

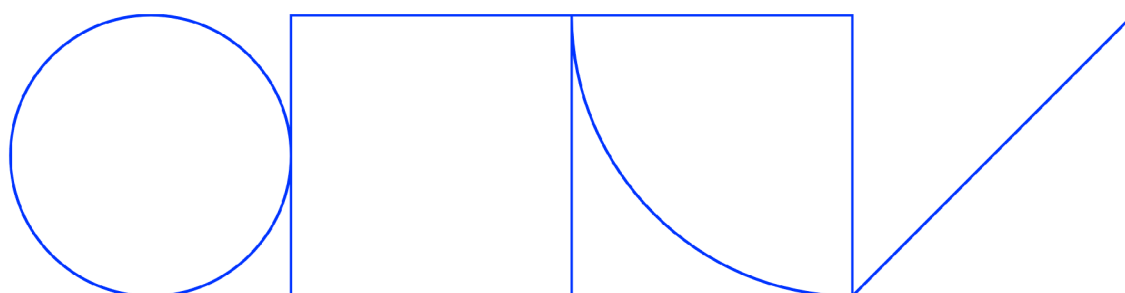
# Klimatreducerad betong – miljöpåverkan i ett slutskede

En studie om miljörelaterade förutsättningar för återanvändning av klimatreducerad betong som fyllnadsmaterial i mark

---

**Ellen Samuelsson, Lisa Janmar, Carolin Viklund, Sebastian Welling, Ulrika Franzén**  
NCC Infrastructure

2023-04-30



# FÖRORD

I detta projekt har vi intresserat oss för klimatreducerad betong och vilka förutsättningar som finns för att på ett säkert sätt återvinna betongen när den i framtiden rivs. Projektet har genomförts i samverkan mellan flera aktörer. Till arbetet har en referensgrupp kopplats, med representanter från avfallsbranschen, betongproducenter, entreprenörer, beställare, myndigheter och akademi. Referensgruppen har bestått av representanter från NCC, Thomas Concrete Group, Skanska, PEAB/Swerock, Trafikverket, IVL och Miljöförvaltning i Göteborgs stad.

Vi vill rikta ett stort tack till alla deltagare i arbetsgrupp såväl som referensgrupp, som bidragit med tid, engagemang och ovärderlig kunskap. Vi vill dessutom tacka SBUF som varit med och finansierat detta projekt.

Huvudförfattare för rapporten är Lisa Janmar och Carolin Viklund.

Lisa Janmar och Carolin Viklund, April 2023

# SAMMANFATTNING

Bygg- och anläggningssektorn ger upphov till cirka 20 % av Sveriges inhemska utsläpp av växthusgaser och cirka 12,4 miljoner ton avfall årligen (Boverket, 2021). En stor del av utsläppen kommer från tillverkningen av konstruktionsmaterial. I Bygg- och anläggningssektorns färdplan för fossilfri konkurrenskraft beskrivs åtgärder för att minska sektorns nettoutsläpp av växthusgaser till noll före 2045. Framtagande och användande av mer klimatneutrala byggmaterial, samt en omställning från linjära till cirkulära resursflöden beskrivs som några av de viktigaste åtgärderna.

För att minska betongens klimatpåverkan går det att delvis ersätta cementen med alternativa bindemedel, där slagg och flygaska är de vanligaste inom den svenska betongindustrin idag.

Denna studie syftar till att utreda innehåll och egenskaper för alternativa bindemedel i betong samt att utreda miljömässiga förutsättningar för återanvändning. Framför allt undersöks eventuella hinder i form av risk för negativa miljöeffekter under påföljande livscykelns användningsskede och hur dessa kan förebyggas. Detta har utförts genom erfarenhetssammanställning från branschen, en undersökande litteraturstudie och fallstudie med provtagningar och analyser inom ett infrastrukturprojekt där klimatreducerad betong används och där även restbetong används för markutfyllnad.

Det finns idag flertalet verktyg som hjälper verksamhetsutövaren att spåra betongens innehåll och även göra en miljöpåverkansbedömning av materialet som byggs in, för att skapa bättre förutsättningar för återvinning i framtiden. Dock saknas än så länge i många fall verkliga data från sluthantering av just klimatreducerad betong.

Resultaten den fallstudie som genomförts inom Västlänken etapp E02 Centralen genom traditionella analysmetoder visar att klimatreducerad betong med alternativa bindemedel i form av GGBS inte innebär sämre förutsättningar för återvinning än traditionell betong, men att materialet sällan överstiger kraven för KM (känslig markanvändning) vilket innebär vissa restriktioner i att kunna återanvända materialet på plats.

Ett delmål i projektet var att identifiera fortsatta möjliga utvecklingsområden. Under workshops med projektets referensgrupp har olika lösningar på problemställningarna diskuterats. Bland annat framgår att det finns behov av en systematisk metod för provtagning och analys av betongmassor och anpassade analyspaket för ändamålet och specifika rikstäckande riktlinjer för återanvändning av krossad betong i mark. Utöver det behövs fortsatt utveckling och tillämpning av digitala stöd för att underlätta och förbättra möjligheterna till återvinning av betongkonstruktioner med tillsats av olika alternativa bindemedel när dagens byggmaterial skall återvinnas.

1	BAKGRUND.....	5
2	MÅL OCH SYFTE.....	7
2.1	SYFTE .....	7
2.2	NYTTAN FÖR SBUF OCH DESS MEDLEMMAR .....	7
2.3	FRÅGESTÄLLNINGAR SOM BELYSES INOM STUDIEN .....	7
3	METOD.....	8
3.1	GENOMFÖRANDE .....	8
3.2	TIDPLAN .....	9
3.3	OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR .....	9
4	INGÅENDE KOMPONENTER I KLIMATREDUCERAD BETONG.....	10
4.1	BALLAST .....	10
4.2	CEMENT .....	10
4.3	ALTERNATIVA BINDEMEDEL .....	10
4.3.1	<i>Slagg - GGBS</i> .....	11
4.3.2	<i>Flygaska</i> .....	11
4.3.3	<i>Kalkstensfiller</i> .....	11
4.4	TILLSATSMEDEL .....	12
4.5	HISTORISK OCH FRAMTIDA ANVÄNDNING AV ALTERNATIVA BINDEMEDEL .....	12
4.6	STANDARDER FÖR BETONG OCH BINDEMEDEL.....	13
4.6.1	<i>CE-certifiering</i> .....	13
4.6.2	<i>Betongstandard</i> .....	14
4.6.3	<i>Standarder för tillverkning och provning av cement</i> .....	14
4.6.4	<i>Ny standard för alternativa bindemedel</i> .....	15
5	VERKTYG FÖR SPÅRNING OCH MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING .....	15
5.1	REACH.....	15
5.2	SÄKERHETS DATABLAD .....	15
5.3	BYGGVARUDEKLARATION OCH EBVD .....	16
5.4	GTIN .....	17
5.5	LOGGBOK.....	18
5.6	AKTIVITETSINDEX.....	19
5.7	MILJÖVARUDEKLARATIONER (EPD) .....	19
6	FALLSTUDIE .....	21
6.1	STUDIENS GENOMFÖRANDE.....	21
6.2	RESULTAT FRÅN STUDIEN .....	22
6.2.1	<i>Analys av totalhalter</i> .....	22
6.2.2	<i>Analys av lakbarhet</i> .....	23
7	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	24
8	LITTERATURFÖRTECKNING.....	28

BILAGOR.....	31
BILAGA 1. HISTORISK ANVÄNDNING AV ALTERNATIVA BINDEMEDEL .....	31
BILAGA 2. CAS-NUMMER OCH EG-NUMMER.....	32
BILAGA 3. ÅTERVINNING AV AVFALL I ANLÄGGNINGSÄNDAMÅL.....	32
BILAGA 4. KEMISK ANALYS AV BETONG .....	36
BILAGA 5. PRODUKTIONSSÄTT E02 CENTRALEN.....	39

# 1 BAKGRUND

Betongens kvalitet och mångsidighet har gjort den till vår tids mest använda konstruktionsmaterial. Vårt välfärdssamhälle bygger mycket på strukturer av just betong, som bostäder, infrastruktur, konstruktioner för energiförsörjning och VA-anläggningar. Tack vare dess vattenbeständiga och temperaturreglerande egenskaper spelar betongen även en viktig roll i anpassningen till klimatförändringar, såsom mer frekventa översvämningar och extremväder.

Konventionell betong framställs i huvudsak av stenmaterial, vatten och bindemedel i form av cement. Cementtillverkningen innebär betydande utsläpp av växthusgaser och cementtillverkningen i Sverige står för ca 4 procent av våra inhemska utsläpp (Panorama, 2023). Livscykelanalyser visar att ca 90 procent av betongens klimatpåverkan uppkommer vid framställningen av portlandcement, där ca 60 procent av koldioxiden frigörs när kalkstenen bränns till cementklinker, och 40 procent vid uppvärmningsprocessen med fossila bränslen. Övriga 10 procent av klimatpåverkan härleds till övriga beståndsdelar. (Svensk Betong, 2021).

Om Bygg- och anläggningssektorn ska kunna nå Sveriges klimatmål om nettonollutsläpp av växthusgaser innan 2045 behövs en stor omställning inom branschen och nya transformativa lösningar (Byggföretagen, 2018). Genom att ersätta delar av cementen med alternativa bindemedel kan klimatpåverkan från betongen minska samtidigt som betongen kan erhålla lika eller förbättrade materialegenskaper. De vanligaste alternativa bindemedlen godkända för betongtillverkning i Sverige idag är mald, granulerad masugnsslagg (GGBS) och flygaska. Dessa är restprodukter från industriella processer, vilket innebär betydligt lägre klimatpåverkan än portlandcementen, sett ur ett livscykelperspektiv. (Svensk Betong, 2021). På längre sikt har koldioxidavskiljning genom användning av CCS-teknik (Carbon Capture and Storage) tillsammans med en övergång förnybara energikällor vid cementproduktionen stor potential att reducera klimatpåverkan från betongen ytterligare.

För att nå klimatmålen krävs, utöver att ta fram mer klimatneutrala byggmaterial, en omställning från linjära till cirkulära resursflöden. Till skillnad från den traditionella synen att se på produkter som något som produceras av ny råvara, används och sedan bortskaffas i ett linjärt flöde, bygger cirkulär ekonomi på ett kretsloppstänk där uttagna resurser återanvänds om och om igen. På så vis får produkter och material flera liv, belastningen på miljön och uttaget av naturresurser minskar så att dessa finns kvar även för kommande generationer. (Byggföretagen, 2018).

Avfallstrappan, eller "avfallshierarkin", är ett EU-direktiv som är antaget i den svenska miljöbalken och styr hur våra förbrukade resurser ska tas om hand. Enligt avfallstrappan är den mest hållbara sluthanteringen av betong att återanvända betongelement som de är. Det något lägre trappsteget i avfallstrappan innefattar att återanvända materialet i annan form men till samma ändamål, det vill säga i ny betong. Denna typ av återvinning forskas det på idag men den är inte fullt kommersiellt gångbar än. En annan typ av återvinning av betong, och den som idag är mest antagen och även i fokus i denna studie är att det rivna betongmaterialet krossas och återanvänds som markutfyllnad. Tanken är att denna krossade betong ersätter uttag av bergmaterial från täkter. Om betongen krossas lokalt på projektet eller i nära anslutning minskas även behovet av transporter mellan bergtäkt och projektplatsen och därmed reduceras växthusgasutsläppen. Vanligast är dock att rivningsbetongen tas in som konstruktionsmaterial av externa avfallsmottagare eller deponier. Något som ofta tas upp som ett hinder för mer högvärdig återvinning som markutfyllnad i anläggningsändamål är betongens ämnesinnehåll i relation till rekommenderade gränsvärden för markanvändning.

Ett grundläggande problem inom den linjära ekonomin är att materialen tenderar att blandas och/eller förorenas, vilket leder till att efterfrågan på andrahandsmaterial minskar. För att få till en god cirkulär process krävs i regel att produkterna från början har ett välkänt innehåll av kemiska

ämnen. Många av de produkter som säljs består av flera sammansatta material och det kan vara svårt som konsument att vara helt insatt i produktens totala kemiska innehåll och dess miljöpåverkan. Regeringskansliet är tydliga med att övergången mot en mer cirkulär ekonomi bör ske med hjälp av genomgripande förnyelse, innovation och tekniska lösningar, till exempel med hjälp av digitalisering, spårbarhet för materialströmmar samt teknik som kan skapa lönsamhet när restströmmar tillvaratas. (Regeringskansliet 2020).

I och med dagens övergång till att oftare använda klimatreducerad betong i nya konstruktioner kommer ingående komponenter i betongrecepten och förhållandet dem emellan generellt att förändras. Ur en markmiljö-teknisk synvinkel väcker användning av slagg och askor en viss oro, då detta restavfall är förknippat med innehåll av oönskade ämnen och historiskt sett har okontrollerad användning av materialet till markutfyllnad inneburit att ämnena spridits till miljön. Genom att tillsätta slagg och flygaska till betong för att reducera dess klimatavtryck aktualiseras frågan om den producerade betongprodukten kommer att innehålla oönskade ämnen och om detta kan ge en påverkan på omgivande miljö.

Den generella kunskapsnivån i ämnet är i dagsläget otillräcklig för att säkerställa en trygg övergång till cirkulära resursflöden av klimatreducerad betong. I och med allt strängare klimatmål kommer användandet av alternativa bindemedel i betong att öka. Samtidigt kommer tillgången på de vanligaste alternativa bindemedlen idag, GGBS och flygaska, att minska som en följd av omställningen till förnybar el- och järnproduktion. När även nya typer av bindemedel utvecklas, med andra kemiska sammansättningar, kommer förutsättningarna förändras ytterligare. I jakten på klimateffektiva lösningar finns en risk att möjligheten till cirkulär hantering av slutprodukten inte prioriteras.

## 2 MÅL OCH SYFTE

### 2.1 Syfte

Syftet med denna studie är framför allt att hitta verktyg för att främja en säker användning av klimatreducerande bindemedel och för att i förlängningen ge större möjligheter till miljömässigt godtagbar återvinning av konstruktioner av klimatreducerad betong.

Inom studien utreds därför innehåll och egenskaper för klimatreducerande bindemedel i cementbaserade produkter, möjligheter till spårbarhet samt om det finns hinder i form av risk för negativa miljöeffekter vid återanvändning av klimatreducerade betongprodukter under påföljande livscykel.

Syftet uppnås genom framtagande av en rapport som omfattar en erfarenhetssammanställning från branschen, en undersökande litteraturstudie och fallstudie med provtagningar och analyser inom ett infrastrukturprojekt med pågående betongarbeten där alternativa bindemedel används.

Ett delmål i projektet är att identifiera fortsatt möjliga utvecklingsområden, det vill säga områden där det även efter projektet förekommer frågetecken och behov av fortsatt utvecklingsarbete.

### 2.2 Nyttan för SBUF och dess medlemmar

Många bygg- och anläggningsprojekt har stort behov av betong som konstruktionsmaterial, men samtidigt behöver de minska klimatavtrycket. Kännedom om förutsättningar och vilka eventuella miljörisker som alternativa bindemedel kan innebära förebygger eventuella framtida problem vid rivning och återvinning och bedöms vara av stor nytta för SBUF och dess medlemsföretag.

Studien ger en möjlighet för SBUF och dess medlemsföretag att både positionera och utveckla sig som medvetna om kommande risker som alternativa bindemedel och mer obeprövade lösningar kan innebära i framtiden. Information från denna studie skulle även kunna ge klarhet i vad stundande förändringar i form av utökad livscykel i standarden för miljövarudeklarationer (EPD) kan innebära för klimatreducerad betong.

### 2.3 Frågeställningar som belyses inom studien

Utvecklingen av betong med lägre klimatpåverkan är idag nödvändig om vi ska kunna uppfylla Parisavtalet, men riskerar vi att förbise andra miljöfrågor när vi optimerar utifrån klimatfrågan? Frågeställningar i denna studie innefattar:

- Hur ser framställning och användning av alternativa bindemedel ut, idag och historiskt?
- Är standarder och regelverk för framtagande och användande av alternativa bindemedel utformade för att undvika eventuell miljöpåverkan från materialet när det används i nästa livscykel?
- Kan alternativa bindemedel minska möjligheten till cirkulär hantering av betong - med fokus på återvinning som fyllnadsmaterial i mark?
- Är kontroller och analysmetoder anpassade för att fånga upp miljörelaterade risker vid återanvändning av betong med "nya" bindemedel?
- Har man den information som krävs för att kunna göra ett aktivt och miljömässigt korrekt val inför återvinning?



## 3 METOD

Under följande avsnitt beskrivs hur studien har genomförts, vilka som varit inblandade samt tidplanen för genomförda aktiviteter.

### 3.1 Genomförande

Projektet genomfördes i följande ordning:



- 1) Ett *Uppstartsmöte* hölls under hösten 2021 där medlemmar från arbets-och referensgrupp deltog och fick möjlighet att a) bidra med allmän kunskap/information om ämnet samt b) ge input till vilka frågeställningar som var mest relevanta att fokusera på inom studien.
- 2) *Startworkshop*: I syfte att dela kunskap och hitta förslag på lösningar för att förbättra informationsflödet om miljöaspekter kopplade till klimatreducerande bindemedel i betong hölls en workshop i NCC:s lokaler med deltagare ur arbetsgrupp och referensgrupp under en halvdag i mars 2022. Deltagare som ej kunde närvara på plats deltog via Teams. Input och idéer från workshopen sammanställdes i efterhand och har utgjort en viktig del av underlaget till studien.
- 3) En *Litteraturstudie* genomfördes, som bland annat innefattade:
  - a) Kartläggning över framställning, innehåll och användning av klimatreducerande alternativa bindemedel i cementbaserade produkter.
  - b) Kartläggning av nya direktiv för framtagande av miljövarudeklarationer (EPD:er) och hur dessa påverkar behovet av information om betongens innehåll
  - c) Identifiering av exempel på verktyg för att underlätta spårning av betongsammansättning under produktion och framtida rivning.
- 4) En *fallstudie* i form av en fältundersökning av betong utformades utifrån arbetsgruppens samlade kunskap, samt information från litteraturstudie och workshop. Analyser av totala ämneshalter samt lakteter från krossad ny betong och gammal betong utfördes inom Trafikverkets projekt E02 Centralen, del av Västlänken, där cementbaserade produkter med klimatreducerande alternativa bindemedel i form av masugnsslagg används.
- 5) *Slutworkshop*: I februari 2023 anordnades en slutworkshop i projektet med deltagare från arbetsgrupp och referensgrupp i syfte att presentera vad man hittills kommit fram till i projektet, samt att få input och reflektioner från deltagarna för att kunna inkludera och sammanställa i slutrapporten.
- 6) Resultaten från studien sammanställdes av arbetsgruppen och redovisas till SBUF i form av denna rapport. Rapporten innehåller slutsatser och analyser med avseende på vad som framkommit i litteraturstudie, workshop, fallstudie och övriga informationsutbyten som skett inom ramen för detta projekt.
- 7) Spridning av resultatet sker via denna rapport och tillhörande SBUF-infobladd, samt under avslutande workshop med referensgruppen.

## 3.2 Tidplan

Projektet startades upp under hösten 2021 och planerades att pågå i ca 1 år. Men på grund av då rådande Covid-19 pandemi med tillkommande restriktioner och sjukdomsbortfall har tidplanen behövt justeras under projektets gång. Slutrapportering med inlämnande av resultatrapport utfördes i april 2023. Rapporten har skickats ut till alla deltagare i arbetsgrupp och referensgrupp för granskning och genomläsning. Justeringar i texten har genomförts utifrån inkomna synpunkter.

## 3.3 Omfattning och avgränsningar

Miljöpåverkan begränsas i denna rapport till en eventuell påverkan på omkringliggande miljö från ingående ämnen i använd och på sikt återvunnen betongprodukt. Miljöpåverkan i form av CO<sub>2</sub>-besparing hanteras inte.

Ingen djupare analys har utförts med avseende på användning av tillsatsmedel i betongen. Eventuella risker vid högre användning av flyttillsatsmedel och/eller accelerator har ej utvärderats, i och med att de förekommer i så låga halter och inte behöver redovisas av tillverkaren.

Återvinningsscenariot där betong återanvänds som ballast i ny betong har ej undersökts inom denna studie.

Fallstudien omfattar inte inblandning av flygaska i nyproducerad betong, provtagningsmetodens påverkan på slutresultatet och dess reproducerbarhet. Inga utökade kemiska analyser för att påvisa andra ämnen och tillsatta bindemedel är inkluderade.

## 4 INGÅENDE KOMPONENTER I KLIMATREDUCERAD BETONG

I detta avsnitt presenteras en kunskapssammanställning från genomförd workshop samt litteraturstudie. De ingående produkttyperna i betongrecept beskrivna nedan är listade utifrån störst till minst andel av den färdiga betongen. Detta speglar inte nödvändigtvis deras respektive miljöpåverkan som kan uppstå i nästa livscykelns användningsskede.

### 4.1 Ballast

Den största ingående delmaterialet i betongrecepten utgörs av ballast i form av sand, grus och sten i olika fraktioner. Tidigare användes ofta naturgrus - runda stenar som formats genom århundraden av naturlig slipning. Naturgrus är dock en ändlig naturresurs och används därför inte längre i betongsammanhang. I stället används krossmaterial av olika bergarter från stenbrott, i första hand hämtat från närområdet för betongtillverkningen.

När materialet krossas frigörs ämnen från bergarten i en högre grad än från naturgruset, vilket då även kan påverka laktester från den färdiga betongen. Vilken bergkvalité som förekommer på platsen och vilka mineraler och tungmetaller den innehåller ser olika ut i landet och vissa områden har sämre förutsättningar än andra. Ballastmaterial räknas inte som en kemisk produkt och har därför inte samma krav på redovisning av innehåll som andra komponenter i betongrecepten.

### 4.2 Cement

Det är cementen som är bindemedlet i betongen, det vill säga det delmaterial som gör att betongen härdar. Cement baseras till huvuddel på en cementklinker som bildas då kalksten hettas upp till nära 1450 grader Celsius. Under upphettningen frigörs koldioxid, både de från fossila bränslen som värmer processen och från själva kalkstenen. Ca 3 miljoner ton cement produceras varje år i Sverige, vilket ger upphov till ca 4 procent av landets totala inhemska utsläpp av växthusgaser.

### 4.3 Alternativa bindemedel

För att minska klimatpåverkan från betongen kan andelen cementklinker minskas och delvis ersättas med alternativa bindemedel som besitter liknande egenskaper utan att orsaka utsläpp av klimatpåverkande gaser i samma utsträckning. Generellt gäller för alternativa bindemedel att de har latent hydrauliska egenskaper, vilket betyder att det behövs en accelerator för att sätta igång härdningsprocessen. Denna egenskap har cementen, vilket innebär att denna inte kan ersättas helt och hållet. Användande av alternativa bindemedel kan även ge funktionstekniska fördelar för betongen. Till exempel förlängs betongens härdningstid när delar av cementen ersätts med andra material, vilket leder till minskad värmeutveckling och därigenom minskad risk för sprickbildning i massiva konstruktioner jämfört med traditionell betong.

De vanligaste alternativa bindemedel som används idag är granulerad masugnsslagg, så kallad GGBS (Ground granulated blast furnace slag) och flygaska. Båda bindemedlen är välbeprövade och har använts under lång tid världen över. (Svensk Betong, 2021). De är inte klassade som farliga för vare sig människa eller miljö. Användningen av alternativa bindemedel i betong regleras i standarderna SS-EN 206 och SS 137003, se avsnitt 5.6.

Vid klassificering och märkning med hänsyn till ingående ämnen gäller samma regler som för alla kemiska produkter på svensk marknad, se avsnitt 5.1.

### 4.3.1 Slagg - GGBS

Slagg, det vill säga mald, granulerad masugnsslagg (GGBS) som är den benämning som används i betongsammanhang, är en biprodukt från stålframställning. En snabb, kontrollerad nedkylning av slagg från smältverk leder till att små glaslika pärlor av slagg bildas, vilka sedan torkas och därefter mals till ett ljust pulver. (Thomas Cement, 2021)

Betong som innehåller GGBS har även visat sig mer hållbar gällande motståndskraft mot olika kemiska reaktioner. Betongen får också en ljusare yta och mindre kalkutfällning. GGBS har även en inverkan på betongens egenskaper, såsom minskad värmeutveckling och bättre pumpbarhet. (SWECEM, 2022)

GGBS består dels av den bergart som järnet utvinns ur, dels av slaggbildare som tillsatts i masugnen för att skilja stålet från bergarten. De främsta kemiska beståndsdelarna i GGBS är, i storleksordning angivet, kalciumoxid, kiseloxid och aluminiumoxid. Beroende på bergartens beskaffenhet kan vissa mindre skillnader i innehållet förekomma. Slaggen är dock generellt är en mer homogen produktgrupp än till exempel gruppen flygaskor, vilket innebär att slaggen har mer lika kemiska och fysikaliska egenskaper mellan olika tillverkare än vad man kan se för flygaskan.

### 4.3.2 Flygaska

Flygaska är en restprodukt från energiproduktion och uppstår vid förbränning av kol och biobaserade bränslen för kraft- och värmeproduktion. Standarden SS-EN 450-1 reglerar kraven på flygaska som används för betongtillverkning. Det är en harmoniserad standard, vilket innebär att produkten ska CE-märkas enligt reglerna i standarden. Det gör att aska från exempelvis kommunalt blandat avfall ej får användas, utan endast aska från koleldade kraft- och värmeverk, där stenkol är det vanligast förekommande i Europa. Beroende på stenkolspulvrets sammansättning kan flygaskans innehåll variera. Flygaska består främst av aluminiumsilikatglas; kisel-dioxid och aluminiumoxid. Halten indikerar reaktiviteten och varierar mellan 60 och 90 procent. Askkan kan också innehålla ämnen som har påverkan på betongens beständighet såsom kloridjoner, svaveltrioxid, magnesiumoxid och kalciumoxid. Kvaliteten varierar mellan de olika kraftverken, vilket innebär att kontinuerlig leverans från ett och samma kraftverk - samma källa - minskar fluktuationerna i innehåll (Hosseini, 2022).

Genom att använda flygaska i betongen kan den få en konsistens som är mer arbetbar än med cement då partiklarna i askkan har en kulform som ger lägre friktion i betongen. Förekomst av metaller i flygaska liknar den i cement. Det oförbrända kolet som finns i flygaska binder ämnen som bidrar till att blanda in luft i betongen, vilket innebär att mer tillsatsmedel som verkar luftporbildande behöver blandas in. Askans kvalitet påverkar den mängd tillsatsmedel som krävs (Frid & Mårtensson, 2010).

Då inblandning av flygaska innebär lägre värmeutveckling än vid användning av cement så kan flygaska med fördel användas då det finns risk för värmesprickbildning på grund av höga temperaturer, till exempel under högsommaren. Detta innebär dock även att härdningen kan fördröjas under de kallare delarna av vinterhalvåret (Frid & Mårtensson, 2010).

### 4.3.3 Kalkstensfiller

Kalkstensfiller är finmald kalksten, som genom sin mycket fina kornstorlek kan fylla ut mellanrum mellan korn och ge en tätare struktur. Kalkstensfiller kan användas för att minska cementförbrukningen samtidigt som kvaliteten på betongen förbättras och koldioxidavtrycket minskas (Nordkalk, 2023).

Tillsats av kalkstensfiller i betong skapar rörlighet och, utifrån fraktionen på fillern, förändrar betongens viskositet och stabilitet. En grövre filler ger rörlighet medan en finare filler – som har större specifik yta – ger högre viskositet och förbättrad stabilitet. Att tillsätta kalkstensfiller ger generellt högre tidig hållfasthet (Nordkalk, 2023).

I (Brander, Helsing, & Gabrielsson, 2020) uppges att filler som finfraktion inte uttryckligen beskrivs i betongstandarden (SS-EN 206 och SS 137003) eller ballaststandarden (SS-EN 12620). Det innebär att det inte finns angivet regler eller förbud kring återvinning. Det, menar författarna, kan tolkas som att återvunnen ballast som är mindre än 2 mm, och uppfyller samma krav som primär ballast, får användas på samma sätt som den. Detta skulle innebära att det inte finns skillnad i krav mellan återvunnen ballast <2 mm och primär ballast. Man gör också en jämförelse med stensmjöl (0-2 mm fraktion av krossberg). Finfraktion av återvunnen ballast skulle kunna ge bättre reologiska egenskaper än stensmjöl menar man, vilket skulle gynna användning av återvunnen ballast i den storleksfraktionen.

En mer spekulativ fördel som (Brander, Helsing, & Gabrielsson, 2020) nämner är att den återvunna ballasten skulle kunna innehålla en hög andel fina partiklar under 0,063 mm som är mer eller mindre reaktiva. I viss utsträckning skulle den i så fall bidra till betongens hållfasthet och därmed kunna räknas som reaktivt tillsatsmedel typ II enligt SS-EN 206 och ersätta en del av cementet.

#### 4.4 Tillsatsmedel

Förutom ballast, cement och bindemedel används tillsatsmedel i betongen. Tillsatsmedel såsom vattenreducerande tillsatser, accelererande tillsatser och retarderande tillsatser utvecklades från början för att förbättra egenskaperna i den färska betongmassan. Så småningom utvecklade man även luftporbildande medel i syfte att förbättra frostbeständigheten hos den hårdnade betongen (Rosenqvist, 2018).

Betongleverantörerna har rapporteringskrav och märkningsplikt för ingående komponenter som överstiger 1 procent av vikten, därför kan det vara svårt för användaren i nästa skede att få kännedom om vilka ämnen som de små mängderna tillsatsmedel utgörs av – trots att de i många fall kan vara avgörande för de kemiska processer som uppstår när betongen härdar samt den färdighärdade betongens egenskaper. I och med att dessa fortfarande inte överstiger 1 viktprocent så finns inte samma krav på redovisning som övriga komponenter i betongrecepten, och kan därför vara svårare att följa och spåra. (Trafikverket, 2015) (Naturvårdsverket, 2016).

#### 4.5 Historisk och framtida användning av alternativa bindemedel

Olika ersättningar för cement i betong har använts under lång tid, både i Sverige och utomlands, av olika anledningar. Tittar man nationellt utmärker sig särskilt slagg från järnproduktion, vilket i viss mån har använts som cementsättning redan sedan början av 1900-talet. Internationellt sett ännu längre tillbaka, delar av Paris tunnelbanesystem är byggda med slaggbetong.

Anledningen var inledningsvis för att ersätta den relativt dyra standardcementen, men slaggens egenskaper visade sig också vara fördelaktiga för att minska sprickbildning i massiva konstruktioner. Även flygaskan som introducerats i Sverige under 80-talet visade liknande fördelar. Tillgången på cement är en annan viktig aspekt. Under efterkrigstiden var tillgången på cement så låg att man

ersatte den med det som fanns tillgängligt, i vissa fall slagg, med något sämre prestation som resultat. (Rosenqvist, 2018)

En annan viktig egenskap som eftersträvats var ökad beständighet i korrosiva miljöer såsom havsvatten. I rester från antikens Grekland och romarriket hittas betong- och brukblandningar med både kalcinerade leror, vulkaniska askor och släckt kalk. I Sverige gjordes på 30-talet försök att ersätta cement med kaolinlera, ett naturmaterial vilken räknas in i gruppen kalcinerade leror med puzzolana egenskaper (se definitioner i avsnitt 4.6.2) (RISE, 2022) Mer information se Bilaga 1. Historisk användning av alternativa bindemedel.

Det är först på senare år, omkring 2010 som alternativa bindemedel på nytt börjat användas inom betongtillverkning. Nu är anledningen i första hand att minska klimatbelastningen från betongen, men flera av de fördelar med materialen som nämnts ovan kvarstår.

I och med att våra nationella klimatmål stegvis skärps, samtidigt som tillgången på inhemskt producerad cement periodvis har varit oklar, förväntas användandet av alternativa bindemedel i betong att öka. Som en följd av omställningen till förnybar el- och järnproduktion kommer samtidigt tillgången på GGBS och flygaska framöver att minska, vilket ställer krav på att nya alternativa bindemedel tas fram och godkänns för kommersiell användning.

I Sverige bedriver man forskning på flera av tidigare nämnda material, bland annat kalcinerade leror såsom kaolinleran som nämnts ovan samt bioaskor från olika svenska industrier. Även intresset för användandet av vulkaniska askor har återupptagits senaste tiden (Svensk Betong, 2021).

## 4.6 Standarder för betong och bindemedel

I följande avsnitt sker en genomgång av relevanta standarder som reglerar tillverkning och användning av olika bindemedel/tillsatsmaterial i betong. Gemensamt för standarderna är att de ska säkerställa att betongen uppför sig som den ska och fyller önskad funktion. Att standarderna efterföljs är en förutsättning för att betongen klarar de krav som ställs på den färdiga konstruktionen.

### 4.6.1 CE-certifiering

CE står för Conformité Européenne vilket avser för produkten relevant EU-lagstiftning. CE-märkning infördes i början av 1990-talet som ett sätt för tillverkare att visa att produkten uppfyller de krav som är tillämpliga i relevant EU-lagstiftning avseende hälsa, miljö och säkerhet. För vissa produkter är det ett krav för att få säljas inom EU att produkten är CE-märkt. Den europeiska byggproduktförordningen anger de krav som ska vara uppfyllda för att få CE-märka och sälja en byggprodukt. För särskilt riskfyllda produkter, eller produkter som måste genomgå provning, krävs dessutom anlåtande av tredjepartsorgan för utvärdering av risk.

För fabriksbetong finns ingen harmoniserad standard, vilket gör att en CE-märkning inte är möjlig. En harmoniserad teknisk standard är en särskild kategori av europeiska standarder som tas fram på uppdrag av EU-kommissionen. De harmoniserade standarderna kan användas för att visa att produkter eller tjänster uppfyller tekniska krav i EU-lagstiftningen och därigenom kunna förses med CE-märkning. På EU-kommissionens webbsida presenteras de harmoniserade standarder som finns: *Harmoniserade standarder EU-kommissionen* (CE-märkning SiS, 2023).

Prefabricerade betongprodukter kan dock CE-märkas. I EU-förordningen 305/2011, som innehåller villkor för saluföring av byggprodukter (där CE-märkning ingår som krav), ingår bland annat byggprodukterna:

- Förtillverkade produkter av normalbetong, lättbetong och autoklaverad lättbetong
- Cement, byggkalk och andra hydrauliska bindemedel såsom slagg och flygaska.
- Produkter som hör samman med betong, bruk och injekteringsbruk

För att kunna CE-märka måste en prestandadeklaration ha upprättats av tillverkaren.

Standarden SS-EN 450-1 reglerar kraven på flygaska som används för betongtillverkning. Det är en harmoniserad standard, vilket innebär att produkten ska CE-märkas enligt reglerna i standarden. Till exempel anger standarden att endast aska från koleldade kraft- och värmeverk får användas. Se tydligare definitioner under avsnitt 4.3.2. *Flygaska*.

Standarden SS-EN 15167-1:2006 och SS-EN 15167-2:2006 gäller produktcertifiering för mald, granulerad masugnsslagg för användning i betong, murbruk och injekteringsbruk. I standarden specificeras krav på kemiska och fysikaliska egenskaper samt för kvalitetskontroll. Ett exempel är Slagg Bremen som är ett kvalitetssäkrat och CE-märkt bindemedel som uppfyller kraven i SS-EN 15167-1 och -2 (Thomas Cement, 2021).

SS-EN 197-1 och SS-EN 197-2 är standard för produktcertifiering och tillverkningskontroll av Portland Cement. I dagsläget finns ingen svensk tillämpning, men svenska tillägg finns för slagg och flygaska.

#### 4.6.2 Betongstandard

Användningen av alternativa bindemedel i betongtillverkning regleras i den europeiska betongstandarden SS-EN 206 och den svenska tillämpningen SS 137003. Den senare reviderades så sent som hösten 2021 och tillåter betydligt högre andel alternativa bindemedel än tidigare. Standarden specificerar krav på sammansättning, blandning, placering, härdning och så vidare. Beroende på typ av konstruktion som betongen ska användas för tillämpas olika exponerings- och hållfasthetsklasser, vilka blir styrande för hur stor andel av cementen som kan ersättas med andra bindemedel. I vissa konstruktionsdelar ersätts idag 35 procent av cementen med andra bindemedel och i andra konstruktionsdelar upp till 65 procent (Svensk Betong, 2021),

Vanligtvis klassificeras bindemedel till betong in i kategorierna:

- Hydrauliska material (t.ex. portlandcement)
- Latent hydrauliska material (t.ex. masugnsslagg)
- Puzzolana material (t.ex. silikastoft, flygaska och vulkanisk aska)

Där de två senare kategoriseras som tillsatsmaterial. Definitionen av ett tillsatsmaterial ges i SS-EN 206 som ett finfördelat mineraliskt material som används i betong. Syftet kan vara att förbättra vissa egenskaper eller att erhålla speciella egenskaper. (Erik Nordström, 2018)

#### 4.6.3 Standarder för tillverkning och provning av cement

Det finns 11 olika delar inom SS-EN 196 som handlar om cementprovning. Till exempel SS-EN 196-2: som omfattar deklARATION av kemiska data, t.ex. innehåll av magnesium. Metoder för testning ligger dock i egna standarder. I SS-EN 196-3: hanteras bindetid och i SS-EN 196-6: Specifik yta, kompakt densitet, och så vidare.

#### 4.6.4 Ny standard för alternativa bindemedel

I nuläget finns en norsk och en engelsk standard som reglerar godkännande av att använda nya, alternativa bindemedel i betonggjutningsändamål. Inom närmaste tiden håller en motsvarande svensk standard att tas fram som ska bygga på de bästa delarna från den norska och engelska standarden. Huvudsyftet med standarden är att göra det lättare att använda nya alternativa bindemedel i betong.

## 5 VERKTYG FÖR SPÅRNING OCH MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING

Spårbarheten av ingående komponenter i betongrecept uppgavs under studiens inledande workshop som en av nyckelfaktorerna för möjligheten att bedöma betongens eventuella miljöpåverkan i dess nästa användningsskede. Att rätt information når nästa förvaltare möjliggör att materialet hanteras på bästa miljömässiga sätt vid eventuell rivning.

I syfte att klargöra vilken typ av information som kan finnas om respektive produkt samt var den hittas, har en sammanställning gjorts av relevanta verktyg som används, eller skulle kunna användas. Att kunna identifiera innehåll i betongen och följa komponenternas väg genom tillverkning till driftskede är också en förutsättning för att kunna uppfylla produktvalsprincipen. 2 kap. 4 § miljöbalken stipulerar att alla verksamhetsutövare ska undvika kemiska produkter som kan medföra risker för människors hälsa eller miljön så länge det är möjligt att ersätta dem med mindre farliga alternativ. För att kunna uppnå detta krävs information om produkterna.

Det är också med utgångspunkt i miljöbalkens definition som begreppet miljöpåverkan används i detta avsnitt och inte till exempel förändringar i klimatpåverkan från olika alternativa betongrecept. Några av systemen för dokumentation och spårning är knutna till eller direkt sprungna ur lagkrav, men merparten utgörs av olika typer av globala eller lokala branschinitiativ och standarder.

### 5.1 REACH

REACH är en EU-förordning nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier. Utöver denna finns andra förordningar som grundar sig på REACH, samt ändringförordningar. Förutom krav på dokumentation kring kemiska ämnen innehåller REACH även krav på användare av kemikalier. Kemikalieinspektionen (KEMI) är ansvarig myndighet för införandet av REACH i Sverige (Reach-förordningen, 2023).

Vid tillverkning eller import av ett ton eller mer av ett ämne ska ämnet registreras i enlighet med REACH. Detta görs hos den europeiska kemikaliemyndigheten ECHA. Ämnen som inte är registrerade är olagliga att tillverka och att använda på marknaden inom EES-området. I stort sett omfattas alla ämnen av REACH, såsom de som finns i till exempel industriprodukter, rengöringsprodukter, möbler och hushållsapparater. Vissa ämnen är dock exkluderade från kravet på registrering då de är reglerade genom annan lagstiftning. Det handlar om radioaktiva ämnen, avfall, läkemedel och livsmedel med mera.

I samband med registreringen måste den som tillverkar eller importerar ämnen samla in information om ämnets egenskaper och göra en bedömning av faror och risker med ämnet samt hur det kan användas på ett säkert sätt. Detta inkluderar krav på upprättande av säkerhetsdatablad.

### 5.2 Säkerhetsdatablad

Utifrån REACH-förordningen krävs upprättade säkerhetsdatablad för alla faromärkta produkter. Säkerhetsdatablad ska finnas bland annat för farliga ämnen och blandningar, blandningar som



innehåller minst 1 procent av ett farligt ämne och ämnen som är långlivade, bioackumulerande och toxiska. De ska vara lättlästa, på svenska (i Sverige) och innehålla viktig information för att kunna förebygga skador på människa och miljö. Det är också tydligt specificerat i REACH vilka rubriker, i vilken ordning och vilket innehåll som måste ingå i säkerhetsdatablad och hur det ska vara uppbyggt. Förutom beskrivning av ämnet, dess sammansättning och faror kring hantering ska även reaktivitet och avfallshantering anges. ECHA har tagit fram en vägledning (ECHA, 2020) avseende vilken information som behöver ingå i ett säkerhetsdatablad.

De ingående beståndsdelarna anges utifrån ett faroperspektiv av ingående halter och därför kan det variera om beståndsdelarna framgår av säkerhetsdatabladet eller ej. Tillsatsmedel, som ej anses farligt, kan redovisas sparsamt om det finns med alls.

Det som säkerhetsdatabladet omfattar är det kemiska ämne eller den produkt som hanteras – det kan alltså finnas säkerhetsdatablad antingen för färsk betong eller för enskilda komponenter, om de senare hanteras separat. För förtillverkade betongelement krävs inte säkerhetsdatablad för det färdiga byggelementet.

Informationen i säkerhetsdatabladet används bland annat som underlag för att skapa byggvarudeklarationer eller eBVD, se avsnitt nedan, men har som huvudsakligt syfte att säkerställa att den sålda produkten hanteras på ett sätt som minskar risken för skador på människor och miljö. Information om hur ett ämne eller kemisk produkt ska hanteras ur ett återbruksperspektiv är inte integrerat i det som måste anges i ett säkerhetsdatablad. Även om det finns en rubrik (10 Stabilitet och reaktivitet) som inbegriper eventuella farliga nedbrytningsprodukter är detta inte avsett för en återanvändningssituation utan i produktens första livscykel. Rubrik 13 Avfallshantering är inriktad mot gällande lagstiftning och klassificeringar av ämnet vid en avfallssituation.

Komponenternas säkerhetsdatablad kan ge en fingervisning om vad den färdiga betongen skulle kunna innebära för miljömässiga risker, men den kemiska reaktion som sker under härdningen innebär förändrade förutsättningar. Om produkten efter härdning skulle vara reaktiv hade detta dock behövt redovisas. Sannolikt innehåller säkerhetsdatabladen inte tillräckligt framåtblickande information för att sägas kunna täcka det behov av kunskap som krävs vid återbruk av betongen.

### 5.3 Byggvarudeklaration och eBVD

EBVD är en elektronisk byggvarudeklaration, ett dokument som beskriver vilka komponenter en byggvara innehåller, hur den ska hanteras både i bygg- drifts- och rivningsfas samt information om miljöpåverkan i olika skeden av dess livscykel. Informationen är frivillig men formatet är överenskommet inom byggbranschen. Det finns alltså inget lagkrav på vilken information som tillverkaren måste lämna, men ju mer detaljerad informationen är desto bättre underlag för bedömning – och möjligheter till bättre omdöme i portalerna för byggvarubedömningar. Byggmaterialindustrierna har en sökbar databas på ebvd.org för e-BVDer, som uppdateras kontinuerligt med de senaste versionerna. Exempel på uppgifter som kan hittas i eBVD:n är H-fras (faroangivelse), GTIN, CAS nr, eventuella kandidat- eller utfasningsämnen samt om det gjorts en miljövarudeklaration för varan. H-fras är standardiserade fraser/maningar som beskriver faror som kan uppkomma från kemiska ämnen och material. GTIN förklaras i avsnitt nedan, CAS beskrivs mer ingående i Bilaga 2. CAS-nummer och EG-nummer

E-BVD:n fungerar som underlag för bedömning av en byggvara, till exempel i Byggvarubedömningen, Basta eller Sunda hus (5.5), och den samlade informationen ska kunna göra det lättare för till exempel inköpare av byggmaterial att göra medvetna val. (Kemrisk, 2022).

## 5.4 GTIN

GS1 är en global icke vinstdrivande organisation, Sverige är medlemmar genom GS1 Sweden. GS1 använder standardsystem för numrering av produkter, artiklar, leveranser, transaktioner med mera. GS1 erbjuder bland annat en tjänst som kan skapa artikelnummer i form av GTIN (Global Trade Item Number). GTIN används för global unik identifiering av produkter och förpackningar. GTIN-numret innehåller information om i vilket land som numret är utfärdat, företags-id och produktens identifiering. Själva koden består av företagsprefix, löpnummer samt kontrollsiffra. Genom denna unika numrering undviks förväxling mellan produkter. GTIN möjliggör även skapandet av till exempel streckkoder och RFID-taggar. Alla GTIN registreras och kan sökas i GRP – GS1 Registry Platform – tillsammans med information om företag som licensierat dem. Därigenom går det att kontrollera giltighet och eventuell tillagd produktinformation. GTIN kan också användas för att dela information om produkten och för spårning vid till exempel leverans (GS1-artikelnummer (GTIN), 2023).

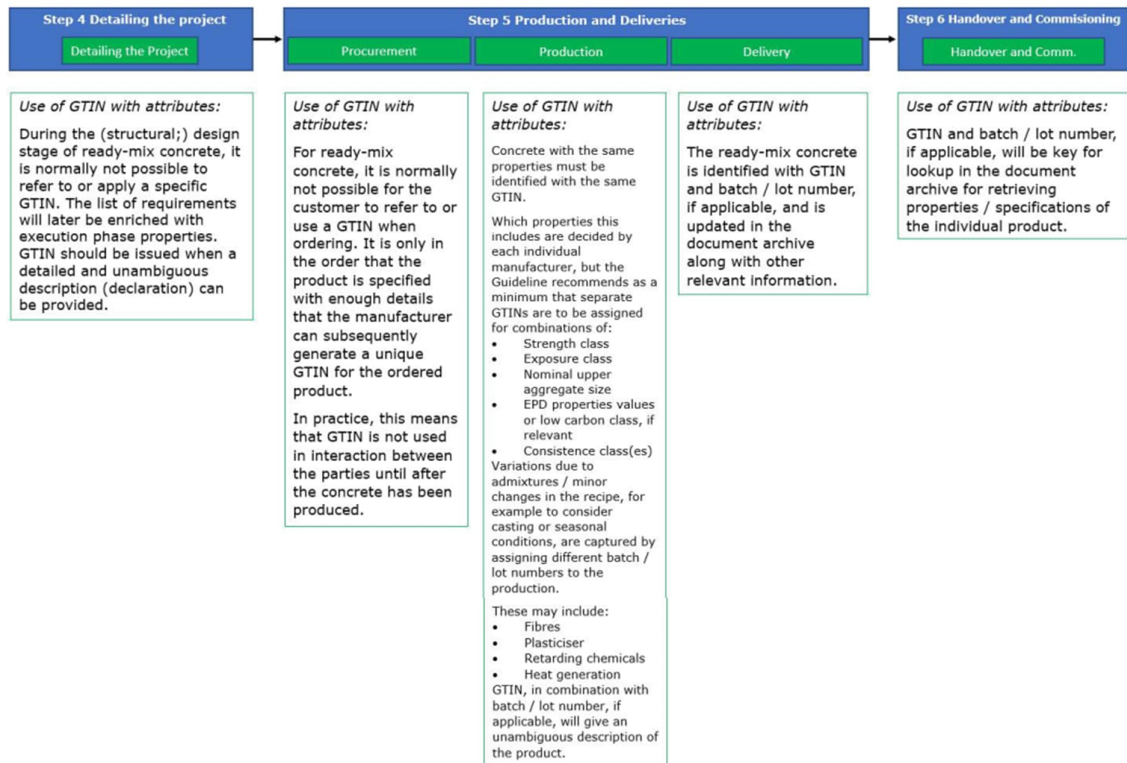
2018 undertecknade flera stora aktörer inom svensk byggbransch ett branschgemensamt initiativ om att använda GTIN som gemensam standardiserad identifikation för byggprodukter (Principbeslut GTIN, 2023). Som en utveckling av det ställningstagandet är det sedan 1 juli 2022 krav från byggentreprenörerna på att använda GTIN som identifierare för byggprodukter (Branschgemensamma spårbarhetskrav från 1 juli 2022, 2021).

Branschen har även startat en användargrupp Bygg inom GS1 som har fokus på byggbranschen vid utveckling av GS1-standarder, bland annat genom att påverka och föreslå kompletteringar av regelverket för GTIN så att det kan fungera effektivt för byggbranschen i Sverige. Ett förslag på anpassade GTIN-regler för bygg har skickats till GS1:s globala organisation med förhoppning om att det ska integreras i de globala standarderna. (Användargrupp Bygg GS1, 2023).

Byggbranschen i Norge har tagit fram en vägledning för hur man skapar unika GTIN för projektspecifika produktgrupper såsom färskbetong och prefabricerade betongelement (GS1 Sweden, 2022-05-06). Denna vägledare har översatts och anpassats till den svenska byggbranschen. I vägledaren anges att projektunika artiklar ska tilldelas ett nytt GTIN för varje projektunik konfiguration. Det är en väldigt handfast och konkret vägledning som fungerar som guide för en tillverkare som vill kunna GTIN-märka sina produkter. Ett eget avsnitt ägnas åt att applicera GTIN på färskbetong. Där anges att GTIN bör utfärdas när en detaljerad och otvetydig beskrivning/deklaration finns framme avseende det aktuella projektets krav på betongen. I praktiken används GTIN därför först när betongen har producerats.

Vad ett enskilt GTIN omfattar bestäms av tillverkaren; det kan gälla för allt som produceras på samma recept eller för enskilda lastbilslast. GTIN med samma egenskaper måste dock identifieras med samma GTIN. Vid kombination av GTIN och batch/partnummer kan en detaljerad beskrivning av produkten genereras. Initiativ pågår i byggbranschen i syfte att förenkla delning av digitala miljödata kring byggmaterial. Exempelvis driver byggföretagarna projektet "Miljödata Nu" som använder Byggbranschens elektroniska affärsstandard (BEAst) som ett branschgemensamt digitalt språk för miljödata och där GTIN efterfrågas från leverantörer.

## Ready-mix concrete:



Figur 1. Sammanfattning av hantering för färskbetong gällande GTIN (GS1 Sweden, 2022-05-06).

En motsvarande processbeskrivning finns även för prefabricerade betongelement.

## 5.5 Loggbok

I Boverkets Byggregler (BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4) anges följande:

*"De byggmaterial och byggprodukter som används ska ha kända egenskaper i de avseenden som har betydelse för byggnadens förmåga att uppfylla kraven i dessa föreskrifter och allmänna råd.*

*Allmänt råd*

*Relevanta krav anges i respektive avsnitt 3–9. Egenskaperna bör vara dokumenterade."*

Under 2018 presenterade Boverket ett förslag på regelverk för dokumentering av byggprodukter i nya byggnader och anläggningar, vilka skulle samlas i en loggbok (Dokumentationssystem för byggprodukter, 2018). Förslaget gick dock inte igenom då det ansågs att det inte fanns tillräckligt befintligt lagstöd att förankra en sådan förhållandevis omfattande ny dokumentationsrutin i. Därför har regelverk för loggbok gällande byggprodukter inte införts. Det finns alltså inget specifikt juridiskt krav på att loggbokföra produkt- och materialval i byggprojekt.

Däremot finns det idag flera olika digitala system för att dokumentera de material och produkter som används vid uppförande, renovering och underhåll av byggnader och anläggningar. Tjänster som inkluderar miljöbedömning av byggvaror är till exempel Bastaonline och Byggvarubedömningen. Därtill kan till exempel GTIN (se tidigare avsnitt) användas för att identifiera respektive byggprodukt och, tillsammans med användning av BIM, dokumenteras för byggprojektet in i byggmodellen vilket kan ge tämligen precis information om produkt, egenskaper, mängd och placering.

Digitala verktyg utvecklas också för att kunna skanna in byggvaror och rita in dessa i de digitala modellerna vilket dessutom skapar möjligheter för fastighetsägare att förstå vad som finns i deras byggnader (Linnea Steen, 2022).

Så även om det inte är reglerat i lagstiftning att loggbok ska användas i byggprojekten är det vanligt förekommande att krav ställs på enskilda projekt, från till exempel beställaren eller genom interna krav hos entreprenören, att upprätta och vidmakthålla en förteckning över använda material, deras (farliga) egenskaper samt var i byggnaden eller anläggningen de använts och i vilken omfattning.

Strukturen och innehållet i en loggbok kan därmed variera beroende på kravställare och vald teknisk plattform.

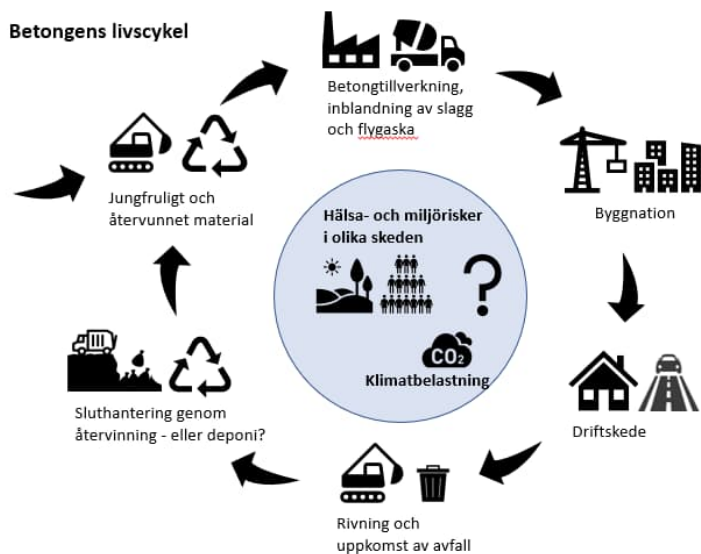
## 5.6 Aktivitetsindex

Mätning av gammastrålning enligt aktivitetsindex i inomhusmiljö är ett lagkrav sedan 2018. Inom byggnationer är det därför relevant för entreprenören att efterfråga mät rapporter för aktivitetsindex för betong som innehåller alternativa bindemedel, speciellt då både flygaska och GGBS har visat sig kunna ge förhöjda värden av gammastrålning.

Aktivitetsindex för byggnadsmaterial är en viktningformel baserad på aktivitetskoncentrationerna i becquerel/kg för radium-226, torium-232 och kalium-40 och används för att begränsa exponeringen av den sammanvägda dosen av radioaktiv strålning som människor utsätts för. För sammansatta material såsom betong är det därför främst relevant att beräkna aktivitetsindex från den slutliga betongprodukten snarare än separata delmaterial. Aktivitetsindex för byggmaterial bör understiga 1, i annat fall behöver man planera användning i byggnader så att referensnivån på 1 millisievert effektiv dos per år inte överskrids. (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2018)

## 5.7 Miljövarudeklarationer (EPD)

Livscykelanalyser (LCA) utgör basen för miljövarudeklarationer (Environmental Product Declaration, EPD) för byggmaterial och följer den europeiska standarden EN 15804. Grunden i en LCA är sammanställning och kvantifiering av resursanvändning, utsläpp och avfall som uppstår under produktionen av en produkt, som illustrerad i Figur 2 nedan.



Figur 2. Konceptuell modell av betongens livscykel.

Fram till utgången av 2021 var det möjligt att endast redovisa miljöpåverkan från utvinning av naturresurser för betong till och med att betongen är producerad (så kallat modul A1-A3) i en EPD, men efter införandet av senaste versionen av EN 15804 (A2) blir i de flesta fall även obligatoriskt att inkludera miljöpåverkan från återvinningen (modul C) och miljöpåverkan i nästa livscykel.

För betong och förtillverkade betongprodukter finns det sedan 2017 en egen standard, EN 16757, som anger produktspecifika regler och som fungerar som ett tillägg till de reglerna som föreskrivs av EN 15804. Enligt EN 15804 tillämpas en så kallad cut-off princip som innebär att all påverkan från användningen av primära material och återvunnet material från den punkt då de kommer in i produktsystemet tilldelas produkten, och ingen påverkan från produktionen allokeras till framtida återvinning. När det gäller betong och utsläpp av miljö- eller hälsostörande ämnen så räknas de till den livscykel och produktsystem där utsläppen sker. Dvs, om utsläppen inte sker under en livscykel fångas de därmed inte upp i EPD:erna, även om ämnena skulle kunna finnas med som ett innehåll i produkten.

I dagsläget är det relativt svårt för producenter att göra beräkningen av miljöpåverkan vid återvinning och nästa livscykel. Både på grund av att man inte vet hur materialen kommer hanteras i nästa livscykel och på grund av databrist. För att möjliggöra miljödeklaration av återvinningen och nästa livscykel så har End-of-life deklarerationer (EoLD) utvecklats och som tas fram av det företag som återvinner produkten. Fördelen med EoLD är att avfallshanterings- och återvinningsföretag kan göra miljöprestandan i sina processer "läsbar" för tillverkaren och EPD-kompatibel. På detta sätt beskriver de också kriterierna för mottagning av ingående komponenter och avfall för respektive återvinningsprocess ur ett praktiskt perspektiv - särskilt med avseende på oönskade ämnen. Sådan information är nödvändig för att välja lämpligt scenario på byggnadsnivå. En tillverkare av prefabricerade betongprodukter kan till exempel ange två återvinningsscenarier:

(1) Återvinning av betong från demonterade Prefab komponenter fria från sulfatföreningar till betonggranulat

(2) Återvinning av betong från avfall från bygg- och anläggningsarbeten med sulfatföreningar till betonggranulat för användning i vägbyggnation

Med införandet av EoLD från avfallshanteringssidan kan EoL-modulerna i EPD:erna specificeras med följande mer robusta och realistiska uppgifter. Med tiden kommer tillförlitliga och robusta uppgifter om miljöinformation i byggprodukters nästa användningsskede också bli tillgängliga i databaser.

## 6 FALLSTUDIE

Att utföra provtagning och efterföljande kemisk analys av uttagna prover är avgörande för att kunna bedöma om betongen är möjlig att återvinna eller återanvända i ett framtida rivningsskede. För detta projekt har prover av betong tagits under produktionskedan i projekt E02 Centralen. Projektet omfattas av en bro över E6 i öst, en underjordisk tågstation och cirka 2 kilometer anslutande tågtunnel, varav en del går genom berg. Centralen är en deletapp av utbyggnaden av Västlänken i Göteborg och byggs på uppdrag av Trafikverket.

Proverna som tagits har använts för att utvärdera om inblandning av slagg kan påverka betongens utlakningsförmåga vid kontakt med vatten. Detta projekt valdes för fallstudien då man hanterar stora volymer av betong, omkring 350 000 m<sup>3</sup>. Se Bilaga 4. Kemisk analys av betong för en mer utförlig beskrivning av vilka olika kemiska analyser som vanligtvis utförs.

### 6.1 Studiens genomförande

På E02 Centralen hanteras stora volymer av massor och material i samband med entreprenaden.

Relaterat till projektet finns krav ställda att det ska utföras provtagning av exempelvis schaktmassor, länsvatten och material (betong, träpålar, asfalt, bentonitslurry).

Kraven på provtagning är främst kopplade till:

- Att leva upp till de krav som miljödomen ställer på projektet
- Mottagningsanläggningars krav på att jordmassor som ska tas emot är provtaget
- Tillsynsmyndighetens krav för återanvändning av material inom arbetsområdet.

Då denna verksamhet omfattas av tillstånds- eller anmälningsplikt enligt 9 kap eller 11-14 kap miljöbalken gäller förordningen (1998:901) om verksamhetsutövares egenkontroll. I enlighet med 6§ i denna förordning ska verksamhetsutövaren fortlöpande och systematiskt undersöka och bedöma riskerna med verksamheten från hälso- och miljösynpunkt. Hänsynsregler beskrivs i 2 kap. 2 § Miljöbalken (1998:808) och gäller för alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet.

I syfte att efterleva ovan nämnda lagar och förordningar utförs provtagning av massor, vatten och olika typer av konstruktionsmaterial rutinmässigt vid cirka 35 provtagningar per vecka. Inom projekt E02 Centralen används flera olika betongtyper beroende på vilken funktion betongen ska fylla i konstruktionen. Betongtunneln gjuts med en grundläggningsteknik som består av slitsmurar. Fullskaleförsök visade att betong med hög andel slagg i slitsmurarna innebar betydligt bättre förutsättningar än vanlig betong, se blandning 2. För illustrationer, se Bilaga 5 Produktionsätt E02 Centralen.

När betongbilarna tömts så kan kvarvarande material spolats ur på speciella spolplatser inom arbetsområdet, som består av containrar fyllda med makadam. När containrarna börjar fyllas upp av betong så gräver man ut dem. Materialet som grävs ut provtas eftersom det finns önskemål från produktionen om att återanvända det, eftersom makadamen fungerar bra som exempelvis fyllnadsmassor i tillfälliga vägar. När betongen från containrarna provtas är den dock endast delvis härdad, vilket antas påverka lakbarheten hos innehållet.

Denna fallstudie har inkluderat äldre betong från befintliga konstruktioner samt nyproducerad betong. De äldre betongkonstruktionerna som provtagits är två olika broar - Götaälvsbron och en bro över E6. I denna studie har borrkärnor och knackade betongprover provtagits och vidare analyserats med avseende på innehåll av ämnen och lakningsförmåga.

Sex olika typer av betong har provtagits och kemiska analyser genomförts på ackrediterat laboratorium. En översikt av betongtyper, andel slagginblandning, provtagningsmetodik samt antal kemiska analyser redovisas i Tabell 1 nedan. Både totalhaltsanalyser samt laktester har utförts på betongproverna.

Tabell 1: Översikt över vilka betongtyper som provtagits inom fallstudien samt vilken provtagningsmetod som använts.

Betongtyp	Fas i betongens livscykel	% Slagg	Härdning	Provtagning	Tot.h.-analys (st)	Lak-analys (st)
Blandning 1	nyproducerad	0	Mån - år	Knackade bitar	12	4
Blandning 2	nyproducerad	36	5 dgr + 4 v	Testkub	2	2
Blandning 3	nyproducerad	36	>6 mån	Frästa bitar	2	0
Blandning 4	nyproducerad	16	Mån	Borrkärnor	6	5
Blandning 5	nyproducerad	16	5 dgr + 2 v	Testkub	1	1
Restbetong spolplatser	nyproducerad	blandning	Delvis härdad	Provpåse	10	14
Bro över E6	Befintlig betong för återvinning	Ingen uppgift	>flera år	Borrkärnor	2	2
Götaälvsbron	Befintlig betong för återvinning	Ingen uppgift	>flera år	Borrkärnor	14	14

## 6.2 Resultat från studien

### 6.2.1 Analys av totalhalter

Analys av totalhalter ger en bild av hur mycket av ett ämne som finns i ett prov. Beroende på vilken totalhalts-analysmetod som används kan även mycket hårt bundna ämnen lösas ut. Den typ av totalhaltsanalys som använts i denna studie är densamma som används för jordprover, och som även rekommenderas i Avfall Sveriges Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor (Avfall Sverige, 2019). För mer ingående information om analysmetoder och klassning av material se Bilaga 3. Återvinning av avfall i anläggningsändamål och även Bilaga 4. Kemisk analys av betong.

*Betongblandning 1* innehåller ingen inblandning av slagg. Det uttagna materialet visar på att ungefär hälften av proverna innehåller något eller några ämnen över KM. Ämnena som överskred KM innefattade främst sexvärt krom men även PAH-M, PAH-H och aromater påvisades i något enstaka prov i denna nivå. Dock översteg inget av ämnena MKM.

*Betongblandning 2 och 3* har en slagginblandning på 36 procent av bindemedlet. För dessa två betongtyper påvisade inget av de analyserade proverna ämneshalter över nivå KM.

*Betongblandning 4 och 5* har en inblandning av 16 procent slagg. De flesta proverna från blandning 4 visade på totalämneshalter i nivå KM-MKM. Ett prov var avvikande då det innehöll en högre halt av sexvärt krom (10 mg/kg) och en detekterbar halt av PAH med medelhög molekylvikt, dock under riktvärdet för MRR. Detta antas bero på påverkan av omkringliggande massor, då detta prov togs ut genom att slå loss en bit av den ytliga betongen. Provet från blandning 5 innehöll inga ämnen över KM.

Den delvishärdade betongen från spolplatserna har varierande inblandning av slagg. Drygt hälften av de analyserade proverna av ohärdad betong från spolplatserna påvisade något ämne i nivå KM-MKM. Till skillnad mot övriga provtagna betongtyper detekterades i dessa ohärdade betongprover flera ämnen. Det påvisades arsenik, sexvärt krom, bly, barium, koppar, PAH-H och alifater i nivå KM-MKM. Den största anledningen till dessa halter i proverna är rimligtvis att den kemiska processen för härdning ej är klar. När materialet senare ska återanvändas har betongen hunnit härda i större utsträckning och de kemiska bindningarna ser då annorlunda ut. Därav bedöms proverna ej representativa för återanvändningsskedet.

Betong från Götaälvsbron visade på förhöjda halter av sexvärt krom i nästan alla analyserade prover i nivå KM-MKM. Ett prov innehåller även zink i nivå KM-MKM medan ett annat prov innehåller högre halter zink i nivå MKM-FA. Betong från Bro över E6 innehöll totalhalter över riktvärde för KM.

Sammantaget kan ses att en majoritet av de analyserade betongproverna från nyproducerad betong som används i E02 Centralen visar på totalhaltsanalyser över riktvärde för KM men under riktvärde för MKM. Resultaten antyder att ju högre inblandning av slagg desto lägre föroreningsgrad påvisas vid de kemiska totalhaltanalyserna. För att kunna verifiera detta statistiskt behövs dock fler prover i den högre 36 procentiga slagginblandningen.

### 6.2.2 Analys av lakbarhet

Det laktest som utförts är ett tvåstegs-laktest (L/S 10) där man använder en förutbestämd kvot mellan prov och vätska och sedan skakar det i lakvätskan under en bestämd tid. Innan provet analyseras så mals det och siktas så att endast partiklar <4 mm inkluderas i den påföljande kemiska analysen. Detta är en metodbegränsning som kommer av att flaskor/bägare som används till skakningen lättare går sönder om partiklarna som skakas är för stora. Sedan skakas flaskorna i syfte att snabba på utlakning av ämnen. Denna standardmetod är framtagen för en matris bestående av jord där det har varit viktigt att inkludera de mindre partiklarna då det främst är dessa som historiskt sett har bedömts innehålla föroreningar. Det är en stor skillnad mellan hur återvunnen betong interagerar med sin omgivning i ett skaktest jämfört med en verklig hantering av återvunnen betong, där materialet är av större fraktioner och inte skakas och nöts mot varandra i vatten. Resultaten från skaktest kommer därför inte spegla verkligheten men kan användas för att göra jämförelser mellan olika material och med referensvärden.

En majoritet av de utförda skaktesten visade på lakning från betongen över gränsvärden för inert deponering. De ämnen som låg över gränsvärdet för inert deponering består av barium, sexvärt krom, molybden och TS lösta ämnen. En parameter som ofta överskreds var TS, dvs. torrsubstans för lösta ämnen.

En majoritet av proverna på nyproducerad betong på Centralen visade på lakhalter över halter för inert deponi, och totalanalys-halter över KM. När det gäller laktester handlar det ofta om TS för lösta ämnen. Analyserna av den gamla betongen visade på samma typ av överskridanden. Se mer ingående information om olika analysmetoder och klassning i Bilaga 4. Kemisk analys av betong



## 7 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Att använda restprodukter från andra industriella materialflöden till att ersätta cementen är ett väldigt bra exempel på cirkulär ekonomi och stämmer bra överens med naturvårdsverket målsättning. Dock är cirkeln inte sluten förrän dagens materialval aktivt underlättar för återvinning vid framtida demontering, en aspekt som bland annat lyftes under slutworkshopen i detta projekt. När det kommer till cirkulär masshantering så är det viktigt att veta vad som blandas in i betongen för att veta hur betongen ska hanteras vid nästa användningsskede, vad som går att göra och hur det går ihop med gällande lagkrav. Även i situationer där betongen ska rivs och inte återanvändas, så kommer den att hanteras och då måste man veta vad den innehåller.

### Standarder och regelverk

I dagsläget finns flera standarder och regelverk tillgängliga för betong och för ingående komponenter i betongen. Användningen av alternativa bindemedel i betong regleras i standarder för betongens funktion, SS-EN 206 och SS 137003. För slagg och flygaska finns också standarder för dess kemiska och fysikaliska egenskaper. Standarderna för CE-märkning av bindemedel innebär en trygghet i att materialen är testade och säkra att använda. Även om huvudsyftet för gällande standarder inte är att undvika all eventuell miljöpåverkan så innebär efterföljandet av dem att ingående ämnen kontrolleras och dokumenteras. (Informationen därifrån kan t.ex. ge en fingervisning om vilka ämnen som skulle kunna innebära urlakning i slutskedet.)

Den viktigaste funktionen i standarden för nya alternativa bindemedel som håller på att tas fram är att säkerställa tillfredsställande fysikaliska egenskaper i den slutliga betongen. I och med att de material som standarden ska reglera inte är lika kända och välkända som slagg och flygaska är det extra viktigt att innehållet dokumenteras, men även att tester på den färdiga betongprodukten görs för att säkerställa miljöprestandan efter härdning.

Här är det extra viktigt att den utveckling och forskning som bedrivs på mer eller mindre oprövade material även innefattar miljöaspekter och att produktens möjlighet till återvinning beaktas.

Utifrån REACH-förordningen krävs upprättade säkerhetsdatablad för alla faromärkta produkter och syftar huvudsakligen till att säkerställa att den sålda produkten hanteras på ett sätt som minskar risken för skador på människor och miljö. För anläggningsbetong kan säkerhetsdatablad finnas för antingen den färska betongen eller för de enskilda komponenterna. Säkerhetsdatabladen innehåller dock inte en redovisning av hur betong ska hanteras vid återvinning i nästa livscykel och är inte heller anpassade för specifika betongrecept utan ger en mer generell bild.

### Verktyg och system för att bära med information i byggande

Vid byggande av infrastruktur, hus och anläggningar så byggs material in under lång tid. Betongkonstruktioner har dessutom en mycket lång livslängd. Behovet av information om den inbyggda betongen uppkommer först när det planeras för rivning och betongen frigörs i samhället på nytt. För att information om betongen ska finnas tillgänglig för framtiden så behöver information dels samlas in i byggskedet, dels att det krävs en förvaltning av informationen fram till rivning.

Idag finns inget lagkrav på att lagra information om byggmaterial som byggts in i byggnader och infrastruktur i loggbok. Trots det så är det vanligt att beställare eller entreprenörerna själva ställer krav på att det förs loggbok över inbyggda material, t.ex. i projekt som arbetar med hållbarhetscertifiering. Flera av de verktyg för loggbok som finns tillgängliga på marknaden möjliggör utöver dokumentation även val av byggmaterial utifrån innehåll av ämnen. Basta, SundaHus och Byggvarubedömningen är exempel på tjänster som syftar till att hjälpa materialleverantörer att få sina material opartiskt bedömda ur miljö och hälsosynpunkt samt ge stöd för beställare i det enskilda

att göra hållbara materialval. Bedömningen sker utifrån ett flertal olika kriterier, där möjligheten till återvinning av materialet är en. Underlaget för bedömningen är dels säkerhetsdatablad (se ovan) och eBVD:er, en elektronisk byggvarudeklaration, som beskriver vilka komponenter en byggvara innehåller och hur den ska hanteras under sin livscykel. Informationen är frivillig och bygger på tillverkarens egenkontroll, men formatet är överenskommet inom branschen.

Verktyg som BASTA, byggvarubedömning med mera hjälper oss att förstå materialets innehåll till viss del. Oftast är dock inte bedömningsunderlagen för fabriksbetong framtagna utifrån specifika betongrecept utan mer generella betongblandningar. Mängden tillsatsmedel går under gränsen för vilket innehåll som behöver deklarerats, vilket innebär att tillverkaren inte behöver ange dem. Inte heller ballastens ursprung deklarerats. Den miljöbedömning som dessa verktyg kan presentera bedöms därför inte tillräckliga för att kunna göra en kvalitativ bedömning om möjligheten till återvinning.

Miljövarudeklarationer (EPD:er) är också en dokumentation av en produkts miljöbelastning. Många beställare som ställer klimatkrav hänvisar ofta till att klimatdeklaration av byggmaterial ska ske genom EPD:er. EPD:er kan i vissa fall ge information om miljöpåverkan i produktens nästa livscykel men informationen omfattar inte innehåll av ämnen. Gemensamt för ovan nämnda system för miljöbedömning är att de i dagsläget är starkt fokuserade på att underlätta hållbara materialval i ett inköpsskede i byggskedet, ej i rivnings- och återvinningskedan. I och med det utökade scopet för EPD:er där modul C och D deklarerats finns dock potential för att underlätta materialval även utifrån dessa skeden. Dock krävs i regel mer data från verkliga fall, i form av End-of-life deklarerat från betongåtervinning, innan syftet kan uppfyllas till fullo.

Under slutworkshopen lyftes problematiken med att betongens innehåll kan förändras med tiden under driftfasen på grund av påverkan från omgivningen. Till exempel kan vägsalt och klorider påverka materialets kemiska sammansättning, vilket kan innebära att betongen får en sämre miljöbedömning på grund av detta. Det blir komplext vid det senare omhändertagandet av materialet om man inte kan spåra vad betongen blivit utsatt för. Det är viktigt att kunna avskilja kontaminerat material från "rent". I sådana fall bör verktygen kunna hjälpa oss och styra provtagningen.

En brist som framkommit under studiens workshops med nuvarande system är att mängden data kopplad till exakt innehåll i varje unikt betongrecept blir för omfattande för betongtillverkaren att skicka med entreprenören. En lösning på detta kan vara att krav på registrering av GTIN-nummer för varje specifik blandning, och tillhörande digital dokumentation om innehållet som enkelt kan delas. Det finns exempel på digitala verktyg där byggkomponenter i 3D-modeller taggas med information om de inbyggda materialen via GTIN-nummer. Detta gör det möjligt att få kontroll på var i byggnaden materialen används, vilken mängd, innehåll och egenskaper med mera.

I ett läge där önskad information om betongen samlas in i byggskedet så behövs även system som lagrar informationen för att vara tillgänglig för framtiden. Större förvaltare av byggnader och infrastruktur, exempelvis kommuner och Trafikverket, behöver en digital infrastruktur för att lagra mycket information från byggfasen under lång tid. På så vis uppnås ökad kontroll och bättre förutsättningar för att material som frigörs vid rivning kan återvinnas i mer högkvalitativa applikationer än idag.

## Fallstudie

Huvudsyftet med fallstudien var att jämföra klimatreducerad betong med vanlig betong, dess innehåll och möjlighet till återvinning vid framtida demontering. Äldre och ny, klimatreducerad, betong provtogs och analyserades i labbmiljö med avseende på ämnen och lakbarhet. Den äldre betongen utgjordes av rivningsbetong från bron över E6 och Hisingsbron och den nya betongen var nytillverkad,

med olika andel av cementen ersatt med slagg (0-36 procent). Ballasten som ingår i betongen som används i E02 Centralen projektet analyserades separat.

Det är relevant att göra en översyn över vilka riktvärden som idag används för att utvärdera återvunnen betong med avseende på oönskade ämnen. När ett projekt idag vill återvinna betong i anläggningsändamål utförs bedömning av miljö- och hälsorisk av den planerade återvinningen utifrån Naturvårdsverkets beräkningsverktyg framtaget för en jordmatris. Aspekter som där vägs in i bedömningen, såsom exempelvis intag av jord och intag av växter som odlats i jorden, är inte relevanta för krossad betong. Rikt- och gränsvärden har utarbetats för förorenad mark bestående av framför allt jord. Jord innehåller mull vilket medger biologisk aktivitet och eventuellt främjar odling, jorden är mindre genomsläpplig och har lägre pH jämfört med en matris bestående av mestadels krossad betong.

Som förberedelse för laktest på laboratorium så krossas den provtagna betongen ner till fina partiklar (<4 mm). Betongmaterial som återvinns har betydligt större fraktioner, inom exempelvis projekt E02 Centralen i Västlänken består den återvunna betongen av fraktionen 50 mm. Därmed speglar inte laktesten så som den återvunna betongen kommer interagera med sin omgivning.

Resultaten från innehållsanalyserna i fallstudien visade att för flera betongtyper överskred halter riktvärden för känslig markanvändning (KM) medan halterna var under riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM). Föroreningshalten som uppmäts medger således inte fri återvinning av betongen i alla typer av anläggningsändamål då föroreningshalten överskrider mindre än ringa risk (MRR). Däremot finns det inga liknande haltkrav för att använda återvunnen betong i ny betongprodukt. Ballasten som testat inom ramen för denna fallstudie visar på låg halter av oönskade ämnen och där alla ämnen förutom ett låg under detektionsgräns. Lakningsförmågan var därmed låg. I vissa regioner kan dock ämnesinnehållet i ballasten variera beroende på det lokala berget som bryts i takter.

Resultaten från laktesterna i studien indikerar att just frågan om sexvärt krom inte ser ut att försvåra framtida återvinning av klimatreducerad betong. Detta då resultaten visade på en lägre benägenhet att laka ut sexvärt krom från betong ju högre slaggblandningen var jämfört med betongen utan slagg. Orsaken till detta kan vara dels att när cementen ersätts av slagg så minskar innehållet av krom, dels att slaggens egenskaper bidrar till att binda upp vattenlösligt krom. Flera prover och analyser av betongen med den högre inblandningen av slagg behövs för att kunna utvärdera resultaten statistiskt.

I en enskild ansökan till kommunens tillsynsmyndighet om återvinning av avfall i anläggningsändamål så går det att argumentera för att få igenom den planerade återvinningen av betong. Men det kan krävas en ganska stor insats från varje projekt och beslut för anmälan är oförutsägbart och kan vara beroende på vilken handläggare som värderar ansökan hos tillsynsmyndigheten. För att öka återvinningsgraden för att förenkla återvinning av betong i anläggningsändamål i framtiden behövs ett standardiserat förfarande och inte projektspecifika ansökningsärenden.

Nya analysmetoder för att testa ämnesinnehåll och betongens lakningsförmåga behöver tas fram och utvärderas för att om möjligt i större del likna de naturliga förutsättningarna vid vilka betongen återvinns. Även tidsperspektivet är viktigt att beakta. Såsom laktesterna genomförs i dagsläget undersöks lakning av materialet de första 18 timmarna, vilket inte kan ses som representativt för de 100 åren som materialet väntas ligga i marken. Att testa lakningen i kolonnstest som sägs bättre likna de naturliga förutsättningarna vid lakning är en möjlighet att få mer rättvisande analysresultat för "verklig" halt ämnen som lakas från produkten som önskas att återvinnas.

Till det behövs även specifika analyspaket framtagna utifrån kemiskt innehåll i alternativa bindemedel för betongändamål, i stället för att vara framtagna utifrån massor eller traditionell betong. Även ämnen som vi med standardanalyserna idag inte testat för kan behöva inkluderas, i och med att betongen går från att vara en relativt homogen produktgrupp till en alltmer heterogen.

#### Rekommendationer och förslag på fortsatt utvecklingsarbete

- Utveckla de kemiska analyser som används för att bedöma betongens lakbarhet. Dagens slentrianmässiga nyttjande av skaktest bör ersättas med tester som bättre speglar verkliga förhållanden där perkolationstest är en möjlighet.
- Fortsatta studier på totalhalt och lakhalter på betong där flygaska ingår
- Framtagande av vägledning för återvinning av betong, anpassad för att hantera såväl traditionell som klimatreducerad betong, som även innefattar anpassning till nya ingående material.
- Fortsatta studier med analyser för att studera effekten av användandet av olika tillsatsmedel och ballastmaterial.
- Förbättrade system för digital förvaltning av information om ingående material samt delkomponenter i byggnader och infrastruktur.

## 8 LITTERATURFÖRTECKNING

- Annika Ekvall, B. v. (2006). *Lakegenskaper för naturballast Bergmaterial och moräner*. Stockholm: Värmeforsk.
- Användargrupp Bygg GS1. (den 13 01 2023). Hämtat från GS1 Sweden: <https://gs1.se/om-oss/anvandargrupper/bygg/>
- Avfall Sverige. (2019). *Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor*. Malmö: Avfall Sverige.
- Berg, A. (2021). *Materialinventering vid Rivning - hur fungerar kunskapsöverföringen?* SBUF.
- Boverket. (2021). *Miljöpåverkan från byggsektorn ökar*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/nyheter/miljopaverkan-fran-byggsektorn-okar/>
- Boverket. (2021). *Miljöpåverkan från byggsektorn ökar*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/nyheter/miljopaverkan-fran-byggsektorn-okar/>
- Brander, L., Helsing, E., & Gabrielsson, I. (2020). *Constructivate arbetspaket 3 - Återvinning av rivningsavfall som ballast i betong*. RISE.
- Branschgemensamma spårbarhetskrav från 1 juli 2022. (den 22 11 2021). Hämtat från NCC: <https://www.ncc.se/media/pressrelease/717e498f63712463/branschgemensamma-sp%C3%A5rbarhetskrav-fr%C3%A5n-1-juli-2022/>
- Byggföretagen. (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft, Bygg- och anläggningssektorn*. Fossilfritt Sverige.
- CAS Registry. (den 13 01 2023). Hämtat från American Chemical Society: <https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances/faqs>
- CE-märkning SIS. (den 13 01 2023). Hämtat från Svenska Institutet för Standarder: <https://www.sis.se/standarder/ce-markning/>
- (2018). *Dokumentationssystem för byggprodukter*. Boverket.
- ECHA. (2020 ). *Vägledning om sammanställning av säkerhetsdatablad v4.0*. Hämtat från [echa.europa.eu](https://echa.europa.eu): [https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/sds\\_sv.pdf/19d64951-2e35-4623-93b6-83237a72ef1b](https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/sds_sv.pdf/19d64951-2e35-4623-93b6-83237a72ef1b)
- ECHA. (den 22 03 2023). *Registered substances information*. Hämtat från ECHA: <https://echa.europa.eu/sv/information-on-chemicals/registered-substances/information>
- Elisabeth Helsing, K. M. (2022). *Klimatförbättrad betong och dricksvattenanläggningar*. Bromma: Svenskt vatten AB.
- Erik Nordström, M. H. (2018). *Inblandning av Flygaska i vattenbyggnadsbetong*. Energiforsk.
- Fossilfritt Sverige. (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft, Bygg- och anläggningssektorn*. Fossilfritt Sverige.

- Frid, A., & Mårtensson, T. (2010). *Receptoptimering av självkompakterande betong med flygaska - med avseende på tryckhållfasthet vid 28 dygns ålder*. Lund: Lunds universitet.
- GS1 Sweden. (2022-05-06). *GTIN vägledare för byggbranschen*. GS1 Sweden.
- GS1-artikelnummer (GTIN)*. (den 13 01 2023). Hämtat från GS1 Sweden: <https://gs1.se/standarder-och-tjanster/gs1-artikelnummer-gtin/>
- Helsing, E. (2020). Vad händer med sexvärt krom i återvunnen betong? *Bygg & Teknik*.
- Hosseini, N. (2022). *Inverkan av mängden flygaska och masungsslagg i betong*. Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap. Karlstad: Karlstads universitet.
- Kemrisk. (2022). *Kemrisk*. Hämtat från FAQ Byggvarudeklaration: <https://www.kemrisk.se/info/faq/byggvarudeklaration/>
- Linnea Steen, T. N. (2022). *Policyåtgärder för ökad cirkularitet av produkter och material*. IVL, Circular Sweden.
- Naturskyddsföreningen. (den 11 06 2021). *Hållbar konsumtion / Vad menas med cirkulär ekonomi?* Hämtat från Naturskyddsföreningen.se: <https://www.naturskyddsföreningen.se/artiklar/vad-menas-med-cirkular-ekonomi/>
- Naturvårdsverket. (2009). *Riktvärden för förorenad mark*. Bromma: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2010). *Handbok för återvinning av avfall i anläggningsarbeten*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2016). *Datablad för arsenik*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2016). *Hatnering av massor i infrastrukturprojekt*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2022). *Hantering av schaktmassor och annat naturligt förekommande material som kan användas för anläggningsändamål*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- NFS 2004:10. (2004). *Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall*. Naturvårdsverket.
- Nordkalk. (den 05 01 2023). Hämtat från Nordkalk CE-märkning: <https://nordkalk.se/ce-markning/>
- Nordkalk. (den 05 01 2023). *Nordkalk*. Hämtat från Nordkalk Mark & bygg: <https://nordkalk.se/losningar/mark-bygg/>
- Panorama. (2023). *Omställning för Cement och mineral*. Hämtat från Panorama: <https://app.climateview.global/v3/public/board/ec2d0cdf-e70e-43fb-85cb-ed6b31ee1e09?id=d2565f68-86d4-4228-adbd-221235200524>
- Principbeslut GTIN*. (den 13 01 2023). Hämtat från GS1: <https://gs1.se/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/principbeslut-gtin-20180412.pdf>
- Reach-förordningen*. (den 13 01 2023). Hämtat från Kemikalieinspektionen: <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/reach-forordningen>
- RISE. (2022). Kraftindustrins betongdag . *Aktiverade leror och andra möjligheter*.

- Rosenqvist, M. (2018). *Betongteknikens utveckling och betydelse för svensk vattenkraftsutbyggnad*. Energiforsk.
- Strålsäkerhetsmyndigheten. (2018). *Vägledning med bakgrund och motiv till Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2018:4) om naturligt förekommande radioaktivt material och byggnadsmaterial*. Strålsäkerhetsmyndigheten.
- Svensk Betong. (2021). *Alternativa bindemedel i betong*. Svensk Betong.
- SWECEM. (2022). *Merit*. Hämtat från SWECEM: <https://swecem.se/produkter/merit/>
- Thomas Cement. (den 29 01 2021). Produktdatablad Slagg Bremen.
- Trafikverket. (2015). *Trafikverkets handbok för hantering av*. Trafikverket.

# BILAGOR

## Bilaga 1. Historisk användning av alternativa bindemedel

Vid 1900-talets start producerade de flesta cementfabriker i Sverige rent portlandcement, men redan då fanns konkurrens från utländskt blandcement som innehöll slagg. Därför tog man även i Sverige fram olika typer av blandcement såsom rödfyrscement, sandcement och en typ av inhemskt slaggcement, som dock var av ganska låg kvalitet och inte var särskilt efterfrågat. (Rosenqvist, 2018).

Under den stora utbyggnaden av svensk vattenkraft som drog i gång ordentligt i början av 1930-talet uppkom problem med sprickbildning i stora betongkonstruktioner, på grund av allt för kraftig värmeutveckling när betongen härdade. För att lösa problemen skedde en succesiv utveckling av ett flertal blandcement, där olika cementersättningar testats i omgångar. (Rosenqvist, 2018).

Under 30-talet testades under några år s.k. *Pansarcement*, med tillsats av skånsk kaolinlera för att få en betong med bättre beständighet mot kalkurlakning i vattentäta konstruktioner. Pansarcementen klassificerades som puzzolancement. Konsistensen var dock relativt klubbig, vilket försvårade gjutningen och i och med den parallella utvecklingen av vattentät betong konkurrerades produktionen snabbt ut. (Rosenqvist, 2018).

Under efterkrigstiden rådde cementbrist i Sverige till följd av en stor brist på stenkol som behövs vid cementtillverkningen. Cementindustrin fick då i uppgift att ta fram en ersättningscement, s.k. *E-cement*, med låg halt cementklinker, genom inmalning av slagg, sandsten eller andra material i standardcement. E-cementen var av lägre kvalitet och hade sämre frostbeständighet, men användes bland annat i flera mindre vattenkraftverk under 40-50talet. (Rosenqvist, 2018). Spårbarheten för vilken tillsats som användes i vilka konstruktioner under den här tiden är dock bristfällig, då all blandcement gick under benämningen E-cement, oavsett tillsatsmaterial.

Under 1950-talet fortsatte utvecklingen av cementet med lägre värmeutveckling. Som en del av detta arbete genomfördes försök att ersätta en del av cementet med Trass eller slagg. Trass är en vulkanisk aska som användes som tillsatsmaterial vid betongberedning till vattenbyggnadsarbeten i en första omgång under 1930-talet och i en andra omgång under åren runt 1960. (Rosenqvist, 2018).

Det blandcement som blev mest framgångsrikt blev ett slaggcement, Cementas så kallade *vulkancement*. Vulkancementet hade en tillsats av 25 - 50 % slagg, beroende på under vilken årstid som gjutningen skedde. Under vintern hade man en lägre andel slagg för att dra nytta av betongens värmeutveckling. Under sommaren var förutsättningarna omvända och andelen slagg höjdes. Vulkancement maldes finare än vanligt standardcement och gav en smidig och lättarbetad betongmassa. Det användes i bostadshus, broar och kraftverk i mellersta Sverige, men även för markstabilisering och jord- och berginjektering. Som mest motsvarade produktionen av slaggcementet 5 % av Sveriges totala cementtillverkning, år 1962. Därefter avtog produktionen successivt och upphörde tio år senare. (Rosenqvist, 2018).

Parallellt med testerna av blandcement utvecklades en långsamt härdande cement, benämnd *LH-cement*, - en typ av portlandcement med justerad kemisk sammansättning. Under 1950-70-talet användes nästan bara LH-cement i svenska kraftverksbyggen, då den var mest pålitlig för ändamålet. När svensk vattenkraft var färdigutbyggd runt 1980 minskade efterfrågan på LH-cement drastiskt vilket ledde den försvann från marknaden, och behovet av en långsamt härdande cement i form av blandcement steg åter.



Cementa tog då fram ett nytt slaggcement. med 65 % granulerad masugnsslagg, vilket benämndes *Massivcement*, som man hoppades skulle bli lika framgångsrikt som vulkancementet. Slaggen kom från Oxelösunds järnverk och Domnarvet med ursprung i järnmalm från Grängesbergs gruva, och maldes tillsammans standardcementen från Slite. Massivcementet användes bl.a i kraftverket i Lilla Edet. Ganska snabbt upptäcktes dock vissa problem med sprickbildning, vilket i förlängningen ledde till att produktionen lades ner efter bara några år. (Rosenqvist, 2018).

När förväntningarna inte infriades utvecklade Cementa i stället ett anläggningscement, vars kemiska sammansättning skulle efterlikna LH-cementet. Sedan mitten av 1980-talet har anläggningscement nästan uteslutande använts vid betongarbeten inom svensk vattenkraft (Rosenqvist, 2018).

## Bilaga 2. CAS-nummer och EG-nummer

Chemical Abstracts Service (CAS) är en avdelning inom The American Chemical Society ([www.cas.org](http://www.cas.org)) som upprätthåller en databas med alla registrerade kemikalier. CAS-nummer är ett registreringsnummer för kemikalier och internationellt identifieringsnummer för kemiska ämnen. Ett CAS-nummer kan innehålla upp till 10 siffror, uppdelat i tre delar. CAS-registret innehåller bland mycket annat metaller, legeringar, mineraler, isotoper, proteiner, polymerer och organiska och icke organiska ämnen. CAS-nummer innebär en stor förenkling vid sökning i olika kemikaliedatabaser då kemikalier annars kan ha olika benämningar och namn i olika sammanhang (CAS Registry, 2023).

EG-nummer används på motsvarande sätt för kemiska ämnen på marknaden inom EU och är uppbyggt av sju siffror. När kemiska ämnen registreras inom REACH tilldelas ämnena ett nummer om detta inte redan finns associerat med ämnena (ECHA, 2023).

## Bilaga 3. Återvinning av avfall i anläggningsändamål

I NFS 2004:10 står att avfallskod 17 01 01 Betong, får hanteras som inert avfall utan att behöva genomgå provning. Om det finns anledning att misstänka att avfallet överskrider gränsvärden ska det dock provtas. I praktiken innebär det att mottagare/deponi generellt sett alltid efterfrågar analyser.

I Naturvårdsverkets föreskrifter om mottagning av avfall vid deponier (NFS 2004:10) finns tre olika klasser; för inert avfall, för icke-farligt avfall samt för farligt avfall. Respektive klass har haltgränser för lakning som inte får överskridas, vilket säkerställs genom en grundläggande karakterisering i form av lakteter genomförs på materialet, i detta fall betongen. Lakteter enligt (NFS 2004:10) innefattar de flesta metallerna som analyseras vid förorenad mark samt sulfat, klorid, fluorid, Fenolindex, DOC och torrsbstans för lösta ämnen. Utöver lakhalter finns även gränsvärden för totalhalter av TOC, BTEX, PCB och PAH.

Dessa gränsvärden gäller alltså i första hand för avfall som ska läggas på en deponi. Ändå är det inte ovanligt att man använder dessa gränsvärden även vid bedömningen om ett material är lämpligt att återanvända, i brist på bättre alternativ. Det finns dock flera skillnader i de risker som avfall på en deponi kan utgöra i jämförelse med material som till exempel betong som återanvänds i en vägkropp. I framtagandet av gränsvärden för avfall som ska deponeras ingår en rad olika förutsättningar som inte nödvändigtvis gäller för betong som återanvänds. På en deponi ska materialet kunna ligga oskyddat eftersom deponin inte behöver täckas under driftfas, medan krossad betong som återanvänds kan ligga mer skyddad för väder och vind (Annika Ekvall, 2006).

Möjligheten att återvinna avfall i anläggningsändamål styrs av föroreningsinnehåll och lakegenskaper hos avfallet men också av platsens förutsättningar. För att kunna göra en bedömning om återvinning medför acceptabel risk på människors hälsa och omkringliggande miljö är det vanligt att Naturvårdsverkets två markanvändningsscenarier (KM/MKM) används där uppmätt halt i avfallet jämförs mot generella riktvärden. Om de generella riktvärdena inte kan användas om förutsättningarna för området skiljer sig från vanliga förhållanden i förorenade områden, kan plats-specifika riktvärden tas fram med hänsyn till de specifika förhållanden som råder vid aktuellt område. För detta ändamål har Naturvårdsverket tagit fram ett Excelbaserat beräkningsprogram för riktvärden i förorenad mark.

#### Generella riktvärden för förorenad mark

Riktvärden är ett av flera verktyg i en riskbedömning, då en bedömning görs av vilka föroreningsnivåer som utgör en acceptabel risk för människors hälsa och miljö i ett specifikt område. Riktvärdena som tas fram är alltså kopplade till omgivningen och den tänkta användningen av materialet. Bedömningen av miljö- och hälsorisker bör göras i såväl ett kort som långt tidsperspektiv.

Naturvårdsverket har tagit fram generella riktvärden avseende förorenade mark anger den föroreningshalt i marken under vilken risken för negativa effekter på människor, miljö eller naturresurser normalt är acceptabel. Riktvärdena beaktar fyra olika typer av skyddsobjekt: människor som vistas i området, markmiljön inom området, grundvatten samt ytvatten. En viktig del när riktvärden tas fram är den markanvändning som förväntas i området. Med markanvändning menas vilka aktiviteter som förekommer och därmed vilka grupper som anses kunna exponeras och i vilken omfattning detta kan ske.

Naturvårdsverkets generella riktvärden har tagits fram för två olika typer av markanvändning, känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM).

För känslig markanvändning (KM) gäller att markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning och de flesta markkosystem samt att grundvatten och ytvatten skyddas. Dessutom ska alla grupper av människor (barn, vuxna, äldre) kunna vistas permanent inom området under en livstid.

För mindre känslig markanvändning (MKM) gäller att markkvaliteten begränsar val av markanvändningen. Marken kan exempelvis utnyttjas för kontor, industrier eller vägar. De exponerade grupperna antas vara personer som vistas i området under sin yrkesverksamma tid samt barn och äldre som vistas på området tillfälligt. De generella riktvärdena är utformade för att vara just generella och är inte juridiskt bindande värden, överskridande av riktvärdena medför inte nödvändigtvis att negativa effekter uppträder. (Naturvårdsverket, 2009).

De generella riktvärdena gäller specifikt för förorenad mark, och inte andra material. Vissa risker som beaktas vad gäller förorenad mark är inte relevanta när det gäller förorenade material. I framtagandet av riktvärden för förorenad mark beaktas risker så som till exempel spridning via luften via damning och direkt intag av jord och växter som odlats i jorden. Trots att de generella riktvärdena för förorenad mark inte är anpassade för att bedöma risker med material som till exempel betong, är det inte ovanligt att de används i detta syfte.

## Platsspecifik riskbedömning

Om förutsättningarna för området skiljer sig från vanliga förhållanden i förorenade områden och de generella riktvärdena inte kan användas, kan platsspecifika riktvärden tas fram med hänsyn till de specifika förhållanden som råder vid aktuellt område. För detta ändamål har Naturvårdsverket tagit fram ett Excelbaserat beräkningsprogram för riktvärden i förorenad mark (NV Beräkningsverktyg 2016 v.2).

Riktvärdesmodellen utgår från att det är mark som är förorenad, vilken till största del är uppbyggd av jord. Fyllnadsmassor är av människan tillförda massor som kan bestå av sten, grus, byggavfall, jord, schaktmassor, spån, slagg osv. Modellen bygger på vissa antaganden och den är därför lämplig att använda under vissa givna förutsättningar. När riktvärdesmodellen används är det viktigt att kontrollera riktvärdesmodellens tillämpbarhet. En viktig begränsning är att beräkningsprogrammet inte kan hantera alla typer av föroreningar eller förorenade områden. Beräkningsprogrammet har därför gjorts flexibelt så att resultat från andra modeller för spridning och utspädning kan användas. Dock kommer det alltid att finnas fall som avviker så mycket att riktvärdesmodellens grundantaganden att programmet inte är tillämpligt. När data i riktvärdesmodellen ändras för att ta fram platsspecifika riktvärden är det viktigt att beakta andra exponeringsvägar, spridning till omgivningen och uppmätta halter i vatten, luft mm.

Betong skiljer sig väsentligt från mark avseende flera fysikaliska och kemiska parametrar exempelvis kornstorleksfördelning och innehåll av organiskt material. Således bör en platsspecifik riskbedömning genomföras om betongen avses att återvinnas i anläggningsändamål. Då förs aktuella parametrar för betongen in i beräkningsmodellen.

Betongens kemiska egenskaper kan påverka pH-värde hos lakvätskan vilket i sin tur kan leda till frigörelse av andra tungmetaller än vad som normalt frigörs i ett surare lakvatten. Det låga innehåll av organiska ämnen och löst organiskt kol (DOC) i betong bedöms också kunna påverka ämneshalterna som mäts i lakvattnet då flera metaller komplexbinds starkt till DOC.

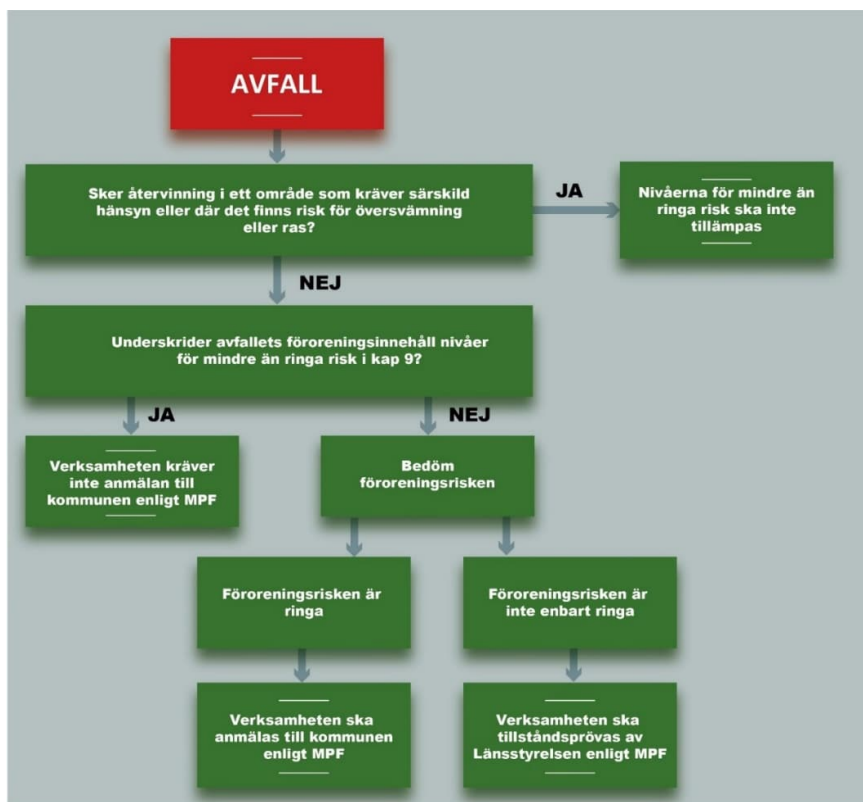
## Avfallsförebyggande åtgärder

I miljöbalken finns definierat vad som menas med avfallsförebyggande åtgärd samt annan hantering av avfall, som till exempel att återvinna eller materialåtervinna avfall. Enligt avfallshierarkin ska uppkomsten av avfall i första hand undvikas, därefter ska avfall återvinnas. Det är den som innehar avfallet som ska se till att avfallet hanteras på ett godtagbart sätt.

Den som använder avfall i anläggningsarbeten har i egenskap av verksamhetsutövare ansvar att ta reda på avfallens egenskaper för att säkerställa korrekt hantering. Att hantera avfall hamnar ofta under definitionen för miljöfarlig verksamhet, och omfattas på så sätt av en mängd anmälnings- eller tillståndsplikter. Som en vägledning för verksamheter för att avgöra huruvida en anmälan eller tillstånd krävs har Naturvårdsverket tagit fram en handbok om återvinning av avfall i anläggningsbranschen (Handbok 2010:1). I handboken presenteras nivåer vad gäller såväl totalhalter som urlakning för mindre än ringa risk (MRR). Råden och riktlinjerna i handboken är vägledande och inte rättsligt bindande.

Huruvida det behövs någon sorts anmälan eller tillstånd för att återanvända betong för anläggningsändamål beror på avfallet och egenskaperna. Det krävs ingen anmälan om betongens föroreningsinnehåll är mindre än ringa eller om det inte föreligger risk för väsentlig påverkan på naturmiljö, till exempel genom ändring av marknivå.

Om avfallens föroreningsinnehåll innebär ringa risk krävs en anmälan. Det åligger verksamhetsutövaren att göra en bedömning om risken för spridning av föroreningar är ringa, mindre än ringa, eller större än ringa. Risken för spridning ska bedömas i relation till den plats där avfallet kommer att användas. I samband med handläggningen bedömer tillsynsmyndigheten om verksamhetsutövaren har gjort en korrekt bedömning av lämpligheten att återvinna avfallet på den aktuella platsen. Om föroreningsinnehållet i avfallet är mer än av ringa risk krävs tillstånd från Länsstyrelsen för återvinningen. Figur 4 visar ett flödesschema för bedömning av tillämpliga miljörättsliga bestämmelser vid användning av avfall för anläggningsändamål.



Figur 4. Förenklat flödesschema för bedömning av avfall för anläggningsändamål. Figuren beskriver inte alla möjliga situationer (MPF = Miljöprövningsförordningen 2013:251) (Naturvårdsverket, 2010).

#### Specifik vägledning för återvinning av betongmassor

Naturvårdsverket har tidigare fått i uppdrag av regeringen att göra en översyn av hantering av schaktmassor för anläggningsändamål. Detta redovisades till regeringen den 31 maj 2022 och innehöll bland annat förslag på förbättrad vägledning och lagändringar för att öka återvinningen av massor. I detta arbete identifierades alternativa material som används inom bygg- och anläggningsverksamhet, i stället för massor. Ett sådant material är betong. Detta hanteras inte inom ramen för uppdraget, men man nämner att det kan bli aktuellt att komplettera med användningen av betong för vissa ändamål, om detta anses lämpligt, efter utredning (Naturvårdsverket, 2022).

Under våren 2022 utredde Göteborg Stad hur och på vilket sätt masshantering ska kunna infogas i stadens avfallsplan. Masshantering har inga mål i nuvarande avfallsplan. I utredningen identifierades bland annat betong som ett material med potentiellt låg föroreningsrisk och teknisk lämplighet. Det konstateras i utredningen att specifik vägledning vad gäller återvinning av massor saknas, eller behöver förbättras. Det presenterades två förslag för masshanteringen:

- 2030 ska Göteborg återanvända och återvinna 100% av de överskottsmassor som bedöms användbara efter en teknisk och miljömässig bedömning.
- 2030 ska 50% av inköpt ballastmaterial i Göteborg utgöras av återanvända/återvunna material (idag är det ca 20%)

Därutöver presenterades flera förslag på åtgärder för masshantering, varav ett innebär förbättrad vägledning. En arbetsgrupp inom kommunen har fått i uppdrag att skapa en gemensam vägledning för masshantering inom staden genom samverkan med kommunala, statliga och privata verksamhetsutövare, samt länsstyrelsen. Detta arbete påbörjades under 2023, och ska avslutas under 2025.

## Bilaga 4. Kemisk analys av betong

För att få ett mått på innehåll av ämnen i betongen görs kemiska analyser av de uttagna representativa proverna. Två olika typer av kemiska analyser utförs normalt, totalhaltanalys för att få svar på ämnesinnehållet av metaller och organiska ämnen i betongmaterialet, samt laktester där förmågan för betongmaterialet att släppa ifrån sig ämnen vid kontakt med vatten mäts. Det kan finnas behov att utföra båda typerna av kemiska analyser men för avfallsklassificering används normalt laktester i enlighet med Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2010:4).

### Totalhaltsanalys

Totalhaltsanalyser ger information om den totala halten av ett ämne, till exempel metaller, som finns i ett prov. Först torkas provet vid 35 grader, varefter det krossas, mals och siktas. Partiklar mindre än <math>0,25\text{ mm}</math> tas med i nästa steg. De finkorniga partiklarna löses upp i koncentrerade syror för att därefter kunna bestämma den totala halten av olika metaller i provet. Beroende på typ eller kombination av syror kan provet lösas upp olika mycket. Det är således viktigt att ha kunskap om vilken kemisk analys som används på de uttagna proverna för att kunna göra en rättvis bedömning av resultaten och koppla uppmätta halter till en realistisk miljöpåverkan.

En vanlig metod för totalhaltanalys innefattar upplösning med hjälp av starka syror som salpetersyra och saltsyra (EN13657). Det är en mycket hård upplösning som löser upp i princip alla kemiska föreningar förutom silikater ( $\text{Si}_x\text{O}_y$ ). Då denna metod även löser upp mycket hårda bindningar frigörs metaller som rimligtvis inte skulle kunna bli tillgängliga via naturliga nedbrytningsprocesser. En annan vanlig totalhaltsanalys är EN13656 där, förutom salpetersyra och saltsyra, även tillsatts fluorvätesyra. Fluorvätesyra löser även upp silikatföreningar. Denna metod rekommenderas i EU:s beslut om mottagningskriterier för avfall vid deponier. Följaktligen är det även denna metod som hänvisas till i Naturvårdsverkets författningssamling gällande mottagning av avfall (NFS 2004:10). Observera dock att totalhaltsanalys vid mottagningskriterier endast efterfrågas för organiska parametrar. För gränsvärden av metaller gäller analys i form av utlakning.

Det finns även analyser som innebär mildare metoder och inte löser upp hela mineraler, utan mer anger den totala mängden spårelement som är "naturligt" urlakningsbar. En sådan metod är SS 28311:2017 där man använder salpetersyra. Denna typ av metallanalys rekommenderas i Avfall Sveriges Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor (Avfall Sverige, 2019). Det är också den som används för att jämföra ett jordprov mot Naturvårdsverkets generella riktvärden.

### Laktester

Laktester används för att mäta hur mycket av olika föreningar som kan frigöras från det fasta materialet till lakvätskan under standardiserade former på ett kemiskt laboratorium och är ursprungligen framtagna för att karaktärisera avfall (NV Rapport 5536 april 2006). Sedan 1 januari

2005 är laktester obligatoriska för avfall som läggs på deponi (NFS 2004:10). Dessa tester kan utföras på flera olika sätt både vad gäller den fasta fasens kornstorlek samt lakvätskans sammansättning och antalet extraktionscykler. I huvudsak delas laktester in i tre olika typer: i) ytutlakning för monoliter, ii) enstegs- och tvåstegslakning i skaktest, samt iii) perkolationstest. Valet av analysmetod bestäms utifrån syfte med undersökningen. Vid återvinning av avfall i anläggningsändamål (NV Handbok 2010:1, under revision 2022) anses lakmetod enligt SS-EN 13657 kunna användas för att bestämma innehållet av oorganiska ämnen. Denna metod består av enstegs skaktest. För överensstämmelseprovtagning för avfall som transporteras till mottagningsanläggning och som ska deponeras ska tvåstegs skaktest SS-EN 12457-3 eller perkolationstest SIS-CEN/TS 14405:2004 användas (NFS 2010:4, 19§). Vid skillnad i överensstämmelseprovtagningen från grundläggande karakteriseringen ska perkolationstest användas för överensstämmelseprovning. I de fall nämnda testmetoder inte är tillämpliga ska en metod där kemisk jämvikt avses uppnås mellan avfall och lakvatten användas. Betong bör dock undantagsvis deponeras utan är ett material som med fördel används som konstruktionsmaterial inom deponins verksamhetsområde och används då exempelvis som bärlager i vägar eller för att bygga upp nya deponiceller. Krav på föroreningsnivå och utlakning inom ett deponiområde kan skilja sig från om avfallet avses att användas i vid byggnation av väg eller i bostadsområde utanför verksamhetsområde. Teoretiskt sett bör ett monolitisk laktest där en kropp av materialet sänks ner i lakvätskan ge lägst lösta ämneshalter medan tvåstegs skaktest bedöms ge högst lösta ämneshalter beroende på att endast finkornigt material används i metoden (<4mm) vilket gör att partikelytan som exponeras för lakvätskan blir större per volymenhet (Elisabeth Helsing, 2022) samt att skakningen i sig ombländar och nöter partiklar mot varandra vilket skapar nya brottytor där lakningen kan fortskrida.

När det gäller betong kan det vara intressant att undersöka lakningen från en gjuten del. Denna typ av urlakning kännetecknas av att ytan är liten i förhållande till volymen på provet. En sådan urlakningsmetod kallas för monolitisk. Då sänks en kropp av materialet ned i en lakvätska. Förhållandet mellan vätskevolym och lakvätska ska vara 80 +/- 20 l/m<sup>2</sup>. Vid bestämda tidpunkter tas lakvätskan bort från behållaren och ersätts med ny. Som ett resultat från analysen ska det gå att avgöra vilken mekanism som styr urlakningen av ett ämne, diffusion eller lösning (Elisabeth Helsing, 2022).

Utlakningen till lakvätskan sker mycket snabbare när betong och andra material krossas ner till mindre korn. Detta gör att partikelytan som exponeras för lakvätskan blir större per volymenhet (Elisabeth Helsing, 2022). När ytan på provet är stor i förhållande till volymen, så som är fallet vid till exempel krossad betong, kallas metoden för utlakning för granulär. Det är en sådan lakningsmetod som rekommenderas vid mottagande av avfall (NFS 2004:10). Närmare bestämt ett skaktest som kallas karaktärisering av avfall, enligt standard SS-EN 12457-3. Detta är ett test där det sker en ombländning mellan lakvätskan och det material som ska undersökas. I skaktestet fördelas materialet som ska undersökas ner till en särskild storlek. För ovanstående standard är det 4 mm. Därefter tillsätts vätska enligt en kvot mellan vätska och fast material som kallas L/S-kvot. Provet skakas under en viss bestämd tid. I skaktest SS-EN 12457-3 används två skakcykler eller steg. Först en på 6h med en L/S-kvot på 2. Därefter tillsätts nytt vatten till en L/S-kvot på 8 till samma prov, och det utförs en skakcykel på 18 h. Resultatet från testet anges sedan för L/S=2 och ett adderat resultat på L/S=10.

#### Laktester klimatreducerad betong

I en rapport från Svenskt Vatten 2022 undersöktes utlakning och betongegenskaper för betongsammansättningar där slagg och silikastoft ersatt olika delar av portlandcementen. Syftet med projektet var att ta fram lämpliga riktlinjer för betong som ska användas i dricksvattenanläggningar.

Vid utvärdering av lakteter har fokus således legat på dricksvattenkrav. Såväl monolitiska som granulära utlakningsmetoder användes och totalhalts-analyser utfördes.

I rapporten framgår att innehåll av tungmetaller inte skiljer sig nämnvärt i tillsatsmaterial från vanligt portlandcement. Innehållet är dock beroende på vart råmaterialet kommer från och varierar således för såväl olika cement som tillsatsmaterial. Tungmetaller är för det mesta hårt bundna i materialet och det har påvisats att mindre än 1% kan lakas ut. Tidigare studier har visat att utlakning av spårämnen minskar när en viss del av cement ersätts med flygaska eller slagg minskar. Det finns dock också studier som visar att betong med hög halt slagg (65-94 procent) lakade mer krom än betong utan slagg. Generellt är utlakning från betong större om den utsätts för utlakning i tidig ålder. Nivån på utlakningen går dock inte att på ett enkelt sätt relatera till totalhalten av ämnen i betongen.

Den övergripande slutsatsen i rapporten var att betong med tillsatsmaterial som slagg och silikastoft inte påverkar den långsiktiga dricksvattenkvaliteten mer än marginellt. För vissa lösliga ämnen, som krom, aluminium, klorid, sulfat och eventuellt koppar, kan halterna initialt bli högre. För att detta inte ska påverka dricksvattenkvaliteten rekommenderas det i rapporten att en ny dricksvattenanläggning ha en intrimningsperiod på några dagar upp till en vecka då vattnet kontrolleras innan det börjar levereras till kund (Elisabeth Helsing, 2022).

I studien genomförs flera analyser som är relevanta även för att värdera hur en betong klassas i ett slutskede. Frågeställningen i rapporten är dock inriktad på dricksvatten. Det innebär att samma slutsatser som dras i rapporten inte nödvändigtvis gäller för sluthantering av betong. I de analyser som utförs noteras initialt förhöjda halter, något som hanteras genom att anläggningen "vattnas ur" under en period, eftersom man anser att lakningen därefter är försumbar. När det gäller klassning av betong för att till exempel återanvända den som fyllnadsmaterial, eller för att lägga på deponi, är det de där initialt förhöjda värdena som ofta styr hur betongen får hanteras. Å ena sidan är detta relevant i och med att det är den omgivande miljön som ska skyddas, som får ta emot detta lakvatten. Å andra sidan så innebär detta förfaringssätt med stor sannolikhet en överskattning av lakbarheten i betong, och vilka halter som till slut faktiskt riskerar att släppas ut till naturen.

#### Problematik med sexvärt krom

Vid tillverkningen av cement omvandlas en del av det stabila kromet till sexvärt krom som är reaktivt och lösligt i vatten. Sexvärt krom, oftast föreliggande som kromat och dikromat uppvisar hög toxicitet och även cancerogenitet. Dessutom är ofta vattenlösligheten hög för flera krom (VI) salter även om undantag finns. På grund av sin toxicitet och cancerogenitet har det sexvärda kromet negativ påverkan på vattenlevande djur samt finns hälsorisker för människor vid exempelvis cementshanteringen. (Helsing, 2020)

De flesta råmaterialen till cement innehåller mer eller mindre av det stabila trevärda kromet, men i princip inget sexvärt krom. Den totala mängden krom varierar med typ och källa. De vanligaste råmaterialen till cement; kalksten, lera, märgel, lerskiffer, kan innehålla från enstaka ppm upp till cirka 200 ppm krom. Sexvärt krom bildas vid cementtillverkningen, då en viss del av det trevärda kromet oxideras till sexvärt krom i cementugnen. Eldfast material i förbränningsugnen, mineraliska eller kemiska cementtillsatser kan också bidra till innehållet av sexvärt krom i cement. (Helsing, 2020)

På grund av att det är sexvärt krom som är hälsofarligt gäller de restriktioner som finns på krom i cement enbart denna oxidationsform. Av arbetsmiljöskäl har det i Sverige sedan 1980-talet ställts krav på att halten vattenlösligt sexvärt krom i cement inte får överstiga 2 ppm. Cementtillverkare som marknadsför cement inom EU vidtar åtgärder för att sänka halten vattenlösligt sexvärt krom. Vanligtvis tillsätts det reducerande ämnet järnsulfat. (Helsing, 2020)

## Bilaga 5. Produktionssätt E02 Centralen

Längsgående slitsmurar installeras på ömse sidor om tunnelschakten. Med hjälp av en särskild grävsropa schaktas en slitsmurspanel till ett djup av 23 meter upp. Schakten fylls därefter med betong. Tvärgående murar gjuts därefter var sjunde meter. Högst upp gjuts en betongbalk över slitsmurspanelerna för att fånga upp krafterna från den hydrauliska stämpan, se figur 3. Sist gjuts även innerväggar och olika typer av golv. Olika betongblandningar används i respektive byggdel.

Bilderna nedan illustrerar metoden för att skapa en slitsmur.





Fotografi från spolplats:

