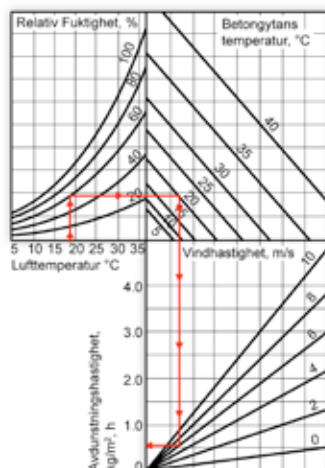
Förhållandet mellan Relativ Fuktighet, betongytans temperatur och vindhastighet.

Källa: Betonghandboken, arbetsutförande.

Fall 2:

Omgivningen är varmare än betongmassan

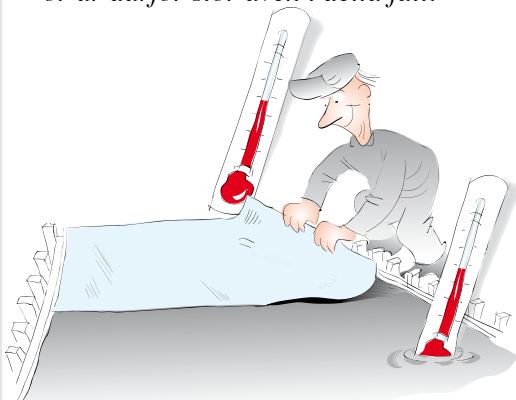
Det obundna vattnet avgår genom att betongytan torkar. Solstrålning och luftströmmar påverkar ytterligare. Risken är stor att det bildas en mängd små plastiska krympsprickor i betongens ytskikt.



Fall 3:

Betongmassan och omgivningen har samma temperatur

När betong och omgivning har samma temperatur sker inget värmefflöde ur betongen. Däremot vill det obundna vattnet i betongmassan avgå till den omgivande luften som är betydligt torrare. Risken för plastiska krympsprickor är därför stor även i detta fall.



I samtliga fall kan risken för plastiska krympsprickor minimeras genom att täcka betongen direkt efter gjutning!

Beräkna värmefflödet med Hett97

Stora temperaturskillnader kan ge mycket snabb värme- och vattenavgång ur betongmassan, vilket gör att betongen krymper och spricker. I extrema fall kan sprickorna bli genomgående.

Planering och noggranna förberedelser är helt avgörande för gjutresultatet.

Det råder aldrig samma förutsättningar vid olika gjutningstillfällen. Förhållandena kan variera kraftigt till och med under pågående gjutning, beroende på exempelvis väderomslag.

Värmeförlusterna direkt efter gjutning kan beräknas i programmet **Hett97**. Det är i första hand avsett för att se temperatur- och hållfasthetsutveckling i nygjuten betong. Men det finns också goda möjligheter att beräkna värmeförlusterna i betongmassans tidiga skede.

Presentationerna, ”Värmefflödet över ränder” och ”Värmekartan”, är speciellt lämpliga att använda. Hur det ser ut ser du på diagrammen här bredvid.

”Värmefflödet över ränder” (W/m^2) visar med vilken hastighet värmen flödar ut eller in i den färska betongen de första timmarna efter gjutning. Det är då som risken för plastiska krympsprickor är som störst.

Figurerna visar att värmefflödet kan bli hastigt under de första timmarna när det är stor temperaturskillnad mellan luft och betongmassa. Täcks betongen med värmeisolerande täckning direkt efter gjutning kan värmefflödet stoppas, vilket den undre figuren på sidan 4 tydligt visar.

Fuktavgång sker även vid stationära temperaturförhållanden. Detta kan dock inte beräknas i Hett97.

Håll koll på de första viktiga timmarna!

Diagrammen här bredvid visar en 150 mm tjock betongplatta på mark.

- Byggcement C28/35.
- Betongens starttemperatur är $+20^{\circ}C$.
- Lufttemperatur $+2^{\circ}C$
- Det blåser 6 m/s

Det övre diagrammet visar betongmassans värmefflöde utan täckning. Värmen flödar ur betongen och drar med sig det obundna vattnet ut ur betongmassan. Stor risk för sprickor!

Det undre diagrammet visar samma betongmassa när den har täckts med värmeisolerande matta som är utlagd 15 minuter efter gjutningen.

Både värmen och vattnet stannar kvar i betongen.

Exempel är framräknade med hjälp av programmet **Hett97**.

Viktiga åtgärder

Nygjuten betong måste skyddas direkt för att man ska klara av att hålla en stabil temperatur i den färska och varma betongmassan och för att vatteninnehållet ska hindras från att avgå för snabbt.

Täckningen bör ligga kvar tills ytbehandlingen kan starta. När glättningen är klar täcks ytan igen.

De första viktiga timmarna efter gjutning måste man hålla noggrann kontroll på omgivande temperatur och väderförhållanden.

Är omgivningen varmare eller kallare "störs" betongmassan och risken för plastiska krympsprickor ökar.

Temperaturskillnader och vind påskyndar uttorkningen och sprickbildningen ytterligare.

Några tips!

- **Täck så fort som möjligt!**
 - Avkylning och vattenavgång börjar direkt när betongen hamnat i formen. Snabb täckning hindrar detta och gör även att ytbehandlingen kan ske tidigare.
- **Går det inte att täcka betongen direkt kan man lägga på en membranhärdare.**
 - Effekten av detta beror på vilken typ av membranhärdare som används. En membranhärdare kan dock aldrig ersätta en fullgod täckning.



Betongen ska hårdna och torka i en naturlig takt. Om vattnet i betongmassan avgår för snabbt uppstår plastiska krympsprickor.



Perfekt gjuten och behandlad betongyta.



Betongyta där vattnet har fått avgå för snabbt från betongmassan så att det har uppstått mängder av plastiska krympsprickor.

Vårt klimat består till stora delar av fukt och olika temperaturförhållanden

Det finns alltid mer eller mindre fukt i luften. Förhållandet mellan luftens verkliga fuktmängd och luftens förmåga att binda fukt kallas Relativ Fuktighet (RF) och anges i procent. Luftens relativa fuktighet kan bli maximalt 100%.

Vid olika temperaturer kan luften innehålla maximalt olika mängd vattenånga, g/m³ luft.

Luft med RF 70% på sommaren (+25°C) innehåller mera vatten än luft med RF 85% på vintern (+5°C), beroende på att varm luft kan binda mer vatten än kall luft.

Den färska betongen är mättad med vatten (RF 100%). Luftens fukttinnehåll har därför stor betydelse för hur snabbt det obundna vattnet vill avgå ur betongmassan.

I båda fallen bör man vidta åtgärder för att undvika allt för hastig värme- och vattenavgång ur betongen.

På vintern ska man täcka betongen för att stoppa värmeflödet ur betongmassan. På sommaren ska man täcka betongen för att förhindra att till exempel solinstrålning värmer upp och torkar ur betongytan.

SOMMAR	VINTER
+25°C	+5°C
RF 70%	RF 85%
16,1 g vatten/m ³ luft	5,8 g vatten/m ³ luft



Temperatur, gram och procent är inte alltid så lätt att jämföra. Vädret är alltid en faktor att räkna med.



Betongreceptet har också en inverkan

I regel har ett betongrecept med hög andel finmaterial större benägenhet att krympa och spricka, om man inte skyddar betongen nog och snabbt.

Även tillsatsmedel som förlänger betongens färska period kan, speciellt i kombination med nedkylning, ge ökad risk för sprickbildning. Det som händer när betongens färska period förlängs är att värme- och fuktavgången kan pågå under en längre tid. Efterdosering med flytmedel direkt i roterbilen på byggarbetsplatsen bör undvikas. Det förlänger betongens färska period och ökar risken för att obundet vatten avgår från betongmassan.



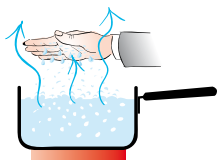
Betongreceptet och arbetsutförandet påverkar resultatet.

Samråd med betongfabriken om vilket recept som kan vara lämpligt att använda utifrån de förhållanden som kan tänkas råda vid gjutningstillfället.

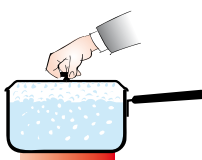
Några enkla principer om värme och fukt

Cirka 20°C varm och blöt betongmassa läggs i formen. Värmen tillåts flöda ur betongen och drar med sig vatten ut ur betongmassan. Betongen krymper och betongytan spricker.

Täcker du betongen direkt så stannar både värmen och vattnet kvar. Betongen krymper inte och det blir inga krympsprickor.



Kokar du vatten utan lock gör värmen att vattnet ångar bort ur kastrullen.



Kokar du med locket på stannar vattnet kvar och det kokar snabbare.



Att lufttorka håret tar lång tid. Blåser du håret med hårtork går det betydligt snabbare. Värme och vind har samma effekt på betongytan.

Värme och vatten måste hindras från att avgå de första timmarna efter gjutningen

Uppkomsten av plastiska krympsprickor styrs av betongmassans förmåga att behålla sin ursprungliga vattenmängd. Det beror på typ av konstruktion samt på betongmassans förmåga att "hålla fast" vattnet. Vattenavgången regleras sannolikt även av det slamskikt som ofta bildas på betongytan. Det kan i bästa fall fungera som ett "lock" som dämpar vattenavgången ur betongmassan.

Men det som styr värmeutflödet och vattenavgången allra mest är de förhållanden som råder på arbetsplatsen och vid gjutningen.

Naturen strävar alltid efter jämvikt. Därför är det viktigt att täcka betongytan så att vattnet och värmen stannar kvar i betongmassan under de första viktiga timmarna efter gjutning.

Tänk på att varje gjutning alltid har unika förutsättningar.

Tidig täckning är en viktig kvalitetsfaktor!

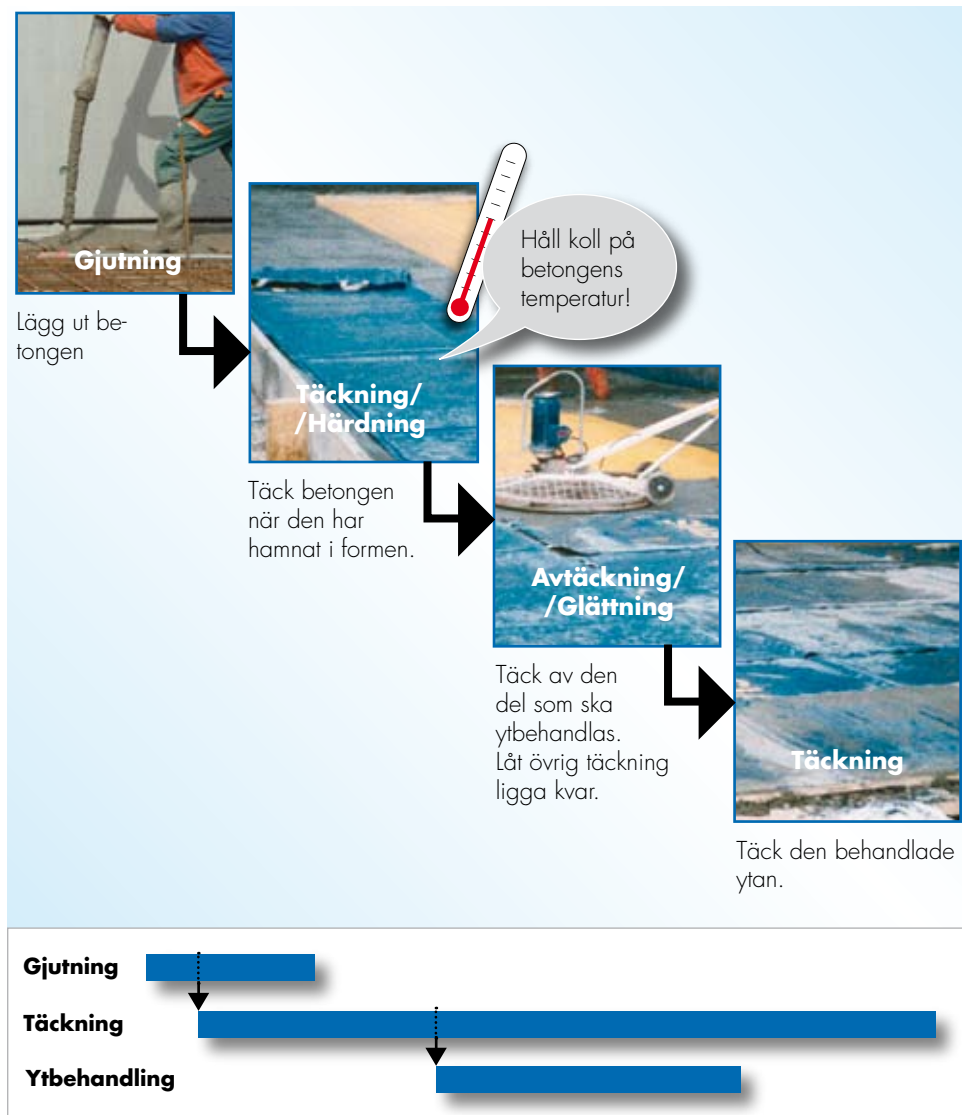
- Färre sprickor
- Bättre täthet
- God beständighet

Tidig täckning har en avgörande inverkan även på betongmassans senare härdning.



Tillåts vattnet att avgå för snabbt ur betongen drabbas ytskiktet av en mängd små plastiska krympsprickor.

Rekommenderad arbetsgång



Sprickbildning kan ha många orsaker

Plastiska krympsprickor kan ibland uppstå enbart på vissa partier av en gjutning, trots att man tycker att hela gjutningen har behandlats lika.

– Det kanske började blåsa under gjutningen så att vissa partier blev mer utsatta av vind än andra partier.

– En del av gjutetappen kanske exponerades för solstrålning vilket kan ha påskyndat vattenavgången ur betongmassan.

– Snabb avgång eller tillförsel av värme påskyndar fuktavgången.

– Vid samma temperatur i betongmassan och i luften kan skillnader i Relativ fuktighet påskynda vattenavgången ur betongen.

Oavsett orsak måste man hela tiden vara uppmärksam på de förutsättningar som råder på arbetsstället. Man måste hela tiden vara beredd att snabbt sätta in åtgärder för att hindra för snabb värme- och vattenavgång från betongen.

Tidig täckning är därför ett säkert recept mot plastiska krympsprickor!

Sammanfattning: Plastiska krympsprickor är oftast helt onödiga!



- Plastiska krympsprickor uppstår innan den egentliga cementreaktionen har kommit igång och orsakas av att den färska betongmassans obundna vatten vill avgå till omgivningen.
- I extrema fall kan sprickorna gå rakt igenom ett standardbjälklag.
- Genom att täcka nygjuten betong kan sprickorna undvikas.
- Täckningens omfattning måste väljas med hänsyn främst till de temperaturförhållanden som råder vid gjuttillfället.
- Det gäller att hålla kvar värmen och vattnet i betongen.
- Det gäller också att förhindra att t.ex. solinstrålning värmer upp och torkar ur betongytan.
- Det är naturlagarna som styr att varmt går mot kallt, vått går mot torrt och att varm luft binder mera vattenånga än kall luft.
- Värmeflödet ut ur betongen ”drar” med sig fukt.
- Oskyddad färsk betong avger nästan alltid fukt.
- Planering är i alla lägen mycket viktigt och med hjälp av programmet Hett97 kan man beräkna de temperaturförhållanden som kan uppstå de första viktiga timmarna efter gjutningen.
- Betongreceptets sammansättning har naturligtvis en viss inverkan, men grundläggande är att hindra det ubundna vattnet att avgå till omgivningen.
- Membranhärdare kan vara ett alternativ om det inte går att täcka betongen på annat sätt.
- Betong med inblandning av plastfibrer kan i vissa fall ”hålla emot” så att sprickorna blir mindre när betongen krymper.
- Samråd alltid med betongfabriken om vad som är den bästa lösningen för betongreceptet.
- **Täck alltid betongen så snabbt som möjligt!**

De första viktiga timmarna!

Risken för så kallade plastiska krympsprickor finns alltid vid betonggjutning. Risken är som störst under de första timmarna efter gjutning.

Med ganska enkla medel kan man förhindra att sprickor uppstår genom att täcka betongen direkt efter gjutning. Risken är annars stor att värmen flödar ut ur betongen och ”drar med sig” det obundna vattnet ur betongen, eller att värmetillförsel från exempelvis solinstrålning påskyndar uttorkningen. Även skillnader i fuktighet mellan luft och betongmassa påverkar fuktavgången.

Sker detta för hastigt och innan hårdnandet kommer igång krymper betongen och det uppstår plastiska krympsprickor. Det gör att konstruktionen får sämre kvalitet än avsett vilket även påverkar konstruktionens livslängd negativt.

Den här skriften beskriver orsaken till plastiska krympsprickor och ger exempel på hur man kan lösa problemet.



CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group

Cementa AB, Box 144, 182 12 Danderyd. Telefon 08-625 68 00. Fax 08-625 68 98.
E-post: danderyd@cementa.se Hemsida: www.cementa.se