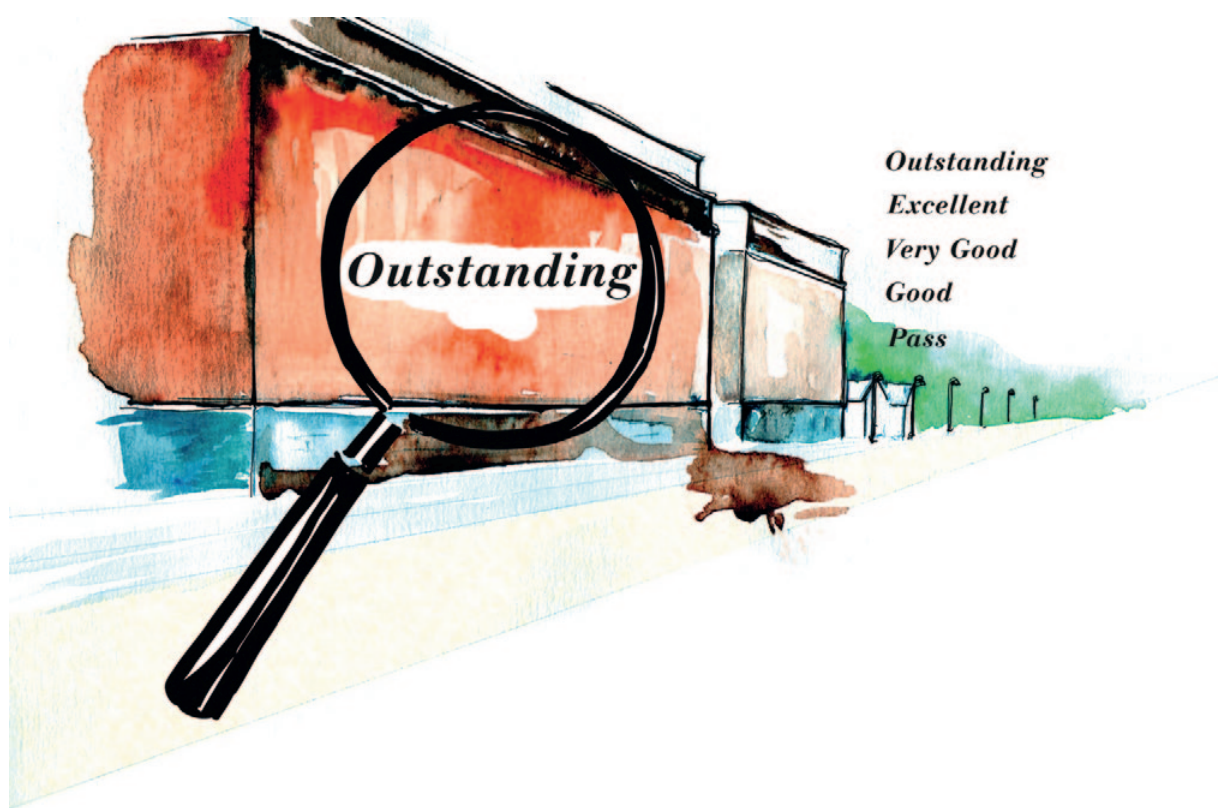


Hållbart byggande med betong

DEL 3. Utgåva 130402



Vägledning för miljöcertifiering enligt BREEAM

BREEAM Europe Commercial 2009 SD 5066A: ISSUE 1.1

Det är många enskilda detaljer som sammantaget gör att vi kan skapa platser och byggnader som låter djur och natur få en plats, som är sparsamma med jordklotets resurser, som inte sprider farliga kemikalier och där människor kan må bra.

Det är svårt att överblicka vilka detaljer som gör att en byggnad bidrar till att göra vår värld bättre. Miljöcertifieringssystemet BREEAM är ett sätt att väga samman alla detaljer till ett slutomdöme. Pass, Good, Very Good, Excellent eller Outstanding.



Ladda ner

Det finns även motsvarande vägledningar för systemen Miljöbyggnad, LEED och GreenBuilding. Dessa finns att ladda ner från www.betongforeningen.se.

Förord

Miljöcertifiering av byggnader i Sverige blir allt vanligare som ett hjälpmedel för att styra mot ett mera hållbart byggande. De system som framförallt är aktuella i Sverige är Miljöbyggnad, BREEAM, LEED och Green Building. För att dessa certifieringssystem ska resultera i val av hållbara lösningar och material är det viktigt att det finns kunskap om hur olika lösningar och material bidrar till att uppfylla de krav som ligger till grund för klassning enligt de olika systemen.

Betong är ett av våra viktigaste byggmaterial och är det vanligaste konstruktionsmaterialet i våra byggnader idag. Betongens styrka och beständighet gör det till ett utmärkt material att använda i så väl grund-, stom-, och fasadkonstruktion. Det är få (om inget) material vars egenskaper är så väldokumenterade som betong, både genom erfarenheter från lång tids användning och genom grundläggande och systematisk forskning. Det saknas dock en samlad skrift om hur dessa egenskaper bidrar till att uppfylla de krav som anges i miljöcertifieringssystemen. Med denna vägledning hoppas vi att öka kunskapen om hur betong bidrar till att uppfylla de kriterier som ligger till grund för klassning enligt certifieringssystemet BREEAM.

Målgruppen för denna skrift är alla yrkeskategorier – byggherrar, arkitekter, tekniska konsulter, entreprenörer, materialtillverkare och miljöskunniga, experter på miljöcertifieringssystem, assessorer etc. – som aktivt arbetar i nybyggnadsprojekt och som ska certifieras med BREEAM.

Skriften har utarbetats inom ramen för Svenska Betongföreningens Hållbarhetsråd i samarbete med Peab's Miljöstab och Hållbarhetsutskottet inom Svensk Betong. Projektet har finansierats av Cementsa, Svensk Betong och SBUF.

I projektgruppen har följande personer deltagit: Pia Öhrling (PIACON), Lisa Engqvist och Sabina Jonestrand (Projektengagemang AB), Anders Rönneblad och Robert Larsson (Cementsa AB), Kajsa Byfors (Svensk Betong), Markus Peterson (Betongforum) samt Otto During (CBI). Projektgruppen har även tagit hjälp av Christian Simmons (Simmons Akustik och Utveckling) och Håkan Nilsson (WSP Environmental) för underlag till kapitlen om ljudmiljö respektive termisk klimat.

Denna vägledning har så långt det varit möjligt baserat innehållet på senaste tillgänglig kunskap från både betongforskningen och betongbranschen samt även från projektgruppens erfarenheter av att aktivt delta i miljöcertifieringsprojekt. Vår ambition är att detta material ska fortsätta utvecklas och förbättras. Om ni som läsare har synpunkter på innehållet i denna vägledning vore vi glada om ni framförde dessa till: hallbarhetsradet@betongforeningen.se.

Innehållsförteckning

Förord	3
Innehållsförteckning	4
Betong och miljöcertifiering	5
Inledning	7
BREEAM	8
Ledning och styrning	14
Livscykelkostnadsanalys – LCC	14
Hälsa och välbefinnande	20
Flyktiga organiska ämnen	20
Termisk komfort	25
Akustik	32
Ljudmiljö	32
Energi	41
Energianvändning	41
Material	53
Livscykelanalys	53
Återanvändning av fasad	61
Återanvändning av stomme	61
Ansvarsfull utvinning av material	71
Robust utformning	77
Ämnen med farliga egenskaper	81
Ämnen med farliga egenskaper	81
Avfall	86
Avfallshantering på byggarbetsplatsen	86
Återvunnet sten- och grusmaterial	90
Förorening	95
Dagvattenhantering	95

Betong och miljöcertifiering

Att välja system

Vilket certifieringssystem som passar bäst för en viss typ av byggnad beror på flera faktorer, ofta är det hur certifieringen ska användas som spelar störst roll vid val av system. Miljöbyggnad är ett svenskt system. GreenBuilding är europeiskt. För en internationell marknad är brittiska BREEAM och Amerikanska LEED mest intressanta. För att välja system är det bra att förtydliga vad fastighetsägaren har för nytta av en miljöcertifiering och vilken energi- och miljöambition man vill ska genomsyra byggnaden och projektet.

Generellt är GreenBuilding-certifieringen enklare att hantera än Miljöbyggnad, som ställer krav på och bedömer fler indikatorer. Flest krav finns i BREEAM och LEED som därmed också ger tillfälle att väga in fler av byggnadens goda kvaliteter. BREEAM är delvis anpassat till svenska regler. LEED baseras på amerikanska regler men anpassas mer och mer till internationella standarder.

GreenBuilding hanterar endast energi. BREEAM, LEED och Miljöbyggnad hanterar även inomhusmiljö och material. BREEAM och LEED hanterar fler parametrar som rör byggnaden och tomtens utformning samt hur den samverkar med sin omgivning. Det kan gälla frågor som dagvattenhantering, värmeöar och transporter till och från byggnaden.

Betong och miljö

Betong kan betraktas som ett naturmaterial och är återvinningsbart. Det kommer av kalksten, berg och sten och återgår oftast i form av fyllnadsmaterial när livslängden är slut. Jordens kalkstensreserver är globalt sett i praktiken outtömliga och gråberg finns det mycket av. Betong i en husstomme innehåller varken utfasningsämnen eller andra ämnen som är farliga för hälsa eller miljö.

Betong möjliggör byggnader med lågt energibehov. Anledningen är att betong är ett tungt material med hög kapacitet att lagra överskottsvärme som sedan kan användas vid underskott. Samtidigt får man ett stabilt och behagligt inomhusklimat.

Byggnader och byggdelar av betong har normalt en mycket lång livslängd, minst 100 år, samtidigt som det kräver ett minimum av underhåll. Det som begränsar en betongstommes livslängd är egentligen inte materialets livslängd utan snarare byggnadens utformning utifrån brukarens behov. Och även där har betongen goda egenskaper eftersom den möjliggör byggnader med stora spännvidder och därmed stor flexibilitet vad gäller disponering av lokalerna.

Cementtillverkning ger upphov till koldioxidutsläpp varav en stor del kommer från kalcineringsprocessen och som svårigen kan undvikas. Å andra sidan tar betong upp koldioxid från atmosfären under hela sin livslängd vilket begränsar det totala koldioxidutsläppet betydligt sett över ett längre tidsperspektiv. Utöver detta bidrar betongens värmelagrande egenskaper till att minska husens energiförbrukning för uppvärmning under hela bruksskedet vilket också bidrar till minskade koldioxidutsläpp.

Men utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser i Sverige och övriga världen måste minskas och ett intensivt utvecklingsarbete pågår i betongbranschen för att på många olika sätt bidra till lägre koldioxidpåverkan. T ex ersätts en viss del av cementen med olika restmaterial från annan industri och de fossila bränslen som används vid cementtillverkningen ersätts med andra bränslen, t ex biomassa. Utveckling av ny teknik för att omhänderta koldioxiden i tillverkningsprocessen pågår också. För mer information, se avsnitt Material i denna vägledning.

Betong isolerar effektivt mot ljud och är också fuktsäkert – egenskaper som består genom byggnadens hela livslängd. Risken för mögelbildning i en betongstomme på grund av fukt är obetydlig, dels för att betongen har en hög alkalitet, dels för att organiska material förekommer i liten omfattning. Andra fuktkänsliga material kan däremot ta skada om de kommer i kontakt med betong som inte hunnit torka ut tillräckligt.

Inledning

Beskrivning av vägledningen

Denna skrift beskriver hur betong som material kan påverka betyget i en BREEAM-certifiering och utgångspunkten är den internationella manualen BREEAM Europe Commercial, version enligt framsida, med fokus på de kriterier som gäller för Nybyggnad/ Större Renovering av Kontorslokaler under både Projektering, och Färdig byggnad. Bedömningskriterierna för olika byggnadstyper är i grunden lika. Där variationer förekommer har vi främst angett vad som gäller för kontorslokaler.

Vägledningen beskriver vilka miljöaspekter och underordnade kriterier där betong kan påverka certifieringen, antingen direkt via dess materialegenskaper eller indirekt genom att betong förser byggnaden med en viss prestanda som är av betydelse för utfallet på klassningen. Ambitionen har varit att så långt som möjligt basera beskrivningar på senaste aktuell kunskap och fakta.

Om enskilda kriterier endast är tillämpbara för särskilda byggnadstyper, projekttyper eller skeden så påpekas detta. De kriterier som beskrivs är sammanfattningar och vid en certifiering måste en för projektet giltig BREEAM-manual användas för en fullständig beskrivning av kriterierna. Den finns att ladda ned på www.breeam.org. Den svenska versionen kommer att finnas på www.sgbc.se.



Med miljöcertifiering främjas användningen av material och lösningar med låg miljöpåverkan.

BREEAM

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) är ett av världens äldsta och mest använda miljöcertifieringssystem. Det introducerades i Storbritannien 1990 och har fått stor spridning i Europa och världen. BREEAM har tagits fram och drivs av BRE (Building Research Establishment) som är en engelsk byggforskningsorganisation som startades av den brittiska regeringen 1921. Sedan 1997 drivs BRE som en ideell stiftelse av den engelska byggbranschen.

BREEAM kan användas för certifiering av alla typer av byggnader men även hela stadsdelar eller samhällen. BREEAM kan användas för att certifiera nya byggnader eller renoverings- och ombyggnadsprojekt. Det finns även system för certifiering av byggnaders drift. Den internationella versionen, BREEAM Europe Commercial är gjord för att anpassas efter det egna landets förutsättningar när det gäller lagar och standarder. Certifieringen av ett projekt granskas genom oberoende tredjepartscertifiering hos BRE.

Det svenska intresset för BREEAM har ökat från några få påbörjade projekt 2009/2010 till upp mot 70 påbörjade projekt 2012. I Sverige finns ännu få erfarenheter från genomförda certifieringar. För att underlätta certifieringen av svenska projekt pågår arbete med att ta fram en svensk version av BREEAM. Detta arbete sker inom den svenska intresseorganisationen Sweden Green Building Council (SGBC). Den svenska versionen beräknas finnas tillgänglig under 2013. Tredjepartscertifierare för den svenska versionen av BREEAM blir i en inledningsfas BRE men det kommer senare att tas över av svensk organisation.

Att använda BREEAM

BREEAM baserar sin certifiering på tio miljöaspektområden. Värdet i parantes anger varje vilken betydelse respektive miljöaspekt har på slutbetyget för byggnaden. Ju högre värde desto viktigare är miljöaspekten för byggnadens slutbetyg.

- Ledning/Styrning (12 %)
- Hälsa och Välbefinnande (15 %)
- Energi (19 %)
- Transport (8 %)
- Vatten (6 %)
- Material (12,5 %)
- Avfall (7,5 %)
- Markanvändning och Ekologi (10 %)
- Förorening (10 %)
- Innovationer (10 %)

Varje miljöaspekt är i sin tur indelade i flera kriterier. För varje kriterium finns detaljerade krav. Om byggnaden eller projektet lever upp till dessa krav ger det ett eller fler poäng beroende på hur väl kraven uppfylls och antalet möjliga poäng för just det kriteriet. Poängen för varje miljöaspekt summeras och viktas och räknas samman till en totalsumma som ger byggnaden dess slutliga betyg. Betyget blir Pass, Good, Very Good, Excellent eller Outstanding. Till varje betygsnivå hör ett antal obligatoriska poäng eller skallkrav. Ju högre betyg ju fler obligatoriska poäng. "Outstanding" är svårt att nå men redan betyget "Pass" är bättre än myndighetskraven. Kriterierna är i grunden de samma för de olika versionerna men alla kriterier är inte tillämpliga i alla versioner eller för alla byggnader. T.ex. saknas kriterier för bevattningsområde om det saknas grönområde och kriterierna för inomhusmiljö är förenklade i ett köpcentrum som inte har några stora kontorsytor jämfört med ett renodlat kontor. Kontor och Köpcentrum har också olika kriterier för t ex dagsljus medan kriteriet för hur byggavfall hanteras är det samma.

Syftet med BREEAM är att det ska hjälpa till att styra projektet att bli miljövänligt. Man kan därför använda det som ett verktyg för att identifiera miljöåtgärder. Det är klokt att börja med en förstudie i form av en snabb genomgång av alla kriterier. Detta för att få en uppfattning om vilka krav som ska satsas på och hur väl det går att uppfylla dem samt vilket slutbetyg som kan uppnås. Därefter arbetar man in BREEAM:s kriterier i projektet med stöd av en kunnig miljösamordnare eller en auktoriserad BREEAM Assessor och följer de specifikationer på redovisning och dokumentation som krävs för att sammanställa en ansökan. En auktoriserad BREEAM Assessor krävs för att registrera projektet och skicka in ansökan till BRE, men den kan även fungera som miljösamordnare. Assessorn får dock inte vara projektör, bygglidare eller projektledare i det aktuella projektet.



Miljöcertifiering enligt BREEAM är ett hjälpmedel vid val av hållbara lösningar och material.

Arbetsmetodik

- Ta kontakt med certifierad Assessor som kan hjälpa till att genomföra certifieringen.
- Identifiera vilken BREEAM version som gäller för din byggnad och förankra med BRE.
- Genomför en förstudie hur BREEAM påverkar projektet och vilket betyg som kan vara lämpligt att sikta på med de förutsättningar som gäller för projektet.
- Anmäl projektet till BRE.
- Sätt ett mål om vilket slutbetyg byggnaden ska nå och kommunicera detta till projektgruppen, konsulter, entreprenörer och leverantörer.
- Arbeta in kraven i projekteringen och byggstyrningen.
- Beakta kraven på redovisning och arbeta in i projektdokumentationen.
- Assessorn genomför en revision av projekteringen som granskas av BRE och byggnaden erhåller ett preliminärt betyg. Detta steg är frivilligt.
- När byggnaden är färdigställd genomförs ytterligare en revision och byggnaden får sitt slutliga betyg.

Varför ska man använda BREEAM?

BREEAM är utformad för att börja användas tidigt, redan på planeringsstadiet. Det är ett miljöstyrningsverktyg som ser till att styra projekteringen till en "grön byggnad".

BREEAM är ett flexibelt system i avseendet att byggnaden belönas med de poäng som är möjliga. Om en byggnad får mycket få poäng inom ett område kan den ändå nå ett högre betyg genom att ta poäng inom de andra områdena. Det är bra med tanke på att vissa aspekter är svåra att påverka, t.ex. platsens utformning och tidigare ekologi eller avstånd till lokaltrafik.

BREEAM:s krav är inte utformade mot en referens, som det amerikanska certifieringssystemet LEED, utan till stor del mot lokala nationella krav. Fördelen med det är att det kan påverka den svenska marknaden och att kraven kommer att höjas allteftersom byggnaderna blir bättre. Resultatet blir direkt jämförbart inom Sverige men inte med övriga länder.

En fördel med BREEAM är att det är välkänt för utländska investerare och hyresgäster som värdesätter en certifierad byggnad. Svenska byggnader har bra förutsättningar att bli godkända och även nå bra betyg.

Eftersom det är ett internationellt system ger det oss möjlighet att både lära från andra länder och samtidigt sprida vår kunskap. I Sverige är vi bra på att projektera och bygga byggnader med låg energianvändning, bra inomhusklimat och välja byggnadsmaterial utan farliga ämnen. Däremot kan vi lära oss från andra om miljöpåverkan från arbetsresor, ekologiska värden samt andra materialaspekter som t.ex. livscykelanalyser mm.

Att tänka på då du väljer BREEAM

Systemet är i grunden baserat på engelsk praxis och inte helt anpassat till våra byggregler och byggmetoder. Det kan därför vara svårt att bevisa att vi uppfyller krav som mäts på ett annorlunda sätt. Vissa miljöaspekter kanske inte upplevs som relevanta i Sverige och vi tycker kanske att andra saknas.

Den svenska versionen av BREEAM som väntas kommer att underlätta både förståelsen och administrationen.

BREEAM detaljstyr vissa delar av projekteringen, vilket innebär en risk att fokusera på detaljer i stället för att se till helheten. Men det går att undvika genom en bra övergripande miljöstyrning. Mer erfarenhet ger större chans att använda systemet som det är tänkt – dvs som ett styrverktyg för att nå ett bra slutresultat.

Innovationer och Exemplary Performance

Det finns två sätt att få innovationspoäng i BREEAM:

- Egna innovationer. Men vi kan i Sverige inte få poäng för sådana förrän vi har en egen svensk version.
- Exemplary Performance, dvs. överträffa standardkraven i manualen. De kriterier där det finns möjlighet till extra poäng genom Exemplary Performance är markerade i manualen för BREEAM.

Betongens påverkan på klassning i BREEAM

Betongens egenskaper påverkar en byggnad på många sätt. Ur ett BREEAM-perspektiv innebär detta att betong kan bidra till att uppfylla de krav som ställs. Störst påverkan har betong i miljöaspekterna energi, hälsa och välbefinnande samt material. I tabell 1 nedan ges en översiktlig bild av alla de kriterier som ligger till grund för certifiering enligt BREEAM och för vilka av dessa som betong kan påverka.

Tabell 1. Översikt av vilka miljöaspekter som ligger till grund för klassning i BREEAM och vilka av dessa som kan påverkas av betongens egenskaper.

Miljöaspekter	Poäng +Exemplariskt utförande	Viktning	Betong kan ha inverkan
Management (Man) / Ledning, Styrning		12 %	
Man 1 – Commissioning	2		
Man 2 – Constructors' Environmental and Social Code of Conduct	2		
Man 3 – Construction Site Impacts	4 + 1		
Man 4 – Building User Guide	1		
Man 12 – Life Cycle Cost Analysis	2		x
Health and wellbeing (Hea) / Hälsa och välbefinnande		15 %	
Hea 1 – Daylighting	1 + 1		
Hea 2 – View Out	1		
Hea 3 – Glare Control	1		
Hea 4 – High frequency lighting	1		
Hea 5 – Internal and external lighting levels	1		
Hea 6 – Lighting zones and controls	1		
Hea 7 – Potential for Natural Ventilation	1		
Hea 8 – Indoor air quality	1		
Hea 9 – Volatile Organic Compounds	1 + 1		x
Hea 10 – Thermal Comfort	2		x
Hea 11 – Thermal Zoning	1		
Hea 12 – Microbial Contamination	1		
Hea 13 – Acoustic Performance	1		x
Energy (Ene) / Energi		19 %	
Ene 1 – Energy Efficiency	15 + 2		x
Ene 2 – Sub-metering of Substantial Energy Uses	1		
Ene 3 – Sub-metering of High Energy Load and Tenancy Areas	1		
Ene 4 – External Lighting	1		
Ene 5 – Low or Zero Carbon Technologies	3 + 1		
Ene 6 – Building fabric performance and avoidance of air filtration			
Ene 8 – Lifts	2		
Ene 9 – Escalators and travelling walkways	1		
Transport (Tra) / Transporter		8 %	
Tra 1 – Provision of Public Transport	2		
Tra 2 – Proximity to amenities			
Tra 3 – Alternative modes of transport	2 + 1		

Miljöaspekter	Poäng +Exemplariskt utförande	Viktning	Betong kan ha inverkan
Tra 4 - Pedestrian and Cyclist Safety	1		
Tra 5 - Travel Plan	1		
Tra 6 - Maximum Car Parking Capacity	2		
Tra 8 - Deliveries & Manoeuvring	1		
Water (Wat) / Vatten		6 %	
Wat 1 - Water Consumption	3		
Wat 2 - Water Meter	1 + 1		
Wat 3 - Major Leak Detection	1		
Wat 4 - Sanitary Supply Shut Off	1		
Wat 6 - Irrigation Systems	1		
Wat 8 - Sustainable on-site water treatment	2		
Materials (Mat) / Material		12,5 %	
Mat 1 - Materials Specification (Major Building Elements)	4 + 1		x
Mat 2 - Hard Landscaping and Boundary Protection	1		x
Mat 3 - Re-Use of Façade	1		x
Mat 4 - Re-Use of Structure	1		x
Mat 5 - Responsible Sourcing of Materials	3 + 1		x
Mat 6 - Insulation	2		
Mat 7 - Designing for Robustness	1		x
Waste (Wst) / Avfall		7,5 %	
Wst 1 - Construction Site Waste Management	3 + 1		x
Wst 2 - Recycled Aggregates	1		x
Wst 3 - Recyclable Waste Storage	1		
Wst 5 - Composting	1		
Wst 6 - Floor Finishes	1		
Land use and Ecology (LE) / Markanvändning och ekologi		10 %	
LE 1 - Reuse of Land	1		
LE 2 - Contaminated Land	1		
LE 3 - Ecological Value of Site and Protection of Ecological Features	1		
LE 4 - Mitigating Ecological Impact	5		
LE 6 - Long Term Impact on Biodiversity	2		
Pollution (Pol) / Förorening		10 %	
Pol 1 - Refrigerant GWP – Building Services	1		
Pol 2 - Preventing Refrigerant Leaks	2		
Pol 4 - NOx emissions from heating source	3 + 1		
Pol 5 - Flood Risk	3		
Pol 6 - Minimising Watercourse Pollution	1		x
Pol 7 - Reduction of Night Time Light Pollution	1		
Pol 8 - Noise Attenuation	1		
Innovation/ Innovation		10 %	
Exemplariskt utförande, se +1 ovan (dessa frågor kan ge max 10 extra poäng).	10		

Ledning och Styrning

Livscykelkostnadsanalys – LCC

Man 12 – Life Cycle Cost Analysis

Tillgängliga poäng: 2

Syfte

Att använda livscykelkostnadsanalys (LCC) för att förbättra utformning, systemval samt drift och underhåll under byggnadens hela livscykel.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

För en poäng krävs en livscykelkostnadsanalys enligt ISO 15686-5:2008 i systemhandlingsskedet, som uppdateras i bygghandlingsskedet. Analysen ska göras på två tidsperioder. Den ena på 25 eller 30 år, den andra på 60 år. Minst två av följande ska analyseras: byggnadens stomme, klimatskal, installationer och ytskikt. Analysen ska omfatta byggske, drift, underhåll och rivning/skrotning.

Lösningen med lägst livscykelkostnad ska väljas, förutsatt att den har minst ett av följande resultat:

- *Lägst Energiförbrukning under byggnadens livslängd*
- *Mindre underhåll*
- *Längre tid mellan utbyten*
- *Möjlighet till återbrukande/återvinning vid framtida demontering/rivning*

För två poäng ska den bästa lösningen även projekteras och byggas.



I den svenska versionen av BREEAM förändras inte kraven.



Nuvärdeskostnad

En kostnad uttryckt i dagens värde, med hänsyn till organisationens krav på förräntning på investerat kapital. Detta gör att det blir billigare att skjuta kostnader på framtiden.

Realkostnad

En kostnad uttryckt i dagens värde utan hänsyn till inflation, men om t.ex. priset på energi förväntas stiga mer än för andra produkter så tar man med skillnaden i beräkningen.

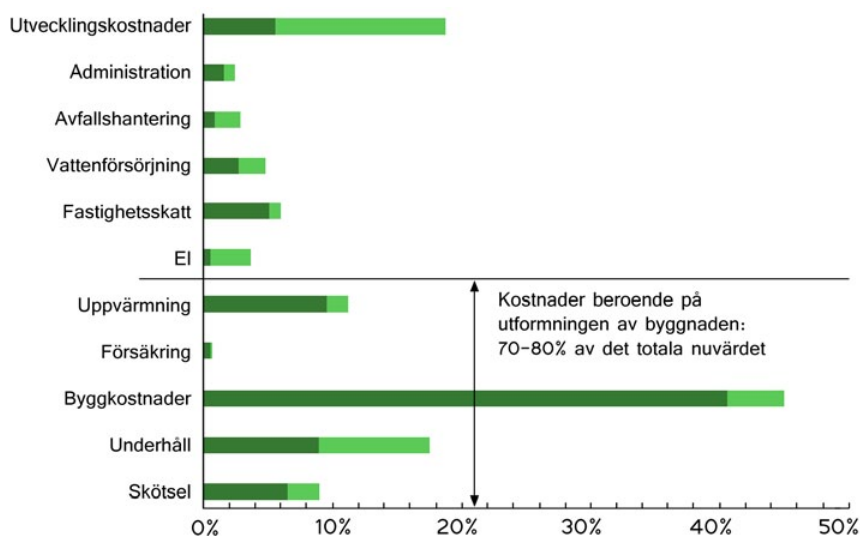
Byggdelar i betong och inverkan på livscykelkostnaden

När det gäller livscykelkostnad har betong i stomme och klimatskal flera fördelar. Betongens beständighet ger byggdelen lång livslängd, och därmed en liten årlig kostnad. Dessutom kräver en betongfasad minimalt med underhåll och man slipper extra investeringar i brand-, fukt- och bullerskydd – det har betongen redan inbyggt. Även framtida kostnader för anpassning till byggnadens verksamhet kan begränsas, tack vare betongens möjligheter att bygga med stora spännvidder. Betongens lufttäthet och värmelagrande förmåga ger också ett lägre energibehov vid uppvärmning och kylning av byggnaden. Ett jämnt och behagligt inomhusklimat är en annan fördel. Egenskaperna är beständiga över tid, vilket också kan vara positivt för byggnadens restvärde.

Lägre kostnader från början till slut

Ett bra sätt att uppfylla BREEAMs krav för LCC är att använda betong i stomme och klimatskal. Tack vare lång livslängd och andra egenskaper kan betong bidra till lägre kostnader på flera punkter i livscykelkostnadsanalysen.

Ca 70–80 % av den totala kostnaden över 60 år beror på byggnadens utformning, inklusive val av material (se figur 1). En rätt utförd betongkonstruktion håller längre än de 60 år som kalkylen avser. När man väljer betong är det inte bara investeringskostnaden som har effekt på den totala kostnaden. Betong ger låga kostnader under byggnadens hela livslängd. Detta blir en allt viktigare fråga, eftersom framtidens energikostnader beräknas stiga snabbare än genomsnittlig inflation.



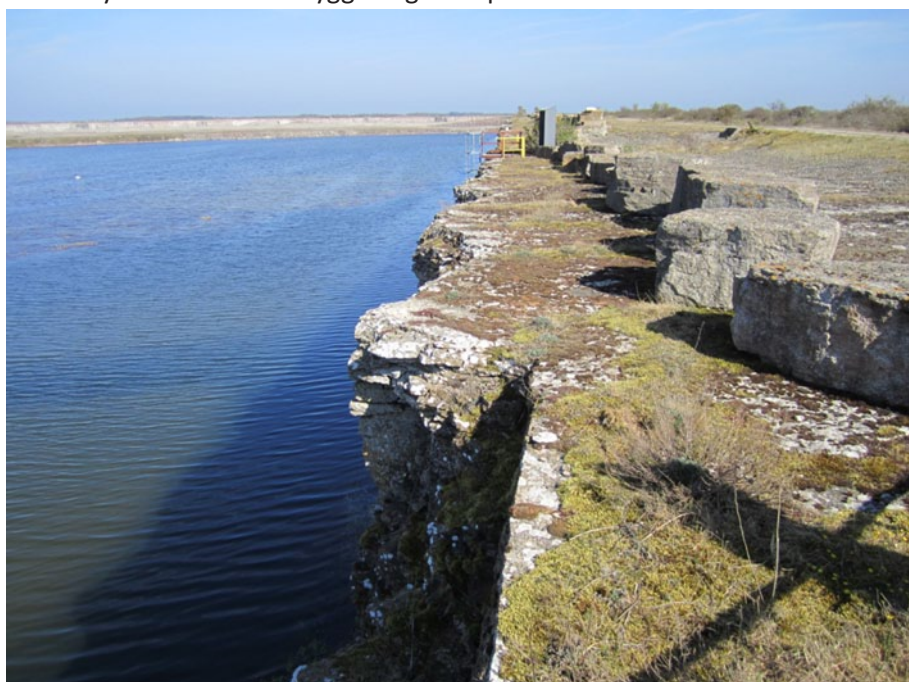
Figur 1. Nuvärdesberäknade kostnader för ett flerbostadshus [1].

Ett prisvärt byggmaterial

Betong har ett konkurrenskraftigt pris, bl.a. beroende på att den till största delen består av bergarter som finns i rikliga mängder.

I takt med att byggmetoderna har effektiviserats har betongstommens kostnad minskat i förhållande till den totala byggkostnaden. Samtidigt har andra kostnadsposter i ett byggprojekt ökat, t.ex. avancerade tekniska installationer och styrsystem. Studier visar att betongstommen utgör ca 10–15 % av den totala byggkostnaden [3, 4].

Den långa livslängden och de låga drift- och underhållskostnaderna gör betongstommen till ett ekonomiskt fördelaktigt val. På köpet får man också brandskydd och andra inbyggda egenskaper.



Figur 2. Betong består av bergmaterial som finns i rikliga mängder vilket gör betongen till ett ekonomiskt hållbart byggmaterial.

Lägre energibehov

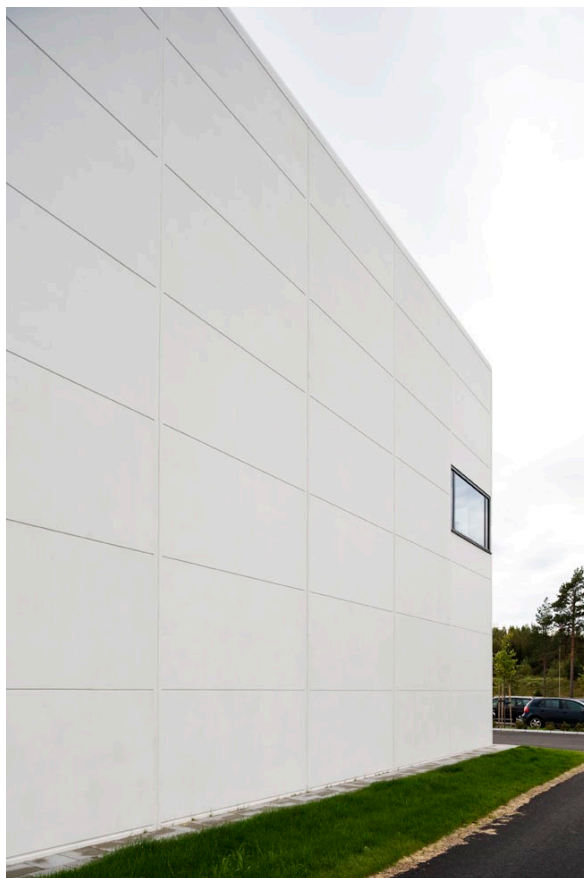
Eftersom betongen är lufttät och värmelagrande minskar energibehovet vid både uppvärmning och nedkylning, under byggnadens hela livslängd. I kombination med moderna styr- och reglersystem som tar hänsyn till betongstommens självreglerande förmåga, finns en stor möjlighet att spara energi. Dessutom ger betong ett jämnt och behagligt inomhusklimat. Läs mer om betongens energifördelar i kapitlet om energi.

Slitstarkt och fuktsäkert

Ytterväggar ska skydda mot regn, snö, vind och temperaturvariationer. För att behålla sitt utseende och sin funktion måste de underhållas. Ytterväggar i betong ger en beständig och robust konstruktion. Dagens höga betongkvalitet ger bygghederna lång livslängd. Betongväggar ger dessutom ett bra skydd mot fukt, helt utan behandling med fuktskyddande färger och kemikalier. Eftersom betong är ett oorganiskt material kan det inte mögla. Ett bra skydd mot fukt och slitage innebär låga kostnader för underhåll, reparationer och försäkringspremie.

Skydd mot brand

När det gäller brandväggar mellan lägenheter är betong ett naturligt och prisvärt val. Risken för att bränder utvecklas till omfattande storbränder är liten [4]. Flerbostadshus med fasader och mellanbjälklag av betong anses mest brandsäkra, och har därför lägst försäkringspremie [1].



Figur 3. Betongfasader ger ett beständigt skydd mot regn och vind samtidigt som underhållsbehovet är minimalt.

Skydd mot buller

Betong ger en boendemiljö där ljud från gatan och grannar stängs ute, utan dyra ljudbarriärer. De ljuddämpande egenskaperna försämras inte med tiden. Läs mer i avsnittet Akustik.

Restvärde

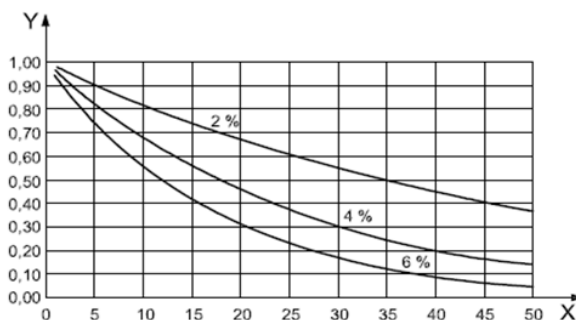
Efter 60 år har ett betonghus ett betydande restvärde. Är huset välbyggt har stommen samma egenskaper som när huset var nytt. Värdet motsvarar försäljningsvärdet vid beräkningsperiodens slut, omräknat till nuvärde.

Återvinning

Uttjänt betong kan återvinnas till 100 %. Den krossas och används som ballast i ny betong eller fyllnadsmaterial i vägbankar. Armeringen skickas till stålverk och smälts till nya armeringsstål.

Tips

För en betongkonstruktion är det fördelaktigt att räkna med ett lågt avkastningskrav på investeringar, eftersom fördelen med låga drift- och underhållskostnader då blir större. Avkastningskravet kan ställas utifrån organisationens krav på förräntning på långsiktiga investeringar. För beräkning kan även kostnaden för långsiktiga lån användas. Hur man bestämmer avkastningskrav beskrivs i ISO 15686-5:2008. Figur 4 visar nuvärdet av framtida kostnader vid olika krav på avkastning



Figur 4. Samband mellan nuvärde och avkastningskrav och tidshorisont.

Referenser

1. Öberg, M. (2005). Integrated Life cycle design. Doktorsavhandling TVBM-1022, Avdelningen Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola.
2. Larsson, R. (2010). In-situ concrete frameworks in multifamily buildings – Modelling and simulation of construction methods and activities, Licentiatavhandling TVBK-1038, Lunds Tekniska Högskola.
3. Boverket (2007). Uppdatering av tider och kostnader för Betongbanken – fakta från fyra platsgjutna bostadsprojekt. Rapport Byggkostnadsforum.
4. Eklund, P. m.fl. (2011). Betong för livet. Infobooks, ISBN 978 91 7003 2974.

Hälsa och välbefinnande

Flyktiga organiska ämnen

Hea 9 – Volatile Organic Compounds

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att skapa en hälsosam inomhusmiljö genom att minimera skadliga föroreningar i inomhusluften.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

För poäng krävs:

- Färger och lacker ska vara testade enligt ISO 11890-2:2006, och uppnå specificerade värden på VOC (flyktiga organiska kolväten). De ska även vara svamp- och algresistenta.
- Minst fem av sju produktgrupper (träskivor, limträ, parkettgolv, golvbeläggningar (plast-, laminat och textiltgolv), undertak, golvläm och ytskikt på väggar) ska uppnå krav på VOC-emissioner och innehåll av farliga ämnen enligt definierade standarder.

Ett exemplary performance-poäng delas ut om färg och lack samt alla sju produktkategorierna uppnår kraven.

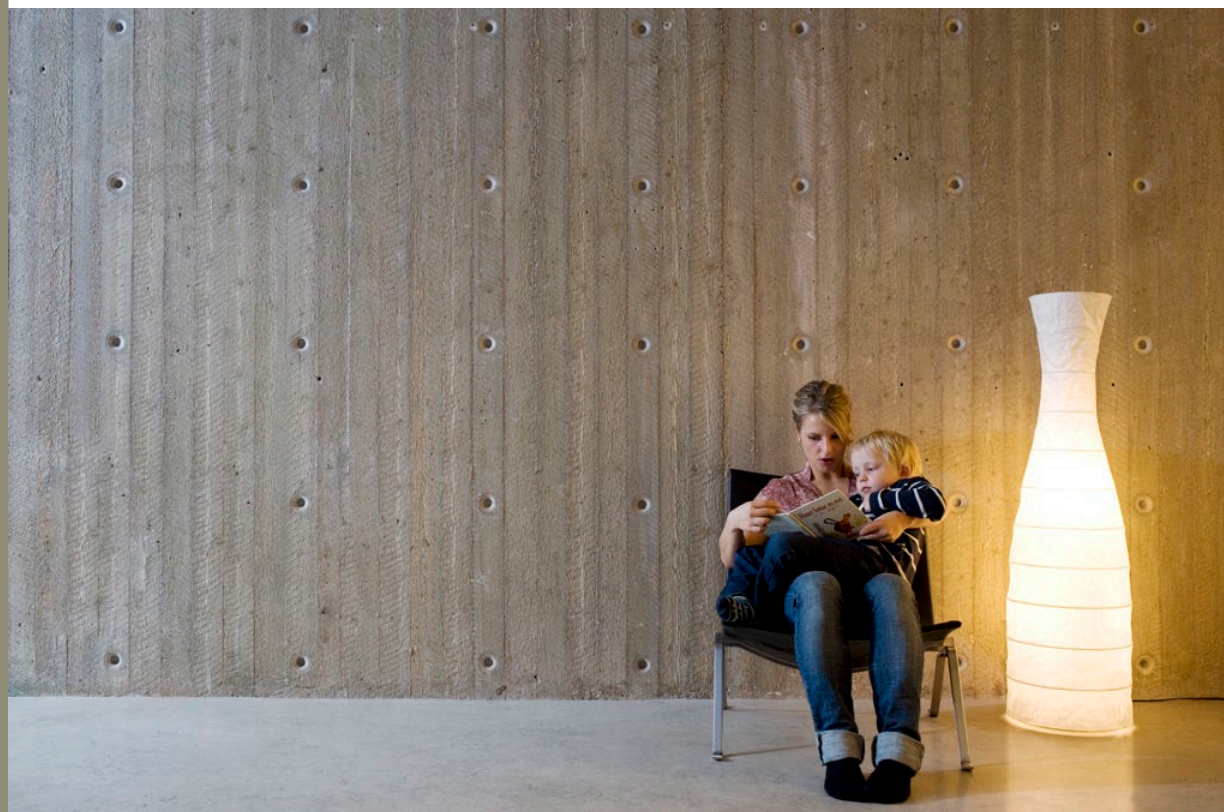
Betong – ett naturligt material

Betong är vår tids mest använda byggnadsmaterial och som nästan helt består av naturliga råvaror [1]. Betong är ett oorganiskt stenmaterial som består till cirka 80 % av grus, sand och sten. Resten utgörs främst av vatten (6%) och cement (14%) som i sin tur huvudsakligen tillverkas av kalksten. Utöver detta kan tillsatsmedel tillsättas i mycket låga doser för att förbättra betongens egenskaper.

Undersökningar har gjorts där man inte kunnat påvisa några skadliga emissioner från uttorkad betong [1]. Det finns mätningar som visar att tillsatsmedlen inte ger några emissioner till inomhusmiljön och det finns inget skadefall från s.k. "sjuka hus" där problemen kommit från betongtillsatsmedlen [2]. Mer information om detta finns i Vägledning Miljöbyggnad [3], avsnitt Farliga Egenskaper.



I den svenska versionen av BREEAM föreslås att de delar som berör farliga ämnen ska flyttas till materialavsnittet.



Figur 5. Betong är ett oorganiskt stenmaterial som inte ger upphov till skadliga emissioner. Betong har dessutom ett inbyggt bra skydd mot fukt och fuktrelaterade problem som exempelvis mögel.

Om betongen inte fått torka ut ordentligt kan dess fria alkali, om den kommer i kontakt med vissa golvmaterial, lim eller färger, orsaka nedbrytning och emissioner av beläggningssmaterialen [1]. Problemen kan undvikas genom att låta betongen torka ut tillräckligt. Den kritiska nivån varierar mellan ca 80 och 90% beroende på hur fuktkänsligt ytbeläggningen är. Det finns också metoder för att påskynda betongens uttorkningshastighet, så kallad snabbtorkande eller självtorkande betong [1]. Det ska dock påpekas att sådan betong kan innehålla relativt höga cementhalter vilket är negativt med tanke på betongens CO₂ påverkan.

Ett annat sätt att minimera risken för emissioner är att utnyttja betongen som ytskikt. Det finns en mängd möjligheter att skapa en estetisk betongyta [4] och som samtidigt har andra positiva effekter ur hållbarhetssynpunkt: t.ex förbättrad förmåga att lagra och frigöra värme, lägre resursförbrukning, minskad användning av kemikalier och förenklad återvinning.



I nästa version av LEED kommer "ren" betong att betraktas som ej emitterande utan krav på VOC-test.

Användning av lim/fogmassor för tätning

Betong är ett tätt material som gjuts på plats till en enhetlig konstruktion (platsgjutet) alternativt förtillverkas i stora element som sedan monteras på byggsplatsen (prefab). Fogmassor används för att täta mellan stora konstruktionsdelar. När det gäller att begränsa emissioner från fogmassan i sig (krav IEQc4.1) är den viktigaste åtgärden att välja produkter med låg emission, se under Krav ovan. Man bör också begränsa behovet av fogmassa genom att ha god precision vid utförandet så att breda skarvar undviks.

Målning och ytbeläggningar

Betong kan mycket väl användas som exponerad yta i såväl golv, tak som väggar i ett rum. Då krävs ingen ytbeläggning alls [4] samtidigt som emissionen blir så låg att den knappt är mätbar [1]. Om man istället väljer att måla eller applicera annan ytbeläggning är det viktigt att man väljer produkter med låg emission, se avsnitt Krav ovan.

Golvsystem

När betong används som exponerad golvyta finns ingen risk för skadliga emissioner [1]. De problem som kan uppstå är om andra fuktkänsliga material, t.ex. limmade mattor, appliceras innan betongen hunnit torka ut tillräckligt, se ovan. Det är därför viktigt att kontrollera betongens fuktnivå innan fuktkänsliga material appliceras. Information om högsta tillåtna relativa fuktighet (RF) för fuktkänsliga material ska lämnas av tillverkaren. Information om vanligt förekommande material finns även i AMA Hus 11 [5]. Idag finns metoder och verktyg för att uppskatta, påskynda och kontrollmätta betongens uttorkningsförlopp så att skador kan undvikas. Mer information finns i Vägledningen för Miljöbyggnad i avsnittet om Fukt [6].

Det är också viktigt att man väljer ett golvmaterial och produkt med dokumenterat låg emission, se avsnitt Krav ovan.

Exempel

Konsert- och kongressbyggnad, Uppsala

Uppsala Konsert & Kongress är en byggnad i åtta våningar och inrymmer allt från konsertsalar, utställningsytor, möteslokaler mm. Golven i foajéer och salonger är gjorda av betong vars ytor är exponerade mot inomhusmiljön.



Fakta

Uppsala Konsert- & Kongress

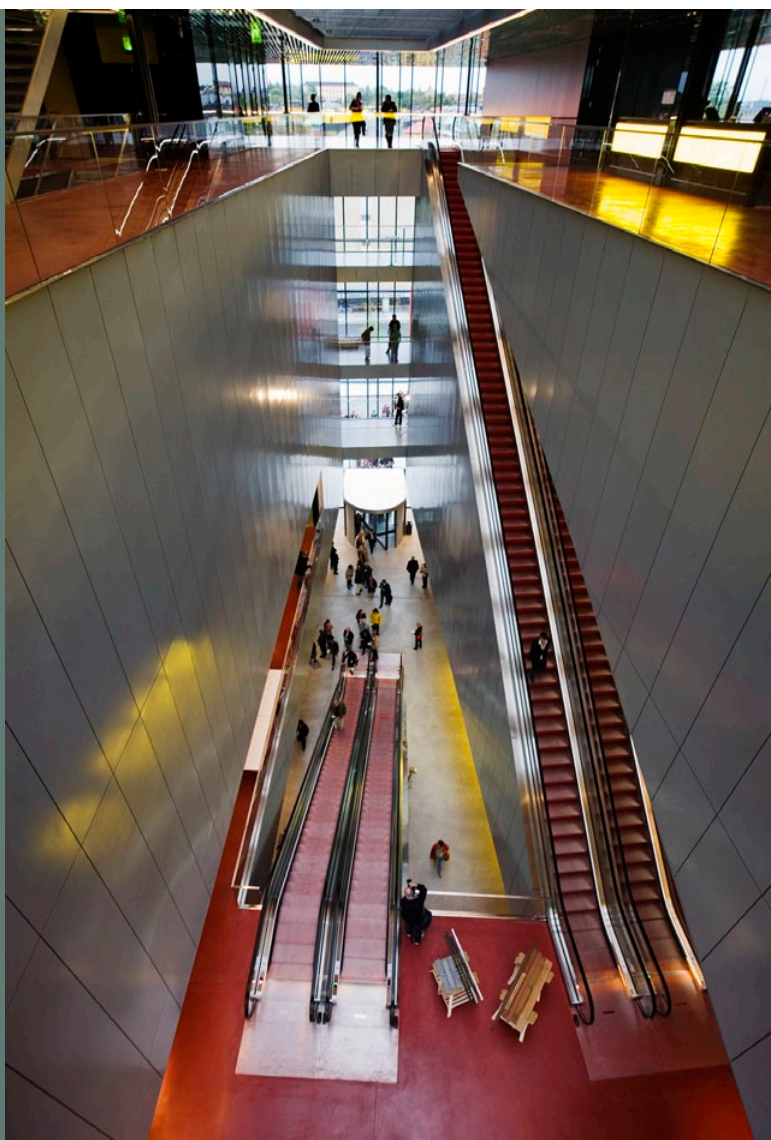
Byggherre: Uppsala kommun

Arkitekt: Henning Larsen
Architects

Entreprenör: Peab

Inflyttning: September 2007

Bild 6. Konsert- och Kongressbyggnaden har försetts med sidenmatt betonggolv i entréplan och klarröda betonggolv i salongernas foajéer. Foto: Bo Gyllander.



Tips

Det är viktigt att minimera risken för emissioner till följd av golvbeläggning med fuktkänsliga material på betong [7]. Åtgärderna syftar till att betongen ska vara tillräckligt uttorkad när ytbeläggningen appliceras:

- Gör en så noggrann fuktdimensionering som möjligt i ett tidigt skede. Då är det möjligt att i god tid välja betong och konstruktion som klarar önskad uttorkningstid.
- Det finns olika sätt att via betongens sammansättning påskynda uttorkningen: välj t ex snabbtorkande betong. Även tillsats av luft eller silika ger snabbare uttorkningen.
- Undvik vatten på betongens yta. Välj membranhärdning i stället för vattenhärdning och skydda betongen från regn.
- Tunnare betongkonstruktioner torkar ut fortare än tjocka.
- Vacuumsugning reducerar mängden vatten som ska torka ut och påskyndar därmed uttorkningen.
- Välj limningsteknik, lim, avjämningsmassa och ev. fuktskyddande skikt som är noga avpassade för aktuella förutsättningar.
- Kontrollera uttorkningsförloppet genom mätning.

Referenser

1. Gillberg, B. m.fl. (1999). Betong och miljö, Fakta från Betongforum, Svensk Byggtjänst.
2. Swedish Association for Concrete Admixtures (2011). Tillsatsmedel för betong. www.saca.se.
3. Svenska Betongföreningen (2012). Vägledning Miljöbyggnad Farliga egenskaper
4. Hertzell, T. (2010). Betongens yta – tredje upplagan T3:1996, Byggeforskningsrådet.
5. Svensk Byggtjänst (2012). AMA Hus 11, Svenska Byggtjänst.
6. Svenska Betongföreningen (2012). Vägledning Miljöbyggnad – Fukt.
7. Cementa (2001). Sunt byggande med betong ger friska golv. Internet: www.cementa.se.

Termisk komfort

Hea 10 – Thermal Comfort

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att säkerställa att lämplig termisk komfort uppnås i byggnaden.

Krav

Poängen är uppdelad i två delar. En poäng ges för en analys av byggnadens termiska klimat, med avseende på PMV och PPD enligt SS-EN ISO 7730:2005. Man måste också visa att man följer lokala kravnivåer.

En poäng ges även för en simulering av byggnadens termiska klimat i tidigt skede. Syftet är att anpassa byggnaden för ett optimalt termiskt klimat, t.ex. genom arkitektonisk form, orientering, planlösning och skuggning. Var noga med att utrymmen där människor vistas uppnår standarder för termisk komfort och inomhustemperatur under vinter och sommar.



Inga förändringar av HEA 10 är kända inför den svenska versionen av BREEAM.

Inverkan av tunga betongkonstruktioner

Vilket termiskt klimat det slutligen blir i en byggnad beror av en kombination av egenskaper som värmelagringskapacitet, personer och interna laster, transmissionsförluster, byggnadens täthet, ventilationssystem, solinstrålning och typ av värme- och eventuellt kylsystem. Dessa egenskaper och även byggnadens utformning och placering måste balanseras och bedömas tillsammans.

I dag har byggnader välisolerade väggar, fönster och dörrar vilket gör att ytterväggar och vindsbjälklag får homogena ytemperaturer. Inverkan av köldbryggor hanteras och minimeras i moderna beräkningsprogram. Genom täthetsprovning i tidiga stadier finns det stora möjligheter att minimera luftläckaget till mycket låga nivåer innan byggnaden är färdig. Man bör vara extra noggrann vid anslutningsdetaljer som exempelvis genomföringar och anslutningar mot fönster och dörrar. Även luftläckaget hanteras i beräkningsprogrammet.

För att få ett behagligt inneklimat behöver äldre byggnader värmas och ibland kylas. I modernare byggnader försöker man minimera energianvändningen till detta, vilket faktiskt ofta ger ett bättre inneklimat. En förutsättning är att innetemperaturen får variera något i samspel med utetemperaturen. Detta innebär en energibesparing och bygger delvis på det faktum att vi har mer kläder på oss vintertid och anpassar oss till värmen sommartid.

Hur man bygger för god komfort

När man mäter och bedömer inomhusklimat är det därför viktigt att komma ihåg att vi inte bara upplever olika "lufttemperaturer", utan framförallt förändringar i värmeflödet till och från kroppen. Det är därför som det är extra viktigt att lägga stor vikt på klimatskärmens utförande för att minska behovet av energikrävande installationer både sommar och vinter. Klimatupplevelsen påverkas därför huvudsakligen av följande sex faktorer:



Samma bedömningsmetod i certifieringssystemen

Certifieringssystemen Miljöbyggnad, LEED och BREEAM använder sig av samma bedömningsmetoder för termiskt klimat framtagna av den danske professorn Ole Fanger på 70-talet.

- Lufttemperaturer
- Strålningstemperaturer
- Luftfuktigheter
- Luftfuktighet
- Aktivitetsnivå
- Isolering från kläder

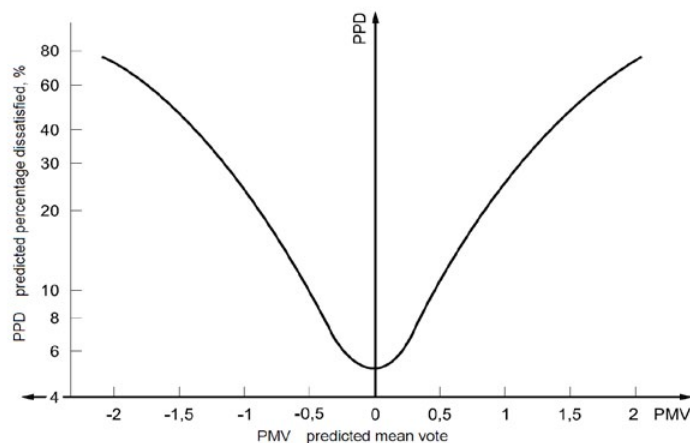
Påverkan av dessa faktorer är inte lika och det är inte tillräckligt att bara mäta en av dem för att göra en bedömning, man måste känna till samtliga. Många personer blandar till exempel ihop upplevelser av drag med strålningsförluster till kalla ytor som exempelvis fönster vintertid. De flesta känner också till att om man har vissa sjukdomar kan de utgöra ytterligare en faktor som gör att man upplever omgivningen annorlunda.

För att fastställa sambandet mellan dessa sex faktorer har forskare genomfört tusentals försök där man varierat en eller flera av faktorerna och samtidigt frågat personerna om de upplever komfort eller inte. Försöken har utförts över hela världen och ingen skillnad i upplevelse har noterats beroende på kön, ålder, ursprung eller geografisk placering på jordklotet. Däremot har skillnader påvisats mellan människor med samma förutsättningar. Genom dessa försök har man kunna ta fram ett viktigt samband, den så kallade komfortekvationen. Den danske professorn Ole Fanger kopplade 1970 komfortekvationen till ett lättbegripligt så kallat index som han kallade "Bedömt medelutlåtande" (Predicted Mean Vote) eller kort och gott PMV.



Figur 7. "Medelupplevelsen" PMV (ASHRAE 55 och ISO 7730).

PMV ger ett medelvärde på hur en stor grupp människor skulle svara att de upplever ett visst klimat. PMV skalan består av 7 olika nivåer som går från – 3 som är kallt till + 3 som är varmt via 0 som betecknar ett neutral komfortabelt klimat (se figur 7). För att kunna bedöma hur många som är missnöjda med ett visst klimat tog professor Fanger också fram sambandet mellan "Antal missnöjda" PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) och PMV. Vad man bör notera är att PPD 10 % motsvarar PMV mellan plus och minus 0,5 samt att missnöjdhetsskurvan aldrig går under 5 % (figur 8).



Figur 8. Förhållandet mellan "Antal missnöjda" PPD och PMV (ASHRAE 55 och ISO 7730).

Ekvationen beskriver sambandet mellan de ovan nämnda sex faktorerna och komfortupplevelsen från en medelperson. De fyra första faktorerna kan mätas med olika välkända givare för temperatur, lufthastighet och fukt. De två senare, aktivitet och isolering, finns tabellerade i bl.a. svenska standarder och böcker (se referenser nedan).

Sambandet avslöjar att temperaturen på omgivande ytor, i till exempel ett rum, har stor betydelse för klimatupplevelsen. Bara en grads förändring på omgivande ytor har under många förhållanden lika stor betydelse som en grads förändring i lufttemperaturen. Detta faktum brukar man själv uppleva

om man kommer till en stuga där värmen nyligen slagits på. Det känns kallt, trots att lufttemperaturen visar 22 grader, eftersom omgivande väggar, golv och tak inte har hunnit värmas upp till samma temperatur. Man kan även utläsa ur komfortekvationen att luftfuktigheten har mindre betydelse för komfortupplevelsen inom normala intervall på 30 till 70 % relativfuktighet.

Människokroppens värmeproduktion kan liknas vid en motor vars frigjorda energi och värme delvis beror av den muskelaktivitet vi för tillfället har. Naturligtvis har vi även en viss värmeproduktion även utan muskelaktivitet, den kommer bl.a. från hjärtverksamhet, andning och matsmältning och kallas basalmetabolism. Vi avger cirka 100W när vi sitter stilla, när vi sover till och med något mindre, cirka 80W (0,8 Met).

Kläderna reducerar värmeavgivningen från människokroppen, precis som väggarna på ett hus, det är därför man vill veta hur mycket olika klädeskombinationer isolerar. Beklädnadsisolationen mäts i enheten Clo, som kommer från engelskans "clothing". En person klädd i en vanlig affärskostym har ungefär 1 Clo på sig och en naken person har naturligtvis 0 Clo på sig.



Koppling mellan olika internationella standarder och till svenska riktlinjer och byggregler

Grunden för metoden PMV-PPD finns beskriven i SS-EN ISO 7730:2005 vilken även inkluderar indata för hur mycket kläder man ska räkna med vid respektive aktivitetsnivå. Mer indata gällande luftkvalitet, termiskt klimat, ljus och buller ges i SS-EN 15251:2007 vilken alltså bygger vidare på ISO 7730.

I den så kallade R1:an, från Förlag AB VVS, "Klassindelade Inneklimatsystem, Riktlinjer och specifikationer" får man hjälp med att välja riktiga nivåer för både vinter och sommarklädsel och aktiviteter. Skriften följer helt den svenska, europeiska och internationella standarden SS-EN ISO 7730. Det finns olika klasser för godtagbart inneklimat där TQ1 är den högsta kvaliteten. Klasserna kan användas vid specificering av krav på det termiska inneklimatet. Klassindelningen innebär att TQ1 har färre än 10 % missnöjda dvs. PPD <10%, TQ2 har en PPD på 10 % och TQ3 en PPD på 20 %. Man strävar ofta efter att lägst uppfylla TQ2, dvs. 10 % missnöjda.

I Boverkets Byggregler, BBR avsnitt 6:4 Termiskt klimat, framgår att "Byggnader ska utformas så att tillfredsställande termiskt klimat kan erhållas". Vistelsezonen finns även definierad i BBR: Vistelsezonen begränsas i rummet av två horisontella plan: 0,1 respektive 2,0 meters höjd över golvet, samt vertikala plan 0,6 meter från yttervägg eller annan yttre begränsning, dock vid fönster och dörr 1,0 meter.

I standarden SS-EN ISO 7730:2005 finns även vistelsezonen definierad. Vid bedömning enligt BREEAM i Sverige gäller alltså regeln att välja det strängaste utav kravet definierade i SS-EN ISO 7730:2005 respektive BBR.

Validering och mätmetoder

I BREEAM får man inga extra poäng för att validera resultatet med enkätundersökningar eller via mätningar. Det kan dock vara av intresse av andra skäl att följa upp hur väl inneklimatet stämmer överens med de krav som ställdes i projektets inledning. PMV och PPD kan mätas med olika utrustningar. Det finns ett mätinstrument som kallas komfortmeter som direkt mäter PMV och beräknar PPD. Alternativt kan man mäta de fyra ingående fysikaliska faktorerna med olika instrument och sedan använda ett lämpligt program för att beräkna PMV och PPD. När man beräknar PMV måste man naturligtvis använda värden på klädsel och aktivitet som passar för rummet i fråga. Nedan visas några beräkningar som är gjorda för olika rum i ett vanligt hus med hjälp av beräkningsprogrammen nedan (se "Program som beräknar PMV och PPD-index"). Metoden följer den svenska och europeiska standarden SS-EN ISO 15251.

Vardagsrum: Kläder 1 Clo, Luft- och strålningstemperatur 22°C, Aktivitet 1.2 Met, Lufthastighet 0,15 m/s och relativfuktighet 50 %. Ger PMV 0 dvs. komfortabelt.

Sovrum: Sovkläder, täcke och säng 3 Clo, Luft- och strålningstemperatur 18°C, Aktivitet 0,8 Met, Lufthastighet 0,1 m/s och relativfuktighet 30 %. Ger PMV + 0,1 dvs. komfortabelt på den varma sidan.

Badrum: Handduk 0,45 Clo, Luft- och strålningstemperatur 25°C, Aktivitet 1 Met, Lufthastighet 0,1 m/s och relativfuktighet 70 %. Ger PMV – 0,3 dvs. komfortabelt men något kallt. Om vi lägger bort handduken måste vi höja temperaturen till 28°C för att undvika att missnöjet stiger till 85 %.

Man kan antingen mäta samtliga ingående variabler med olika instrument typ Swema (figur 9) alternativt kan man direkt mäta PPD med uppvärmd givare typ Lumasense (figur 10).



Figur 9. Separata givare från Swema (www.swema.se).



Figur 10. Uppvärmad givare (lumasenseinc.com)

Program som beräknar PMV och PPD-index

IDA ICE, IDA Indoor Climate and Energy (EQUA Simulation AB), utvecklades av Brisdata och finansierades av statliga medel samt svenska bygg- och konsultföretag. Programmet används för beräkning av byggnaders energiprestanda och effektbehov, men kan även användas för att beräkna exempelvis termiskt inomhusklimat. Programmet kan beräkna PPD- och PMV-index med hänsyn tagen till solinstrålning. IDA är ett så kallat flerzonsprogram vilket innebär att värme- och masstransport mellan flera zoner i byggnaderna kan beräknas.

IES VE-Pro (Integrated Environmental Solutions Limited) är ett program som består av en mängd moduler som utför olika typer av beräkningar och byggnadsanalyser. Det är ett BPM-program (Building Performance Modelling) som använder samma modell och information för alla typer av simuleringar, vilket gör att ingen information behöver importeras eller exporteras. Programmet kan beräkna temperaturer, komfort index (PMV och PPD) samt energianvändning och dagsljusspridning i olika typer av byggnader med endast en digital modell. Programmet är internationellt och har speciella moduler framtagna för att direkt utföra de simuleringar som behövs för en BREEAM certifiering.

TEKNOsim (Lindab Ventilation A/S) har används för klimatsimulering sedan 1995. Chalmers Tekniska Högskola (CIT) har utvärderat programmet i olika simuleringsfall. Programmet är Windowsbaserat och golv, väggar och tak kan definieras som lätt, medeltung eller tung konstruktion om

konstruktioner ej är kända. Programmet räknar med värmelagring i rummets byggnadsdelar i förhållande till belastning. All information i databasen är helt öppen för varje användare att lägga till, ändra eller ta bort objekt. Förutom att beräkna effektbehov och temperaturer så beräknar TEKNOsim även PPD-index.

ProClim Web (Swegon AB) är ett webbaserat program utvecklat av EQUA för Swegon för att beräkna värmebalansen i ett rum. Programmet hjälper projektören genom att beräkna kyleffekten för varje rum. Om så önskas kan du även välja produkt och beräkna den resulterande temperaturen. Programmet är gratis och körs via internet.

Referenser

1. SIS (2005). Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort. Standard SS-EN ISO 7730:2005. Internet: www.sis.se
2. Forslund, J. (2012). Bästa inneklimat till lägsta energikostnad. ISBN 978-91-7333-519-5.
3. SIS (2007). Indata för konstruktion och bestämning av energiprestanda i byggnader, Standard SS-EN 15251:2007.
4. Sandin, K. (2010). Praktisk byggnadsfysik. ISBN13: 9789144059914.
5. VVS-tekniska föreningen (2002) R1. Klassindelade inneklimatsystem. Riktlinjer och specifikationer. Internet: www.siki.se.
6. Petersson, B-Å. (2009). Tillämpad byggnadsfysik, ISBN13: 9789144058177.
7. ASHRAE (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-2010, Internet: www.ashrae.org.
8. Lumasense (2012). Calculation of PMV based on Equivalent Temperature. Internet: <http://www.lumasenseinc.com/EN/products/thermal-comfort/pmv-calculation/pmv-calculation.html>.

Akustik

Ljudmiljö

Hea 13 – Acoustic Performance

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att säkerställa att byggnadens ljudmiljö uppfyller gällande standard, med hänsyn till aktuell verksamhet.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

För poäng krävs följande:

- Bakgrundsbuller i tomma personal- och kontorsutrymmen ska uppnå decibelkrav beroende på rumstyp.
- I fullt utrustade byggnader ska ljudisoleringen mellan ljudkänsliga rum och andra utrymmen uppnå kravnivån.
- Ljudmätningar ska göras innan färdigställande.

Observera att BREEAMs ljudkrav skiljer sig från svensk ljudstandard, bl.a. i definitionen av bakgrundsbuller (se manualen).

Vid handel och industri med mindre än 500 m² kontor ingår denna fråga i en samlingsfråga kring inomhusmiljö för kontorsplatser.



I den svenska versionen av BREEAM föreslås att kraven ersätts med krav enligt svensk ljudstandard.

Betong bidrar till god ljudmiljö

Väggar och bjälklag i betong isolerar effektivt mot störande ljud, även vid låga frekvenser. Att uppnå ljudklass B (som alltmer efterfrågas) är normalt inga problem.

Ljudisoleringar och ljudnivåer i hus med betongstomme kan dimensioneras med god noggrannhet, med hjälp av moderna beräkningsprogram. Mätningar bekräftar att betonghus normalt uppfyller den ljudklass man har dimensionerat för. Betongstommar är också robusta och inte känsliga för mindre avvikelser i utförandet. Att materialet och byggmetoderna ger förutsägbara ljudegenskaper gör betongstommen till ett tryggt val.



Buller är ett växande problem

I takt med att vi tillbringar mer och mer tid inomhus, blir kvaliteten på inomhusmiljön i bostäder, skolor, vård- och yrkesbyggnader allt viktigare. Ljud har stor påverkan på hur vi upplever inomhusmiljön. Och även inverkan på vår hälsa [1].

I Sverige är trafikbuller den miljöstörning som berör flest människor. Närmare tre miljoner svenskar utsätts för trafikbuller över de gällande riktvärdena [1]. Och trenden pekar mot att fler kommer att besväras i framtiden, då fler förväntas bo och arbeta i områden med ökande trafikbelastningar. Förutom buller från trafik utsätts vi för buller från grannar och installationer i våra byggnader. Speciellt störande är lågfrekvent buller. Det kan handla om ventilationsanläggningar, fläktar eller musik från grannar. Sömnsvårigheter, obehag och irritation är några av hälsoeffekterna.

Samhällets minimikrav på ljudisolering är att byggnader ska uppfylla ljudklass C. Men i takt med ökande buller i vår inomhusmiljö har högre krav (klass B) blivit allt vanligare.

Ett material med goda ljudegenskaper

Betong är både tungt och styvt – en kombination som ger goda ljudegenskaper. Inte minst vid lågfrekvent buller. En betongstomme med lämplig golvbeläggning skapar goda förutsättningar till bra ljudisolering, både vertikalt och horisontellt. Normalt kan ljudklass B uppfyllas utan komplicerade och utrymmeskrävande tilläggskonstruktioner.

Betongstommen är en viktig del i ljudisoleringen. Men för att uppnå förväntad ljudklass måste man beakta följande, vid projektering och utförande:

- Planlösning.
- Rummens storlek.
- Fasadens utformning och utförande.
- Uppbyggnad av mellanväggar och bjälklag.
- Typ av golvbeläggning.
- Överhörning via installationer.

Ljudprojektering av betongstommar

Kunskap kring projektering och byggnation av betonghus med god ljudisolering är väl etablerad i byggsektorn. Boverkets handbok Bullerskydd av bostäder och lokaler ger allmänna beskrivningar kring ljudisolering [2]. På betongbranschens webbplatser finns praktiska råd om ljudprojektering av betonghus [3-5].

Vid projektering bör man beräkna ljudisolering mot angränsande utrymmen, mot utsidan och mot ljud från installationer.

Beräkningsmetoderna beskrivs detaljerat i svenska och internationella standarder [6]. Beräkningar väger samman ett antal faktorer, t.ex. typ av bjälklag, golvbeläggning, mellanväggar, ytterväggar, planlösning och tekniska installationer.

Med de vanligaste programvarorna [7, 8] kan arkitekter och konstruktörer i projekteringsstadiet prova olika kombinationer (exempelvis av bjälklag och golvbeläggningar) och kontrollera att de uppfyller ljudkraven. Beräkningar förutsätter att alla fogar tätas, så att inte ljud läcker igenom. Vid beräkning av efterklangstid har betongen påverkan om den används som ytskikt.

Det är relativt enkelt att nå ljudklass B eller högre med betong. Investeringsökningen för att uppnå bättre ljudkomfort än minimikravet är bara några procent. Ofta handlar det om detaljer som kan lösas enkelt i planeringsstadiet.

Åtgärder för god ljudisolering

Tät betongkonstruktion

Ljuddimensionering förutsätter täta fogar. Små sprickor och springor försämrar också ljudisoleringen.

En platsgjuten stomme är gjuten i en sammanhängande enhet vilket gör att konstruktionen inte har några öppna fogar. En stomme av prefabricerade betongelement görs tät genom igjutning av elementfogarna, så att hela skiljekonstruktionen blir lufttät. För att undvika stomljudsbyggor i flytande golv, undertak och väggisoleringar måste montaget utföras noggrant. Fler exempel på åtgärder hittas i handboken om rörsystem [11].

Vid ombyggnad och renovering är det viktigt att tänka på att otätheter kan uppstå. Exempelvis kan håltagning för installationer eller rörelser i byggnader försämra ljudisoleringen avsevärt.

Dämpning av steg- och trumljud

Kraven på stegljudsnivå medför att man behöver förse betongbjälklag med golvbeläggning som dämpar steg- och slagljud. T.ex. flytt av möbler, fallande leksaker och dammsugning[9]. Vägledning vid val av golvbeläggning hittas i SS 25267 (bilaga B). För ljudklass B krävs normalt produkter i stegljudsklass 7 (enligt SS 25267) ovanpå bjälklag med en egenvikt motsvarande ca 600 kg/m². Ett exempel på sådan beläggning är parkett på stegljudsdämpande underlag (foam). Ett annat är mattor av plast eller linoleum.

Flytande golv brukar ge bra stegljudsdämpning, men påverkar luftljudsisoleringen negativt (genom den s.k. parkettresonansen). Vid beräkning bör man därför utgå från produkter som redovisar hur luftljudsisoleringen i bjälklaget förändras. I trapphus kan man lägga klinker på stegljudsdämpande underlag. Eller lägga upp förtillverkade trappplan på elastiska lister.

I kontor kan stegljud inom utrymmena (trumljud) begränsa valet av golvbeläggning. Om stegljud till andra utrymmen kan dämpas på annat sätt, t.ex. med undertak, är det bättre att använda golvbeläggningar som limmas mot bjälklaget. Då utnyttjas tyngden i betongbjälklaget för att begränsa trumljudet.

Dämpning av stomljud från installationer

Det är mycket effektivare att dämpa stomljud från installationer redan vid källan, än att tilläggsisolera väggar och bjälklag. Ljuddämpande lösningar hittas bland annat i branschrapporter [10, 11]. I öppna planlösningar bör man välja tysta installationer.

Tilläggsisolering

Tilläggsisoleringar med tunna skivor mot väggar, golv och tak förbättrar ljudisoleringen främst vid högre frekvenser. För att undvika försämringar vid låga frekvenser bör man sätta väggen helt fritt från betongkonstruktionen. Och välja material och luftspalt så att resonansen inte når in i frekvensområdet 50-5000 Hz. Det medför att 12-15 cm tas upp av tilläggsisoleringen – som bör väga minst 18 kg/m². Mer information hittas i referenserna [2, 3]. Tänk på att invändig isolering av betongskikt påverkar värmeutbytet mellan betong och inneluft. Läs mer om detta i kapitlet om energi.

Trafikbuller

Fasadens isolering mot buller ska beräknas utifrån de dimensionerade ljudnivåerna utomhus och ljudklassens krav inomhus. Läs mer i Boverkets handbok Bullerskydd av bostäder och lokaler [1] och Boverkets allmänna råd 2008:1.



Figur 11. Trafikbuller är den miljöstörning som berör flest människor i Sverige.

Ytterväggar av betong har normalt god ljudisolering. Ljudnivån inomhus bestäms därför av andra byggnadsdelar, exempelvis fönsterdörrar, fönster och uteluftsintag. Det är mycket viktigt hur dessa placeras i väggen och hur god lufttätet säkerställs. Redovisade mätvärden är baserade på mätningar i laboratoriemiljö, under ideala förhållanden. Därför bör man rådfråga tillverkaren av produkten om vad som gäller för placering i olika typer av väggar.

Beräkning av fasadens ljudisolering kan göras översiktligt [2]. Eller dimensioneras med hjälp av datorprogram [7, 8].

Rumsakustik i lokaler

Betongkonstruktioner ger bra förutsättningar för talkommunikation i lokaler, genom att dämpa bakgrundsljud från angränsande utrymmen, tekniska installationer och trafik. I lokaler med flera begränsningsytor av betong bör man välja ljudabsorbenter med god absorption vid låga frekvenser. Se SS

25268 avsnitt 5 [12] och Boverkets handbok [2]. Ljudabsorbenter kan dock försämra betongstommens värmelagrande förmåga varför det är viktigt att ljudabsorbenter placeras så att dessa inte isolerar betongytan från inomhusluften. Bra lösningar för detta redovisas i kunskapsbanken "bygga med prefab" [5].

Erfarenheter från nya och gamla hus

Att det är relativt enkelt att projektera och bygga betonghus som motsvarar förväntningarna på ljudmiljön bekräftas i ny studie [13]. Resultatet visar att de flesta som bor i betonghus är "mycket nöjda" eller "nöjda" med ljudisoleringen. Endast ett fåtal störs av luft- och stegljud från grannar.

Omfattande jämförelser mellan fältmätningar och beräkningar bekräftar också att betonghus normalt uppfyller den ljudklass man har dimensionerat för [13].

I samband med renovering och ombyggnad av äldre hus, bör man kontrollera byggnadens luft- och stegljudsisolering, och räkna på olika renoveringsalternativ. I miljonprogrammets betonghus förekommer lätta betongkonstruktioner, dåliga golvbeläggningar och installationer som inte ljudisolerats tillräckligt. Skador såsom sprickbildning kan också försämra ljudisoleringen. Bristerna kan åtgärdas relativt enkelt vid renoveringar [2, 10]. Betongens ljudisolerande egenskaper försämras inte med tiden, men vissa äldre golvbeläggningar kan förlora en del av sin elasticitet och förmåga att dämpa stegljud. De kan därför behöva bytas ut och då bör renoveringsprodukternas ljudegenskaper beaktas. Vissa produkter kan till och med försämra ljudmiljön.

Tips och exempel

Tumregler

En bra tumregel är att luftljudsisoleringen genom väggar och bjälklag förbättras med knappt 1 dB för varje centimeter betong som tjockleken ökar. Stegljudsnivåerna minskar på motsvarande sätt.

Tänk på att planlösning och konstruktiv utformning också påverkar ljudisoleringen. Det är mest effektivt att använda betongväggar som skiljekonstruktion mellan bostäder eller lokaler. Och lätta väggar som avgränsare inom samma bostad eller verksamhet. På så vis leds ljudenergi bort från skiljekonstruktionen och ljudisoleringen ökar, utan att kostnader, vikt eller utrymmesbehov ökar[5]. Fördelningseffekten ökar vid ökad spännvidd. Ju mindre del av den fria bjälklagsplattan som de enskilda rummen utgör, desto bättre ljudisolering. Av samma skäl försämras ljudisoleringen vertikalt när rummen görs större och avgränsas av flera tunga bärande väggar. Mer information om ljudisolering i betonghus finns i referenserna [3-6].



Figur 12. En stomme och fasad av betong ger ett bra skydd mot buller både utifrån men även mellan angränsande lägenheter och trapphus.

Typexempel för ljudklass B

I tabell 2 redovisas två exempel på betonglösningar som ger goda förutsättningar att uppnå ljudklass B. Den ena är platsgjuten, den andra förtillverkad. Notera att detta endast är exempel och bör ses som riktvärden. Andra faktorer kan påverka den slutliga ljudklassen. Därför bör man alltid utreda vald lösning utifrån faktiska förutsättningar. Det finns ju även hybrider av nedanstående två exempel som också uppfyller ljudklass B. Exempelvis kan utfackningsväggar med stålreglar och tegelmur användas då man önskar reducera vikten av grundläggningssmässiga skäl. Fler typlösningar för olika ljudklasser hittas i referenserna [3-5].

Tabell 2. Exempel på betonglösningar som uppfyller ljudklass B.

Platsgjuten betongstomme*	Prefabricerad betongstomme*
<i>Bjälklag:</i> 26 cm betong med parkett på 2-6 mm underlag (stegljudsklass 7 enligt SS 25267 bil. B).	<i>Bjälklag:</i> 27 cm HD/F-bjälklag med 7-8 cm pågjutning. Total ytvikt minst 590 kg/m². <i>Parkett på 2-6 mm underlag (stegljudsklass 7).</i>
<i>Lägenhetsskiljande väggar:</i> 22 cm betong	<i>Lägenhetsskiljande väggar:</i> 22 cm betong
<i>Yttervägg:</i> 18 cm betong med mineralullsisolering och utvändigt beklädnad.	<i>Yttervägg:</i> Sandwichelement av 15+7 cm betong med mellanliggande mineralullsisolering.

* Exemplet bygger på beräkning av rum med öppen planlösning (36 m²).

Referenser

1. Socialstyrelsen (2009). Miljöhälsorapport 2009. Rapport Socialstyrelsen nr: 2009-126-70.
2. Boverket (2008). Bullerskydd av bostäder och lokaler. Handbok Boverket med råd och lästips.
3. Cementa (2001) Sunt byggande med betong ger god ljudmiljö. Cementa-broschyr, 2001
4. Betongbanken (2011). Råd och exempel, platsgjuten betong, Internet: www.svenskbetong.se.
5. Bygga med prefab (2011). Råd och exempel, betongelement. Internet: www.svenskbetong.se.
6. SIS (2011). Beräkningsmetoder SS-EN 12354 del 1-6. Internet: www.sis.se.
7. BASTIAN (2011). Beräkningsprogram som följer SS-EN 12354 / ISO 15712. Internet: www.datakustik.de.
8. SONarchitect (2011). Beräkningsprogram som följer SS-EN 12354 / ISO 15712. Internet: www.soundofnumbers.net.
9. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (ny utgåva våren 2012). Marknadsöversikt - Stegljudstestade golvbeläggningar.
10. SBUF rapporter om ljud: www.sbuf.se, sök via "projektregistret"
11. Simmons, C. (2011). Ljud från rörinstallationer – en handbok, VVS Företagen.
12. Svensk Standard. Ljudklassning av bostäder resp. lokaler: SS 25267, SS 25268 Internet: www.sis.se.
13. Simmons, C. m.fl. (2011). Acoustical Performance of Apartment Buildings- Resident's Survey and Field Measurements, SBUF project 12311. Internet: www.sbuf.se, SP Report 2011:58 ISBN 978-91-86622-88-6, ISSN 0284-5172, Internet: www.sp.se.

Energi

Energianvändning

Ene 1 – Energy Efficiency

Tillgängliga poäng: 15

Syfte

Att minska energianvändningen i driftskedet, och därmed miljöpåverkan.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

Byggnadens energianvändning ska simuleras av en erfaren eller certifierad expert. Den förväntade användningen jämförs med BBR-krav och den procentuella förbättringen bestämmer antalet poäng. 1 % förbättring ger 1 poäng och 100 % förbättring ger 15 poäng. BBR-kravet gäller endast energi för drift av byggnaden (värme, kyla och installationer), inte av verksamheten.

En innovationspoäng (exemplary Performance) utdelas om fastighetsenergin är koldioxidneutral. Eller två poäng om både fastighets- och verksamhetsenergin är koldioxidneutral.



I den svenska versionen av BREEAM föreslås att några av poängen för energi flyttas till ett nytt krav för energieffektiv belysning.

Trög betongstomme minskar energianvändningen

Att betong är tungt och värmetrögt innebär att materialet har hög inbyggd kapacitet att lagra överskottsvärme (eller kyla), vilken sedan kan användas när det finns ett underskott. Genom att utnyttja den egenskapen kan man uppnå betydande besparingar när det gäller energi. I kombination med ett tätt klimatskal kan luftläckage minimeras vilket gör att byggnader i betong kan göras mycket energieffektiva. Värmetrögheten bidrar också till att minska antalet övergradstimmar och ger ett stabilt inomhusklimat. Betongens värmetröghet minskar även effekttopparna och gör det möjligt att förflytta effektuttagen i tiden vilket är positivt både miljömässigt och ekonomiskt. Många av de positiva egenskaperna kan förstärkas ytterligare med hjälp av aktiv värmelagring och/eller en optimerad värmedynamisk styrstrategi.

Energieffektiviteten styrs av flera egenskaper

Hur energieffektiv en byggnad är beror på en kombination av transmissionsförluster (isoleringsgrad och köldbryggor), värmeförluster på grund av luftläckage genom klimatskalet, ventilationsförluster (där återvinning även ingår), förmåga att släppa in och stänga ut solinstrålning och värmelagringskapacitet (termisk massa). Ingen av egenskaperna är viktigare än någon annan. Eftersom de samspelar har den svagaste länken störst betydelse i ett specifikt fall. Tillgången av gratisenergi (solinstrålning och personlast) och värmeförluster vid användning av hushålls- och fastighetsel påverkar också energiprestandan, men det är inga byggfysikaliska egenskaper som kan tilldelas själva byggnaden.



Värme- och kyleffekt

På senare tid har betydelsen av att minska en byggnads värme- och kyleffekt börjat diskuteras allt mer. Energileverantörerna använder ofta en mix av olika energislag. Vid låga effektuttag levereras främst energi som är framställt av bio- eller spillvärme, medan under perioder av höga effektuttag framställs oftast energin av fossila bränslen som blir både dyrare och sämre ur miljösynpunkt. Perioderna med högt effektuttag är inte bara årstidsberoende utan även stora dygnsvariationer förekommer. Effektbehov är alltså starkt kopplat till energislag. Den 1 oktober 2012 trädde en ny lag i kraft som möjliggör för timmätning av el. Detta öppnar upp för möjligheten för fastigheter som värms med värmepumpar och direktverkande el att flytta sitt effektuttag i tiden, beroende på den totala "efterfrågan". På sikt kommer möjligheten till timmätning av el att finnas tillgänglig för alla. Det finns mycket som talar för en liknade utveckling för fjärrvärmeanslutna fastigheter. Då blir värmetrögheten i stommen ännu mer intressant både fastighetsekonomiskt och i miljöhänseende. Idag ingår ingen klassning med avseende på effektoppar i BREEAM utan betongens miljöfördelar i detta avseende kan endast användas som ett positivt mervärde.

Transmissionsförluster genom klimatskalet

I dag byggs de flesta byggnader med hög isoleringsgrad och högvärdiga fönster och dörrar. Ytterväggar och vindsbjälklag blir normalt väldigt tjocka, vilket bl.a. innebär djupa fönsternischer och mindre uthyrbar boyta. Till följd av detta har isoleringsindustrin utvecklat nya effektiva isoleringsmaterial, t.ex. vakuumisolering, aerogeler, polyuretan- (PUR) och polyisocyanurat- (PIR) isolering och grafitcellplast (expanderad polystyren som innehåller grafit). Materialen beskrivs i FoU-Västs Rapport [1].

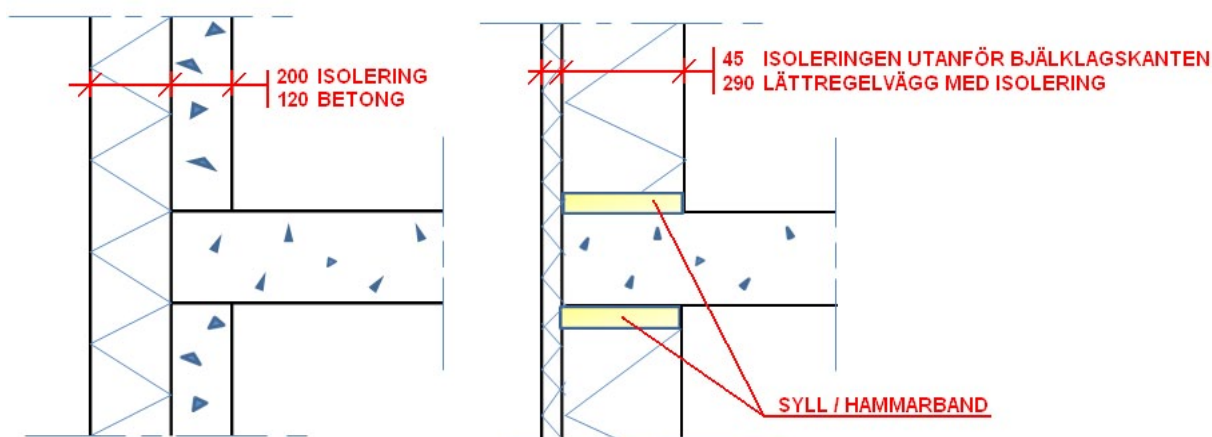
Eftersom betong har en hög värmeledande förmåga ökar risken för köldbryggor. Problemen löses enkelt, under förutsättning att projektören

noggrant planerar utformningen av detaljlösningarna, och att entreprenören utför sitt arbete med omsorg. Tidigare var infästningar av balkonger problematiska, i dag finns bra balkonglösningar med mycket små köldbryggor. I betongbyggnader finns numera de största köldbryggorna i grundkonstruktionen och vid anslutningar mellan väggkonstruktion och fönster/dörrar.

Särskild uppmärksamhet krävs för att begränsa köldbrygga vid anslutning mot lätta utfackningsväggar. I en artikel i Bygg & Teknik nr 2/12 påvisar Björn Berggren och Maria Wall vid Lunds Tekniska Högskola att köldbryggor ofta underskattas, vilket delvis beroende på BBR:s förenklade beräkningsmodeller. I artikeln visas ett exempel där en lätt utfackningsvägg behöver en drygt 50 % tjockare värmeisolering än en motsvarande yttervägg av betong med 200 mm isolering för att uppnå likvärdighet avseende värmegenomgång, när korrekt hänsyn till köldbryggor tas [2]. Med ytterväggar av betong, såväl prefabricerade som platsgjutna, är det enkelt att minimera dessa köldbryggor.

Anledningen till skillnaden är att utfackningsväggen, av bland annat ljud- och brandskäl, måste ställas på bjälklagskanten av betong. När värmeisoleringen utanför bjälklagskanten utförs med 45 mm tjocklek, se figur, bildas en betydande köldbrygga. Vid en vanlig isolertjocklek för flerbostadshus av 200 mm i betongfallet krävs 335 mm isolering för att få motsvarande begränsning av värmegenomgång i den lätta konstruktionen, se figur 13. Vid korrekt beräkning av värmegenomgång inklusive köldbryggorna, uppvisar betongytterväggen avsevärt ökad konkurrenskraft jämfört med utfackningsväggen, bland annat eftersom nackdelen av väggjocklekens betydelse för uthyrningsbar yta utjämnas. Artikelförfattarna tar inte med bärande mellanväggs anslutning mot ytterväggen, vilket annars skulle ha påvisat ännu större skillnad i isolertjocklek mellan de två konstruktionerna.

Korrekta värmegångskoefficienter för konkurrerande byggdelen är betydelsefulla för utvecklingen mot låg energianvändning i nya byggnader.



Figur 13. Om 200 mm isolering används i en betongvägg, krävs 45 + 290 mm isolering i den lätta utfackningsväggen för motsvarande begränsning av värmegenomgång, när korrekt hänsyn till köldbryggor tas [2].

Gällande regler från Boverket bör därför ses över och behovet av att utveckla eller slopa den förenklade beräkningsmodellen av köldbryggor övervägas. Samtidigt behöver projektörernas kunskaper förbättras.

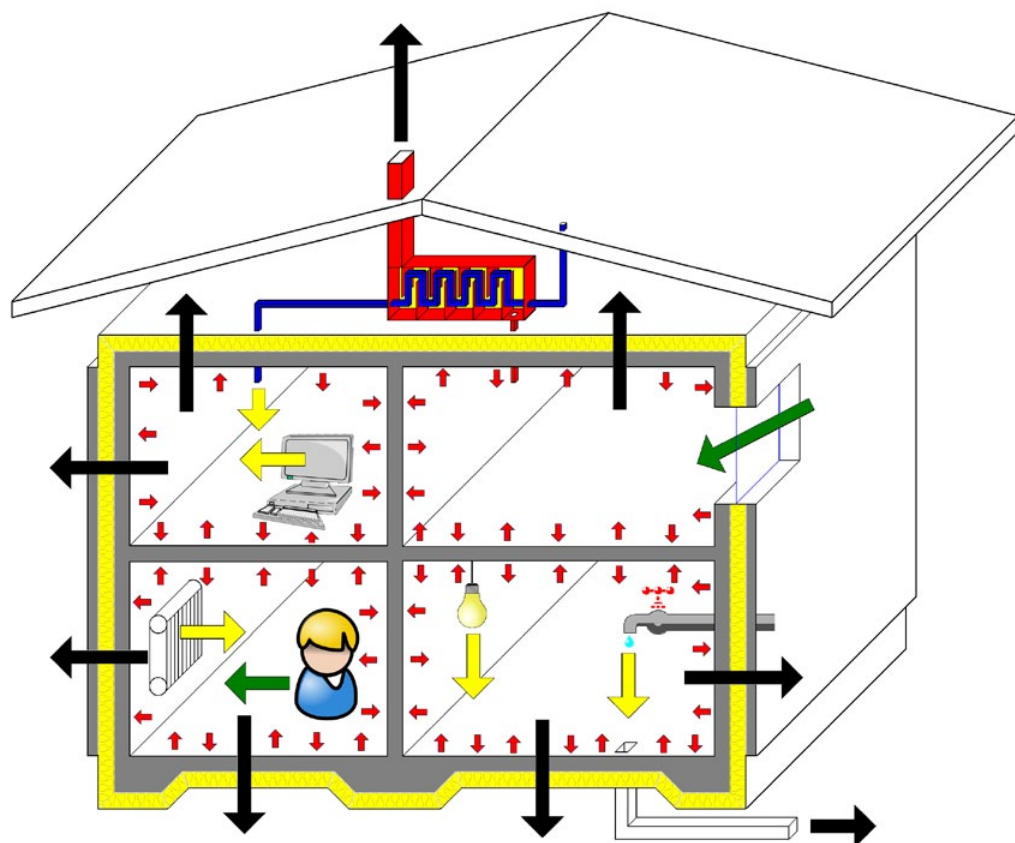
För information om köldbryggor rekommenderas Isolerguiden Bygg 06 [3].

Luftläckage genom klimatskalet

Eftersom betong är lufttätt och beständigt finns det stora möjligheter att minimera luftläckaget till mycket låga nivåer, som står sig under hela byggnadens livslängd. Extra noggrannhet krävs vid anslutningar mellan betongkonstruktion och fasadpartier av lätta konstruktionselement (utfackningsväggar eller liknande). Samt vid anslutningsdetaljer såsom genomföringar och anslutningar mot fönster och dörrar. Exempel på lufttäta konstruktionslösningar ges i SP rapporten 2010:09 [4]. Allmän information finns på ByggaL:s webbplats [5].

Värmetröghet – byggnadens värmedynamiska funktion

En värmetrög byggnad kan lagra överskottsvärme vid övertemperaturer, och avge värmen när temperaturen sjunker. Figur 14 illustrerar de vanligaste värmeflödena i en byggnad. Vi har värmeförluster genom klimatskalet, ventilation, otätheter och via bortspolat varmvatten. För att hålla en behaglig temperatur behöver byggnaden värmas med ett uppvärmningssystem under den kalla årstiden, och eventuellt kylas sommartid. Varmvatten och elektriska apparater tillför också värme. Samtliga dessa källor definierar vi som köpt energi och de är gulmarkerade i figuren. Utöver den köpta energin tillförs också värme från solen och brukarna bidrar med sin kroppsvärme. Dessa källor är grönmärkade i figuren och definierade som gratisvärme. Gratisvärmen och delar av den köpta energin, framför allt den som går åt för att driva elektrisk utrustning, är ofta svår att styra över och orsakar oönskade övertemperaturer under soliga delar av året. Gratisvärmen utnyttjas på bästa sätt med hjälp av husets värmetröghet. Vid ett överskott av gratisvärme kan huset lagra energi, som sedan används vid underskott. För att lyckas krävs att inomhustemperaturen får variera något. Värmelagring (återgivning) illustreras av de röda pilarna i figuren.



Figur 14. Värmeflöden i en byggnad. Svarta pilar markerar värmeförluster, gula markerar köpt energi, gröna avser gratisvärme (som ibland är överskottsvärme) medan röda pilar visar inverkan av värmelagring/återgivning.

Värmetröghet – Passiv och aktiv värmelagring

Med passiv värmelagring avses den egenskap som alltid finns, även utan åtgärder för att utnyttja egenskapen fullt ut. Aktiv värmelagring är benämningen när stommen utnyttjas och blir en del av värmesystemet, t.ex. genom att låta tilluft passera genom hålrummen i bjälklagselement eller att gjuta in värmesystemets rör i konstruktionen.

Värmetröghet – minskar energianvändningen och effektuttaget

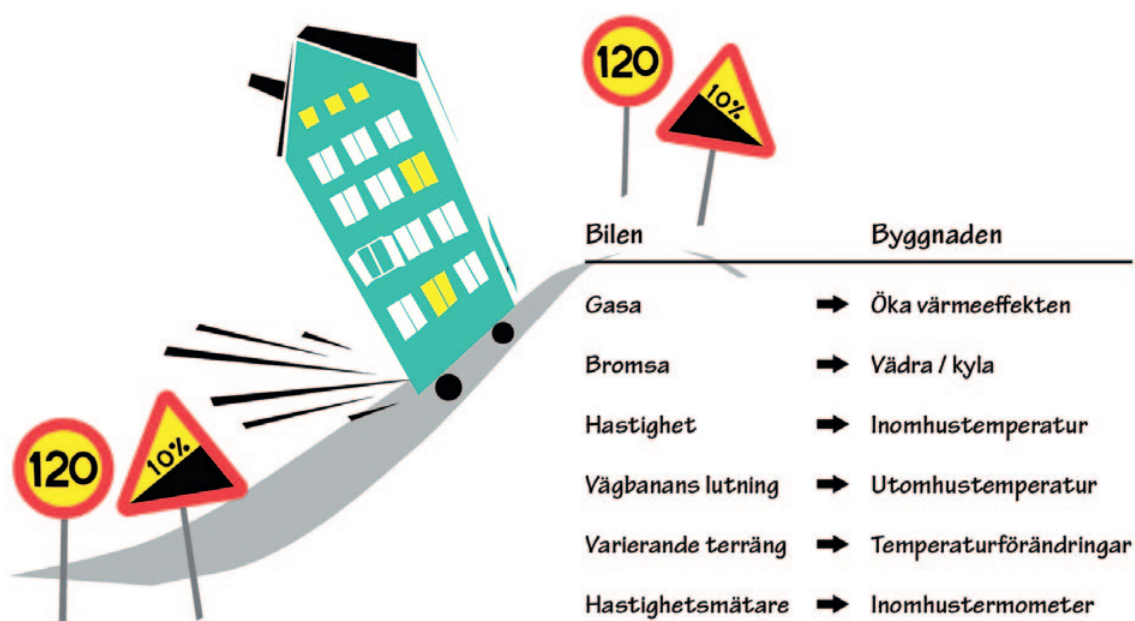
Förutom att energianvändningen (kWh/m², år) minskar genom värmetrögheten, påverkas även effekten (W/m²) i allra högsta grad. Utmärkande för värmetrögheten är förmågan att minska effekttopparna, och möjligheten att flytta effektuttagen i tiden. Ett värmetrögt hus ger

fastighetsägaren eller energileverantören möjlighet att låna energi av stommen, som t.ex. kan användas när behovet är stort i andra delar av fastigheten eller energinätet.

Styr- och reglerstrategi

I dag är i princip alla nya betongbyggnader värmetröga till sin natur, under förutsättning att stora delar av den invändiga betongen exponerats mot inomhusmiljön. Stommen har då en självreglerande förmåga att hålla rätt temperatur. Det utnyttjas alltför sällan på ett optimalt sätt.

Att styra byggnaden dynamiskt kan jämföras med eco-driving i bilsammanhang: att inte slösa bränsle i onödan genom att gasa och bromsa mer än nödvändigt. Man undviker t.ex. onödigt snabb acceleration och gaspådrag för att behålla hastighet i uppförsbackar (figur 15). En sparsam körteknik kan ge 10–20 % lägre bränsleförbrukning än det körsätt som de flesta använder. Slöseriet skulle bli ännu större om man alltid tryckte ned gaspedalen proportionellt mot vägbanans lutning, oavsett hur lång en uppförs- eller nedförsbacke är. Det vill säga att man struntar i vad hastighetsmätaren visar. Dessvärre är det precis så man oftast "kör" en byggnad idag, med ett traditionellt styrsystem.



Figur 15. Energieffektiv styrning av uppvärmning och kylning av en byggnad kan liknas vid energisnål bilkörning genom att undvika att bromsa och gasa i onödan.

I trafiken kan en ”trög” bil påverka andra bilar negativt så att köbildning uppstår, vilket i sin tur ger upphov till ryckig körning för bakomliggande bilar. Detta är dock inte ett problem för byggnader eftersom dessa i regel fungerar helt fristående från varandra.

De flesta byggnader styrs för att genast kompensera för minsta lilla avvikelse. Transmissions- och ventilationsförlusterna är proportionella mot utomhustemperaturen, vilket ingenjörer i VVS-branschen har utvecklat styr- och reglerstrategier utifrån. Resultatet är system som söker en konstant inomhustemperatur baserad på utomhustemperaturen. Byggnadens värmetröghet gör dock att installationssystemet ofta ligger ur fas. Inställning med hänsyn till byggnadens dynamiska beteende sker endast hjälpligt via värmeregleringskurvor. I praktiken är det svårt att få till på ett bra sätt. Dessutom är många befintliga temperaturregleringssystem onödigt komplicerade, vilket kan leda till att de motverkar de värmedynamiska förloppen. Att en byggnad värms och kyla samtidigt är en alltför vanlig konsekvens av en felaktig eller komplicerad styrstrategi. I artiklarna [6] och [7] finns mer information.



Utnyttja stommens värmedynamiska egenskaper

Engelbrekt Isfält (1935–2004), forskare och docent på KTH, visade redan på 70-talet hur viktigt det är att se helheten och utnyttja byggnadsstommens värmedynamiska egenskaper. Grundidén är att utnyttja den värme från t.ex. maskiner och människor som lagras i stommen. Styr- och reglertekniken behöver egentligen bara beakta temperaturförloppen, och ingripa vid behov. Systemet styrs i huvudsak via inomhustemperaturen, efter ett givet komfortkrav. Engelbrekt fick Stora Energipriset 1990 för sin forskning som visade att man kan spara 25 % energi vid renovering av flerbostadshus, även då vanliga besparingsåtgärder redan utförts. För lokaler är siffran ännu högre.

Undersökningar i traditionella hus visar stora temperaturvariationer, både över dygnet och mellan olika delar i fastigheten, även i hus med hög inomhuskomfort. Intentionen om att kyl- och värmesystemet ska ge en konstant inomhustemperatur misslyckas i praktiken. Det är alltså en myt att värmesystem måste konstrueras för att hålla en konstant inomhustemperatur och därmed undvika komfortproblem och genom detta resonemang diskvalificera egenskapen värmetröghet av komfortskäl. Ett alternativ är att låta inomhusklimatet styras dynamiskt, med hjälp av aktuella inomhustemperaturer. På så sätt får man automatiskt med byggnadens värmedynamik i styrningen. Det viktiga är att variationerna i inomhustemperatur sker under kontrollerade förhållanden. Detta bekräftas av fastighetsägare som vittnar om ett förbättrat inomhusklimat vid övergång från traditionell till dynamiskt kontrollerad styrstrategi. Med små tillåtna temperaturvariationer, såsom en halv grad, kommer man riktigt långt. Dessutom öppnas möjligheten att sänka medeltemperaturen någon grad, eftersom inomhusklimatet styrs under kontrollerade former. Det bör ses

som naturligt att temperaturen varierar något i en byggnad.

Vid övergång till en dynamisk styr- och reglerstrategi måste man beakta att människors upplevelser av inneklimat påverkas av många fler faktorer än den mätbara innetemperaturen. Därför måste även fel i klimatskalet åtgärdas, såsom kallras vid fönster.

En värmedynamisk styrstrategi kräver sin styrutrustning. Man kan antingen välja en paketslösning med detta som en av grundbultarna, eller en mer öppen lösning.

Det finns ett antal nya paketslösningar på marknaden. De flesta är utvecklade i Sverige. T.ex. Ecopilot som utvecklas av Kabona [10] och Enreduce produkter [11]. Ecopilot hanterar både värmesystem, ventilation och kyla. Sedan starten 2001 har företaget cirka 1 400 installationer i drift i Sverige och ytterligare cirka 300 i Europa. Enligt Kabona är medelbesparingen med Ecopilot 25 % för värme, 15 % för el och 30 % för kyla, sedan 2008 (normalårskorrigerade värden). Vid drifttagande tecknas normalt ett tvåårsavtal för injustering och utbildning. Uppföljningsarbetet av energi och komfort underlättas av ett integrerat analysverktyg. Utöver energibesparingar kan systemet även ge ett jämnare inomhusklimat.

Enreduce har tagit Isfälts teorier vidare och styr bara via inomhustemperaturen. Enligt Enreduce minskar energianvändningen med 15–25 % (normalårskorrigerat) med deras system. Besparingar genom åtgärder såsom ventilation och injustering är då inte inräknade. Med dessa i beräkningen är besparingen 30–40 %. Utöver energibesparingen sägs systemet även ge ett jämnare inomhusklimat. I dag är systemet installerat i cirka 50 000 lägenheter.

Fem svenska paketslösningar har analyserats i ett examensarbete på avdelningen för Installationsteknik på LTH [8]. Bl.a. för att kontrollera riktigheten i de besparingar som företagen presenterar. Eftersom endast ett husprojekt per system har utvärderats kan siffrorna inte analyseras fullt ut, men företagens marknadsföring förefaller lite för optimistisk i jämförelse med studierna. Trots att företagen inte riktigt lever upp till sin marknadsföring visar flera en tydlig nedgång i energianvändningen för uppvärmning, och en kraftigt minskad toppeffekt. Det gör systemen intressanta både för nyproduktion och för ombyggnad.

Siemens och Schneider Electric står för exempel på mer öppna lösningar, som är betydligt mer anpassningsbara än paketslösningarna. Att de är programmerbara gör att stora delar av ansvaret skjuts över till de som anpassar systemet för en specifik byggnad. Hur väl den värmedynamiska egenskapen utnyttjas kan därför skilja kraftigt från fall till fall. Om man gör rätt finns det mycket att tjäna, om man gör fel kan huset i värsta fall värmas och kylas samtidigt.

Hur mycket kan man spara?

Många utredningar om nyttan med värmetröghet har gjorts genom åren. Sammanfattningsvis brukar en tung byggnad använda mellan 2–15 % mindre energi än en lätt, om övriga värmefysikaliska egenskaper är de samma. Om siffran verkar låg ska man ha i åtanke att den nästan uteslutande bygger på att endast passiv värmelagring utnyttjas, och att värmesystemet förutsätts hålla en exakt och konstant inomhustemperatur under höst, vinter och vår. I de utredningar som behandlar klimatpåverkan genom att räkna med primärenergifaktorer beaktas oftast inte heller betydelsen av effekttopparnas storlek och vilken tid på dygnet dessa inträffar. Genom att tillåta små temperaturvariationer på ca en halv till en grad, och samtidigt med hjälp av ny styr- och reglerteknik utnyttja byggnadens värmedynamik blir besparingspotentialen betydligt större. Aktiv värmelagring är ytterligare en möjlighet att öka besparingen. Att minska energianvändningen i flerbostadshus mellan 30 och 40% är ingen omöjlighet. För kontor är denna siffra ännu högre. Dessutom finns en potential i betongens förmåga att runda av effekttopparna och förflytta effektuttagen i tiden och på så sätt ha möjlighet att använda fördelaktiga energislag.

Exempel på energieffektiva betonghus

Kontorshus (kv Sveavägen 44), Stockholm

Vid Diligentias ombyggnad av den stora kontorsfastigheten på Sveavägen 44, mitt i Stockholms city har man målsättningen att nå nivån Excellent enligt BREEAM. Om detta uppnås blir fastigheten en av de första i Sverige med att få detta betyg. Energianvändningen beräknas minska med över 70 procent.



Fakta kv. Sveavägen 44

Typ: Kontor (Om- och tillbyggnad)

Byggherre: Diligentia

Arkitekt: Wingårdhs Arkitektkontor

Byggentreprenör: Skanska



Figur 16. Med kvarteret Sveavägen 44 har man målsättningen att nå det näst högsta betyget (Excellent) enligt BREEAM. Källa: Wingårdhs Arkitektkontor.

Flerbostadshus (kv Blå Jungfrun), Stockholm

Blå Jungfrun består av fyra flerbostadshus med totalt 97 lägenheter. Husen har byggts med en stomme och ytterväggar av platsgjuten betong. Kvarteret Blå Jungfrun var de första hyreslägenheterna i Stockholm som byggts med passivhusteknik. Ytterväggarna har 250 mm isolering och stor vikt har lagts vid täthet mellan betongväggen och fönsteröppningar etc. Resultatet är en energieffektiv och mycket lufttät konstruktion med en provad lufttäthet på 0,11 liter per sekund och kvadratmeter, vilket är klart lägre än maxgränsen på 0,3 för passivhus. Beräknad energianvändning är mindre än 55 kWh per kvadratmeter.

**Fakta Blå Jungfrun**

Typ: Flerbostadshus

Byggherre: Svenska Bostäder

Arkitekt: Reflex Arkitekter

Byggentreprenör: Skanska

Inflyttning: Januari 2011
(sista etappen)

Figur 17. Blå Jungfrun i Stockholm är ett exempel på betonghus som byggts med passivhusteknik.

Sju tips för ett energieffektivt betonghus

Välj lämplig värmeisolering i byggnadens klimatskal

Ta reda på vilken isoleringsgrad och vilket isoleringsmaterial som är optimalt i ditt fall. Lösningar beskrivs i Isolerguiden [3]. Information om de nya högpresterande isoleringsmaterialen finns i FoU-Västs Rapport [1].

Var noggrann med utformning och utförande

Även om betonghus är förhållandevis förlåtande för konstruktions- och utförandefel bör höga krav på noggrannhet ställas. Inte minst vid utformning av anslutningsdetaljer och genomföringar, så att luftläckage och köldbryggor minimeras. Exempel på lufttäta konstruktionslösningar ges i SP rapporten 2010:09 [4]. Allmän information om lufttätethet finns på ByggaL:s webbplats [5]. Köldbryggor beskrivs i Isolerguiden Bygg 06 [3].

Använd nattventilation

Ökad ventilation är ett bra sätt att kyla byggnaden när det är varmt utomhus. Med hjälp av nattventilation som kyler med kall utomhusluft nattetid, kan man slippa höga temperaturer dagtid. Den termiska komforten blir bättre och minimal energi går åt för att kyla byggnaden [9].

Välj en värmedynamisk styrstrategi

Tillämpa en styr- och reglerstrategi som tar hänsyn till värmedynamiken, och som i huvudsak styrs via inomhustemperaturen.

Använd simuleringsverktyg

Använd alltid simuleringsprogram som använder klimatdata med timvärden. T.ex. VIP Energy eller IDA ICE. Det senare ger möjlighet att simulera en värmedynamisk styr- och reglerstrategi. Tidigare nämnda paketlösningar är sällan transparenta. Vid användning av dessa kan det därför vara svårt att hitta tillräckligt med data för en fullständig simulering av värme- och kylsystemet. Kontakta i så fall leverantören för en bättre uppfattning om hur effektivt det fungerar i ett specifikt fall.

Exponera betongytorna

Dra större nytta av den värmelagrande egenskapen genom att exponera betongytorna. Undvik att klä den invändiga stommen med värmeisoleringsmaterial som t.ex. träull, glasfiber och cellplast. En målad betongyta räknas som exponerad. Trägolvet på betongen försämrar värmetrögheten, men värmeledningen genom trä materialet är tillräckligt stor för att få betongen verksam för dygnstemperatursvängningar. Alla vanliga ljudabsorbenter är mer eller mindre värmeisolerande. Därför bör

heltäckande undertak undvikas. Det finns bra lösningar för undertak och effektiv ljudabsorption, ur såväl estetisk som akustisk synpunkt. De hittas under Ljud/Rumsakustik på "Bygga med Prefab" [12].

Använd aktiv värmelagring

Ett exempel på aktiv värmelagring är TermoDeck – ett klimatsystem som tar vara på byggnadens värmekapacitet samt minskar behovet av installationsutrustning. Tilluften passerar ett labyrintsystem i betongbjälklaget innan den når rummet. Styrning sker via återkoppling till inomhustemperaturen. Beroende på utomhustemperatur och intern värmelast används kyld eller värmd tilluft, som anpassar temperaturen i tak och golvytor för en stabil och behaglig inomhustemperatur. Efter att ha passerat bjälklaget ligger tilluftens temperatur nära rumsluftens, vilket ger en dragfri inblåsning. Labyrintsystemet dämpar ventilationsljudet och inblåsningen är ljudlös.

Referenser

1. Clase M, Lindén, E. (2010). Inventering och Utvärdering av Högpresterande Isolering. FoU-Väst Rapport, 1402-7410; 1002.
2. Berggren B och Wall M. (2012). Se byggsystemet – inte byggdelen – vid beräkning av energiförluster, Bygg & teknik, #2-2012.
3. Swedisol (2006). Isolerguiden Bygg 06.
4. Wahlgren, P. (2010). Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar. SP Rapport 2010:09.
5. ByggaL (2012). Internet: <http://www.lufttathet.se/sv/ByggaL/>.
6. Rönneblad, A., m.fl. (2011). Byt styrstrategi i miljonprogrammets fastigheter. Artikel i Samhällsbyggaren nr 2/2011.
7. Wiman, U. (2011). Värmedynamiska vinster att hämta - Intelligent betong, Tidskriften Cementa #2-2011.
8. Persson, D. och Vogel, J. (2011). Utnyttjande av byggnaders värmetröghet - Utvärdering av kommersiella systemlösningar. Internet: <http://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/files/TVIT-5000/TVIT-5030JPDVweb.pdf>.
9. Betongforum (2008). Betong för energieffektiva byggnader - Fördelarna med termisk massa.
10. Kabona (2012). Internet: www.kabona.se.
11. Enreduce (2012). Internet: www.enreduce.se.
12. Svensk Betong (2012). Bygga med Prefab, avsnitt Ljud/Rumsakustik, Internet: www.svenskbetong.se/ljud/rumsakustik.html.

Material

Livscykelanalys

Mat 1 – Materials Specification (Major Building Elements)

Tillgängliga poäng: 4

Syfte

Att främja användning av byggmaterial med låg miljöpåverkan under byggnadens hela livscykel.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

Ett till fyra poäng utdelas om stora byggnadsdelar, t.ex. ytterväggar, fönster, tak och mellanbjälklag, väljs utifrån en livscykelanalys (LCA). Det är möjligt att använda BREEAMs LCA-verktyg: Green Guide to Specification (www.breeam.co.uk/greenguide) eller ett annat LCA-verktyg som är godkänt av BREEAM.

Ett alternativ som ger max ett poäng är att välja byggnadsdelar baserat på koldioxidavtryck (Carbon Footprint), inbäddad koldioxid (Embodied CO2) eller inbäddad energi (Embodied Energy).

Vid om- eller tillbyggnad får byggnadsdelar som återanvänds eller sparas högsta betyg i Green Guide for Specification.

Miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv

Betong består av naturliga råmaterial med mycket god beständighet. Det gör att byggnadsverk får lång livslängd, vilket innebär liten miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Stomme och klimatskärm i betong ger dessutom ett bra grundskydd mot brand, fukt och buller. Betongens möjligheter till flexibla och anpassningsbara hus minskar behovet av att riva och bygga nytt. Livslängden ökar vilket sparar våra naturtillgångar. När betongen väl rivs kan den återanvändas helt. Cement, som är en central beståndsdel i betong, har en energikrävande tillverkningsprocess som innebär utsläpp av koldioxid. Utsläppen kompenseras delvis av att betong binder koldioxid under hela sin livslängd. De värmelagrande egenskaperna ger också lägre utsläpp, eftersom de minskar energibehovet vid uppvärmning och nedkylning av byggnaden.

Byggnader med lång livslängd

Med dagens kunskap i design och materialteknik blir betongbyggnadens livslängd mer än 100 år [1]. Miljöpåverkan per år blir därför liten. Att man slipper riva och bygga nytt ger också mindre miljöbelastning. Därför är det viktigt att byggnaden kan anpassas till nya behov, så att den inte måste rivas i förtid. En byggnad med stomme och klimatskärm i betong har en inbyggd flexibilitet, som gör framtida anpassning möjlig utan alltför stora ingrepp i den bärande konstruktionen. Att betongen ger ett bra grundskydd mot brand, buller, luftläckage och fukt är också en fördel när byggnaden ska uppgraderas för att möta nya krav.

För lång livslängd krävs betongkvalitet och lösningar som förhindrar nedbrytning av utsatta konstruktionsdelar. Till exempel kan vanlig stålarmering ersättas i utsatta delar.



Figur 18. Pantheons imponerande takkupol byggdes av ett betongliknande material ca 120 e.Kr. Hur gammal kan en betongkonstruktion bli med dagens teknik?

Åtgärder för att minska betongens klimatpåverkan

I betong är det cementet som står för den största klimatpåverkan under tillverkningen. Cementtillverkningen i Sverige släpper ut ca 1,4 miljoner ton koldioxid per år. Ungefär 60 % är koldioxid som frigörs när kalksten hettas upp till ca 1450°C. Resten kommer från bränslen som används vid tillverkningen.

Men betong tar också upp koldioxid, betydligt mer än man tidigare trott. Processen, som kallas karbonatisering, sker i en kemisk reaktion när luftens koldioxid reagerar med betongens kalciumhydroxid och bildar kalciumkarbonat, dvs kalksten. Processen börjar i betongytan och tränger sedan in som en front i betongen under konstruktionens hela livslängd. Ny forskning visar att mer än en femtedel av koldioxiden, ca 300 000 ton per år, tas upp av befintliga betongkonstruktioner i Sverige [3].

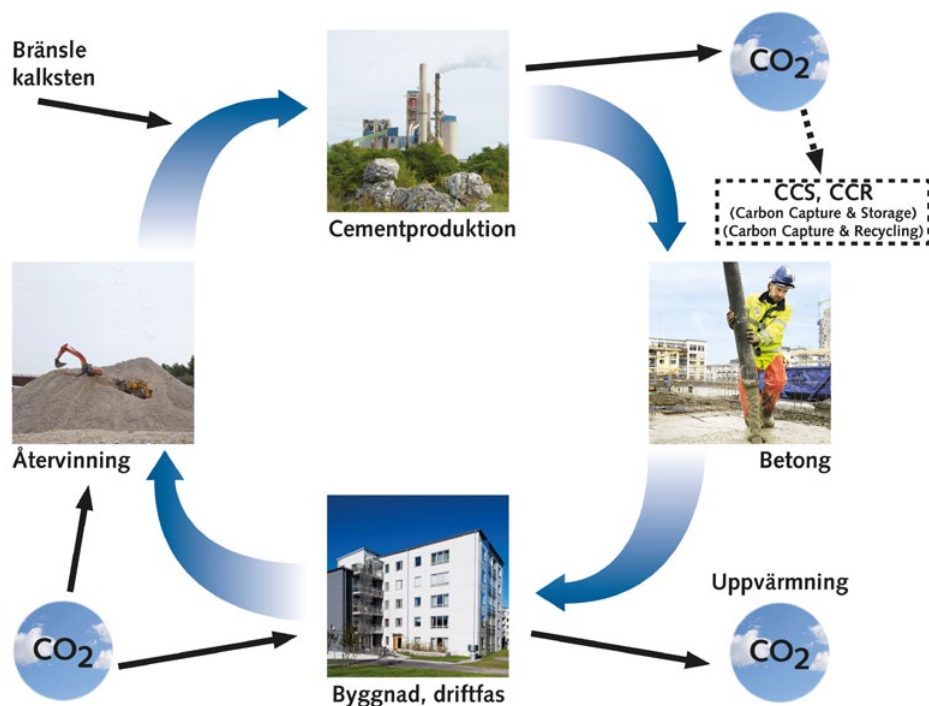
För att minska utsläppen arbetar cementindustrin med att ersätta fossila bränslen med alternativa bränslen och biobränslen som idag står för ca 30 % av totala förbrukningen. Alternativa bränslen är exempelvis förbrukade bildäck, icke-återanvändningsbart papper och plast, animaliska restprodukter, spilloljor och farligt avfall. I kombination med miljöinvesteringar och processtekniska förbättringar har detta gjort att utsläppen minskat stadigt under 2000-talet.



I den svenska versionen av BREEAM förändras inte kravet.

Ett annat sätt att minska utsläpp vid cementtillverkning är att minska behovet av att hetta upp kalksten, genom att mala in tillsatsmaterial såsom kalkfyller, flygaska eller slagg. Ett exempel är byggcementet som innehåller 10–15 % kalkstensfyller. LCA-analyser på byggcement visar att utsläppen är ca 725 kg CO₂-ekvivalenter per ton. Idag finns även andra cementsorter som innehåller flygaska och slagg, och som har ännu lägre koldioxidutsläpp vid tillverkning.

Forskning och utveckling pågår samtidigt för att hitta metoder för att avskilja koldioxid direkt ur processen (Carbon Capture and Storage/Reuse) och omhänderta den för avsättning i andra industrier, eller återföra den djup ner i berggrunden.



Figur 19. Kretsloppet för koldioxid under betongens livscykel.

Betongens klimatpåverkan kan också minskas vid betongtillverkningen, främst då genom att viss del cement ersätts med alternativa bindemedel, t.ex. slagg eller flygaska. På marknaden finns idag koldioxidreducerad betong där CO2 påverkan minskats med ca 10-50 %, detta utöver den minskning som idag är möjlig genom åtgärder i cementproduktionen och koldioxidupptaget genom karbonatisering som beskrivits ovan.

Betongens klimatpåverkan beror också på hur den används i byggnadsverk och den energi som husen förbrukar under hela sin livslängd. Exempel är:

- Betongens energilagrande egenskaper, och hur dessa bidrar till låg energiförbrukning och därmed utsläpp av koldioxid under byggnadens livscykel. Här finns också en stor potential att spara mer energi och därmed minska miljöpåverkan ytterligare.
- Möjligheten att göra mer materialsnåla konstruktioner. Med hjälp av moderna beräkningsprogram och spännarmeringsteknik kan slimmade betongkonstruktioner tillverkas. (Såväl platsgjutna som prefabricerade.)
- Optimering av betongrecept. Med dagens kunskaper kan man nå ökad hållfasthet med samma mängd cement, genom att använda mer filler. Även här kan tillsatsmaterial såsom flygaska och slagg användas. Med flyttillsatsmedel kan cementen utnyttjas effektivare utan att betongens egenskaper försämras.

Byggnader med energimässiga fördelar

Betongens förmåga att lagra energi ger lägre energiförbrukning, och därmed mindre miljöpåverkan. Tack vare de unika materialegenskaperna kan en betongbyggnad enkelt bli energieffektiv. Betonghus ger goda förutsättningar för ett minimalt luftläckage genom klimatskalet. Betongen är förlåtande för fel i utförandet (krav på noggrannhet rekommenderas dock), har beständiga byggfysikaliska egenskaper och en hög kapacitet att lagra överskottsvärme (gratisenergi). Överskottsvärmen kan användas vid underskott, minskar antalet övergradstimmar och ger ett stabilt inomhusklimat.

Många av de positiva egenskaperna kan förstärkas ytterligare med hjälp av aktiv värmelagring och/eller en optimerad värmedynamisk styrstrategi. Läs mer om detta i kapitlet om energi.

Återvinning

Uttjänt betong kan återvinnas till 100 %. Den krossas och används som ballast i ny betong, eller som fyllnadsmaterial i hus- eller anläggningsprojekt. Armeringen skickas till stålverk och smälts om till nya armeringsstål.

Livscykelanalys enligt BREEAMs Green Guide to Specification

Ett sätt att få poäng för livscykelanalys i BREEAM är att använda handboken Green Guide to Specification (GGS). Den innehåller ett antal byggelement som värderats ur ett livscykelperspektiv. I följande avsnitt beskrivs vad som ligger bakom värderingen av de olika elementen, och hur betongens miljöegenskaper hanteras.

Byggelement

Med ett byggelement avses inte en produkt, utan en standardiserad bygglösning som kan innehålla flera skikt och olika material. Miljöpåverkan från byggelementens livscyklar ska representera medelvärden på den brittiska marknaden. Om byggelementet i projektet inte finns i GGS, kan LCA-data skickas till BREEAM för poängsättning.

Tidsperspektiv

Beräkningen görs på påverkan under en 60-årsperiod. Ingen fördel ges till byggdelen som har längre livslängd än så. När element med kortare livslängd används beräknas klimatpåverkan på alla element som byggnaden behöver under 60 år, samt miljöeffekter som uppkommer vid renovering.

Funktionell enhet

För att olika element ska bli jämförbara ställs de mot samma krav på nytta. Definitionen av den funktionella enheten varierar för olika typer av element, men den vanligaste är:

- 1 m² byggelement.
- Uppfyller engelska byggbestämmelser och energikrav (t.ex. vägg U-värde 0,22W/K, m²).
- Miljöpåverkan under 60 år.

Geografisk täckning

I det här avsnittet är byggelement från olika delar av Europa medräknade. Det framgår dock inte vad man använt i beräkningarna, som främst är avsedda för den engelska marknaden.

Transparens

I GGS finns en generell beskrivning av processen för värdering och bedömning av byggdelar. Beräkningar av miljöpåverkan är inte offentliga. Man kan inte heller se miljöpåverkan för material i byggelementen, utan endast det sammanräknade resultatet. Transparensen är med andra ord låg.

Transporter

Transporter ingår i livscyklarna, men typ av transport och hur långa de är framgår inte. Man tar ingen hänsyn till om byggarbetsplatsen ligger centralt eller på avlägsen ort.

Viktning

Hur betydelsefull respektive kategori är har bestämts av en expertpanel. Experterna fick definiera hur väl olika påståenden stämmer, på en skala mellan 1 och 9. T.ex. "Övergödning är ett större miljöproblem än försurning." För att sedan kunna jämföra kategoriernas totala värden, har de normerats till en genomsnittlig EU-medborgares miljöpåverkan.

Tabell 3 är avgörande för ett byggelements värdering. Miljöeffekterna "Resursuttag av mineraler" och "Vattenanvändning" värderas ovanligt högt, vilket missgynnar betong eftersom mycket ballast och vatten används. För svenska förhållanden ger detta en missvisande bild av ett byggelements miljöpåverkan eftersom viktningen inte speglar de miljöhot som anses vara mest allvarliga och som styrt vårt miljöarbete under flera decennier. Exempelvis kan nämnas försurning som värderas 200 gånger mindre än vattenanvändningen.

Tabell 3. Viktning av miljöeffekter enligt Green Guide to Specification.

Miljöeffekt	Viktning (%)
Klimatpåverkan	21,6
Vattenanvändning	11,7
Resursuttag av mineraler	9,8
Nedbrytning av ozonskiktet	9,1
Kemikalier skadliga för människor	8,6
Kemikalier skadliga för vattenlevande organismer	8,6
Radioaktivt avfall	8,2
Kemikalier skadliga för landmiljöer	8,0
Avfallsdeponering	7,7
Resursuttag av fossila bränslen	3,3
Övergödning	3,0
Marknära ozonbildning	0,2
Försurning	0,05

Alternativ till Green Guide to Specification

En poäng kan erhållas genom att använda ett verktyg för beräkning av embodied CO₂, embodied energy eller carbon footprint. Inom BREEAM finns möjlighet till Option 2, där man kan använda andra bedömningsverktyg än GGS. För 2 poäng räcker det att man vid val av byggprodukter använder ett nationellt LCA-verktyg, med minst tre effektkategorier.

Kraven på verktyget är:

- Minst 3 miljöeffektkategorier ska utvärderas, varav en är klimatpåverkan.
- Verktyget ska ta hänsyn till hela livscykeln.
- Verktyget ska följa LCA-standarderna ISO 14040, ISO 14044, ISO 14025 och ISO 21930.

Idag är följande verktyg godkända att använda:

- Envest2© från BRE.
- ATEHENA©Eco calculator for assemblies.
- ATEHENA© Impact Estimator for Buildings.
- Eco-Quantum från Ecole des Mines.

Tips

- Vid jämförelse av byggelement i GGS, välj realistiska alternativ som uppfyller samtliga funktioner som krävs när det gäller t.ex. hållfasthet, brand och ljudisolering.
- Det finns många olika element i en byggnad som kan beräknas för att nå full poäng.

Referenser

1. Gillberg, B. m.fl. (1999). Betong & Miljö – fakta från betongforum. Svensk Byggtjänst.
2. Heidelbergcement Northern Europe (2011). Hållbarhetsredovisning 2010–2011. Internet: www.hcne-sustainability.nu.
3. Byggindustrin (2012). Kemisk process gör att betong suger upp koldioxid. Artikel i Byggindustrin 31/2012.

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Återanvändning av fasad

Mat 3 – Re-Use of Facade

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att uppmuntra återanvändning av byggnader.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

Vid om- och tillbyggnader utdelas poäng om följande krav uppfylls:

- Minst 50 % av den nya fasadens totala area ska vara återanvänd. (T.ex. kan två av fyra identiska fasader behållas. Övriga två kan rivas och byggas upp med nytt material.)
- Minst 80 % av den återanvända fasadens vikt ska utgöras av material som återanvänts på platsen. (Fasader som sparas kan förbättras, men väggens vikt måste till minst 80% bestå av den ursprungliga fasaden. När fönster byts behöver de inte räknas med i fasadarean.)

Återanvändning av stomme

Mat 4 – Re-Use of Structure

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att uppmuntra till att den befintliga stommen återanvänds.

Krav

Även här är kraven endast en sammanfattning. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

Vid om- och tillbyggnader utdelas poäng om minst 80 % av stommens totala volym återanvänds, utan stora förändrings- eller förstärkningsåtgärder.

I projekt med både om- och nybyggnad ska den återanvända stommen utgöra minst 50 % av den färdiga byggnadens totala volym.



I den svenska versionen av BREEAM förändras inte kravet.

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Betong – beständigt och återanvändbart

Betong är ett beständigt och robust material som, jämfört med andra vanliga byggnadsmaterial, har en mycket lång livslängd och kräver minimalt med underhåll. Betongens goda beständighet innebär också att materialet åldras i mycket långsam takt och dess mekaniska egenskaper förblir oförändrade år efter år. Kombinationen av robusthet och hög beständighet innebär goda förutsättningar när det gäller återanvändning av byggdelar i hus:

- Vid ny- eller ombyggnad kan normalt betongstomme och betongfasad återanvändas helt eller delvis utan större behov av förändrings- eller reparationsåtgärder.
- Alternativt kan betongen krossas och återvinnas till 100 procent som fyllnadsmaterial i vägbyggnad eller som ballast i ny betong.

Med moderna metoder för konstruktiv förstärkning har det också blivit möjligt att på ett enkelt sätt bygga om och anpassa byggnaden till nya behov. Möjlighet finns också att tilläggsisolera gamla betonghus för att förbättra deras energiprestanda.

I tabell 4 redovisas hur betong kan bidra till poäng gällande miljöaspekten Bevara byggdelar.

Tabell 4. Översikt av möjligheter att få poäng med betong i miljöaspekten Bevara byggdelar.

Miljöcertifieringssystem	Vid Nybyggnad	Vid Om/ Tillbyggnad	Förutsättningar
BREEAM Mat 3 – Re-Use of Façade	NEJ*	JA	När hela eller delar av betongkonstruktionen (stomme eller stomdelar) används i den ombyggda konstruktionen.
BREEAM Mat 4 – Re-Use of Structure	NEJ*	JA	

**Vid nybyggnad kan man inte få poäng för Bevara byggdelar i BREEAM, men det är viktigt att beakta att man med betong har möjlighet att utforma konstruktionen så att den, när den tjänat ut sin funktion, helt eller delvis, kan demonteras och återanvändas i en ny byggnad.*

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Lång livslängd – mindre miljöpåverkan

Betong är ett material med god beständighet som ger byggnadsverk en lång livslängd utan att materialets egenskaper förändras. Det ger möjlighet att återanvända och bygga om befintliga betongbyggnader istället för att bygga nytt, och möjliggör också framtida återanvändning av de betongstommar som byggs idag.

Tack vare långsiktiga satsningar på forskning, utveckling och standardisering har kunskapsnivån för betongbyggande i Sverige sedan länge varit hög. Det finns därför många äldre betongbyggnader av god standard som därmed lämpar sig väl för ombyggnad med återanvändning av befintlig stomme. Det finns också väletablerade tekniker för förstärkning, isolering och reparation med vars hjälp man kan anpassa byggnaden till nya krav på funktion och energiprestanda.

Byggnader med stomme och fasad av betong har därför goda förutsättningar att kunna återanvändas, vilket är syftet med miljöaspekterna enligt BREEAM, det vill säga förlänga byggnaders livslängd och därmed minska miljöpåverkan från att riva och bygga nytt.



Standarder för beständiga betongkonstruktioner

Uppförande av betongkonstruktioner i Sverige har reglerats av statliga normer och bestämmelser där en av avsikterna varit att säkerställa konstruktionernas beständighet och därmed livslängd [1].

- Perioden 1926–1994: Statliga betongbestämmelser.
- Perioden 1994–2004: Statliga regler i kombination med av staten godkända handböcker.
- Från och med 2004: Europeiska standarder med tillhörande svenska anpassningsdokument.

Från 1970-talet och framåt har stora satsningar gjorts för att kartlägga betongens beständighet och inverkan faktorer. Eftersom den omgivande miljön (fukt, syre, salt, koldioxid, temperatur, aggressiva kemikalier mm) visat sig ha avgörande betydelse för konstruktionens beständighet, ställs kraven utifrån miljöpåverkan. I BBK79 infördes sex miljöklasser och i nuvarande betongstandard EN 206-1 indelas miljön i inte mindre än 18 olika så kallade exponeringsklasser [2]. Idag finns också modeller för livslängdsdimensionering av betongkonstruktioner i olika miljöer [3].

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

God bärförmåga, beständighet och stora spännvidder möjliggör återanvändning

Betongkonstruktioner har en god bärförmåga och har normalt en outnyttjad kapacitet för att kunna hantera tillkommande laster som orsakas av att verksamheten i en byggnad förändras eller anpassas (till exempel flytt av tung utrustning, arkiv etc). Betongens inbyggda reserv innebär att förändrade laster normalt kan hanteras utan att speciella åtgärder krävs. Detta innebär också en mindre risk för allvarliga konsekvenser som kan bli följden av exempelvis oförutsedda laster [5].

Betongens goda bärförmåga i kombination med modern armeringsteknik gör det även möjligt att bygga med stora spännvidder, vilket ger god flexibilitet för att anpassa planlösningen till nya behov utan omfattande ingrepp i den bärande stommen.

Efterspänd armering är en teknik som gjort det möjligt att skapa enhetliga byggnader med stora, fria ytor vilket ger många fördelar vid exempelvis ändrad användning av en byggnad. En annan fördel är att byggnadens vikt reduceras eftersom betongkonstruktionerna kan göras slankare. Tekniken finns i många befintliga konstruktioner, speciellt i industribyggnader, parkeringshus, varuhus och kontorsbyggnader.



Figur 20. Med betong är det möjligt att bygga med långa spännvidder vilket möjliggör öppna ytor som skapar god flexibilitet då planlösningen enkelt kan anpassas .

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Med hjälp av moderna förstärkningsmetoder är det även möjligt att behålla skadade delar av en stomme eller att hantera stora tillkommande laster. Förstärkningsmetoder kan vara pålimmade plattor av stål eller kolfiber och pågjutning med bruk eller betong [7]. Metoden med pålimmade kolfiberplattor eller väv har blivit allt vanligare eftersom den är snabb och enkel att utföra och inte kräver något utrymme.

En betongstomme utsätts normalt inte för aggressivt angrepp – exempelvis salt, fukt eller upprepad frysning och upptining – vilket innebär att den heller inte förlorar sina egenskaper eller funktion. Betongen kommer att karbonatisera, men i torr inomhusmiljö har det ingen betydelse för funktionen. Med en typisk husbyggnadsbetong och användning av normalstora täcksikt kan konstruktionens livslängd uppgå till minst 100 år med inget eller mycket litet behov av underhåll [9]. Denna kunskap har funnits och tillämpats via standardisering sedan 1970-talet.



Karbonatisering

Karbonatisering innebär att betongen tar upp koldioxid ur luften och binder den kemiskt [4]. Ur miljösynpunkt är denna process positiv i och med att koldioxid från luften binds upp i betongen.

Enkla metoder ger förlängd livslängd

Det finns metoder för att göra tillståndsbedömningar av äldre betongkonstruktioner och med hjälp av modeller kan man bedöma återstående livslängd och behov av förebyggande åtgärder och underhåll. Detta är aktuellt för utsatta utomhuskonstruktioner. Likaså finns stor kunskap om olika metoder för reparation och underhåll, allt från enkla till mycket avancerade beroende på konstruktionens status och krav på utökad livslängd [6]. I många fall kan livslängden förlängas betydligt genom enkla metoder, till exempel ytbehandling, som sänker fukthalten och därmed stoppar eller fördröjer angrepp i salthaltig miljö.

Tilläggsisolering

Äldre betongfasader håller ofta inte den isolerstandard som idag krävs vid nybyggnad, men det är möjligt att tilläggsisolera befintliga betongfasader för att bättre möta dagens krav. En vanlig åtgärd på betongfasader från 1960-talet är att man utanpå ny isolering klär fasaderna med skivmaterial som sedan putsas, vilket självklart ger fasaden ett helt annat intryck jämfört med originalet [8].

Nya betonghus byggs med helt andra prestanda vilket innebär att modernare hus i betong inte behöver tilläggsisoleras.

Återanvändning

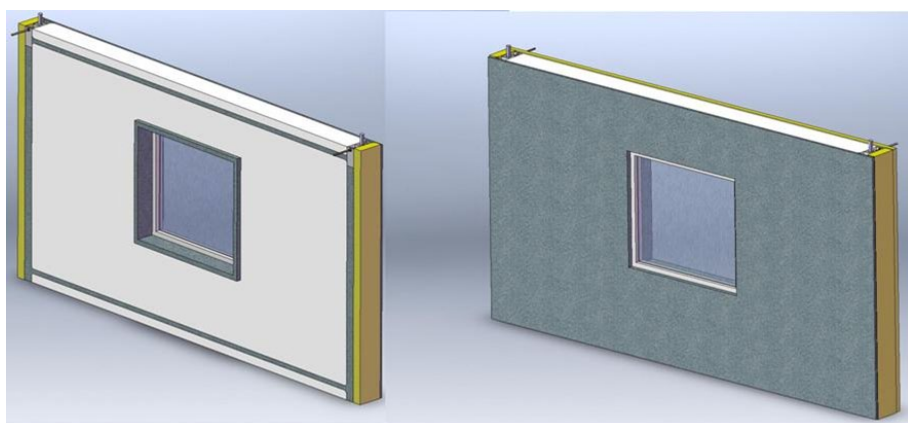
Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure



System för nybyggnad, renovering och ombyggnad

Soleed-systemet (Soleed BYGG och Soleed ROT) är ett nyutvecklade bygg- och fasadrenoveringssystem baserat på en ny typ av betongprefabteknik. Kombinationen av en optimal konstruktion utifrån extremt tunna skikt av högpresterande betong ger ett byggsystem som förbättrar många egenskaper hos ytterväggen och faktorer i byggprocessen. FEM-konceptet (Fukt, Energi, Miljö) minskar risken för fuktskador, ger en optimalt isolerad vägg utan köldbryggor samt minskar miljöbelastningen av CO₂ genom optimalt materialutnyttjande och ett minimum av transporter.

Soleed BYGG- och ROT-system består av förtillverkade element i högvärdig betong för renovering och energiförbättring av byggnaders ytterväggar och yttertak. Systemet medger även möjlighet att, tillsammans med tilläggsisoleringselementen, montera nya balkongelement. Eftersom fasadelementen är bärande finns det även möjlighet, utan att belasta befintlig stomme, att bygga på en våning eller flera vilket är ekonomiskt fördelaktigt.



Figur 21. Vänster: Fasadelement sedd från baksida med isolering (vitt = cellplast och gult = mineralull) samt förstärkningar i betong (grått). Höger: Fasadelementet framifrån med helt betongytterskikt.

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Tips och exempel

Framtida återanvändning

Med dagens utvecklade kunskap inom betongteknik har betongkonstruktioner en livslängd som är längre än 100 år [9]. Detta ger goda möjligheter för kommande generationer att återanvända de betongkonstruktioner vi bygger idag.

Följande är viktigt att beakta vid utformning av hus för framtida återanvändning, ombyggnader och anpassningar till nya behov:

- Med betong kan man bygga med stora spännvidder vilket ger god flexibilitet för att anpassa planlösningen till framtida behov utan omfattande ingrepp i den bärande stommen.
- Det finns både platsgjutna och prefabricerade stomsystem som har stor flexibilitet och som lämpar sig mycket bra för kontorshus. Ett exempel på sådant stomsystem är pelardäck [5].
- Med efterspänd armering är det möjligt att skapa enhetliga och lätta byggnader med stora, fria ytor som ger många fördelar vid exempelvis ändrad användning av en byggnad.
- Utnyttja i möjligaste mån betongens egenskaper som ytmaterial. Exempelvis kan betongen slipas till färdig slityta för golv, och väggar behöver inte målas eller ytbeläggas. Betong tål fukt mycket bra och kan därför användas som ytskikt i våtutrymmen. Alla dessa åtgärder möjliggör återanvändning och återvinning utan att olika material behöva separeras, vilket underlättar hela processen.
- Välj rätt betongkvalitet och skyddsåtgärder i utsatta byggdelar, till exempel garage och P-hus.
- Förbered redan från början för nedmontering, separering av olika materialslag, installationer etc.
- Tekniska installationer och andra system med kortare livslängd kan göras åtkomliga för reparation och utbyte i ett senare skede. Lösningar för detta diskuteras bland annat i referenserna [10] respektive [11].

Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Exempel Ombyggnad av kontor, Kista

Ombyggnationen av Ericssons kontor i Kista (Borgarfjord 3) är ett bra exempel där man tillvaratagit den befintliga stommen och fasaden och därmed sparat på naturresurser, figur 22. Uppemot 95% av den befintliga stommen och fasaden (merparten utförd i betong och tegel) behölls. Ombyggnationen certifierades med LEED och återanvändning av stomme och fasad gav i detta fall poäng för exemplariskt utförande.



Fakta Borgarfjord 3

Fastighetsägare: Areim

Hyresgäst: Ericsson

Arkitekt (ombyggnad): White och Arcona

Entreprenör: Arcona

Inflyttning: Slutet av 2010

Figur 22. Ericssons kontor efter ombyggnad. Betongstomme och tegelfasad sparades vilket gav poäng enligt LEED. Foto: Pia Öhrling.



Återanvändning

Mat 3 och 4 – Re-Use of Facade and Structure

Exempel Siloetten (ombyggnad av betongsilo), Løgten, Danmark

Siloetten är en 60 år gammal spannmålssilo som byggts om till moderna lägenheter. Den gamla silokonstruktionen som numera utgör den bärande kärnan i byggnaden består av platsgjuten betong.



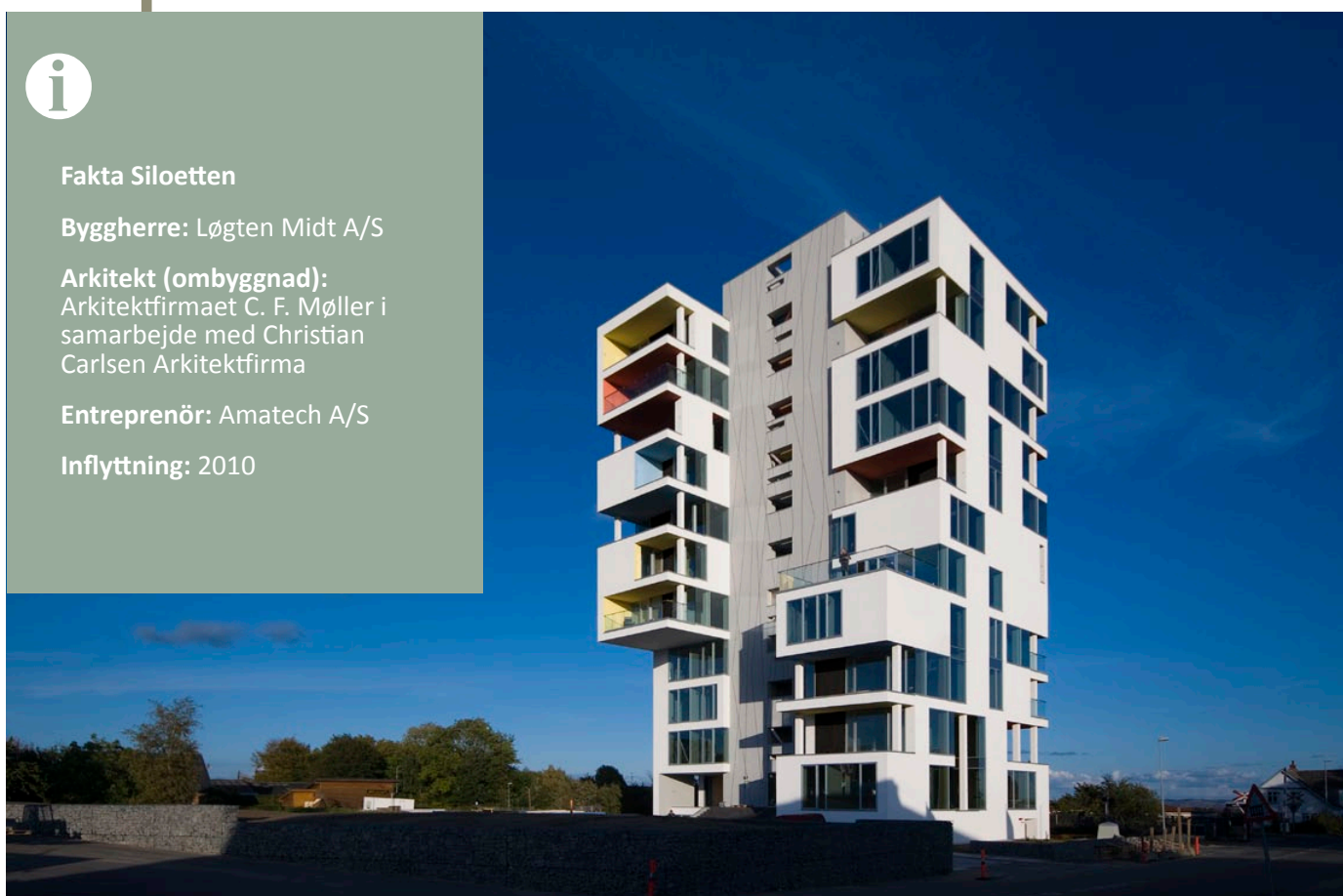
Fakta Siloetten

Byggherre: Løgten Midt A/S

Arkitekt (ombyggnad):
Arkitektfirmaet C. F. Møller i
samarbejde med Christian
Carlsen Arkitektfirma

Entreprenör: Amatech A/S

Inflyttning: 2010



*Figur 23. Siloetten i Løgten. Silobyggnadens betongkonstruktion utnyttjades som bärande och stabiliserade kärna i det nya höghuset. Därmed sparades resurser i samband med rivning och nybyggnation.
Källa. Amatech.*

Referenser

1. Fagerlund, G. (2010). Betongkonstruktioners beständighet. En genomgång av officiella svenska regler 1926-2010. Lunds Tekniska Högskola.
2. Svensk Standard SS-EN 206-1 (2001). Betong – del1: Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse, SIS.
3. Betongföreningen (2007). Vägledning för livslängdsdimensionering av betongkonstruktioner. Betongföreningen Betongrapport nr 12 2007.
4. Svensk Byggtjänst (1994). Betonghandbok Material.
5. Svensk Betong (2012). Betongbanken. Internet: www.betongbanken.se.
6. NPRA (2004). Repair methods – A Review. NORECON Network on Repair and Maintenance of Concrete Structures. Norwegian Public Roads Administration, Oslo, 2004.
7. Svensk Standard (1997). Betongkonstruktioner – Produkter och system för skydd och reparation – Del 6: Material för förankring av armering, SS – ENV 1504-9:1997.
8. Stockholm Stad (2012). Byggnadsvård Stockholms stadsmuseum, Internet: www.stadsmuseum.stockholm.se.
9. Öberg, M. (2005). Integrated life cycle design – application to Swedish concrete multidwelling buildings. Doktorsavhandling Lunds Tekniska Högskola.
10. Adler, P. (2005). Bygga industrialiserat. Svensk Byggtjänst.
11. Sandgren, J. (2008). Samordning av installationer och platsguten betongstomme i flerbostadshus. Examensarbete TVBK 5167 Lunds Tekniska Högskola.

Läs mer

1. Betongbanken: Internet: www.svenskbetong.se
2. Bygga med Prefab. Internet: www.svenskbetong.se
3. Byggnadsvård - Stockholms Stadsmuseum, Internet: www.stadsmuseum.stockholm.se
4. Gillberg, B. Fagerlund, G. Jönsson, Å., Tillman, AM. Betong och Miljö, Fakta från Betongforum. Svensk Byggtjänst, 1999.
5. Rebet – Nätverket för betongreparationer. Internet: www.rebet.org
6. Öberg, M. Integrated life cycle design – application to Swedish concrete multidwelling buildings. Doktorsavhandling Lunds Tekniska Högskola, 2005.

Ansvarsfull utvinning av material

Mat 5 – Responsible Sourcing of Materials

Ansvarsfull utvinning av material

Mat 5 – Responsible Sourcing of Materials

Tillgängliga poäng: 3

Syfte

Att uppmuntra till ansvarsfull utvinning och tillverkning av material och produkter som används i byggnader.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

För poäng krävs att minst 80 % (baserat på volym) av materialet i respektive byggnadsdel är utvunnet på ett ansvarsfullt sätt. Delarna som ingår är stomme, bottenplatta, golvbjälklag, tak, yttervägg, innerväggar, grund och trappor. (Isolering, infästningar, lim, tillsatsmedel m.m. ingår ej.)

Delpoäng sätts utifrån volymandel och nivån av hållbar utvinning för respektive byggnadsdel. Bevis på att materialet har utvunnits på ett ansvarsfullt sätt krävs. T.ex. genom certifiering av material eller miljöledningssystem. Både utvinning av råmaterial och tillverkning ska styrkas. (Enbart tillverkning ger lägre poäng.)

Certifierade eller återanvända produkter ger störst möjlighet till poäng. T.ex. FSC- och PEFC-certifierat material eller material som uppfyller BRE standard, BES 6001 [1]. Miljöledningssystem hos tillverkaren, t.ex. ISO 14001, ger något lägre poäng. Produkter som innehåller av stor andel återvunnet material ger poäng utan certifiering.

Delpoängen summeras via ett beräkningsverktyg (Mat 5 calculator), som tillhandahålls av projektets BREEAM Assessor. Summan utgör underlag för slutlig poängsättning.

Ansvarsfull utvinning och tillverkning av betong

Betong är ofta lokalt producerad. Den innehåller få delmaterial, som till största delen också utvinns lokalt. Detta ger korta leverantörskedjor, vilket gör det lättare att ta fram dokumentation över utvinningen. Dessutom är ofta byggdelen av betong nästintill homogena i sin uppbyggnad, t.ex. fasader, innerväggar och bjälklag. Det gör det också enklare att spåra hur väl kriterierna för ansvarsfull utvinning och tillverkning uppfylls.

I Sverige är de större tillverkarna av fabriksbetong och betongelement kvalitets- och miljöcertifierade enligt ISO 9001 och ISO 14001. Även



I den svenska versionen av BREEAM förändras inte detta krav.

Ansvarsfull utvinning av material

Mat 5 – Responsible Sourcing of Materials

cementproduktionen och flera ballasttillverkare har båda certifieringarna. En betongbyggnad har med andra ord goda poängmöjligheter, eftersom betongen utgör en stor del av materialet i relevanta konstruktionsdelar.

Tabell 5. En översikt av betongens möjligheter till poäng.

Miljöcertifieringssystem	Nybyggnad	Om/Tillbyggnad	Förutsättningar
BREEAM Mat 5 – Responsible Sourcing of Materials	JA	JA	Certifierad enligt BES 6001 (hållbar utvinning av råvaror) Alternativt: ISO 14001 certifiering av • Betongproduktion • Cementproduktion • Utvinning och tillverkning av ballast råvaror • Återvunna material

Betongtillverkningen i Sverige är ISO-certifierad i flera led

Betong består av sten, grus och sand i olika fraktioner, som blandas med cement. Vatten tillsätts för att härdningsprocessen ska starta, och små doser av tillsatsmedel ger betongen särskilda egenskaper. Betong tillverkas oftast lokalt. Delmaterialen utvinns vanligtvis också lokalt. Detta ger korta leverantörskedjor, vilket underlättar arbetet med att ta fram dokumentation som visar att utvinning och tillverkning sker på ett ansvarsfullt sätt.



Figur 24. Merparten av de större företagen som tillverkar betong, ballast och cement, är ISO-certifierade.

Ansvarsfull utvinning av material

Mat 5 – Responsible Sourcing of Materials

I tabell 6 beskrivs tillverkningen av en normal husbyggnadsbetong. Delmaterialen redovisas i betongleverantörernas byggvarudeklarationer. Delmaterialens vikt gäller för tillverkning av en kubikmeter betong.

Tabell 6. Beskrivning av processer för utvinning av råmaterial.

Delprocess	Beskrivning
Cementtillverkning (300 kg)	Det finns en leverantör av cement som har tillverkning i Sverige. Tillverkningen sker på tre platser, Slite, Degerhamn och Skövde. Leverantören är certifierad enligt ISO 9001 och ISO 14001. Råvarorna består i huvudsak av kalksten som utvinns lokalt vid fabrik, sand från Baskarp eller Bornholm och gips som importeras från Danmark eller Spanien [2]. Cement för tillverkning av fabriksbetong och betongelement distribueras i bulk till en av landets 18 depåer. Transporten sker till 98 % med båt och 2 % med bil [2]. Den sista biten från depå till betongfabrik sker med bulkbil. För att minska utsläpp av koldioxid pågår även försök med att blanda in restmaterial för att minska andelen klinker i cementet [3]. Användning av restmaterial (tillsatsmaterial) vid tillverkning av betong regleras i den svenska betongstandarden, SS-EN 206-1 [4].
Ballasttillverkning (1 850 kg)	Ballast i betong avser både krossat berg och naturballast. Historiskt har man använt naturballast, men eftersom det är en ändlig resurs sker nu en övergång till krossat berg [5]. Numera är en blandning av naturballast och bergkross vanligast. Forskning och utveckling pågår för att göra det tekniskt möjligt att helt gå över till krossad ballast, även i de mindre fraktionerna [5]. I Sverige finns flera leverantörer av krossat berg och naturgrus. Både berg- och grustäkter är ofta lokaliserade i närheten av betongfabrikerna. De flesta leverantörer av ballastmaterial i Sverige är kvalitets- och miljöcertifierade enligt ISO 9001 och ISO 14001.
Vattenanvändning (180 liter)	I huvudsak används dricksvatten från kommunal anläggning, men även återvunnet processvatten.
Tillsatsmedeltillverkning (1 kg)	Det finns leverantörer med produktion i Sverige, och transport till betongfabrik sker för det mesta med bulkbil. Flera leverantörer på marknaden är kvalitets- och miljöcertifierade enligt ISO 9001 och ISO 14001. Tillsatsmedel består oftast av harmlösa naturprodukter [6].
Betongtillverkning (1 kbm / ca 2300 kg)	I Sverige tillverkas fabriksbetong i ca 230 produktionsanläggningar över hela landet. Transport från fabrik till byggplats sker med roterbil. När det gäller betongelement finns ca 120 produktionsanläggningar, varifrån elementen transporteras med bil för att monteras på plats. Den geografiska spridningen gör att transporten från produktionsanläggning till byggplats är kort. Den hårdnade betongen kan krossas och användas som fyllnadsmaterial i vägar, eller som ballast i ny betong. Viss del av cementen kan ersättas av restmaterial, t.ex. slagg eller flygaska för att minska koldioxidutsläpp. De flesta tillverkarna av fabriksbetong och betongelement är kvalitets- och miljöcertifierade enligt ISO 9001 och ISO 14001.

Översikt över berörda tillverkningsprocesser

BREEAM ställer krav både på utvinning av råmaterial och tillverkning av huvudmaterialet. Man talar om huvudprocess (key process) och leverantörsprocess (supply chain process). Tabell 7 visar vad som omfattas.

Tabell 7. Beskrivning av vilka delar i betongprocessen som omfattas av kraven på ansvarsfull utvinning och tillverkning.

	A) Huvudprocess	B) Leverantörsprocess
Platsgjuten betong inklusive flytspackel, puts- och murbruk	Tillverkning av fabriksbetong	Cementtillverkning Ballasttillverkning
Prefabricerade betongprodukter inklusive betongsten, takpannor m.m.	Tillverkning av betongelement	Cementtillverkning Ballasttillverkning

Exempel

Betong innehåller relativt få delmaterial som alla är spårbara. Detta är en fördel då underlag för klassning i denna aspekt ska tas fram. Betong har en stor inverkan på det slutliga betyget i projekt eftersom produkten ofta upptar en stor andel av den totala volymen byggmaterial.

Bostadshus med platsgjuten stomme i Stockholm

Betongen tillverkas på betongfabrik i Stockholm. Tillverkaren är certifierad enligt ISO 9001 (kvalitet) och ISO 14001 (miljö). Även leverantör av cement, ballast och tillsatsmedel har båda certifieringarna.

Råvarornas ursprung:

- Cement: Transport med båt från Slite till depå i Stockholm. Därefter transport med bil från depå till betongfabrik i Stockholm, ca 5 km. Råvarans ursprung kan spåras.
- Ballast: Uttag från grustag i Stockholmsområdet och transport till betongfabrik, ca 20 km. Råvarans ursprung kan spåras. En blandning av lika delar naturballast och bergkross används.

Ansvarsfull utvinning av material

Mat 5 – Responsible Sourcing of Materials

Kontorshus med prefabstomme i Malmö

Betongelementen tillverkas i Skåne. Tillverkaren är certifierad enligt ISO 9001 och ISO 14001. Leverantör av cement, ballast och tillsatsmedel likaså.

Råvarornas ursprung:

- Cement: Transport med båt från Slite till depå i Malmö. Därefter transport med bil från depå till elementfabrik i Skåne, ca 50 km. Råvarans ursprung kan spåras.
- Ballast: Uttag från grustag i Skåne och transport till betongfabrik, ca 5 km. Råvarans ursprung kan spåras. En blandning av lika delar naturballast och bergkross används.



Figur 25. Platsgjuten betong är ofta lokalt producerat där fabrikerna ligger nära byggarbetsplatsen.

Referenser

1. BSI (2009). BES6001 Responsible sourcing of materials. www.bsigroup.co.uk/en/Assessment-and-Certification-services/Managementsystems/Standards-and-Schemes/BES-6001/
2. Cementsa (2011). Byggvarudeklaration yttre miljö. Maj 2011. www.cementa.se
3. Cementsa (2009). Slitefabrikens informationsblad till närboende. Bilaga till Heidelberg Cement Northern Europes hållbarhetsredovisning 2008–2009.
4. SIS (2001). Betong del 1: Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse. SS-EN 206-1.
5. Cementsa (2009). Bergkross i betong. Broschyr, Cementsa AB. www.cementa.se
6. Gillberg, B. m.fl. (1999). Betong och miljö. Fakta från Betongforum, Svensk Byggtjänst.
7. BREEAM (2012). Internet: www.breeam.org.

Läs mer

1. The Concrete Centre (2010). Concrete Credentials. www.concretecentre.com
2. The Concrete Centre (2010). Material Efficiency. www.concretecentre.com

Robust utformning

Mat 7 - Designing for Robustness

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

För att minimera utbyte av material på grund av slitage och skador.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

Poäng kan erhållas om byggnaden utformas med robusta lösningar och slitstarka material.

Ytor och utrymmen med högt slitage och risk för påkörningsskador ska identifieras och skyddsåtgärder vidtas. Projekterade lösningar eller åtgärder ska inkludera:

- Skydd från gångtrafik i entréer, offentliga ytor och passager.
- Skydd från vagnar eller fordon i förråds-, leverans-, korridors- och köksutrymmen.
- Utvändiga skydd mot fordonskollisioner vid parkering och manövrering.



I den svenska versionen av BREEAM förändras inte detta krav..

Betong – ett robust material

Betongens styrka och tålighet gör att den ofta används för ytor som utsätts för extremt högt slitage och mekanisk påverkan. Exempelvis som beläggningsmaterial på hårt trafikerade vägar och tungt belastade industriytor. Eller som skydd mot påkörning i trafik-, industri- och logistikanläggningar.



Figur 26. Betong lämpar sig mycket väl för användning i ytor som regelbundet utsätts för stort slitage.

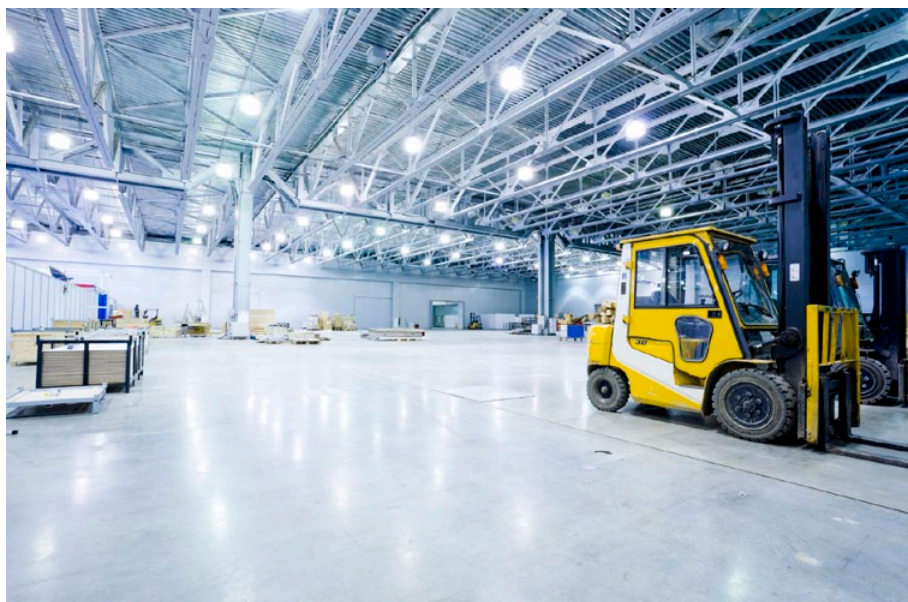
Hur stor slitstyrka krävs? På en skala mellan A och D

Slitstyrkan är framförallt viktig i golvytor, trappor och liknande. Krav anges enligt Hus AMA i kvalitetsklasserna A-D, där A ställer högst krav.

A. Kvalitetsklass A gäller främst industrigolv med medeltung till tung belastning. Klass A kräver hållfasthetsklass C40/50 i ytskiktet; en betong av högre kvalitet än normal husbyggnadsbetong [1]. För att tillverka betong som uppfyller klass A kan normal svensk ballast användas. Golvet glätts (och slipas eventuellt) till önskad ytfinish. Klass A kan också uppnås med hårdbetong – en speciellt sammansatt betong med mycket hög slitstyrka, som oftast appliceras som ett yttersta skikt där slitstyrkan behövs.

Ett rejält nötningsmotstånd (0,2 mm) krävs i klass A, vilket ställer höga krav på såväl material som utförande. Vid slipande nötning tenderar material såsom hårdbetong, med hårda ballastmaterial och hårdplastbeläggningar, att uppvisa bättre egenskaper än rena betongytor [1].

B. Kvalitetsklass B gäller betonggolv i t.ex. industri- och lagerlokaler, butiksytor, garage och offentliga lokaler med stor gångtrafik. Golv i klass B utförs normalt av betong med hållfasthetsklass C 32/40, som kan vakuumbehandlas och maskinglättas för att uppnå det höga kravet på nötningsmotstånd (0,4 mm).



Figur 27. Betonggolv av kvalitetsklass B lämpar sig väl för industrilokaler.

C. Vinds- och garagegolv i småhus hör till kvalitetsklass C. Ett annat exempel är undergolv av betong för asfaltmassor i industrilokaler. Golv i klass C utförs med normal husbyggnadsbetong (C 25/30). Och kombineras ofta med vakuumbehandling och maskinglättning för att kravet på slitstyrkan 0,8 mm ska uppnås.

D. Kvalitetsklass D gäller för enskiktsbjälklag där platsgjuten betong, i valv eller platta på mark, beläggs med linoleum eller plastmatta. Exempelvis i bostäder och kontor. Klass D gäller också för undergolv, under isolering och fogplattor.

Betong skyddar även mot slag. T.ex. vid påkörning av fordon eller vagnar. Betongfasader och invändiga betongväggar ger ett bra inbyggt skydd. Slagstyrkan kan förbättras genom en ökning av betongens tryckhållfasthet. Och genom inblandning av stålfibrer, vilket ger en ökad slagseghet [1].

Viktigt att tänka på

- Vid höga krav på slitstyrka är det viktigt att välja rätt materialsammansättning och metod för utförande.
- Efterhärdning är en nyckelfaktor för att lyckas med nygjuten betong. Inte minst när det kommer till att uppnå kraven på hållfasthet och sprickbegränsning.
- Slitstyrkan ökar markant med antalet glättningar av ytan. Vid höga krav bör man glätta minst tre gånger.
- När betongytan ska slipas och fungera som exponerad slityta är det viktigt att planera för det, i god tid före gjutning. För ett bra resultat måste krav ställas på hållfasthet och begränsning av sprickor och sprickvidder.
- Betong med hög hållfasthet kräver ökad mängd armering.
- Att använda hårdbetong som ett yttre slitskikt ger stora valmöjligheter; den finns i många olika färgskalor och variationer av ballast.

Exempel

Här följer ett par exempel på golvlösningar vid mycket höga krav på slitstyrka.

Entrégolv i kontorshus

Krav: En estetisk, slitstark och lättstädad yta. Ytan utsätts för frekvent gångtrafik, vatten, smuts med gruskorn och lättare transport av väskor och rullvagnar. Golvet ska uppfylla kvalitetsklass B.

Alternativ 1: Golvet gjuts med betong av hög kvalitet (C40/50), som i färskt tillstånd glättas till önskad ytfinish. När ytan hårdnat slipas den i flera steg, beroende på vilken blankhet man önskar. Fördelen med den här lösningen är att man får ett massivt enskiktsgolv med högt nötningsmotstånd genom hela betongmatrisen. Och därmed en reptålig yta.

Alternativ 2: Golv av normal betongkvalitet beläggs med 12 mm hårdbetong. Och slipas sedan i flera steg, beroende på önskad ytfinish. Valmöjligheterna är stora när det gäller estetik, eftersom hårdbetong finns i många olika kulörer och varianter av ballast.

Referenser

1. Betongföreningen (2008). Industrigolv – Rekommendationer för projektering, materialval, produktion, drift och underhåll, Betongrapport nr 13:2008.
2. Svensk Byggtjänst (2011). AMA Hus 11 Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten.
3. Svensk Byggtjänst (1992). Betonghandboken Arbetsutförande, utgåva 2.
4. SIS (2005). Betongprovning - Hårdnad betong – Nötningsmotstånd, Svensk standard SS 137241.

Ämnen med farliga egenskaper

Ämnen med farliga egenskaper

Hazardous substances*

Tillgängliga poäng: 2

* Nytt krav i den svenska översättningen.

Syfte

Att minska andelen byggprodukter som innehåller ämnen med farliga egenskaper.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

- Ett godkänt system, t.ex BASTA [1], har använts för utvärdering av innehåll av ämnen med farliga egenskaper.
- Använda produkter ska inte innehålla så kallade utfasningsämnen enligt Kemikalieinspektionens definition.



I den svenska versionen av BREEAM införs kraven ovan. Dessutom tillkommer krav på dokumentation genom byggvarudeklarationer i Man 4.

Betong – ett naturligt material

Betong består av ballast (sten, grus och sand), cement och vatten. Dessutom ingår mycket små mängder tillsatsmedel som förbättrar betongens egenskaper, till exempel beständighet och gjutegenskaper, men som även begränsar betongens miljöpåverkan i form av CO₂-emissioner.

Mineraliska tillsatsmaterial och filler kan ingå i vissa cementtyper eller ersätta viss del cement vid tillverkningen av betongen. På så sätt kan man anpassa betongens egenskaper för specifika applikationer och även minska CO₂-påverkan.

Varken tillsatsmedlen eller tillsatsmaterialen påverkar betongens innehåll av utfasningsämnen.

Betong är vår tids mest använda byggnadsmaterial och den består nästan helt av naturliga råvaror [3]. Betong består nämligen till cirka 80 procent av grus, sand och sten. Resten utgörs främst av vatten (6 procent) och cement (14 procent) som i sin tur huvudsakligen tillverkas av kalksten.

Ämnen med farliga egenskaper

Hazardous substances

När betongen blandas sker en kemisk reaktion som gör att blandningen efter en stund hårdnar. I den färska betongen bildas alkaliska reaktionsprodukter som gör att den färska betongen klassas som Xi irriterande. All kontakt med hud ska därför undvikas vid hanteringen av den färska betongen. När betongen hårdnat har massan övergått till fast struktur och är inte längre skadlig att komma i kontakt med. Hårdnad betong är inte klassad som hälso- eller miljöfarlig.

Mineraliska tillsatsmaterial och filler kan ingå i vissa cementtyper eller ersätta viss del cement vid tillverkningen av betongen. På så sätt kan man anpassa betongens egenskaper för specifika applikationer och även minska CO₂-påverkan. Utöver dessa beståndsdelar kan tillsatsmedel tillsättas i mindre doser för att förbättra betongens egenskaper.



Figur 28. Betong är nästintill ett helt stenbaserat material.

Tillsatsmedel förbättrar betongens egenskaper och ger produktionstekniska, funktionsmässiga, ekonomiska och miljömässiga fördelar. Utan tillsatsmedel i betong skulle den moderna, tekniskt avancerade byggteknik som används idag, inte vara möjlig. Det finns många olika typer av betongtillsatsmedel. De vanligaste är flytmedel, vattenreducerare, luftporbildare, retarder och accelerator [4].

De allra flesta tillsatsmedlen på marknaden består i dag av naturprodukter och dessa innehåller normalt inga ämnen som klassas som farliga för

Ämnen med farliga egenskaper

Hazardous substances

hälsa eller miljö. Genom den information och fakta som via BASTA-registret, säkerhetsdatablad samt byggvarudeklarationer (BVD3) lämnas av tillsatsmedelstillverkaren, kan användaren försäkra sig om att produkterna inte innehåller ämnen med farliga egenskaper.

I husbyggnadsbetong används normalt flyttillsatsmedel. I genomsnitt går det åt cirka 1 kg koncentrerat betongtillsatsmedel till 1m³ (=2300 kg) betong, dvs. cirka 0,04 procent av betongens vikt. Dagens flytmedel är ofta baserade på modifierad polykarboxylat, ett ämne som inte är klassat som farligt för människa eller miljö.

Mätningar visar att tillsatsmedlen inte ger några emissioner till inomhusmiljön och det finns inget skadefall från så kallade "sjuka hus" där problemen kommit från betongtillsatsmedlen. Tester har även utförts för att utreda risken för urlakning av tillsatsmedel ur betong [6, 7]. Resultaten har visat att urlakningen ur deponerad betong är så låg att den knappt är mätbar. Ingående ämnens farlighet är dessutom låg vilket gör att risken för skador på miljön bedöms som mycket liten.

Arbetsmiljö

Med hjälp av flyttillsatsmedel kan betongen göras självkompakterande vilket betyder att den flyter ut helt av sig själv. Tunga arbetsmomentet med hantering och vibrering kan uteslutas samtidigt som bullernivån minskar betydligt.



Figur 29. Utan flyttillsatsmedel är det omöjligt att tillverka en självkompakterande betong som bl.a. eliminerar ett tungt arbetsmoment, nämligen vibreringen av betong.

Ämnen med farliga egenskaper

Hazardous substances

Hållbarhet och livslängd

Med hjälp av luftporbildande tillsatsmedel kan betongen göras frostbeständig, vilket avsevärt ökar livslängden hos frostutsatta utomhuskonstruktioner [8].

Med flyttillsatsmedel kan cementkornen i betongblandningen dispergeras bättre, vilket gör att cementet utnyttjas effektivare. Därmed kan man minska mängden cement, vilket är positivt, eftersom cementtillverkningen både är energikrävande och ger upphov till koldioxidutsläpp.

Få materialtyper

Betong gör det möjligt att med få andra material, till exempel isolering, skapa vägg- och bjälklagskonstruktioner som uppfyller alla de krav som ställs på en byggnad - inte minst när det gäller energiförbrukning – men även t ex säkerhet mot fukt och brand. Att konstruktionsdelarna innehåller ett fåtal materialtyper gör det enkelt att påvisa att det inte förekommer ämnen med farliga egenskaper.

Tips

Betong består nästan helt och hållet av naturliga material och innehåller inga ämnen med farliga egenskaper. För att verifiera betongprodukternas innehåll av ämnen och därmed kunna uppfylla krav som ställs enligt BREEAM rekommenderas följande:

- Kontrollera om Byggvarudeklaration BVD3 enligt Kretsloppsrådets anvisningar finns. De flesta betongtillverkarna har en gemensam byggvarudeklaration för färsk och hårdnad betong som följer Kretsloppsrådets anvisningar för byggvarudeklarationer (BVD3). För mer detaljerad information om ämnen som ingår i ett specifikt tillsatsmedel hänvisas till tillsatsmedelstillverkarens hemsidor [9, 10, 11, 12].
- Kontrollera om produkten finns registrerad hos BASTA, se www.bastaonline.se. BASTA registrerade produkter uppfyller kravet, dvs innehåller ej utfasningsämnen. Informationen kan även inhämtas från bedömningssystemen Byggvarubedömningen eller Sunda Hus.
- Om produkten inte är dokumenterad enligt något av ovanstående alternativ eller om information saknas, ta kontakt med tillverkaren.

Referenser

1. BASTA (2011). Internet: www.bastaonline.se.
2. OEHHA (2011). Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986 Proposition 65, 2011, Office of Environmental Health Hazard Assessment, Internet: <http://oehha.ca.gov>.
3. Gillberg, B. m.fl. (1999). Betong och miljö. Fakta från Betongforum, Svensk Byggtjänst, 1999.
4. SACA (2011). Tillsatsmedel för betong, Swedish Association for Concrete Admixtures, Internet: www.saca.se.
5. Gälli, O.M. (1997). Assessment of the Environmental Compability of Concrete Admixtures, EFCA Report October.
6. Dransfield, J. M. (2004). Leaching admixtures from concrete. The European Association of Concrete Admixtures.
7. Häner, A., Gälli, R., Schluep, M., Mäder, U., Germann, A.(2009): Mass flow ananlyses and risk analyses of two modern superplastizisers. <http://www.efca.info/publications.html>
8. Svensk Byggtjänst (1994). Betonghandboken Material, utgåva 2.
9. SIKA (2011). Internet: www.sika.se.
10. BASF (2011). Internet: www.basf.se.
11. GRACE (2011). Internet: www.se.graceconstruction.com.
12. Rescon Mapei (2011). Internet: www.mapei.com.

Avfallshantering på byggarbetsplatsen

Wst 1 – Construction Site Waste Management

Avfall

Avfallshantering på byggarbetsplatsen

Wst 1 – Construction Site Waste Management

Tillgängliga poäng: 3

Syfte

Att minska avfallsmängd och deponering, och öka återvinningen av bygg- och rivningsavfall.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

Detta kriterium omfattar avfall som uppstår på byggarbetsplatsen vid rivning, ombyggnation eller nybyggnation.

- För ett poäng krävs en avfallsplan. Om rivning eller ombyggnad ingår krävs även en rivningsplan, inklusive en utredning av möjligheten till renovering istället för rivning.
- För två poäng krävs avfallsmål och att minst tre åtgärder för att minska avfall identifieras vid projekteringen. Målen och åtgärderna ska följas upp under och efter byggskedet.
- En extra poäng delas ut om minst tre nyckelfraktioner inte går till deponi. (Eller minimiantal enligt lokala regler + 1.)

Exemplary level-poäng utdelas om man under projekteringen identifierar alla nyckelfraktioner i avfallsplanen och identifierar minst fem åtgärder för att minska avfallsmängden. Minst fem fraktioner (eller minimiantal enligt lokala regler + 3) ska avledas från deponi.

Nyckelfraktioner (Key Waste Groups) anges i BREEAMs checklista A15b. Farligt avfall ska sorteras enligt lag och ingår därför inte i kravet på fraktioner ovan. Förbränning räknas inte som återvinning, men kan godtas om man visar att det är det bästa alternativet.



I den svenska versionen av BREEAM ändras kraven ovan. För tre poäng ska minst fyra fraktioner sorteras och avledas från deponi. För exemplarisk poäng föreslås källsortering enligt "Avfallsfraktioner på basnivå", enligt Kretsloppsrådets avfallsriktlinjer (www.kretsloppstadet.se). Sortering av avfall på byggarbetsplatsen rekommenderas istället för sortering på annan plats.

Avfallshantering på byggarbetsplatsen

Wst 1– Construction Site Waste Management

Betong kan återvinnas till 100 procent

Betong kan återanvändas alternativt återvinnas till 100 procent. Idag sker återvinning främst genom att överbliven betong från fabrik eller betong från rivningsprojekt krossas och används som fyllnadsmaterial. Det är också möjligt att använda överbliven krossad betong som ballast vid tillverkning av ny betong i fabrik.

Något avfall av överbliven färsk betong på byggarbetsplatsen vid nybyggnation uppkommer för det mesta inte, eftersom betongen gjuts i form på plats. Vid användning av prefabricerade betongelement är dessa förtillverkade på fabrik enligt föreskrivna mått och normalt uppkommer inget spill.

Om avfall av betong skulle uppstå, t ex vid rivning av uttjänta byggnader, kan denna återvinnas antingen som fyllnadsmaterial eller som ballast i ny betong [1]. Olika sätt att återanvända överbliven betong finns närmare beskrivet i avsnitt Återvunnet sten- och grusmaterial.



Figur 30. Betong från uttjänta byggnader kan återvinnas till hundra procent genom användning som fyllnadsmaterial på plats eller i annat projekt eller som ballastmaterial i ny betong.

Avfallshantering på byggarbetsplatsen

Wst 1– Construction Site Waste Management

Tips och exempel

Erfarenhet visar att det bästa sättet att återvinna hårdnad betong är att krossa den och använda som fyllnadsmaterial [2,3,4] där den har en utmärkt funktion. Nederländerna och Japan är exempel på länder där så gott som all uttjänt betong återvinns som fyllnadsmaterial i vägar etc. [3].

Att använda krossad betong som ballast i ny betong kan utgöra en liten miljövinst i betong med låg hållfasthet men för merparten av den betong som tillverkas finns begränsningar, t.ex:

- Kräver särskild hantering på betongfabriken, t.ex. särskilda silos
- Svårigheter att uppnå önskad arbetbarhet hos betongen
- Betong med krossad ballast har en tendens att kräva en högre cementhalt vilket är en nackdel ur perspektivet CO2 emissioner

Ett exempel på projekt där man återvunnet betong från en riven byggnad är Diligentias projekt Masthusen i Malmö. En mycket kraftig betongstomme som använts som Kockums båtvarv och SAAB's bilfabrik plockades ner och krossades i flera steg på plats. Armeringen skiljdes ut efter grovkrossning. Den finkrossade betongen spreds sedan ut som fyllnadsmaterial i området. Fördelarna var många:

- Marknivån kunde höjas vilket gjorde att grundvattnet var lättare att hantera under byggtiden samtidigt som risken för framtida översvämningar minskas.
- 350 000 ton betong återanvändes och därmed kunde man både minska kostnaderna och samtidigt reducera miljöpåverkan, bl.a. koldioxidutsläpp från transporterna.
- Man kunde undvika användning av fyllnadsmassor i form av jungfruligt material.



Figur 31. Rivningsbetong återanvändes i Diligentias projekt Masthusen och sparade på så vis en stor mängd lastbilstransporter. Foto: Claes Thureson.

Avfallshantering på byggarbetsplatsen

Wst 1– Construction Site Waste Management

Referenser

1. Molin, C. och Wahlström, P. (1997). Återvunnen, transportminimerad betong tillverkad och brukad på plats, SBUF rapport.
2. Dansk Betong (2012). I praksis umuligt at bruge nedknust beton som tilslag. Dansk Betong 3, August 2012.
3. CSI (2012). Recycling Concrete, Cement Sustainability Initiative (CSI), Internet: www.wbcdcement.org.
4. Braunschweig A. (2012). Recycled Concrete: Environmentally superior to virgin concrete?, ERMCO Congress Papers, Verona 2012.

Återvunnet sten- och grusmaterial

Wst 2– Recycled Aggregates

Återvunnet sten- och grusmaterial

Wst 2 – Recycled Aggregates

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att uppmuntra till användning av återvunnet material eller biprodukter istället för jungfruligt material.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

För poäng krävs att minst 25 % (vikt eller volym) av den totala mängden sand, grus, sten och makadam ersätts med återvunnet material eller biprodukter, istället för nytt material. Dvs. att man använder återvunna material (t ex schaktmassor, bygg- eller rivningsavfall) eller rest- och spillprodukter (t ex flygaska, slagg, glaskross) i betongstomme, bjälklag, grund, hårdgjorda ytor, fyllning och rörbäddar.

Ersättningsprodukten ska komma från någon av följande källor:

- Byggplatsen.
- Schakt-, bygg- eller rivningsavfall från avfallsbehandlingsanläggning som ligger max 30 km från byggplatsen. T.ex. krossad betong och tegel, eller schaktmaterial från vägbyggen. Längre avstånd tillåts om transporten till byggplatsen sker med tåg eller båt.
- Biprodukt (rest eller spill) från industri eller konsumentledet. T.ex. flygaska, silikastoft, slagg och återvunnet glas.



I den svenska versionen av BREEAM tillkommer krav på föroreningshalt och en justering av avståndet. (Där ett längre avstånd än 30 km accepteras i vissa fall.)

Återvinning med betong

Betong ger stora möjligheter till återvinning. Restmaterial från industriella processer kan återvinnas som ballast eller tillsatsmaterial i ny betong. Restbetong och riven betong kan krossas och användas som ballast i ny betong, eller som fyllnadsmaterial. Att användningen ökar beror både på miljömässiga, tekniska och ekonomiska fördelar. Tack vare teknikutvecklingen används också materialen på ett säkert sätt, utan risk för kvalitetsförsämringar i den färdiga produkten.

Återvunnet sten- och grusmaterial

Wst 2– Recycled Aggregates

Restmaterial i betong

Utvecklingen går mot allt större inblandning av restmaterial i cement och betong, t.ex. slagg, silikastoft och flygaska. Mineraliska tillsatsmaterial såsom slagg, silikastoft och flygaska används också [1, 2]. Glasfiller är ett annat restmaterial som används vid betongtillverkning. Det är industriellt framställt, högre och har väldefinierad finhet och partikelfördelningskurva [4]. Flera av materialen har puzzolana egenskaper, vilket innebär att de reagerar kemiskt med cementpastan och kan därmed bidra till betongens långtidshållfasthet och täthet. Därför blir det allt vanligare att man blandar in restmaterial även i cementet. Idag pågår också utprovning av nya cementsorter, som kommer att ha en inblandning av flygaska eller slagg [5].

Restmaterial kan ha negativ effekt på vissa av betongens egenskaper. T.ex. kan hållfasthetstillväxten bli långsammare vid lägre temperaturer ($< 10^{\circ}\text{C}$). Det gör att risken för plastiska krympsprickor ökar. I betongstandarder begränsar man därför hur mycket restmaterial som får ingå i betong i olika exponeringsklasser [6, 7]. Samtidigt kan det vara en fördel med långsammare hållfasthetstillväxt och lägre värmeutveckling i grova konstruktioner.

Krossad betong som ballast

Enligt den svenska standarden SS 137003 kan man använda krossad betong som betongballast under vissa förutsättningar. Användningen är begränsad med hänsyn till ballastens kvalitet och avsedd användning (exponeringsklass). Boverkets handbok BÅ 99, Återvunna byggnadsmaterial beskriver bl.a. hur man använder krossad betong som ballast i ny betong [8]. Handboken ger exempel på metoder för "Klassificering och kontroll av ballast ur återvunnen betong" och "Beräkning av betongkonstruktioner med ballast ur återvunnen betong". Råd för återvinning ges i SBUF-rapporten Återvunnen, transportminimerad betong tillverkad och brukad på plats [9].

Återvunnet sten- och grusmaterial

Wst 2– Recycled Aggregates



Figur 32. Krossad betong kan användas som ballastmaterial i ny betong. Det vanligaste användningsområdet är dock som fyllnadsmaterial. Bilden visar rivningsbetong vid Liljeholmskajen.

I en LCA-baserad studie från Schweiz jämförs miljöpåverkan från betong med ny respektive krossad betong som ballast [10]. Studien visar att återvunnen ballast med fördel (både vad gäller energiförbrukning och emissioner) används i betong av lite lägre kvalitet, eftersom det där inte krävs någon ökning av cementhalten för bibehållen funktion. Man konstaterar också att återvinning av betong överhuvudtaget har en positiv effekt, jämfört med att lägga den på deponi.

Återvunnen krossad betong som fyllnadsmaterial

Krossad betong passar även bra som fyllnadsmaterial. I en vägkonstruktion kan den användas till obundna överbyggnadslager, underbyggnad och andra fyllningsmassor, t.ex. bullervallar [11, 12, 13, 14]. Det finns två typer av krossad betong:

1. Rest- eller spillbetong: Överbliven betong som får hårdna och sedan krossas för användning som ballast i ny betong, eller som fyllnadsmaterial. Restbetong innehåller oftast bara ämnen från cement och ballast, och är normalt ren från miljöbelastande ämnen.
2. Rivningsbetong: Kasserad betong som krossas och används som ballast i ny betong, eller som fyllnadsmaterial. Armeringen separeras och smälts till ny armering. Rivningsbetongen kan innehålla rester av kemiska produkter, t.ex. brandskydd, värmeisolering, skumplast och elinstallationer. Därför måste man tänka på var materialet ska användas, och den eventuella risken för lakning av farliga ämnen.

Återvunnet sten- och grusmaterial

Wst 2– Recycled Aggregates

Tips och exempel

Stadsdelen Masthusen i Malmö byggs av Diligentia och ska certifieras enligt BREEAM [15]. I det här fallet har man tagit tillvara betong från rivning av en byggnad, och krossat den på plats. På så sätt har man lyckats använda återvunnen ballast i mer än 70 % av fyllnadsmassorna. Att man samtidigt undvek ca 20 000 lastbilstransporter för att köra bort rivningsmassorna innebar ytterligare en vinst.

När JM byggde bostäder vid Liljeholmskajen i Stockholm, återvanns rivningsmassor från Vin & Sprits gamla buteljeringsfabrik. All betong i byggnaderna togs omhand, krossades och användes som fyllnadsmaterial vid alla markarbeten i området. Det handlade om ca 100 000 ton betongkross som annars skulle körts till deponi [16].



Figur 33. Över hundra ton betong återanvändes då gamla fabriker revs till förmån för nya bostäder vid Liljeholmskajen.

Referenser

1. SBUF (2006). Industriella restmaterial och filler i betong – Inverkan på tidig hållfasthetsutveckling med fokus på vinterförhållanden. SBUF informerar 06:13
2. Esping, O. m.fl. (2011). Möjligheter med mineraliska tillsatsmaterial. Bygg & Teknik 7/2011.
3. Löfgren, I. (2010). Betongtekniska möjligheter med flygaska. Betong 2/2010.
4. Vattenfall Utveckling AB (2000). Regler för certifiering av glasfiller.
5. Cementa (2011). Flygaska skonar miljön. Artikel om nya cementsorter i tidningen Cementa, nr 2 2011.
6. Svensk standard SS-EN 206-1
7. Svensk standard SS 137003
8. Boverket (1999). Återvunna byggnadsmaterial, Boverkets handbok BÅ99.
9. Molin, C. och Wahlström, P. (1997). Återvunnen, transportminimerad betong tillverkad och brukad på plats, SBUF rapport.
10. Braunschweig, A. m.fl. (2012). Recycled Concrete: Environmentally superior to virgin concrete?, Ermco Congress Papers 2012.
11. Vägverket (2004), Krossad betong i vägkonstruktioner, Publikation 2004:11.
12. SBUF (2008). Återvunnen betong – krossningsmetodens inverkan på den krossade betongens kvalitet, SBUF informerar 04:08.
13. Trafik & Veje (2006). Krossad betong i vägar – erfarenheter från Sverige, Dansk vejtidsskrift 5, 2006.
14. Ydrevik, K. (1999). Återvägen. Råd och vägledning för återvinning av krossad betong som ballast i gator och vägar. VTI notat 67-1999, Väg- och transportforskningsinstitutet, Sverige.
15. Diligentia (2012). www.diligentia.se
16. Cementa (2009). Växande innerstad. Artikel i tidskriften Cementa 3/2009.

Förorening

Dagvattenhantering

Pol 6 – Minimising Watercourse Pollution

Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att minska risken för utsläpp av silt, tungmetaller, kemikalier och olja i naturliga vattendrag, på grund av ytvattenavrinning från byggnader och hårdgjorda ytor.



I den svenska versionen av BREEAM ändras inte kravet.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i BREEAMs manual.

För en poäng krävs åtgärder för att minimera förorening av vattendrag. Åtgärderna beror på hur stor risken är.

- Vid låg risk för förorening krävs ett SUD-system eller ett system som kontrollerar källan genom genomsläppliga ytor eller infiltrationsbäddar.
- När risken för nedsmutsning av olja eller bensin är stor ska oljeavskiljare installeras.

Lösningen ska godkännas av lämplig laglig instans. Brukaren ska ha tillgång till en begriplig beskrivning av dagvattensystemet. Om byggnaden förvarar kemiska eller flytande gaser ska dagvattensystemet ha avstängningsventiler, för att förhindra läckor till naturliga vattendrag vid eventuell olycka.



SUDs (Sustainable Urban Drainage systems)

SUDs (Sustainable Urban Drainage systems) är utformade för att på ett kostnadseffektivt sätt hantera nedsmutsat ytvatten, innan det renat sakta släpps ut i naturliga vattendrag. Systemen efterliknar naturen, har lågt behov av tillsyn, inget behov av energi och motverkar också översvämningsrisken i traditionella avloppssystem. Översvämningsrisker skadar djurlivet och förorenar grundvattnet. Exempel på lösningar finns i referens [2].

Rening av ytvatten med genomsläpplig betong

Intresset för ekologiskt hållbara dräneringssystem ökar, framförallt i storstäder, bland annat beroende på en kraftig ökning av andelen hårdgjorda ytor som minskar grundvattenbildningen men också förändrar livsbetingelserna för växter och djur. Problem uppstår också vid häftiga regn då stora mängder vatten, innehållande föroreningar och partiklar från trafiken, rinner rakt ut i vattendrag, sjöar och hav. En möjlighet att minska utsläpp och förorening orsakad av ytvattenavrinning är att använda sig av genomsläpplig platsgjuten betong eller marksten som beläggning.



Figur 34. Översvämningar är idag ett stort problem, inte minst i städer med många hårdgjorda ytor. Översvämningar och dess följdverkningar förväntas bli ett allt större problem i framtiden.

Dagvattenhantering

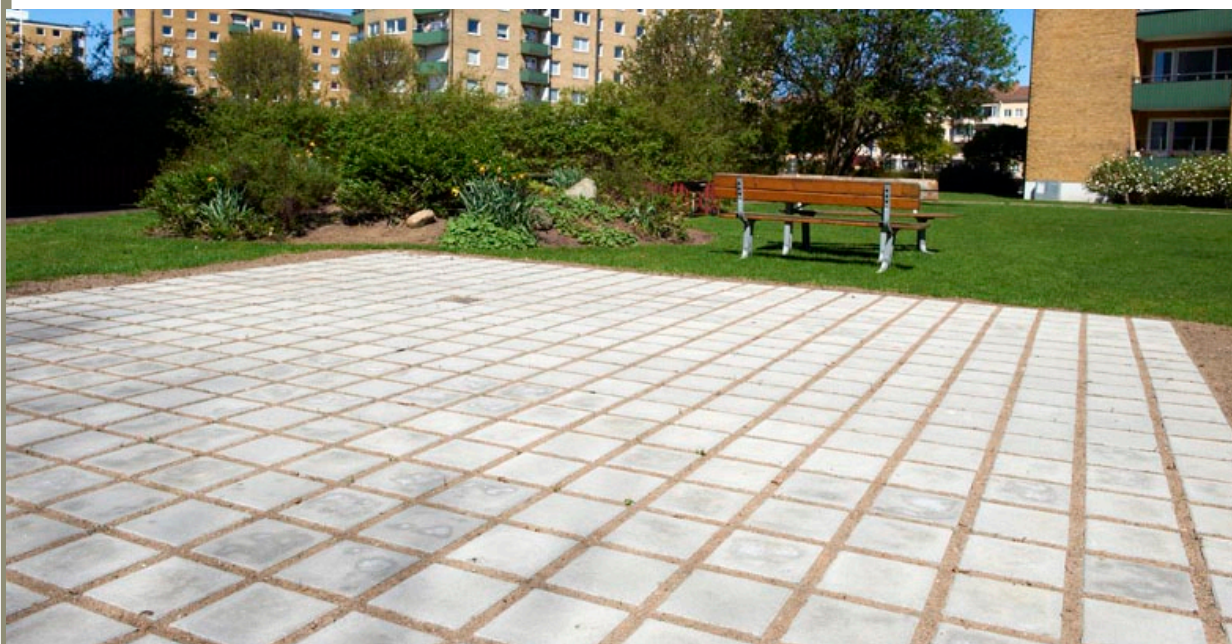
Pol 6 – Construction Site Waste Management

En genomsläpplig beläggning har två viktiga funktioner:

1. Att vid kraftiga regn minska vattenvolymen och fördröja genomströmningen i dagvattensystemen så att extrema flöden kan undvikas. Därmed också konsekvenser som översvämningar, erosioner och föroreningar till följd av att förorenat vatten rinner direkt ut i vattendrag, sjöar och hav.
2. Att rena vattnet. Beläggningsens sammanhängande porsystem gör att betongen fungerar som ett filter som renar vattnet från sediment och föroreningar. Metoden kan användas för t ex vägar, trottoarer, parkeringsplatser, uppfarter, uteplatser, mm.

I jämförelse med vanlig betong, som är ett tätt material, har sk genomsläpplig betong eller marksten ca 15 till 22% porer vilket gör att en vätska kan passera igenom den relativt snabbt. Det sammanhängande porsystemet skapas genom att betongen proportioneras med lite eller ingen sand och med tillräcklig mängd cementpasta för att binda samman ballastpartiklarna. Betongen får relativt låg hållfasthet men fullt tillräcklig för att uppnå avsedd funktion. Under den genomsläppliga betongen läggs vanligen ett dräneringsskikt som kan fungera som uppsamlingsreservoar vid stort vattenflöde. Uppbyggnad av olika typer av system med genomsläpplig marksten redovisas i [6].

Det sammanhängande porsystemet gör att betongen fungerar som ett filter som renar vattnet från sediment och föroreningar. Det finns långtidsstudier som tyder på att ca 82-95 % av mängden sediment filtreras bort, halten



Figur 35. Dränerande markstensbeläggning i Malmö.

fosfor reduceras med 65% och kväve med 80 till 85% [5]. Undersökningar visar också på betydande rening från koppar, zink, bly, motorolja, bensin, diesel och COD kemisk syreförbrukning [5, 6].

Erfarenheter från Storbritannien har visat att man med hjälp av dränerade markstensbeläggningar avsevärt kan minska mängden petroleumprodukter och andra föroreningar som annars belastar dagvattensystemen från asfalterade parkeringsplatser. Oljor kan t ex fångas upp med hjälp av geotextil och sedan omvandlas till glukos av bakterier och svampar . Forskningsresultat finns som visar att 45% av mängden tillförd olja hade brutits ned redan efter 6 månader [6].

Tips och exempel

För att en genomsläpplig betong ska fylla sin funktion på både kort och lång sikt ska följande punkter särskilt beaktas:

1. System och rutiner behövs för att undvika att den genomsläppliga beläggningen och fogar sätts igen av smuts och föroreningar, t.ex. bör den separeras från omgivande ytor för att undvika inflöde av jord mm.
2. Vattnet måste ha viss tid på sig att passera beläggningen, en rekommendation är minst 24 timmar [5].
3. Med tanke på risken för förorening av grundvattnet är metoden inte lämplig för ytor där höga halter kemiska föroreningar kan förekomma, t.ex. återvinningsanläggningar, bensinstationer, fordonstvättar, marina anläggningar, lageranläggningar för kemikalier etc.
4. Systemet bör anpassas så att dräneringsreservoiren töms inom en begränsad tidsrymd, t.ex. 5 dagar.
5. Åtgärder måste vidtas för att säkerställa att dricksvatten skyddas från kontaminering. Användning av metoden bör därför undvikas i närheten av dricksvattenanläggningar.
6. Betongen måste klara funktionskraven i aktuell miljö, t.ex. frostbeständighet.
7. En förutsättning för den genomsläppliga betongens långsiktiga funktion är att betongen inte blockeras av smuts och grus. Åtgärder i form av system och rutiner för att undvika igensättning måste därför skapas, för mer info se [5].
8. Exempel på lösningar med genomsläpplig betong finns i Ready Mixed Concrete LEED Reference Guide [5].

Referenser

1. Byggeindustrien (2010). Permeabel betong får vannet til å forsvinne. www.bygg.no/2010/03/permeabel-betong-f%C3%A5r-vannet-til-%C3%A5-forsvinne
2. Ciria (2012). ciria.org.uk/suds/case_studies.htm
3. Pervious Pavement (2012). www.perviouspavement.org/
4. NRMCA (2004). Freeze Thaw resistance of Pervious Concrete.
5. RMCI (2009). LEED Reference Guide Update February 2009, Ready Mixed Concrete Industry.
6. Simonsen, E. (2011). Dränerade markstensbeläggningar för förbättrad miljö, MinBas II Rapport nr. 2.1.5, Stockholm.