Nordiska
ministerrådet

Bästa tillgängliga teknik (BAT) för nordisk betong- industri

Bästa tillgängliga teknik (BAT) för nordisk betongindustri

*Richard McCarthy, Elisabeth Helsing, Katarina Malaga,
Esa Salminen och Hannu Pyy.*

Bästa tillgängliga teknik (BAT) för nordisk betongindustri

*Richard McCarthy, Elisabeth Helsing, Katarina Malaga,
Esa Salminen och Hannu Pyy.*

ISBN 978-92-893-5583-4 (PRINT)
ISBN 978-92-893-5584-1 (PDF)
ISBN 978-92-893-5585-8 (EPUB)
<http://dx.doi.org/10.6027/TN2018-528>

TemaNord 2018:528
ISSN 0908-6692

Standard: PDF/UA-1
ISO 14289-1

© Nordic Council of Ministers 2018
Cover photo: Shutterstock

Print: Rosendahls
Printed in Denmark

Disclaimer

This publication was funded by the Nordic Council of Ministers. However, the content does not necessarily reflect the Nordic Council of Ministers' views, opinions, attitudes or recommendations.

Rights and permissions

This work is made available under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Translations: If you translate this work, please include the following disclaimer: *This translation was not produced by the Nordic Council of Ministers and should not be construed as official. The Nordic Council of Ministers cannot be held responsible for the translation or any errors in it.*

Adaptations: If you adapt this work, please include the following disclaimer along with the attribution: *This is an adaptation of an original work by the Nordic Council of Ministers. Responsibility for the views and opinions expressed in the adaptation rests solely with its author(s). The views and opinions in this adaptation have not been approved by the Nordic Council of Ministers.*

Third-party content: The Nordic Council of Ministers does not necessarily own every single part of this work. The Nordic Council of Ministers cannot, therefore, guarantee that the reuse of third-party content does not infringe the copyright of the third party. If you wish to reuse any third-party content, you bear the risks associated with any such rights violations. You are responsible for determining whether there is a need to obtain permission for the use of third-party content, and if so, for obtaining the relevant permission from the copyright holder. Examples of third-party content may include, but are not limited to, tables, figures or images.

Photo rights (further permission required for reuse):

Any queries regarding rights and licences should be addressed to:

Nordic Council of Ministers/Publication Unit
Ved Stranden 18
DK-1061 Copenhagen K
Denmark
Phone +45 3396 0200
pub@norden.org

Nordic co-operation

Nordic co-operation is one of the world's most extensive forms of regional collaboration, involving Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden, and the Faroe Islands, Greenland and Åland.

Nordic co-operation has firm traditions in politics, economics and culture and plays an important role in European and international forums. The Nordic community strives for a strong Nordic Region in a strong Europe.

Nordic co-operation promotes regional interests and values in a global world. The values shared by the Nordic countries help make the region one of the most innovative and competitive in the world.

The Nordic Council of Ministers

Nordens Hus
Ved Stranden 18
DK-1061 Copenhagen K, Denmark
Tel.: +45 3396 0200 www.norden.org

Download Nordic publications at www.norden.org/nordpub

Innehåll

Förord	7
Sammanfattning	9
Förkortningar och nordisk ordlista	11
1. Inledning	13
1.1 Bakgrund och syfte	13
1.2 Metodik	13
2. Allmänt om betongindustri och produktion i de nordiska länderna	15
2.1 Allmänt om betong	15
2.2 Olika sätt att tillverka betong	16
2.3 Fabriksbetongtillverkning	19
2.4 Tillverkning av betongprodukter	21
2.5 Betongindustrin i de nordiska länderna	21
3. Översikt över lagstiftningen	25
3.1 Sverige	25
3.2 Finland	25
3.3 Åland	26
3.4 Danmark	26
3.5 Färöarna	26
3.6 Norge	26
3.7 Island	27
4. Miljöaspekter för betongindustrin	29
4.1 Avloppsvatten	29
4.2 Resursanvändning och avfall	30
4.3 Kemikaliehantering	31
4.4 Buller	33
4.5 Utsläpp till luft	34
4.6 Energianvändning	35
4.7 Transporter	36
5. BAT för betongindustrin	37
5.1 BAT för hantering av avloppsvatten	37
5.2 BAT för resursanvändning och avfall	39
5.3 BAT för kemikaliehantering	40
5.4 BAT för buller	41
5.5 BAT för utsläpp av luftföroreningar	42
5.6 BAT för energianvändning	43
5.7 BAT för transporter	43
5.8 BAT för miljöledning, inklusive övervakning och rapportering	43
5.9 BAT för hantering av risker och olyckor	44
6. BAT-kandidater	45
6.1 Cirkulär ekonomi	45
6.2 BAT-kandidat nr. 1 – Återvunnen betong för betongtillverkning	46
6.3 BAT-kandidat nr. 2 – Återvinning av vatten	50
6.4 BAT-kandidat nr. 3 – Användning av alternativa material i betong	53
6.5 BAT-kandidat nr. 4 – Återanvändning av restbetong till annat än ny betong	55
7. Framväxande tekniker	59

8. Referenser och kontakter	61
8.1 Publikationer	61
8.2 Kontakter/intervjuer	61
Summary	63

Förord

Nordiska ministerrådets BAT-grupp är en undergrupp till arbetsgruppen för Hållbar Konsumtion och Produktion (HKP). BAT-gruppen har uppdragit åt RISE CBI Betonginstitutet att tillsammans med Vahanen Environment Oy genomföra ett projekt om bästa tillgängliga teknik (BAT) för den nordiska betongindustrin. Informationen i rapporten kan användas av betongindustri, miljökonsulter och miljömyndigheter i de olika länderna.

Konsulterna svarar för innehållet i rapporten. Ett antal BAT och framväxande teknik ingår i rapporten, som beskriver initiativ för att minimera miljöpåverkan från betongbranschen. Projektet har identifierat de viktigaste miljöpåverkande faktorerna som kan utgöra underlag för framtagning av utsläppsvärden och kriterier vid reglering och uppföljning av betongtillverkning. Exempel på miljöpåverkan är föroreningar till luft och vatten, buller, transporter, kemikaliehantering, resursanvändning och avfall samt energianvändning.

Tack till de betongtillverkare, leverantörer, organisationer och andra som har bidragit till och gett synpunkter på rapportens innehåll. Ett särskilt tack till de betongtillverkare och leverantörer som bidragit med sin tid för att träffa och prata med konsulterna vid insamling av data. Utan deras värdefulla stöd hade det inte varit möjligt att genomföra projektet.

Följande konsulter har bidragit till rapporten:

- Richard McCarthy, RISE CBI Betonginstitutet (Projektledare).
- Elisabeth Helsing, RISE CBI Betonginstitutet.
- Katarina Malaga, RISE CBI Betonginstitutet.
- Esa Salminen, Vahanen Environment Oy.
- Hannu Pyy, Vahanen Rakennusfysiikka Oy.

BAT-projektet har följts och kommenterats av den nordiska BAT-gruppen. Medlemmarna i BAT-gruppen är:

- Kaj Forsius, Finlands miljöcentral, Finland.
- Maria Enroth, Naturvårdsverket, Sverige.
- Elin Sieurin, Naturvårdsverket, Sverige.
- Mikael Stjärnfelt, Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet.
- Sigurður Ingason, The Environment Agency of Iceland, Miljøstyrelsen, Island.
- Lena Ziskason, Umhvørvisvidgeri, Umhvørvisstova, Færøernes Miljøstyrelse.
- Birgitte Holm Christensen, Miljøstyrelsen, Danmark.
- Anne Kathrine Arnesen, Miljødirektoratet, Norge.

Sammanfattning

På uppdrag av Nordiska ministerrådets BAT-grupp har ett projekt om bästa tillgängliga teknik (BAT) för den nordiska betongindustrin genomförts. Syftet med projektet har varit att:

- göra en översyn och beskriva betongindustrin i Norden;
- beskriva de tekniker som används i branschen;
- definiera och beskriva de viktigaste miljöaspekterna ur ett nordiskt perspektiv;
- identifiera och beskriva tekniker som kan ingå i överväganden om BAT i betongindustrin.

Informationen i rapporten kan användas av betongindustrin, miljökonsulter samt miljömyndigheter i de olika länderna.

Betong är det mest använda av alla industriellt framtagna material och används för byggande av infrastruktur, byggnader och en rad andra olika konstruktioner. Företagen inom betongbranschen finns över hela Norden och de bidrar till både sysselsättning och samhällsutveckling.

Både tillverkning av betongmassa och betongprodukter behandlas i denna rapport. Betongmassa kan antingen vara tillverkad på byggplatsen (i mobila eller semi-mobila enheter) eller i stationära fabriker. Oavsett tillverkningsställe kallas den i denna rapport för *fabriksbetong*. *Betongprodukter* är ett samlingsnamn för både större element och mindre produkter.

Potentiella miljöpåverkande aspekter vid betongtillverkning är:

- avloppsvatten;
- resursanvändning och avfall;
- kemikaliehantering;
- buller;
- utsläpp till luft;
- energianvändning;
- transporter.

Lämplig teknik används för att säkerställa att processen uppfyller alla krav i relevant lokal och nationell lagstiftning. Skyddsåtgärder ska vara ekonomiskt rimliga och praktiskt genomförbara. De ska vara anpassade till anläggningens storlek, miljöpåverkan, ålder och lokalisering.

Baserat på screening och insamling av övergripande information och data har en längre lista med generell BAT från hela Norden tagits fram i kapitel 5. Dessa inkluderar beskrivningar av:

- BAT för hantering av avloppsvatten;
- BAT för resursanvändning och avfall;
- BAT för kemikaliehantering;
- BAT för buller;
- BAT för utsläpp av luftföroreningar;
- BAT för energianvändning;
- BAT för transporter;
- BAT för miljöledning, inklusive övervakning och rapportering;
- BAT för minskning av risker och olyckor.

Listan med generell BAT för betongindustrin innehåller nödvändiga åtgärder för att säkerställa att utsläppen hålls under kontroll. Resurshushållning och avfallshantering är viktiga miljöaspekter för betongindustrin. Därför fokuserar kapitel 6 på ett mindre antal BAT-kandidater som handlar om cirkulär ekonomi inklusive återanvändning och återvinning av ballast och andra material, se Tabell 1.

Tabell 1: BAT relaterad till den cirkulära ekonomin

Nr.	
1	Återvunnen betong för betongtillverkning
2	Återvinning av vatten
3	Användning av alternativa material i betong
4	Återanvändning av restbetong till annat än ny betong

Förkortningar och nordisk ordlista

Tabell 2: Förkortningar

Förkortning	Förklaring
BAT:	Bästa tillgängliga teknik
BAT-gruppen:	BAT-gruppen är en undergrupp till arbetsgruppen för Hållbar Konsumtion och Produktion (HKP)
BREF:	BAT Reference Document
dB:	Decibel
dB (A):	decibel A-vägt (normala ljudnivåer)
EuroVI:	Miljöklass för lastbils utsläpp
HVO:	Hydrerad vegetabilisk olja
Ntg:	Normalkubikmeter torr gas
PC:	Portlandcement
PCB:	Polyklorerade bifenyl
RE4:	EU-projektet <i>RE</i> use and <i>RE</i> cycling of CDW materials and structures in energy efficient <i>pRE</i> fabricated elements for building <i>RE</i> furbishment and construction
SCM:	Supplementary Cementitious Materials

Tabell 3: Nordisk ordlista

Svenska	Norska	Finska	Danska
Buller	Støy	Melu	Støj
Gemensam	Felles	Yhteinen	Fælles
Återvinning	Gjenvinning	Kierrätys	Genvinding
Återanvändning	Ombruk	Uudelleenkäyttö	Genanvendelse
Krossat	Knust	Murskattu	Knust
Syfte	Formål	Tavoite	Formål
Även	Også	Myös	Også
Flygaska	Flygeaske	Lentotuhka	Flyveaske
Ballast		Kiviaines	Ballast
Stenstorlek	Stenstørrelse	Kivikoko	Stenstørrelse
Sätt	Måte		Måder
Frätande	Etsende	Syövyttävä	Ætsende
Fordon	Kjøretøj	Ajoneuvo	Køretøj
Dammutsläp	Støvutslipp	Hiukkaspäästö	Støvdslip
Upplagsytor			Overflader under oplag
Miljöledning	Miljøledelse	Ympäristöjohtaminen	Miljøledelse
Gjutning	Støping	Valu	Støbning
Tvättning	Vasking	Pesu	Vask

1. Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Nordiska ministerrådet, BAT-gruppen, har arbetat med BAT-projekt i många år. Målet är att kartlägga bästa tillgängliga teknik (BAT) för miljöpåverkande branscher med många nordiska företag.

Denna rapport kartlägger bästa tillgängliga teknik för den nordiska betongindustrin. Syftet med projektet har varit att:

- göra en översyn och beskriva betongindustrin i Norden;
- beskriva de tekniker som används i branschen;
- definiera och beskriva de viktigaste miljöaspekterna ur ett nordiskt perspektiv;
- identifiera och beskriva tekniker som ska ingå i de överväganden som representerar BAT i betongindustrin.

Informationen i rapporten kan användas av betongindustrin, miljökonsulter samt miljömyndigheter i de nordiska länderna.

1.2 Metodik

Information om och data från betongindustrin, tekniker och miljöpåverkan har samlats från hela Norden genom analys av relevanta dokument och intervjuer som kompletterats med besök på ett antal nordiska fabriker.

Både tillverkning av betongmassa och betongprodukter behandlas i denna rapport. Betongmassa kan antingen vara platstillverkad (i mobila eller semi-mobila enheter) eller tillverkad i stationära fabriker. Oavsett tillverkningsställe kallas den i denna rapport för *fabriksbetong*. *Betongprodukter* är ett samlingsnamn för både större element och mindre produkter.

Tillverkning av fabriksbetong och betongprodukter av olika storlekar med olika typer av utrustning och tekniker har undersökts för att få den bredast möjliga ämnestäckningen. Dessutom har leverantörer och andra intressenter kontaktats, såsom nordiska sammanslutningar inom betongindustrin. Projektet har inte omfattat systematisk datainsamling av data för miljöpåverkan, utan snarare fokuserat på att lyfta fram och dokumentera de bästa tekniker som används och som är på frammarsch.

Baserat på screening och insamling av övergripande information och data har en längre lista med generell BAT från hela Norden tagits fram i kapitel 5.

Resurshushållning och avfallshantering är viktiga miljöaspekter för betongindustrin. Därför fokuserar kapitel 6 på ett antal BAT-kandidater som handlar om cirkulär ekonomi inklusive återanvändning och återvinning av ballast och andra material. Bäst teknik för återvinning av vatten är sedimentering.

BAT har i föreliggande rapport granskats främst med hjälp av följande utgångspunkter:

- BAT som används främst i de nordiska länderna.
- BAT som behandlar de relevanta miljöaspekterna.
- BAT som mestadels har utvecklats i och har sitt ursprung i de nordiska länderna.

I begreppet BAT (bästa tillgängliga teknik) syftar "tillgänglig" (available) på att tekniken ska ha utvecklats i sådan utsträckning att den kan tillämpas på ett ekonomiskt och tekniskt genomförbart sätt.

2. Allmänt om betongindustri och produktion i de nordiska länderna

2.1 Allmänt om betong

Betong är ett av världens viktigaste byggmaterial och kan i princip betraktas som ett rent naturmaterial. Betong har lång livslängd och litet drift- och underhållsbehov. Betong brinner inte, tål fukt, möglar inte och kan återvinnas till 100 %. På grund av sin vikt är betong ljuddämpande och lufttät. Med betong kan man bygga industriellt och kostnadseffektivt.

Normalstark betong består av ca 80 % ballast (grus och sten), 14 % cement och 6 % vatten. Den produkt som bränns i cementugnar och som de flesta av de traditionella cementsorterna består av kallas portlandcement. Dessutom ingår i normalfallet även olika flytande tillsatsmedel i små doser som förbättrar betongens egenskaper. De vanligaste tillsatsmedlen är flyttillsatser/vattenreducerare som gör betongen mer lättflytande, luftporbildande tillsatsmedel som gör betongen frostbeständig, retarder som bromsar tillstyvnandet samt acceleratorer som skyndar på cementreaktionerna.

Andra delmaterial som kan ingå i betongen är olika typer av material i pulverform. Ett exempel är mineraliska tillsatsmaterial, bindemedel som kan ersätta en del av cementet i syfte att minska koldioxidutsläppen. De kan också blandas in i portlandcementet, varmed blandcement erhålls. Med cement menas i rapporten både portlandcement och blandcement.

Ett annat exempel på delmaterial är olika inerta fillers, exempelvis kalkfiller, som ger bättre sammanhållning och smidighet i betongen. Olika typer av färgpigment blandas också in ibland för att färga betongen.

Plast- och stålfibrer räknas inte som delmaterial i egentlig mening men tillsätts i vissa betonger. Stålfibrer kan användas i golv- eller sprutbetong som sprickfördelare. I vissa fall kan konventionell stångarmering helt ersättas med stålfiber. Plastfibrer kan användas av olika skäl och finns i olika former. Olika plastmaterial förekommer men polypropylen och polyeten dominerar. Mikrofibrer (6–12 mm långa) ger motstånd mot s.k. plastiska krympsprickor och explosiv spjälkning vid brand. Makrofibrer (ca 50 mm långa) används i sprickfördelande syfte, men är inte lika effektiva som motsvarande stålfibrer.

Ballasten i betongen måste innehålla en jämn fördelning av partiklar för att betongens ska få en bra sammanhållning och rörlighet. Det är inte ett material utan sammansatt av flera ballastfraktioner, exempelvis finare filler eller sand (0–4 mm), fingrus (0–8 mm) och grövre sten. Maximal stenstorlek i en normal betong kan vara exempelvis 32 mm, men andra storlekar finns. I vissa regioner finns det fortfarande naturgrus (0–8 mm), men eftersom det är en ändlig resurs och att man vill skydda

åsarna har man på många ställen infört skatt på uttag. Därför har det blivit mer och mer vanligt att man använder grus av krossat material i betongen. Det är i normalfallet svårare att tillverka betong med krossgrus eftersom partiklarna är kantigare jämfört med naturgrus, varför det kräver en viss kompetens. Flakig kornform påverkar betongens arbetbarhet och stabilitet negativt. Som grövre ballast är det vanligast med krossat berg idag.

Vissa bergarter ger ett krossmaterial som blir kubiskt och efterliknar naturgrusets kornform, medan andra bergarter ger flisiga och flakiga korn. Krossning av berg sker med olika tekniker och i ett antal steg där varje krossteg medför högre produktionskostnad. Det innebär att priset för slutprodukten står i direkt relation till antalet krossteg. Kostnaden för en viss förädlingsgrad måste vägas mot hur bra slutprodukten blir för sitt tänkta ändamål. Vilken krossteknik som används har inverkan på slutprodukten. För att efterlikna naturgrusets runda kornform kan en kubisator (slagkross) användas för att slå sönder kanterna på kornen från krossat berg.

Det finns ett flertal olika typer av betonger med olika användningsområden och nya typer utvecklas i takt med marknadens olika behov. Några exempel är fiberarmerad betong, markbetong, snabbtorkande betong, högpresterande betong, självkompakterande betong, skumbetong, sprutbetong, undervattensbetong och vältbetong. Den viktigaste utvecklingen som sker just nu gäller troligtvis cement och betong med lägre klimatpåverkan. Genom att ersätta portlandcement med mineraliska tillsatsmaterial minskar utsläppet av koldioxid i atmosfären. Det är dock inte bara materialet betong man arbetar med, det pågår många andra aktiviteter inom betongbygget som bidrar till ett mer hållbart byggande.

Konstruktörer som dimensionerar våra byggnadsverk har en viktig roll i det hållbara byggandet. Genom olika val av betong påverkas såväl betonegenskaper som materialåtgång.

2.2 Olika sätt att tillverka betong

Fabriksbetong kan tillverkas i mobila enheter, semi-mobila enheter och stationära betongfabriker. Vid val mellan mobil eller stationär tillverkning bör en utredning göras över den förväntade totala transportvolymen avseende delmaterial till och betong från tillverkningsstället. Tillverkning av betongprodukter sker industriellt i fabriker.

Figur 1–4 visar exempel på mobil tillverkning (mindre fordon på hjul med vågutrustning), större semi-mobil enhet, stationär betongfabrik samt betongelementtillverkning. Samtliga tillverkningssätt innebär att en blöt betongmassa tillverkas med noggrant uppvägda delmaterialmängder.

Figur 1: Exempel på mobil tillverkning. Fotot visar ett fordon på hjul med skopa samt utrustning för vägning av delmaterial

Foto: Utranazz Rough Terrain Concrete Mixer, England.

Figur 2: Exempel på semi-mobil tillverkning. Fotot visar en enhet bestående av flyttbara delar som monterats ihop på plats. Etableringstid ca 2 månader

Foto: Richard McCarthy.

Figur 3: Utlastning i roterbil från stationär fabrik som tillverkar fabriksbetong

Foto: Richard McCarthy.

Figur 4: Betongelementtillverkning. Fotot visar ett liggande element som nyligen gjutits

Foto: Richard McCarthy.

S.k. "truck mixing" eller "dry mixing" innebär att man fyller på torra delmaterial i betongbilarnas trummor. Efter tillsats av vatten och eventuella tillsatsmedel blandas betongen i trumman. Detta tillverkningssätt är inte vanligt i de nordiska länderna men förekommer bland annat i USA. Nackdelar med denna metod är att man inte kan garantera en effektiv blandning, att vattnet inte är noggrant uppvägt och att man inte kan mäta konsistensen på betongen.

2.3 Fabriksbetongtillverkning

2.3.1 En betongfabriks uppbyggnad

Figur 5 visar exempel på produktionsprocess vid fabriksbetongtillverkning. Observera att betongfabrikernas utformning och uppbyggnad varierar mycket mellan olika länder. Beskrivna funktioner och lösningar i Figur 5 är inte nödvändiga eller relevanta för alla fabriker.

Figur 5: Exempel på produktionsprocess vid fabriksbetongtillverkning

Grafik: Elin Brander/Artistica.

Källa: Environmental Practices in the Ready Mixed Concrete Industry 1996, ERMCO.

2.3.2 Leverans och mottagning av material

Cement och andra pulverformade material levereras via väg eller järnväg i bulk tankar eller sjövägen i pråmar eller fartyg. Pulvermaterialen överförs med slangar till lagringssilor i slutna tryckluftssystem. För att detta ska kunna ske är silorna ventilerade med filter för att förhindra dammsläpp. Exempel på andra pulverformade material är mineraliska tillsatsmaterial och kalkfyller.

Ballast levereras på samma sätt som cement. Vid leverans läggs ballasten på hög, placeras i matarfickor eller transporteras direkt till överliggande silor färdig för användning.

Tillsatsmedel levereras normalt som vätskor i bulk men kan också levereras i plast- eller metallfat. Vid hantering av tillsatsmedel beaktas säkerheten i enlighet med tillverkarens säkerhetsråd.

Bränsle levereras och lagras i bulk och smörjoljor i fat. Hanteringen sker i enlighet med gällande säkerhetsföreskrifter och lagkrav.

Generellt gäller att alla material som anländer ska mottagningskontrolleras och förvaras på lämpligt sätt. Enligt europeiska betongstandarden EN 206 ska alla delmaterial vara certifierade.

2.3.3 Hantering, uppvägning och blandning av delmaterial

Cement och ballast samt eventuella mineraliska tillsatsmaterial och filler matas med automatiska system fram till en mekanisk blandare. Under tiden vägs de upp med noggrant kalibrerade vågsystem. Vatten och tillsatsmedel kan tillsättas efter volym eller vikt. Lämpliga försiktighetsåtgärder vidtas för att kontrollera buller och dammutsläpp under processen.

Uppvägningen av delmaterial och blandning övervakas av datoriserade styrsystem. I dessa styrsystem lagras betongrecept och definitioner av exempelvis konsistensklasser.

Det finns två olika typer av betongblandare, trumblandare och tvångsblandare. Trumblandaren består huvudsakligen av en roterande trumma som vilar på två horisontella axlar och har vingar monterade inuti. Tömning sker genom att man ändrar på rotationsriktningen. Tvångsblandaren består av en fast trumma, eller flatbottnat kar, med roterande skovlar eller annan typ av omrörare inuti.

Betongrecepten kan tas fram på lite olika sätt. Man kan antingen prova sig fram eller använda mer eller mindre avancerade tabeller och proportioneringsprogram. De egenskaper som efterfrågas gäller både den färska betongens egenskaper såsom exempelvis konsistens samt kvalitet hos den hårdnade betongen. Ofta finns kontinuerlig fuktmätning i ballasten med hjälp av sensorer som kan användas för korrigering av vattenhalten. Vattenhalten är dock svårbedömd, varför det är vanligt att man gradvis tillsätter vattnet tills önskad konsistens uppnås. Konsistensen mäts då kontinuerligt med olika konsistensmätare.

2.3.4 Transport och hantering av färsk betong

Särskilda fordon med roterande trummor (s.k. roterbilar) eller i vissa (ovanliga) fall icke-roterande behållare används för leverans av färsk betong till arbetsplatsen. Roterbilarnas trummor roterar långsamt under färd för omrörningens skull och de kan transportera mellan 5 och 10 m³ betong åt gången. Chaufförens roll är viktig och denne ansvarar för att leveranserna görs på rätt sätt. För att betongen inte ska börja tillstyvna i bilen får inte betongen transporteras för länge.

Idag finns olika GPS-system framtagna som är anpassade för betongdistribution. Dessa ger översikt av distributionens alla delar och kan till exempel läsa av om tidsgränser överskrids. Systemen kan också detektera avlastningar av material på icke godkända platser.

Kontakt med nyblandad betong kan orsaka irritation på huden. De normala försiktighetsåtgärderna vid hantering av färsk betong är att bära lämpliga skyddskläder, inklusive handskar och stövlar, för att undvika kontakt med huden och ögonen.

2.4 Tillverkning av betongprodukter

Vid tillverkning av betongprodukter (element) transporteras den färska betongen med hjälp av traverser eller liknande till fabriksgolvet där elementen gjuts. Hantering, lyft, transporter och montering av element på arbetsplats kräver särskilda kunskaper.

Vid vissa typer av betongprodukttillverkning (rör, pannor, plattor m.m.) är tillverkningsprocessen och maskinerna mer automatiserade och anpassade för de produkter som tillverkas.

Lättbetong är en annan typ av betong inom betongproduktområdet. Den har lägre vikt och hållfasthet men bättre värmeisoleringssegenskaper än konventionell betong. Det finns två typer av lättbetong, lättballastbetong och autoklaverad lättbetong. Lättballastbetong är en betong i vilken ballasten är porös och har avsevärt lägre densitet än de bergartsmaterial som normalt används. Den kan bestå av lättklinker. Autoklaverad lättbetong tillverkas av cement, vatten, sand, kalk och aluminiumpulver. Aluminiumpulvret fungerar som jäsningsmedel; vätgas utvecklas och bildar små, jämnt fördelade bubblor i betongmassan som ger lättbetongstrukturen. Produkterna härdas i s.k. autoklaver med vattenånga (200° C) och ett kondensat bildas som måste tas om hand.

Tillverkning av fabriksbetong och betongprodukter har många likheter och har slagits ihop i denna rapport. Det finns dock vissa skillnader i processerna som belyses i Tabell 4.

Tabell 4: Skillnader mellan fabriksbetong- och betongprodukttillverkning

	Fabriksbetongtillverkning	Betongprodukttillverkning
Återvinning av ballast	Krossning av restbetong kan ske utan att armering behöver avskiljas	Krossning av betongprodukter (element) kan innebära att armering måste avskiljas
Vattenförbrukning	För betongtillverkning, rengöring, tvätt m.m	För betongtillverkning, rengöring, tvätt m.m. samt i vissa fall för polering och sågning av betongprodukter
Transporter	Roterbilar	Tyngre och längre transportfordon
Energianvändning	Under vintertid behöver betongen ofta värmas	Ibland tillförs extra värme i speciella härdkammare för att produkterna ska härdas snabbare
Tillverkningsutrustning generellt	Blandare	Ofta mer automatiserade processer. Maskiner anpassade efter de produkter som tillverkas

2.5 Betongindustrin i de nordiska länderna

2.5.1 Regelverk

Gemensamt för de nordiska länderna är att krav på betongegenskaper, sammansättning, tillverkningsrutiner och kompetens finns i den europeiska betongstandarden EN 206. Till denna grundstandard finns nationella tillägg.

Som exempel kan nämnas att betongens beständighet påverkas på lite olika sätt genom användning av blandcement och mineraliska tillsatsmaterial. Därför anger EN 206 med tilläggsstandarder vilka blandcement som kan användas och vilka mängder mineraliska tillsatsmaterial som kan tillsättas betongen i olika omgivningsmiljöer (s.k. exponeringsklasser).

2.5.2 Sverige

I Sverige finns det över 100 fabriker som tillverkar fabriksbetong och betongprodukter och den årliga produktionen uppgår till ca 5 miljoner m³ betong. Totalt omsätter alla företag verksamma i betongbranschen (fabriksbetong, prefabricerad betong, montage och betongpumpning) ca 2,4 miljarder euro om året. Drygt 7 000 personer är anställda i betongbranschen.

Majoriteten av tillverkarna är medlemmar i branschorganisationen Svensk Betong, som tillvaratar medlemmarnas intressen i bransch- och näringspolitiska frågor. Majoriteten av de större betongtillverkarna är också medlemmar i Svenska Betongföreningen, en opartisk förening vars syfte är att främja den svenska betongteknikens utveckling.

Skatt på naturgrus gör att alltmer ballast av krossmaterial används. Användningen av de mineraliska tillsatsmaterialen flygaska och slagg har ökat de senaste åren.

2.5.3 Finland och Åland

Den inhemska omsättningen av betongindustrin i Finland och Åland var 604 miljoner euro år 2002 och 1036 miljoner euro år 2016. Den årliga produktionen uppgår till ca 4,4 miljoner m³ betong.

Branschorganisationen Betoniteollisuus ry (Betongindustri rf.) har 47 bolagsmedlemmar som i sin tur har 200 fabriker i Finland. Medlemmarna i Betongindustri rf. svarar för ca 90 % av hela betongproduktionen i Finland. Av dessa fabriker tillverkar hälften fabriksbetong och hälften element samt betongprodukter. De tre största bolagen omsätter över 100 miljoner euro årligen vardera. Totalt sysselsätter betongbranschen ca 4 000–4 500 personer. Dessutom finns Finska Betongföreningen som bland annat arbetar med teknik- och utbildningsfrågor.

I Finland används flygaska i betong, ca 50 000 ton per år. Mängden slagg som används är ca 100 000 ton per år.

2.5.4 Danmark

I Danmark finns det ca 100 fabriker som producerar fabriksbetong och betongprodukter och den årliga produktionen är ca 3,5 miljoner m³.

Precis som alla nordiska länder arbetar man mycket med att minska betongens klimatpåverkan. Exempelvis används årligen 300 000 ton flygaska som ersätter en del av portlandcementet. Majoriteten av tillverkarna är medlemmar i branschorganisationen Dansk Beton, som tillvaratar medlemmarnas intressen.

Dessutom finns Dansk Betonforening som bland annat arbetar med teknik- och utbildningsfrågor.

Krossad ballast (företrädesvis granit) används i betong och den kommer från Norge, Sverige och Skottland. Viss produktion sker i Danmark. Det är ingen skatt på naturgrus. Förutom naturgrus används också havssand, men i begränsad mängd.

2.5.5 Färöarna

Färöarna har sju fabriksbetongtillverkare och två mindre betongprodukttillverkare som tillsammans tillverkar ca 50 000 m³ betong per år. Den totala omsättningen är drygt 10 miljoner euro om året. Ca 50 personer är anställda inom betongsektorn.

Man använder mer naturgrus än krossat berg, och det mesta av ballasten importeras från Norge. Ingen återvinning av ballast sker. Det mineraliska tillsatsmaterialet silikastoft används och det importeras också från Norge. Flygaska och slagg används i regel inte.

Flera av tillverkarna är certifierade hos det norska Kontrollrådet.

2.5.6 Norge

I Norge finns det ca 185 fabriksbetongtillverkare och 50 betongprodukttillverkare som tillsammans tillverkar ca 4 miljoner m³ betong per år. Den totala omsättningen är ca 2 miljarder euro om året. Totalt sysselsätter betongbranschen ca 7000 personer. Huvuddelen av fabrikerna ägs av 3–4 st bolag.

Majoriteten av tillverkarna är medlemmar i branschorganisationerna FABEKO och Betongelementforeningen. Majoriteten av de större betongtillverkarna är också medlemmar i Norsk Betongforening.

Det är ingen generell skatt på naturgrus i Norge, men trots det använder man mycket krossad ballast i Norge. Dessutom går mycket krossad ballast på export. Användningen av flygaska och slagg har ökat de senaste åren i landet.

2.5.7 Island

Island har 20 fabriksbetongtillverkare och tre mindre betongprodukttillverkare, vilket innebär att fabriksbetongtillverkning är dominerande. Två fabriksbetongtillverkare har ca 80 % av marknaden. Årlig total betongproduktion är ca 400 000 m³.

Det finns ingen branschorganisation för tillverkare på Island men däremot är många av dem medlemmar i den isländska Betongföreningen.

En särskild svårighet med den isländska ballasten är att den är mycket porösare än i andra nordiska länder. Ingen skatt på naturgrus tas ut och det är fortfarande bra tillgång på det i landet. Däremot börjar det ta slut runt Reykjavik, varför man börjat använda mer och mer krossat berg. Det är inte så mycket återvinning av ballast på Island.

Som mineraliskt tillsatsmaterial används uteslutande silikastoft och det finns förklaringar till det. Island har haft mycket bekymmer med skadliga ballastreaktioner (s.k. alkalisilikareaktioner) i betongen och silikastoft motverkar dessa skador. Idag kräver isländska Vägdirektoratet silikastoft i all brobetong. Nästan ingen slagg eller flygaska används.

3. Översikt över lagstiftningen

I industriutsläppsdirektivet (IED) och det tidigare, nu ersatta IPPC-direktivet, används begreppet bästa tillgängliga teknik (BAT). En av de viktigaste förändringarna som kom med IED-direktivet är att s.k. BAT-slutsatser får en mer framträdande roll än tidigare. Inom EU pågår ett arbete med att ta fram och uppdatera de s.k. BREF-dokumenterna (BAT Reference Document), med tillhörande BAT-slutsatser.

Betongtillverkning omfattas inte av IED vilket inte hindrar att branschen ska använda BAT. Tillverkning av cement och kalk, branscher med nära anknytning till betongtillverkning, omfattas däremot av IED. De senare verksamheterna är ofta stora industrier, vilket är en förutsättning för att beröras av direktivet.

3.1 Sverige

I Sverige definieras miljöfarlig verksamhet i miljöbalken. I miljöprövningsförordningen delas miljöfarlig verksamhet in i A-, B-, C- eller s.k. U-anläggningar beroende på verksamhetens omfattning och miljöpåverkan. Av miljöprövningsförordningen (2013:251) framgår att tillverkning av mer än 500 ton:

- 1. betong eller lättbetong per kalenderår, eller
- 2. varor av betong, lättbetong eller cement per kalenderår

är anmälningspliktig verksamhet, en C-verksamhet. En anmälan lämnas till tillsynsmyndigheten, kommunens miljö- och hälsoskyddsnämnd.

I miljöbalken används begreppet BMT (bästa möjliga teknik). BMT utgör utgångspunkten för att bedöma frågan om vilka skyddsåtgärder och försiktighetsmått som är rimliga.

3.2 Finland

IED genomförs i Finland som en del av den förnyade miljöskyddslagen (527/2014) och statsrådets förordning om miljöskydd (713/2014). Den kommunala miljövårdsmyndigheten avgör ansökan om miljötillstånd för följande verksamheter och övervakar överensstämmelse med miljötillstånden:

- Stationära betongfabriker eller fabriker som tillverkar betongprodukter.
- Lättbetongfabriker med en produktionskapacitet som överstiger 3000 ton per år.

Det föreslås/väntas en lagändring som säger att fabriker endast behöver miljötillstånd om de ligger inom grundvattenområde. I annat fall är en registrering tillräcklig.

3.3 Åland

Landskapet Åland är en autonom del av Finland med egen lagstiftningsbehörighet bl.a. inom miljö. Prövningsplikt för industriell verksamhet regleras genom landskapslag (2008:124) om miljöskydd samt landskapsförordning (2008:130) om miljöskydd. Ur lagstiftningen framgår att anläggning som tillverkar mer än 500 ton betong, varor av betong eller cement per år är miljögranskningspliktig. Miljögranskningsförfarandet motsvaras ungefär av anmälan i övriga nordiska länder. Prövningsmyndighet är Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet (ÅMHM).

3.4 Danmark

I förordningen om godkännande av listverksamhet (BEK nr 725 från 20170606) beskrivs betongtillverkning i punkt B 202.

Listverksamhet omfattas i Danmark av godkännandeplikt:

- B 202. Betongprodukter och betongmassatillverkning med en produktion på mer än eller lika med 20 000 ton per år.
- Betongprodukter omfattas också av förordningen om standardvillkor vid godkännande av listverksamhet (BEK nr 1520 från 20160712).

3.5 Färöarna

Färöarna har egna lagar på ett antal viktiga områden baserat på landets autonoma ställning. Miljölagstiftningen för industrianläggningar beskrivs i Lagen om miljöskydd 134 från 1988. Betongindustrin är upptagen i bilagan till lagen som en industri som måste ha ett miljögodkännande. Färöarnas Miljöbyrå ger godkännandet.

3.6 Norge

Ingen får förorena eller göra något som kan förorsaka förorening om det inte är tillåtet eller föreskrivet, enligt Föroreningslagen (13 mars 1981, nr 6, om skydd mot förorening och om avfall). Fylkesmannaämbetena (motsvarande Länsstyrelserna) är de gällande myndigheterna för betongindustrin. Fylkesmannen behandlar ansökan om tillstånd enligt Föroreningslagen och utövar tillsyn av verksamheterna för att se om miljöregelverket efterlevs.

Verksamheten avseende betongtillverkning omfattas också av följande regler och riktlinjer (listan är inte fullständig):

- Avfallsforskriften (forskrift 1. Juni 2004 om gjenvinning og behandling av avfall).
- Internkontrollforskriften (forskrift 6. desember 1996 om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter).
- Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, TA 1442/2016 Klima- og miljødepartementet.

3.7 Island

Miljökrav för industrilicensering bygger på direktiv 96/61/ EG, även om IED ännu inte har genomförts på Island. Betongtillverkare ingår inte i IED-direktivet. Miljötillstånden för betongtillverkare regleras och inspekteras av de lokala hälsomyndigheterna.

4. Miljöaspekter för betongindustrin

Viktiga miljöaspekter vid betongtillverkning är:

- avloppsvatten;
- resursanvändning och avfall;
- kemikaliehantering;
- buller;
- utsläpp till luft;
- energianvändning;
- transporter.

4.1 Avloppsvatten

Med avloppsvatten menas i denna rapport spillvatten från produktionen och dagvatten. Spillvatten från toaletter samlas upp i separata septiska tankar vid anläggningar som inte är ansluta till det kommunala avloppsnätet.

Det finns flera källor till spillvatten från produktionen. Vatten används exempelvis för rengöring av blandningsutrustning på fabriker och lastbilar men även vid sågning, slipning, polering och vattenblåstring av betongprodukter. Det kan också finnas överskottsvatten från annan rengöring på anläggningen, såsom exempelvis tvätt av bilar och annat.

Spillvattnet påverkar den omgivande miljön och måste tas om hand på något sätt. Det har ett högt pH-värde och innehåller slampartiklar samt eventuella sulfater. Små mängder av tungmetaller kan också finnas inklusive krom, koppar, nickel, zink och bly. 6-värt krom är extremt löslig även vid högt pH och avlägsnas inte effektivt under sedimenteringen. Vattnet kan även innehålla andra föroreningar såsom tvålar, syror, oljor samt plastfibrer.

Den volym spillvatten som genereras samt dess förorening beror på mängd betong som produceras och typ av anläggning. Anläggningens lokalisering inverkar på bedömningen av miljörisk vid utsläpp. Många fabriker har till exempel placerats ovanpå grundvattentäcker eftersom tillgången på sand har varit god där.

Betongtillverkning innebär också förbrukning av vatten, som kan minskas genom återvinning av spillvattnet.

4.2 Resursanvändning och avfall

Generellt för byggbranschen gäller det att försöka ersätta så mycket jungfruligt råmaterial som möjligt med alternativa material, såsom exempelvis avfall från andra industrier. Genom att använda byggmaterial på ett bra sätt kan man optimera både funktion, kostnadseffektivitet och miljöpåverkan.

En betongtillverkare ska sträva efter att produktionen av avfall minskar och att tillverkningen ger så liten påverkan på miljön som möjligt.

Figur 6: Exempel på externt rivningsavfall som kan återvinnas eller återanvändas i byggprocessen

Foto: Esa Salminen.

I Tabell 5 listas exempel på olika typer av avfall som kan genereras i samband med tillverkning av betong. Vid tvivel om hur avfall ska klassificeras ska det skickas på analys alternativt hanteras som farligt avfall.

Tabell 5: Avfall – ursprung och klassificering

Ursprung	Avfall	Klassificering
Avfall som genereras i samband med rengöring av betongblandare samt vatten från sågning, slipning, polering och vattenblåstring av betongprodukter	Hårdnad betong	Övrigt
	Betongslam Plastfibrer	Övrigt Övrigt
Förvaring av cement och mineraliska tillsatsmaterial i silor	Stoft från filter alternativt igensatta filter som byts ut.	Övrigt
Diverse avfall	Metall, papper, trä m.m.	Övrigt
	Spillolja, olja från avskiljare, impregnerat trä, batterier, lysrör m.m.	Farligt

Figur 7: Träavfall som genereras vid betongelementtillverkning

Foto: Esa Salminen.

Tillverkaren kan också genom sina val av delmaterial bidra till resurshushållningen. Betongindustrin arbetar ständigt med att utveckla betongsammansättningar med mindre innehåll av portlandcement. Eftersom naturgrus är en ändlig resurs och att man vill skydda åsarna har man på många ställen infört skatt på uttag.

4.3 Kemikaliehantering

Kemikalier är kemiska ämnen och preparat som används i produktionen och som kan påverka den omgivande miljön på olika sätt.

Ett exempel på kemikalier är de flytande tillsatsmedel som i mycket små doser (0,1–10 kg/m³ betong) tillsätts betongen för att förbättra dess egenskaper. De är i regel relativt ofarliga, men kan irritera vid ögonkontakt m.m. Information finns i de olika säkerhetsdatablad som tillhandahålls av leverantörerna.

Figur 8: Flytande tillsatsmedel för betong. Fotot visar exempel på hur förvaring kan ske i olika typer av kärl eller tankar

Foto: Esa Salminen.

De vanligaste tillsatsmedlen för betong är:

- flyttillsatser/vattenreducerare – med de aktiva komponenterna lignosulfonat (polymer), sulfonerad melaminpolymer, sulfonerad naftalenpolymer eller polykarboxylat;
- luftporbildande tillsatsmedel – med de aktiva komponenterna syntetisk tensid eller naturlig tensid (vinsolharts, talloljederivat);
- retarderande tillsatsmedel – med de aktiva komponenterna fosfat, glukos (socker), lignin eller svaga organiska syror (t.ex. citronsyra);
- accelererande tillsatsmedel – med de aktiva komponenterna nitrat, tiocyanat, sulfat, natriumsilikat (vattenglas), aluminiumsalt eller klorider.

Andra typer av kemikalier som används i produktionen är exempelvis formsläppningsmedel, tvättmedel, hydraulvätskor och brandbekämpningsmedel.

Tabell 6 innehåller en lista med exempel på kemikalier som en typisk svensk betongelementfabrik använder. Exempel på produktnamn ges för tydlighetens skull, men det finns andra produktnamn.

Tabell 6: Exempel på kemikalier som en betongelementfabrik använder i sin produktion

Produkttyp	Farosymboler	Aktiva komponenter	Exempel
Släppmedel	Hälssofarlig (GHS08)		Betopro Tplus 890
Släppmedel (ej hälssofarlig)			Betopro 555, 895, Abak 115 och STYRO 100
Formvax	Hälssofarlig (GHS08)	Formvax på paraffinbas. Kolväten C12– C15, n-alkaner, isoalkaner, cykliska < 2 % aromatiska	MasterFinish FW 323, Lasol Voks
Flyttillsatsmedel		Polymer av karboxylater	MasterGlenium ACE 410, Glenium Ace 410
Luftporbildare	Frätande (GHS05)	Transparent vätska, baserad på syntetisk tensid	SikaAer-S
Accelerator	Frätande (GHS05)	Nanopartiklar (troligtvis C-S-H) i suspension	MasterX-Seed 100
Drivmedel	Skadlig (GHS07), Hälssofarlig (GHS08), Miljöfarlig (GHS09)		ACP Diesel, 5% RME
Bränsletillsatser			Air1 (Air1 Urea Solution 32,5%)
Spackel	Frätande (GHS05)	Baserad på specialcement	ARDEX B 14
Smältlim		Vanligtvis termoplastiska, finns också hårdande varianter. Termoplastiska smältlim baseras vanligen på EVA (plast), hartser (tallolja) och vaxer (paraffin)	Betopro smältlim
Verktögskemikalier	Xn	Monoetylenglykol	Kilfrost 400
Märkfärg	Brandfarlig (GHS02), Skadlig (GHS07)	Flam. Aerosol 1 H222+H229. Butylacetat, aceton	Master Markör Aqua Röd
Märkfärg			Betopro PP

4.4 Buller

Buller som påverkar fabriken omgivning (externt buller) är normalt sett inget större problem vid tillverkning av fabriksbetong och betongprodukter eftersom verksamheten mestadels sker inomhus.

Det externa bullret härrör i huvudsak från följande källor:

- Fordon till och från anläggningen.
- Urlastning av ballast samt överföring till silor med transportband.
- Påfyllning av cement och mineraliska tillsatsmaterial i silor med tryckluft.

Exempel på buller som genereras inomhus (internt buller) är vid:

- nedsläpp av delmaterial i vågar och blandare;
- blandning av betong;
- användning av vibratorbord och tillverkningsmaskiner (vid betongprodukttillverkning).

I de fall krossning av betong och berg ingår i verksamheten hänvisas till andra rapporter inom bullerområdet. Se exempelvis tillämpliga delar i rapporten *Nordiska ministerrådet, Best Available Technique, Buller från bergtäkter, TemaNord, 2013:588*. Vid bedömning av buller vid krossning tas hänsyn till arbetets omfattning i tid och graden av störning. Som exempel kan nämnas bedömningen i Finland. Om krossning pågår under minst 50 dygn måste man lämna bulleranmälan till myndighet. Detta om man kan anta att bullret eller skakningen är särskilt störande, om verksamheten kan innebära risk för grundvattnet eller vid orimlig störning för grannar.

4.5 Utsläpp till luft

Luftföroreningar i samband med betongtillverkning anses generellt sett inte vara ett stort problem, men det finns ett antal olika potentiella källor till luftföroreningar som tillverkaren måste beakta och hantera i sin dagliga verksamhet. Dessa är:

- avgaser från fordon samt gas- och oljevärmare som används vintertid för att värma delmaterial och vatten;
- dammutsläpp vid påfyllning av silor för förvaring av pulvermaterial såsom cement, mineraliska tillsatsmaterial och kalkfyller;
- dammutsläpp vid hantering av ballast (mottagning, omlastningar, bandtransport upp till silor);
- dammutsläpp vid uppvägning och blandning av delmaterial.

I de fall krossning av betong och berg ingår i verksamheten hänvisas till andra rapporter som tar upp damning. Se exempelvis tillämpliga delar i *MinFo rapport nr P2000-13:4, Projekt 4.1, Åtgärder mot damning vid produktion av bergmaterial och industrimineral, 2005*.

Figur 9: Fotot visar övre delar av silor för pulvermaterial, såsom exempelvis cement

Foto: Esa Salminen.

4.6 Energianvändning

Enligt Betongindustri i Sverige använder en fabriksbetonganläggning relativt små mängder direkt energi, i snitt 19 kilowattimmar per m³ betong. Med direkt energi menas den el, olja, gas, fjärrvärme m.m. som behövs vid tillverkningsstället för produktionen av betong. Ofta används mer energi vintertid vid tillverkning av fabriksbetong. En anledning till det är att värme måste tillföras betongen för att undvika att den ska frysa vid gjutning.

Tabell 7 visar de processer som kräver energi vid tillverkning av fabriksbetong och vilka energislag som kan vara lämpliga. Aerotemper är en vatten- eller ångburen fläktluftvärmare (element med fläkt). En värmepanna kan drivas av pellets, olja eller el. En anläggning för tillverkning av betongprodukter har inte samma behov av värmning vintertid men har i vissa fall permanenta härdkammare för snabbare härdning. Samma typ av energislag som i Tabell 7 kan användas.

Tabell 7: Kartläggning av energiförbrukande processer vid fabriksbetongtillverkning

Process	Energislag
Belysning, ventilation m.m.	El
Uppvärmning av lokaler	Fjärrvärme, värmepanna, aerotemper, el och/eller spillvärme från delprocesser
Motorer för blandare, pumpar, lufttryckssystem, elektronik m.m.	El
Uppvärmning av spolplatta vintertid	El
Spolning av betongbilar med varmvatten	Fjärrvärme eller värmepanna
Värmning av vattnet som tillsätts betongen vintertid	Fjärrvärme eller värmepanna
Värmning av ballast vintertid	Eldriven värmestav, rökgaser från oljedriven värmepanna, varmluft (via varmvatten), elfläkt eller aerotemper

4.7 Transporter

Miljöklasser används för att ställa krav på lastbilars utsläpp, och de anger högsta tillåtna utsläpp av en rad olika luftföroreningar. För nya tunga fordon gäller EuroVI, som är en europeisk miljöklass.

I andra delar av världen används andra miljöklassregler men det pågår arbete för att harmonisera miljöklasserna och testmetoderna.

Lokala myndigheter har möjlighet att utestänga vissa tunga lastbilar från stadskärnor och andra känsliga områden, miljözoner. Reglerna för miljözon baseras på fordonens miljöklass.

Inom vissa länders stadskärnor tillåts inte avgasutsläpp på byggarbetsplatser varför försök pågår med eldrift av betongbilarnas roterare.

De GPS-system som idag används vid betongdistribution övervakar transporterna men minskar nödvändigtvis inte den totala körsträckan.

5. BAT för betongindustrin

Kapitel 5 beskriver översiktligt vad som är BAT för betongindustrin i de nordiska länderna.

5.1 BAT för hantering av avloppsvatten

BAT för hantering av avloppsvatten är att tillverkaren upprättar rutiner och vidtar åtgärder som begränsar vattenförbrukningen och minimerar utsläpp av föroreningar.

Relevanta åtgärder för tillverkaren är att:

- upprätta en plan för hanteringen av avloppsvatten med en målsättning att återvinna spillvattnet från produktionen;
- rena förorenat spillvatten som inte återvinns;
- separera dagvatten från spillvatten genom belagda ytor och kanter. Detta gör att volymen spillvatten som måste renas minskar;
- skapa förutsättningar att provta dagvatten från verksamhetsområdet.

5.1.1 Återvinning av spillvatten

Återvinning av spillvatten, inklusive provtagning, beskrivs mer utförligt i BAT-kandidat nr 2.

Kondensat från lättbetongautoklaver återanvänds i produktionen.

Det finns exempel från länder utanför Norden där även slam återanvänds i ny betong. Detta kräver dock ett stort skötsel- och underhållsbehov. Slamhalten måste kontrolleras, vilket exempelvis kan göras genom ett system med s.k. filterpress efter att ballasten avskilts. Slamhalten kan därmed regleras så att slammet passar för den nya betongen.

5.1.2 Rening av förorenat spillvatten

Utsläpp av förorenat vatten ska minimeras och tillverkaren ska dokumentera utsläpp till vatten. Val av recipient ska klargöras i förväg i samråd med berörd myndighet. Behov av rening och lämpliga skyddsåtgärder avgörs i varje enskilt fall.

Sedimentering är en enkel och billig metod med en stabil drift och lite underhåll. Sedimentering kräver sällan speciallösningar eller särskild utrustning. Den rening av partiklar som uppnås vid sedimenteringen är i normalfallet tillräcklig. Sedimentering beskrivs mer utförligt i BAT-kandidat nr. 2.

Sedimenteringsbassängerna ska rengöras periodiskt och, vid behov, inhägnas och förses med lämpliga varningsskyltar. I anslutning till bassängerna ska det finnas en tät betongplatta för mellanlagring och dränering av slam. Avrunnet vatten ska ledas till sedimenteringsbassängerna. All annan lagring av betongslam ska ske på belagda ytor eller på särskilda platser med kontrollerade dräneringsanläggningar.

Vid betongproduktindustrier, där betongelement ytbehandlas, kan ett förorenat spolvatten uppkomma. Vid dessa anläggningar bör det övervägas om en oljeavskiljare ska installeras, utöver sedimentering.

Vid behov ska spillvattnet pH-justeras. Det finns system på marknaden som automatiskt övervakar vattnets pH och tillsätter en syra, exempelvis kolsyra. Vid tillverkning av betong är sådana system inte meningsfulla eftersom mängden avloppsvatten är liten.

Storskaliga fabriker som använder mycket vatten kan ha mer avancerade system för rening. Stora mängder vatten krävs vanligtvis vid sågning och polering av betongprodukter. Vattnet behandlas kemiskt med polymerer, sedimenteras och slamavskiljs. Se exempel från Finland i Figur 10.

Figur 10: Avancerat system för rening av spillvatten vid Rudus-fabriken i Tuusula, Finland

Foto: Esa Salminen.

5.1.3 Provtagning av förorenat spillvatten

Behovet av provtagning beror på mängden och kvaliteten på spillvattnet. Provtagningsfrekvensen avgörs i varje enskilt fall och beror på fabriken storlek och plats. Provtagning genomförs efter den sista sedimenteringsbassängen. Kompletterande provtagning kan även genomföras före tömning/underhåll av sedimenteringsbassängerna.

Provtagning av spillvattnet bör omfatta:

- totalkrom;
- 6-värt krom;
- koppar;
- nickel;
- zink;
- bly;
- COD (kemisk syreförbrukning);
- oljeindex;
- suspenderad substans, bör inte överstiga 20 mg/liter;
- pH. pH-värdet bör inte överstiga 8, men beror på volym spillvatten. Vid mindre mängder neutraliseras spillvattnet av övrigt vatten. Vid utsläpp till det kommunala spillvattennätet bör pH-värdet ligga i intervallet 6,5–10.

5.2 BAT för resursanvändning och avfall

BAT för resursanvändning är att tillverkaren har en långsiktig plan för att minska resursanvändningen. BAT för hantering av avfall handlar om att tillverkaren tar fram rutiner för hantering, bortförskaffande och minimering av avfall.

5.2.1 Resursanvändning

För att uppnå en hållbar betongtillverkning kan tillverkaren:

- ersätta en del av cementet med mineraliska tillsatsmaterial såsom slagg, silikastoft och flygaska;
- använda mer krossad ballast vid tillverkning av ny betong för att skydda naturgrusåsarna. Krossad ballast kan kräva mer cement, men det hanteras genom noggrannare proportionering och användning av vattenreducerande tillsatsmedel;
- använda återvunnen betong vid tillverkning av ny betong. Även här kan en ökning av cementshalten hanteras med noggrannare proportionering och vattenreducerande tillsatsmedel;
- se till att hitta användningsområden för betongslam från sedimenteringsbassängerna efter att slammet torkat och krossats. Ett exempel är kalkning av jordbruksmark om innehållet av tungmetaller m.m. inte är för högt. Ett annat exempel är att använda materialet i vägbyggnad m.m., se tillämpliga delar i BAT-kandidat nr. 4. Att återanvända krossat betongslam i ny betong är svårt men kan eventuellt vara aktuellt för enklare betonger. Om materialet siktas

förbättras möjligheterna till kontroll. På vissa håll har försök gjorts med att stabilisera avloppsslam med betongslam. Andra försök har varit att återanvända slammet i nya betongprodukter eller för tillverkning av murbruk;

- gjuta enklare block av färsk restbetong, som senare kan användas för att bygga exempelvis trädgårdsmurar. Om restbetongen tippas på hög kan den efter att ha stelnat krossas i syfte att återvinna ballasten eller till att användas som fyllnadsmaterial i t.ex. vägar. Betongen kan också tvättas ur vid ankomst och därefter sedimenteras, men det är ovanligt med tanke på den stora volymen som behövs vid sedimenteringen. Eventuellt kan färsk restbetong omedelbart användas i ny betong eller retarderas i syfte att användas senare, men detta är mycket osäkra metoder eftersom betongens egenskaper är svåra att kontrollera;
- återanvända överblivet material från tillverkning av lättbetong för tillverkning av ny lättbetong.

5.2.2 Avfall

Tillverkaren tar fram rutiner för:

- att förhindra, så långt det är möjligt, uppkomsten av avfall. Särskilt ska spridning av skadliga ämnen i avfallet begränsas i största möjliga utsträckning. Tillverkaren undersöker möjligheter att återanvända avfallet;
- hantering, sortering, lagring och bortskaffande av avfall. Avfall får inte blandas. Generellt gäller att förvaring av avfall inte får resultera i avrinning och förorening av mark och grundvatten. Avfall förvaras i avsedda, märkta behållare i skyddade och täckta utrymmen för att undvika spridning av avfall i närmiljön. Exempel på avfall och klassificering finns i kapitel 4.2. Farligt avfall levereras minst en gång per år till auktoriserade mottagare och deklarerar på företagets organisationsnummer. Övrigt avfall, som inte kan återvinnas eller återanvändas, ska också levereras till auktoriserade mottagningsanläggningar.

5.3 BAT för kemikaliehantering

BAT avseende hantering av kemikalier som används på sådant sätt att de kan orsaka föroreningar handlar om beredskapsplaner, utvärdering av kemikalier samt rutiner kring lagring:

- Beredskapsplaner och detaljerade skyddsåtgärder upprättas för att hantera oavsiktligt spill under leverans, lagring och användning.

- Tillverkaren utvärderar och dokumenterar kemikaliernas hälso- och miljöegenskaper genom relevant dokumentation. En kontinuerlig bedömning av risker genomförs. I det fall det finns bättre alternativ på marknaden används dessa så långt det kan ske utan orimlig kostnad eller olägenhet, substitutionsprincipen.
- Tillverkaren upprättar rutiner för lagring. Lagertankar och fat som innehåller kemikalier märks tydligt och låses för att förhindra obehörig åtkomst. Den lokala räddningstjänsten informeras om vilka kemikalier som lagras och var de lagras. Rutinmässiga inspektioner görs för att kontrollera läckage eller spill. Underjordiska lagertankar är konstruerade och underhållna för att förhindra läckage. Överjordiska behållare placeras i invallningar bestående av ogenomträngliga golv och väggar, se Figur 11. Dessa ska ha en kapacitet som är lika med eller större än kapaciteten hos den största lagertanken. Invallningarna förses med låsbara ventiler som kan öppnas för att avleda eventuellt regnvatten.

Figur 11: Illustrationen visar hur överjordiska behållare för lagring av kemikalier ska förses med invallningar

Grafik: Elin Brander/Artistica.

5.4 BAT för buller

Vad gäller buller läggs fokus på produktionsutrustning, hantering, transporter och lokaler.

BAT för internt buller är att tillverkaren vidtar åtgärder som minimerar buller och bullerskador inomhus. Exempel på åtgärder kan vara att:

- förbättra lokalers akustikförhållanden;

- se till att alla anställda lyssnar på skyddsombud, beaktar säkerhetsgränser för buller och använder personlig skyddsutrustning;
- förse rännor och behållare med gummipackningar och upphängningssystem samt motorer med ljuddämpare.

BAT för externt buller kan exempelvis vara att:

- utrusta fordon med effektiva ljuddämpare och tysta luftkompressorer;
- begränsa fallhöjd vid urlastning av ballast;
- lokalisera nya verksamheter, om möjligt, till områden där tung trafik kan accepteras.

Gränsvärden för externt buller motsvarar generellt bullergränserna för industriföretag, och de sätts olika i de nordiska länderna. Ett exempel från Norge anger följande ekvivalenta värden i närheten av bostadshus:

- Dagtid (måndag–lördag) kl. 06.00–18.00: 50 dB (A).
- Kväll (måndag–lördag) kl. 18.00–22.00: 45 dB (A).
- Söndag och helgdag kl. 06.00–22.00: 45 dB (A).
- Natt alla dagar kl. 22.00–06.00: 40 dB (A).

Om ljudet innehåller tydliga singeltoner och/eller pulsljud ska värdena minskas med 5 dB. Den högsta ljudnivån får inte överstiga motsvarande ekvivalentnivå med mer än 10 dB.

5.5 BAT för utsläpp av luftföroreningar

BAT för att hantera luftföroreningar är att tillverkaren har rutiner och vidtar åtgärder som minimerar dammspridning. Vid behov utförs dammövervakning av miljö-, hälso- och säkerhetsskäl. Rutiner tas fram för att beskriva lämpliga åtgärder vid onormala dammutsläpp. Exempel på åtgärder är att:

- bygga in eller vindskydda samt bevattna områden där ballast hanteras;
- minimera fallhöjder vid omlastningar av ballast;
- se till att körbanor och upplagsytor är hårdgjorda och rengjorda från damm;
- se till att de filter som finns i silor för cement, mineraliska tillsatsmaterial och kalkfyller är kontrollerade och rengjorda så att de kan släppa igenom den stora mängden luft som passerar dem vid påfyllning;
- se till att städa upp eventuella spill direkt efter påfyllning av cement, mineraliska tillsatsmaterial och kalkfyller.

Exempel på gränsvärden fastställda i tillstånd för verksamhet i Norge:

- Verksamheten får inte släppa ut mer damm än vad som motsvarar 5 g nedfallet damm per m² yta under en 30-dagarsperiod för de mest utsatta bostadsfastigheterna.
- Filter på pulverilator ska kunna begränsa utsläppen av totalt damm till maximalt 10 mg/m³ (ntg).

5.6 BAT för energianvändning

BAT för energianvändning är att tillverkaren har ett system för kontinuerlig och systematisk kartläggning av åtgärder för att uppnå den mest energieffektiva produktionen och driften. Det är värt att notera att klimatskillnader mellan de nordiska länderna gör att behovet av uppvärmning varierar. Några exempel på åtgärder är att:

- ta fram en energikartläggning och identifiera möjligheter till energibesparing, inklusive optimering av elförsörjning och konsumtion;
- se till att utrustningen är energieffektiv;
- se till att alla anställda utbildas för att spara energi;
- isolera råmaterialen vintertid för att minska behovet av uppvärmning och varmvatten;
- utnyttja, om möjligt, intern överskottsenergi från såväl befintliga som nya anläggningar;
- se till att överskottsenergi kan utnyttjas externt om det är tekniskt och ekonomiskt genomförbart.

5.7 BAT för transporter

BAT för transporter är att tillverkaren upprättar en plan för miljöanpassning av sin lastbilspark. Ett exempel är att nya lastbilar ska uppfylla miljöklass EuroVI enligt det europeiska systemet.

Vid nyetablering av betongtillverkning är det viktigt att vägnätet klarar av den ökade trafikbelastningen.

5.8 BAT för miljöledning, inklusive övervakning och rapportering

BAT för miljöledning är att tillverkaren har ett väldokumenterat internt kvalitets- och miljöledningssystem som uppdateras kontinuerligt. Genom en engagerad ledning och regelbunden utbildning förtydligas fastställda rutiner inom hela företaget.

Några exempel på vad ledningssystemet gör är att det:

- definierar ledningens ansvar;
- pekar ut en ansvarig kvalitets- och miljöansvarig;
- beskriver hanteringen av kemikalier och avfall;
- innehåller mätbara mål om ständiga förbättringar;
- innehåller rutiner för hur avvikelser och förbättringar ska hanteras.

5.9 BAT för hantering av risker och olyckor

BAT för hantering av risker och olyckor är att tillverkaren tar fram en miljöriskanalys. Miljöriskanalysen ska:

- dokumenteras och omfatta alla delar av verksamheten som kan orsaka akut förorening av vatten, mark och luft med risk för hälso- och/eller miljöskador inom eller utanför fabriksområdet. Vid förändringar i produktionsförhållandena uppdateras miljöriskanalysen. I den utsträckning verksamheten utgör en risk för akut olovlig förorening ska tillverkaren se till att den har den nödvändiga beredskapen att förebygga, upptäcka och stoppa sådan förorening;
- utgöra grund för riskreducerande åtgärder. Både sannolikhetsreducerande och konsekvensreducerande åtgärder ska bedömas. Tillverkaren kommer då att kunna ha en uppdaterad översikt över förebyggande åtgärder.

6. BAT-kandidater

En gemensam nämnare för dessa BAT-kandidater är att de handlar om cirkulär ekonomi inklusive återanvändning och återvinning, se Tabell 8.

Tabell 8: BAT relaterad till den cirkulära ekonomin

Nr.	
1	Återvunnen betong för betongtillverkning
2	Återvinning av vatten
3	Användning av alternativa material i betong
4	Återanvändning av restbetong till annat än ny betong

6.1 Cirkulär ekonomi

Cirkulär ekonomi är ett uttryck för ekonomiska modeller som lyfter fram affärsmöjligheter där kretslopp dominerar snarare än linjära processer. I dagens etablerade ekonomiska system produceras, används och slängs varor. Det utgör en linjär ekonomi där flödet har en tydlig början och ett tydligt slut. En cirkulär ekonomi fungerar helt annorlunda. Figur 12 sammanfattar de olika materialflöden som uppkommer i samband med tillverkning av betong.

Figur 12: Sammanfattning av de olika materialflöden som uppkommer i samband med tillverkning av betong

Illustration: Richard McCarthy.

6.2 BAT-kandidat nr. 1 – Återvunnen betong för betongtillverkning

6.2.1 Inledning

Genom användning av återvunnen betong för betongtillverkning (ballast av återvunna rivningsmaterial i betong och ballast återvunnen ur restbetong) minskar uttaget av jungfruligt bergmaterial. Intresset för användningen ökar och fler och fler uttrycker önskemål om att återvunnen ballast ska kunna utnyttjas mer i nyproduktion av byggnader, vilket även premieras i t.ex. olika miljöcertifieringssystem för byggnader.

Användningen är trots fördelarna inte så stor som den skulle kunna vara i dagens betongtillverkning. Den främsta anledningen är att det tidigare har saknats regler inom området. De europagemensamma rekommendationerna om användning av ballast återvunnen ur rivningsmaterial i betong (CE-märkt ballast) är av sent datum (2014) och de nationella anpassningarna till denna av ännu senare datum. De europeiska betongstandarderna EN 206 och EN 12620 ger idag endast rekommendationer för användning av CE-märkt ballast ur återvunna rivningsmaterial (recycled aggregate), d.v.s. från material som tidigare använts i byggnadsverk. Det är sedan upp till respektive land att bestämma om och hur sådan ballast får användas i det egna landet. Hur mycket sådan ballast som enligt rekommendationerna får användas i betongen beror på typ av rivningsmassa, vilken exponeringsklass betongen ska användas i samt hållfasthetsklassen på den slutliga betongen. Största andelen grov ballast som får ersättas är 50 % (återvunnen ballast av god kvalitet och i en icke-aggressiv miljö). I ett antal av de strängare exponeringsklasserna tillåts inte denna typ av ballast alls, om man inte kan påvisa att det återvunna materialet till 95 % består av sten eller en betong som har lika bra eller bättre beständighet och hållfasthet än vad som krävs för den nya konstruktionen. Eftersom den grova ballasten i runda tal utgör hälften av den totala ballastmängden, innebär det att för t.ex. inomhuskonstruktioner skulle ca 25 % av den totala ballastmängden idag kunna bestå av återvunna material om man utnyttjade dagens regler fullt ut.

Betongtillverkaren får ersätta 5 % av den totala ballastmängden med ballast återvunnen ur restbetong från den egna tillverkningen. Ballasten kan då antingen utgöras av krossad hårdnad restbetong, ballast framtvättad ur färsk restbetong eller ballast som separeras i samband med tvättning av betongbilar och blandare. Att tvätta ur restbetong är dock ovanligt eftersom det kräver stora sedimenteringsvolymmer. Vid separering av ballast är det viktigt att använda metoder som är driftsäkra och kräver ett minimum av underhåll. Två exempel på lämpliga avskiljningsanordningar är s.k. avvattningsskruv (längst ned till vänster i Figur 18) och sandskruv (till höger i Figur 13).

Figur 13: Återvinning av ballast vid tvättning av roterbilar vid semi-mobil tillverkning. Till vänster visas var bilarna tvättas och till höger visas en s.k. sandskruv som avskiljer ballasten. Tillrådligt är att använda hallar för att garantera produktion även vintertid

Foto: Richard McCarthy.

6.2.2 Teknisk beskrivning

Kvaliteten och sammansättningen på rivningsmaterial varierar från rivningsobjekt till rivningsobjekt. Därför är det viktigt att ballastleverantörer som vill CE-märka ballast av återvunna rivningsmassor kontinuerligt kan leverera material med likartade egenskaper.

Den vanligaste materialkombinationen vad gäller betong i gamla hus är armeringsjärn i armerade delar. Återvinningsföretagen har dock utvecklat metoder för att krossa betongen så att armeringsjärnet frigörs och sedan separeras med hjälp av magneter. I modernare byggnader där man använder sig av s.k. sandwichelement kan det potentiellt bli svårare att återvinna rena materialströmmar i framtiden. Om byggnaden rivs i sin helhet (totaldemolering) kan naturligtvis i stort sett alla de material som nämns nedan förekomma, mer eller mindre fast kombinerade med betongen. När det gäller byggavfall som är hälsofarligt, t.ex. asbest, PCB och "blåbetong", måste detta naturligtvis saneras innan rivning.

Grönholm (1997) redogör på ett strukturerat sätt för stegen i förädlingsprocessen. Finmaterialet är en mindre eftertraktad produkt och kan därmed bli svårt att göra sig av med. På grund av dammbildning är det bra att bevattna krossmaterialet. Innan krossningen sorteras vanligtvis matjord, lera och silt bort för att få renare sorteringar och mindre damm. För att minska risken att armeringsjärn som frilagts fastnar i eller river sönder transportbandet under krossen ökar man generellt avståndet mellan krossens utmatningsöppning och transportbandet. Det måste dessutom finnas en kombinerad skydds- och styrplåt med uppgift att leda ut armering på bandet utan att skada detta. Armering separeras därefter bort med magneter, medan övriga icke-magnetiska föroreningar kan separeras bort med någon/några av följande metoder:

- Mekaniska siktar som låter materialet falla ned genom galler, nät eller slitsad gummimatta vilket innebär att föroreningarna blir kvar. Passar bäst för tyngre partiklar, typ trä och metall.
- Torrseparering som antingen dammsuger bort föroreningarna eller så får materialet falla ned i en trumma i vilken det går en uppåtriktad luftström. Detta är effektivast mot lätta material, såsom papper och plast.
- Vattentvätt där mineraliska massor sjunker till botten i en bassäng med stillastående vatten. Föroreningar stannar kvar på ytan och de sjunkna massorna förs bort på ett transportband på botten. Detta är bäst för lätta material, typ papper, plast och trä.
- Vattentvätt där förorenade massor förs ned i bassäng med strömmande vatten på ett transportband, motsatt vattnets strömriktning. Detta är bäst för lätta material, typ papper, plast och trä.

Vattentvätt ger mycket rent material men har kapacitetsbegränsningar och ger dessutom upphov till ett slam som måste tas om hand.

Materialet sorteras upp i olika fraktioner i en siktanläggning. Bara vissa kvaliteter och fraktioner (2 – ca 20 mm) kan användas i betong och det är därför nödvändigt att det finns avsättning för andra kvaliteter/fraktioner för andra ändamål, t.ex. som bärlager eller förstärkningslager i vägbyggnad eller som fyllnadsmassor.

I dagsläget finns det ett fåtal företag och anläggningar i Sverige och Finland som tar hand om, krossar, sorterar och marknadsför rivningsmaterial. I EU-projektet RE4 arbetar man med att öka återvinningen av olika avfallsfraktioner i konstruktionsmaterial. Industripartnern CDE Environmental, ett brittiskt företag i ballastbranschen som också arbetar med förädling av rivningsmassor, har ett antal återvinningscentra runt om i Europa där de hjälper lokala aktörer att sortera avfallet. De erbjuder system av matare, transportband, siktar, magneter, o.s.v., där osorterat avfall sorteras upp i fraktioner.

Eftersom reglerna för användning av återvunnen betong som ballast är så nya är de flesta betongtillverkare fortfarande ovana vid att hantera sådan ballast i sin produktion. Att bara byta ut naturballast mot återvunnen ballast är inte möjligt, utan betongrecepten måste justeras och optimeras för att passa för återvunnen ballast och den kvalitetsvariation denna har.

Figur 14: Exempel på grovsorterat byggavfall

Foto: National Demolition Association, USA.

Figur 15: Exempel på krossat och sorterat byggavfall

Foto: Raymond Brown.

6.2.3 Miljöaspekter

Avfall från byggnadssektorn utgör ca 35 % av den totala avfallsmängden inom EU. Ungefär en tredjedel av detta utgörs av mineraliska material som betong och sten. En ökad återanvändning av detta material minskar mängden avfall som går på deponi.

I betong ersätter ballast av återvunnet rivningsmaterial i första hand grov ballast av natursten från bergtäkter, och med mer användning av återvunnen ballast minskar alltså behovet av att exploatera bergtäkter. Genom användning av återvunnet material som ballast i ny betong minskar uttaget av jungfruligt bergmaterial.

Användning av återvunnen betong för betongtillverkning kan innebära ett större cementbehov men det hanteras med noggrannare proportionering och vattenreducerande tillsatsmedel.

Miljöpåverkan från en anläggning för krossning och sortering av återvunna rivningsmaterial är främst dammbildning, vattenförbrukning och eventuella utsläpp av förorenat spillvatten vid tvättning av ballast.

6.2.4 *Ekonomi*

Det är i dagsläget billigare för betongtillverkare att tillverka betong med naturballast än med återvunnen ballast. För att på allvar öka användningen av återvunnen ballast krävs att den kan konkurrera med naturballast. Oftast krävs åtminstone initialt politiska åtgärder (regulativa eller ekonomiska) för att användningen av ballast av återvunna rivningsmaterial ska öka. Dessutom är det viktigt att infrastrukturen som tillhandahåller återvunnen ballast på marknaden byggs upp.

6.2.5 *Referenser*

SS-EN 13369:2013: Förtillverkade betongprodukter – Gemensamma regler. SIS.

SS-EN 206:2+013: Betong – Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse. SIS.

Grönholm, Raul. 1997: Återvinning av mineraliska massor. Förstudie.

6.3 **BAT-kandidat nr. 2 – Återvinning av vatten**

6.3.1 *Inledning*

BAT-kandidat nr. 2 innebär att så långt som möjligt återvinna spillvattnet från produktionen. Vattnet kan även användas för tvättning samt sågning, slipning, polering och vattenblästring av betongprodukter. Genom återvinning av spillvatten kan tillverkaren minska vattenförbrukningen och utsläppet av föroreningar. I bästa fall kan upp till 100 % spillvatten återvinnas.

6.3.2 *Teknisk beskrivning*

För att kunna återvinna spillvattnet krävs viss rening. En enkel och effektiv metod är sedimentering som nämnts i kapitel 5.1.2 Sedimentering innebär att slampartiklarna sedimenterar i en eller flera sedimenteringsbassänger eller tankar, se Figur 16 och 17 för exempel. Ju fler bassänger, desto bättre resultat och därmed större möjligheter att återvinna vattnet. Sedimenteringsbassängerna ska ha en total volym som säkerställer att kravet på suspenderat material uppfylls.

Figur 16: Sedimenteringsbassäng vid stationär anläggning. Vanligtvis är det flera sedimenteringsbassänger i en kedja

Foto: Finlands Byggindustrier.

Figur 17: Flyttbar sedimenteringstank vid semi-mobil tillverkning. På fotot syns en flytande balja för fixering av pumpmunstyckets djup under vattenytan

Foto: Richard McCarthy.

Det finns två sätt att sedimentera:

- Bräddavlopp (traditionellt), vilket är det enklaste sättet.
- Pumpning mellan bassängerna. En fördel med denna metod är att sedimenteringen sker utan flöde genom bassängerna vilket kan ge klarare vatten för återanvändning.

Pumpning (mellan bassänger och för transport till blandarstation m.m.) bör ske med vattenintaget strax under ytan. För detta kan någon form av flytanordning eller vinsch användas som håller intaget på rätt nivå. För att undvika att eventuella plastfibrer och andra flytande partiklar på ytan följer med omges intaget av en avskiljande vägg några decimeter ned i vattnet. Eventuella plastfibrer och andra flytande partiklar avskiljs manuellt eller mekaniskt från ytan, hanteras som en separat avfallsfraktion och ska inte blandas in i andra massor.

En metod för mekanisk avskiljning är att använda en s.k. trumsil. Det är en lutande hålförsedd trumma med invändig skruv som avskiljer partiklarna, före eller efter sedimentering. Metoden har dock nackdelar såsom stort skötsel- och underhållsbehov.

Figur 18: Fotona visar en tvätthall i anslutning till en stationär fabrik. 100 % av spillvattnet återvinns, så även ballast. Längst upp till vänster visas tvätthallen utifrån och till höger den inbackade betongbilens baksida. Längst ned till vänster visas en s.k. avvattningsskruv som avskiljer ballasten

Foto: Esa Salminen.

Vatten från sedimenteringsbassängerna återbördas till blandarstationen genom nedgrävda ledningar under mark, isolerade rör ovan jord eller med hjälp av en roterbil eller liknande. Det kan vara en fördel att återvunnet vatten vägs upp i en separat våg

skild från vågen för nytt vatten. Detta för att kunna variera blandningen av återvunnet och nytt vatten.

Innan vattnet återanvänds i ny betong bör det provtas avseende innehåll av klorider, sulfater, alkali, socker, fosfater, nitrater, bly och zink. Frekvens avgörs i varje enskilt fall. Okulär kontroll och densitetsprov (vägning) bör ske ofta. pH-justering av vattnet behövs inte.

Genom mekanisk avskiljning av ballast (se BAT-kandidat nr. 1) innan sedimenteringen underlättas efterföljande hantering och ballasten kan också återanvändas i ny betong.

6.3.3 Miljöaspekter

Återvinning av spillvatten minskar såväl vattenförbrukningen som utsläppet av föroreningar.

6.3.4 Ekonomi

En effektiv vattenhantering bidrar generellt till att förbättra effektiviteten och minska fabriken kostnader. Sedimenteringsteknik för återvinning av spillvatten är en enkel och billig metod som ger säker drift och lågt underhåll.

6.3.5 Referenser

Inga referenser, underlaget för beskrivningarna kommer från de intervjuer som gjorts.

6.4 BAT-kandidat nr. 3 – Användning av alternativa material i betong

6.4.1 Inledning

Alternativa material i betong minskar behovet av rent portlandcement (PC), som i sin tur minskar utsläppet av koldioxid i atmosfären. Exempel på material som ersätter PC är flygaska, slagg och silikastoft. Användningen av dem regleras i cement- och betongstandarderna.

6.4.2 Teknisk beskrivning

PC är den produkt som bränns i cementugnar och som de flesta av de traditionella cementsorterna består av. Vid förbränningen släpps stora mängder koldioxid ut. Ett sätt att minska koldioxidutsläppen och miljöpåverkan av betongbyggande är att minska användningen av PC och ersätta det med cementliknande material som är biprodukter eller avfall från andra tillverkningsprocesser eller som förekommer naturligt. Sådana mineraliska tillsatsmaterial brukar kallas SCM (Supplementary

Cementitious Materials). De tre vanligaste SCM i Norden är flygaska, slagg och silikastoft. De två första utgjorde från början avfall från andra processer. Flygaska är aska som kommer från kolkraftverk och som avskiljs till exempel med elektrostatiske filter. Slagg är en restprodukt vid ståltillverkning. Silikastoft utvinns från rökgaserna vid framställning av kiselmetall och ferrokisel. Naturliga puzzolaner av vulkaniskt ursprung används i vissa länder men förekommer inte i Norden. Man kan även framställa puzzolaner genom bränning av lermineral. Bränd skiffer är också ett sådant material vilket används främst i de baltiska staterna, men knappast alls i Norden. De flesta av dessa fungerar bara i kombination med PC, då de inte reagerar direkt med vatten utan med den kalciumhydroxid som frigörs när PC reagerar med vatten.

Figur 19: Mineraliska tillsatsmaterial, även kallade SCM (Supplementary Cementitious Materials). De tre vanligaste SCM i Norden är (från vänster) slagg, flygaska och silikastoft

Foto: Elisabeth Helsing.

Det vi idag kallar cement kan endera vara rena PC, men det finns även en mängd blandcement som har PC som bas men som till viss del består av olika SCM. Den europeiska cementstandarden (EN 197-1) specificerar förutom PC 26 olika blandcement. Man kan även blanda ett rent PC med SCM när man tillverkar betongen, vilken denna rapport fokuserar på. Den europeiska betongstandarden (EN 206) accepterar att man gör detta med slagg, flygaska och silikastoft.

SCM påverkar betongens beständighet på lite olika sätt, varför EN 206 med tillägsstandarden anger vilka blandcement som kan användas och vilka mängder SCM som kan tillsättas betongen i olika exponeringsklasser.

Vissa blandcement och SCM ger en något långsammare hållfasthetstillväxt när betongen är nygjuten, vilket beaktas av entreprenörer och betongprodukttillverkare.

6.4.3 Miljöaspekter

Att ersätta PC med olika SCM innebär att utsläppen av koldioxid från PC-tillverkning minskar.

Genom att samtidigt följa hanteringsanvisningar och standarder behöver beständigheten inte påverkas, vilket innebär att byggnadens livslängd blir densamma som för betong med enbart PC. SCM kan i vissa fall förbättra betongens beständighet, exempelvis mot kloridinträngning.

6.4.4 *Ekonomi*

Priserna för de olika delmaterialen sätts på de olika marknaderna och beror till största delen på tillgång och efterfrågan. I takt med att industriella biprodukter och restmaterial ges en användning ökar priserna på dessa.

6.4.5 *Referenser*

EN197-1 Cement – Del 1: Sammansättning och fordringar för ordinära cement.

EN 206 Betong – Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse.

EN 450-1 Flygaska för betong – Del 1: Definition, specifikationer och kriterier för överensstämmelseöverensstämmelse.

EN 13263 Silikastoft till betong – Del 2: Utvärdering av överensstämmelse.

EN 15167-1 Mald granulerad masugnsslagg för användning i betong, bruk och injekteringsbruk – Del 1: Definitioner, specifikationer och kriterier för överensstämmelse.

SS137003 Betong – Användning av EN 206 i Sverige.

6.5 **BAT-kandidat nr. 4 – Återanvändning av restbetong till annat än ny betong**

6.5.1 *Inledning*

Som restbetong menas färsk restbetong som har hårdnat på fabriken. Istället för att köra materialet på deponi kan den krossas i syfte att användas i vägbyggnad, parkeringsplatser, bullervallar och liknande konstruktioner (t.ex. Grönholm, 1997; Dittlau, 2013; Hermelin & Dittlau, 2004). Detta görs i syfte att minimera resursanvändning och miljöpåverkan. Krossning i syfte att återvinna den som ballast för betong behandlas i BAT-kandidat nr. 1.

För att få en bättre överblick behandlas allt bygg- och rivningsavfall här. Avfallet har delats in i fyra olika kvalitetsklasser av Ydrevik (2000), med modifiering av Hermelin och Dittlau (2004). Krossad restbetong tillhör *kvalitetsklass 1*.

Figur 20: Krossad betong i vägkonstruktion

Foto: ROADEX.

6.5.2 Teknisk beskrivning

Eftersom krossad betong har en tendens att krossas och nötas ner till finare material vid belastning har den främsta användningen varit som förstärkningslager, vilket utsätts för lägre belastningar än bärlagret. Grönholm (1997) beskriver anläggning av testväg och hur man kan upparbeta mineraliska massor, t.ex. genom krossning, sortering och separering. Enligt Trafikverket i Sverige kan ren krossad betong med fördel användas som obundet material i vägkonstruktioner, t.ex. i skyddslager och förstärkningslager (Vägverket, 2007). Användningen i sådana lager förutsätter dock relativt ren betong, d.v.s. avfallet måste i någon mån vara sorterat, krossat och siktat.

Tabell 9 visar de fyra kvalitetsklasserna för bygg- och rivningsavfallet. Indelningen beror på betongkvalitet och renhet, där betongkvalitet baseras på tryckhållfasthet (antingen dokumenterad eller provad på borrhärdor) eller micro-Deval (motstånd mot nötning, MDE). Renheten baseras på innehåll av betong och andra komponenter.

Tabell 9: Kvalitetsklasser för bygg- och rivningsavfall, klass 1 är krossad restbetong

Klass	Betongkvalitet			Renhet			
	C-värde	Tryckhållfasthet (kärnor) MPa	M _{DE}	Betong ¹ vikt-%	Tegel ² vikt-%	Lättbetong ³ vikt-%	Övrigt ⁴ vikt-%
1	≥C30/37	≥ 30	≤25	100	0	0	0
2	≥C20/25	≥ 20	≤35	≥ 95	≤ 5	≤ 1	≤ 0,5
3	≥C12/15	≥ 10	≤50	≥ 80	≤ 20	≤ 5	≤ 2
4	-	-	-	≥ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 10

Fotnot: ¹ Ren ballast, cementpasta, samt kombination av dessa.

² Mineraliskt material med kompaktdensitet > 1,6 ton/m³, dvs. tegel, marmor, armering, andra metaller.

³ Mineraliskt material med kompaktdensitet <1,6 ton/m³, dvs. lättbetong, gips, lättmetaller, glas.

⁴ Allt som inte kan hänföras till övriga grupper, t.ex. trä, plast, papper och bitumen.

Ydrevik (2000) föreslår optimala användningsområden för de fyra kvalitetsklasserna i Tabell 10. Krossad restbetong (klass 1) kan enligt tabellen användas i alla applikationer, men en lämplighetanalys bör göras om materialet är optimalt eller inte i ett hållbarhetsperspektiv. Användning av krossad restbetong som fyllnadsmaterial i vägar och andra typer av markbäddar är förstas i vissa fall, men som generell avsättning för bygg- och rivningsavfall finns det risk i att materialet används i en tillämpning där det egentligen har för hög kvalitet.

Tabell 10: Optimala användningsområden, kvalitetsklass 1 är krossad restbetong

Användning	Kvalitetsklass			
	1	2	3	4
Ballast till ny betong/vältbetong	X	–	–	–
Cementstabiliserat grus	X	–	–	–
Väg/gata Obundet bärlager	X	X	–	–
Väg/gata Förstärkningslager	X	X	–	–
Gång o. Cykelväg Obundet bärlager	(X)	X	X	–
Gång o. Cykelväg Förstärkningslager	(X)	X	X	–
Skyddslager (undre först. lager)	(X)	(X)	X	–
Underbyggnad	(X)	(X)	X	X
Fyllningsmassor	(X)	(X)	(X)	X

6.5.3 Miljöaspekter

Om tillverkaren inte återanvänder restbetongen i ny betong finns här alltså möjlighet för denne att tillhandahålla byggsektorn krossad restbetong som fyllnadsmaterial i vägar och annat. Därmed kan byggsektorns resursanvändning och miljöpåverkan minskas.

6.5.4 *Ekonomi*

Denna BAT-kandidat beskriver en möjlig avsättningsmöjlighet för betongtillverkaren. Priserna beror till största delen på egna kostnader samt tillgång och efterfrågan.

6.5.5 *Referenser*

Vägverket, 2007. Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad. Publikation 2007:110. ISSN 1401-9612.

Dittlau, 2013. KRAV Alternativa material för vägkonstruktioner. TDOK 2013:0532.

Grönholm, Raul. 1997. Återvinning av mineraliska massor. Förstudie.

Hermelin & Dittlau, 2004. Krossad betong i vägkonstruktioner.

Ydrevik, 2000. Återvägen – Råd och vägledning för återvinning av krossad betong som ballast i gator och vägar.

7. Framväxande tekniker

Detta avsnitt ägnas åt exempel på nya tekniker som inte är fullt utvecklade eller används i branschen, men som kan vara BAT-kandidater i framtiden.

En teknik som är på frammarsch är utvecklingen av betongbilar och pumpar som drivs av hydrerade vegetabiliska oljor (HVO) och el. Roteraren laddas via en generator under körning och kan sedan drivas i fyra timmar på en laddning. Det räcker för den tid bilen står på bygget, se Figur 21.

Figur 21: Betongbilar och pumpar som drivs av HVO och el

Foto: Swerock.

Materialet betong utvecklas också ständigt, så även tillsatsmedel och tillsatsmaterial. En stor miljöfördel med betong är möjligheten att blanda in restmaterial från industrin som tidigare nämnts.

Utvecklingen av sensorer sker inom hela betongsektorn och kan till viss del spilla över på betongtillverkningen. Sensorer för mätning av fukt och konsistens är några exempel.

8. Referenser och kontakter

8.1 Publikationer

CBI Betonginstitutet, Återvinning och återanvändning, CBI-nytt nr 2, 2015.
European Ready Mixed Concrete Organization (ERMCO): Environmental Practices in the Ready Mixed Concrete Industry, 1996.
Miljödirektoratet, faktaark M-600, Miljökrav för betongvirksomheter, 2016.
MinFo rapport nr P2000-13:4, Projekt 4.1, Åtgärder mot damning vid produktion av bergmaterial och industrimineral, 2005.
Naturvårdsverket, Branschfakta, Betongindustri – Anläggningar för framställning av betong, lättbetong och betongprodukter, 1995 (samt tillägg vid webbpublicering, 2009).
Nordiska ministerrådet, Best Available Technique, Buller från bergtäkter, TemaNord, 2013:588.

8.2 Kontakter/intervjuer

Ari Mantila, Rakennusteollisuus RT ry, Finland
Berit Gudding Petersen, Unicon, Norge
Cathrine Svensson, Betongindustri, Sverige
Christer Brüntesson, Betongindustri, Sverige
Erik Svedberg, PROCMA, Sverige
Jan Eldegard Hjelle, FABEKO, Norge
Jan Trägård, RISE CBI Betonginstitutet, Sverige
Janne Tuomikko, Tecwill Oy, Finland
Jouni Erkkilä, Parma Oy, Finland
Kai Westphal, Steypustödin, Island
Karolinn Jägemar, Skanska, Sverige
Katja Lehtonen, Ytekki Oy, Finland
Lars-Olof Eliasson, Pigmentec, Sverige
Lars Åberg, Nordcert, Sverige
Magnus Larsson, Betongindustri, Sverige
Maiju Räsänen, Joutsenon Elementti, Finland
Malin Löjsjögård, Svensk Betong, Sverige
Martin Hansson, Sika, Sverige
Mikko Attila, Finlands miljöcentral, Finland
Morten Bjerke, Norsk Betongforening, Norge
Mårten Grotéus, Skandinaviska Byggelement, Sverige
Olafur Wallevik, Isländska Betongföreningen, Island
Patrik Qvarforth, Skanska, Sverige
Peter Westman, Röbäcks, Sverige

Regin Johannesen, Løvubetong, Färöarna
Sami Sainio, Ruskon Betoni, Finland
Tero Niklander, Rudus Oy, Finland
Thomas Uhd, Dansk Byggeri, Danmark

Summary

The BAT Group of the Nordic Council of Ministers has ordered a project on Best Available Techniques (BAT) for the concrete production industry in the Nordic countries. The objectives of the project have been to:

- review and describe the concrete manufacturing sector in the Nordic countries;
- review and describe the used techniques in the Nordic countries;
- identify and describe the most important environmental aspects from the Nordic perspective;
- identify and describe techniques that shall be included in the considerations of representing BAT in concrete manufacturing.

The provided information can be utilised by concrete producers, environmental consultants and competent environmental authorities.

Concrete is the most used of all industrially produced materials and is used for the construction of infrastructure, buildings and a variety of other structures. Companies in the concrete industry are found throughout the whole Nordic region and they contribute to both employment and social development.

Both production of ready-mix concrete and concrete products are included in this report. Ready-mix concrete can either be produced on site (in mobile or semi-mobile units) or in permanent plants. Concrete products are either larger elements or smaller products.

The most important environmental aspects in the scope of this study are (in non-prioritised order):

- waste water emissions;
- resource management and waste;
- chemicals;
- noise;
- air emissions;
- use of energy;
- transports.

Appropriate technology is used to ensure that the process meets all requirements of relevant local and national legislation. Measures adopted should be economically reasonable and practicable. They should be realistic in relation to the size, environmental impact, age and location of the plant.

Several BAT have been more briefly defined in a longer list in chapter 5 that includes descriptions of:

- BAT for waste water handling;
- BAT for resource management and waste;
- BAT for chemical handling;
- BAT for noise;
- BAT for control of air emission;
- BAT for the use of energy;
- BAT for transports;
- BAT for environmental management, including monitoring and reporting;
- BAT for reduction of risks and accidents.

The longer BAT list provides necessary measures to ensure that the emissions are under control.

Resource management and waste are important environmental aspects for the concrete industry. Therefore, chapter 6 focuses on a smaller number of BAT candidates dealing with circular economy including reuse and recycling of aggregate and other materials, see Table 11.

Table 11: BAT related to the circular economy

Number	
1	Recycled concrete in new concrete
2	Recycling of water
3	Use of alternative materials in concrete
4	Recycling of residual concrete to other than new concrete

Nordiska ministerrådet
Nordens Hus
Ved Stranden 18
DK-1061 Köpenhamn K
www.norden.org

Bästa tillgängliga teknik (BAT) för nordisk betongindustri

På uppdrag av Nordiska ministerrådets BAT-grupp, har RISE CBI Betonginstitutet tillsammans med Vahanen Environment Oy genomfört ett projekt om bästa tillgängliga teknik (BAT) för den nordiska betongindustrin. Syftet med projektet har varit att

- göra en översyn och beskriva betongindustrin i Norden
- beskriva de tekniker som används i branschen
- definiera och beskriva de viktigaste miljöaspekterna ur ett nordiskt perspektiv
- identifiera och beskriva tekniker som kan ingå i överväganden om BAT i betongindustrin.

Informationen i rapporten kan användas av betongindustrin, miljökonsulter samt miljömyndigheter i de olika länderna. BAT-gruppen är en undergrupp till den nordiska arbetsgruppen för Hållbar Konsumtion och Produktion (HKP).

9 789289 355834