Hållbart byggande med betong

DEL 4. Utgåva 2013-11-15

Vägledning för miljöcertifiering enligt LEED

LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction 2009 Edition

Swedish Concrete Association
Betongföreningen

“Buildings should serve people, not the other way around.”

John Portman
Amerikansk arkitekt, 1924 -

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 LEED.

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

Skriften har utarbetats inom ramen för Svenska Betongföreningens Hållbarhetsråd i samarbete med Peab's Miljöstab, Cementa och Hållbarhetsutskottet inom Svensk Betong. Projektet har finansierats av Cementa, 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 (Cementa AB), Kajsa Byfors (Svensk Betong), Markus Peterson (Betongforum) samt Otto During (CBI). Projektgruppen har även tagit hjälp av Håkan Nilsson (WSP Environmental) för underlag till kapitlet om termiskt klimat.

Denna vägledning har så långt det varit möjligt baserat innehållet på senaste tillgängliga 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.

Ladda ner

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

Swedish Concrete Association
Betongföreningen

Swedish Concrete Association
Betongföreningen

Innehållsförteckning

Förord	1
Innehållsförteckning	3
Betong och miljöcertifiering	4
Inledning	6
LEED	7
Hållbara platsval	14
Dagvatten	14
Värmeöar	18
Energi och atmosfär	24
Energi	24
Minimera köldmedier	37
Material och resurser	41
Bevara byggdelar	41
Avfall	51
Återvunnet innehåll	55
Regionalt material	61
Att undvika kemikalier med farliga egenskaper	68
Inomhusmiljö	74
Emissioner	74
Termisk komfort - Design	80
Termisk komfort - Uppföljning	86

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 kvalitéer. BREEAM är delvis anpassat till svenska regler. LEED baseras på amerikanska regler men anpassas mer och mer till internationella standarder.

GreenBuilding omfattar endast energi. BREEAM, LEED och Miljöbyggnad hanterar även innemiljö 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 svårligen 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. Koldioxidpåverkan behandlas inte specifikt i detta miljöcertifieringssystem, för mer information hänvisas till vägledningen för BREEAM, avsnitt Material.

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 LEED

Beskrivning av vägledningen

Denna skrift beskriver hur betong som material kan påverka betyget i en LEED-certifiering och utgångspunkten är den internationella LEED manualen som inkluderar nybyggnation, stomme och klimatskal samt skolbyggnader (New Construction, Core and Shell respektive Schools). Fokus i denna vägledning är på de kriterier som gäller för nybyggnad.

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 LEED Manual & Reference Guide användas för en fullständig beskrivning av kriterierna. Manualen finns att ladda ned på www.usgbc.org. Reference Guide finns att köpa genom USGBC.

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

LEED

Om LEED

LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) är ett av världens mest använda miljöcertifieringssystem. Det introducerades i USA 1998 och har fått stor spridning över världen. LEED har tagits fram och drivs av USGBC (US Green Building Council) som är en amerikansk medlemsförening som är öppen för alla som är verksamma i bygg- & fastighetsbranschen. USGBC är en icke vinstdrivande ideell förening som arbetar för en hållbarare bygg- & fastighetssektor.

LEED kan användas för certifiering av alla typer av byggnader men även hela stadsdelar eller samhällen. LEED kan användas för att certifiera nya byggnader eller renoverings- och ombyggnadsprojekt och det finns även system för certifiering av byggnaders drift. Certifieringen av ett projekt granskas genom oberoende tredjepartscertifiering hos USGBCs dotterbolag GBCI (Green Building Certification Institute).

Det svenska intresset för LEED har ökat från några få påbörjade projekt 2009/2010 till upp mot 70–80 påbörjade projekt 2012. I Sverige finns ännu få erfarenheter från genomförda certifieringar. För att underlätta certifieringen av svenska projekt pågår arbete med att försöka påverka LEED. Detta arbete sker inom den svenska intresseorganisationen Sweden Green Building Council (SGBC) som har en representant i LEED International Round Table. Svenska företag kan också bli medlemmar i USGBC. Då får man rösträtt angående förändringar och rabatt på certifieringsavgifter, kurser och böcker. LEED kommer i en ny version under 2013. Den nya versionen ska vara mer anpassad för internationella projekt än den tidigare versionen, men redan i dag finns Alternative Compliance Paths (ACP) som förenklar för internationella projekt.

Att använda LEED

LEED baseras sin certifiering på 5 miljöaspektområden. Värdet i parentes anger vilken betydelse respektive miljöaspekt har på slutbetyget för byggnaden. Ju högre värde desto viktigare är miljöaspekten för byggnadens slutbetyg.

- Hållbart platsval (26 %)
- Vatteneffektivitet (10 %)
- Energi och atmosfär (35 %)
- Material & Resurser (14 %)
- Inomhusmiljö (15 %)
- Regional prioritet (+4 %)
- Innovationer (+6 %)

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

LEED

antalet möjliga poäng för just det kriteriet. Det finns också skallkrav som måste uppfyllas. Poängsumman räknas samman till en totalsumma som ger byggnaden dess slutliga betyg. Betyget blir LEED Certified, Silver, Gold eller Platinum. Eftersom vi bygger med hög standard i Sverige finns det möjligheter att nå Platinum under förutsättning att byggnaden ligger på rätt ställe (dvs får många poäng pga läget). Kriterierna är i grunden de samma för de olika versionerna men alla kriterier är inte tillämpliga i alla versioner. För skolbyggnader tillkommer t.ex. akustikkrav och för handelsbyggnader går det att välja andra alternativ till att minska miljöpåverkan från biltransporter än att bygga få parkeringsplatser. Men alla systemen innehåller t.ex. krav på att återvinna byggavfall.

Syftet med LEED är att det ska hjälpa till att styra projektet mot ett miljövänligare slutresultat. Man kan därför använda det som ett verktyg för att identifiera miljöåtgärder. Det är klokt att börja med en förstudie. En snabb genomgång av alla kriterier för att få en uppfattning om vilka krav som ska satsas på, hur väl det går att uppfylla dem och vilket slutbetyg som går att uppnå. Därefter arbetar man in LEED:s kriterier i projektet med stöd av en kunnig miljösamordnare och sammanställer den bevisdokumentation som krävs. Är miljösamordnaren eller någon av projektörerna certifierad LEED AP (Accredited Professional) erhåller man extra poäng. Redovisning av hur man uppfyller kraven görs i ett webbaserat system, Leed Online. Där laddas även den bevisning som krävs upp.

Arbetsmetodik

- Ta hjälp av certifierad LEED AP. Detta är ej ett krav men kan hjälpa till att genomföra certifieringen.
- Identifiera vilken LEED version som gäller för din byggnad och stäm av med USGBC regler.
- Genomför en förstudie hur LEED påverkar projektet och vilket betyg som kan vara lämpligt att sikta på med de förutsättningar som gäller för projektet.
- Registrera projektet i LEED-online.
- Gör en eventuell precertifiering om du ska certifiera enbart stomme och klimatskal (Core and Shell).
- Sätt ett mål för 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 och redovisa på LEED-online.
- Under projekteringen kan projekteringskriterierna granskas av GBCI via LEED-online. Detta steg är frivilligt.
- När byggnaden är färdigställd redovisas samtliga kriterier (både projektering och byggskede). GBCI genomför en revision av handlingarna på LEED-online och byggnaden får sitt slutliga betyg.

LEED

Varför ska man använda LEED?

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

LEED är ett flexibelt system i avseendet att byggnaden belönas med de poäng som är möjliga. Om en byggnad får lite 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.

LEED:s krav är baserade på amerikanska normer, standarder och frivilliga krav vilket innebär mer arbete. Fördelen är att certifierade byggnader blir fullt jämförbara över hela världen eftersom de baseras på exakt samma krav.

En fördel med LEED är att det är välkänt för utländska investerare och hyresgäster som värdesätter en certifierad byggnad. Svenska byggnader har relativt lätt att bli godkända och 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 att välja byggnadsmaterial ur miljösynpunkt. Däremot kan vi lära oss från andra om miljöpåverkan från arbetsresor, ekologiska värden mm.

Att tänka på då du väljer LEED

Systemet är i grunden baserat på amerikansk praxis och inte helt anpassat till våra byggregler och byggmetoder. T ex används ASHRAE normer för energi och ventilation, Green-e certifiering för grön el och Californiska krav på emissioner. Det kan därför vara svårt att bevisa att vi uppfyller krav som mäts på ett annorlunda sätt. LEED godkänner alternativa metoder men man måste bevisa att de är lika bra eller bättre och det är ofta mycket svårt att övertyga GBCI/USGBC. Vissa miljöaspekter kanske inte upplevs som relevanta i Sverige (lokal uppvärmning pga mörka ytor på tak och hårdgjorda ytor) och vi tycker kanske att andra saknas (t.ex. akustik, legionella, fukt och radon).

USGBC arbetar för att göra LEED mer internationell och i nya versionen kommer det i större omfattning än i dag att finnas alternativa vägar för internationella projekt. T ex godkänns CEN-standard istället för ASHRAE för ventilation.

LEED detaljstyr vissa delar av projekteringen, vilket innebär en risk att

LEED

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 tre sätt att få innovationspoäng i LEED, dessa kan kombineras upp till max 5p + 1p för LEED AP:

- Egna innovationer, dvs. man har gjort något som inte ingår i LEED. Ex empel på Innovationer som ofta godkänns är Utbildning av Hyresgäster. 1-5 poäng
- Exemplary Performance, dvs överträffa standardkraven i manualen. De kriterier där det finns möjlighet till extra poäng genom Exemplary Performance är markerade i manualen. 1-3 poäng
- Pilot credits. Detta är poäng som testas för kommande versioner av LEED som man kan vara med och pilot testa. 1-5 poäng. http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=2104
- LEED AP. Om man har minst en nyckelperson som är utbildad och certifierad LEED AP i projektgruppen så får man 1p.

Regional prioritet

LEED ger här möjlighet till regioner att prioritera frågor som är viktiga genom att ge dem extrapoäng. För Sverige pågår just nu ett arbete att ta fram vilka credits som ska ge regional priority här, till dess är det energi och vattenfrågor som kan ge extrapoäng. Man kan få max 4 extra poäng på Regional Priority. https://www.usgbc.org/RPC/RegionalPriorityCredits.aspx?CMSPageID=2435

Betongens påverkan på certifiering i LEED

Betongens egenskaper påverkar en byggnad på många sätt. Ur ett LEED-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 LEED och vilka av dessa som betong kan ha en inverkan på.

Tabell 1. Översikt av miljöaspekter i LEED och vilka som kan påverkas av betong.

Område/Miljöaspekt	Poäng	Påverkas av betong
Sustainable sites		
SSp 1 Construction Activity Pollution Prevention	Krav	
SSc 1 Site Selection	1	
SSc 2 Development Density and Community Connectivity	1 + 1	
SSc 3 Brownfield redevelopment	1	
SSc 4.1 Alternative transportation – Public Transportation Access	6 + 1	
SSc 4.2 Alternative transportation – Bicycle storage and Changing rooms	1 + 1*	
SSc 4.3 Alternative transportation – Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	3 + 1*	
SSc 4.4 Alternative transportation – Parking capacity	2 + 1*	
SSc 5.1 Site Development – Protect or Restore Habitat	1 + 1*	
SSc 5.2 Site Development – Maximize Open Space	1 + 1	
SSc 6.1 Stormwater Design – Quantity Control	1 + 1 **	x
SSc 6.2 Stormwater Design – Quality Control	1 + 1 **	x
SSc 7.1 Heat Island Effect - Nonroof	1 + 1	x
SSc 7.2 Heat Island Effect - Roof	1 + 1	x
SS c8 Light Pollution Reduction	1	

LEED

Område/Miljöaspekt	Poäng	Påverkas av betong
Water Efficiency		
WEp 1 Water Use Reduction	Krav	
WEc 1 Water-Efficient Landscaping	2-4	
WE c 2 Innovative Wastewater Technologies	2 + 1	
WE c 3 Water Use Reduction	2-4+ 1	
Energy and Atmosphere		
EAp1 Fundamental Commissioning of Building Energy Systems	Krav	
EAp 2 Minimum Energy Performance	Krav	x
EAp 3 Fundamental Refrigerant Management	Krav	
EAc 1 Optimize Energy Performance	1-19 + 1	x
EAc 2 On-Site Renewable Energy	1-7 + 1	
EAc 3 Enhanced Commissioning	2 + 1	
EAc 4 Enhanced Refrigerant Management	2	x
* EAc 5 Measurement and Verification	3	
EAc 6 Green Power	2 + 1	
Materials and Resources		
MRp 1 Storage and Collection of Recyclables	Krav	
MRc 1/1.1 Building Reuse - Maintain Existing Walls, Floors and Roof	1-3 + 1	x
* MRc 1.2 Building Reuse - Maintain Interior Nonstructural Elements	1	x
MRc 2 Construction Waste Management	1-2 + 1	x
MRc 3 Materials Reuse	1-2 + 1	
MRc 4 Recycled Content	1-2 + 1	x
MRc 5 Regional Materials	1-2 + 1	x
MRc 6 Rapidly Renewable Materials	1 + 1	
MRc 6/7 Certified Wood	1 + 1	

Område/Miljöaspekt	Poäng	Påverkas av betong
Indoor Environmental Quality		
IEQp 1 Minimum Indoor Air Quality Performance	Krav	
IEQp 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	Krav	
IEQc 1 Outdoor Air Delivery Monitoring	1	
IEQc 2 Increased Ventilation	1	
IEQc 3/3.1 Construction Indoor Air Quality Management Plan – During Construction	1	
* IEQc 3.2 Construction Indoor Air Quality Management Plan – Before Occupancy	1	
IEQc 4.1 Low-Emitting Materials – Adhesives and Sealants	2	x
IEQc 4.2 Low-Emitting Materials – Paints and Coatings	1	
IEQc 4.3 Low-Emitting Materials – Flooring systems	1	x
IEQc 4.4 Low-Emitting Materials – Composite Wood and Agrifiber Products	1	
IEQc 5 Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1	
* IEQc 6.1 Controllability of Systems – Lighting	1	
IEQc 6/6.2 Controllability of Systems – Thermal Comfort	1	
IEQc 7/7.1 Thermal Comfort - Design	1	x
* IEQc 7.2 Thermal Comfort - Verification	1	x
IEQc 8.1 Daylight and Views - Daylight	1+ 1	
IEQc 8.2 Daylight and Views - Views	1 + 1	
Innovation in Design		
ID 1 Innovation in Design Egna Innovationer som inte finns angivna i LEED max 5p eller Exemplariskt utförande, se +1 ovan. Kan ge max 3p eller Pilot credits	1 -5	x
ID 2 LEED Accredited Professional		
Regional Priority *Extrapoäng till vissa definierade kriterier som är viktiga för regionen.*	*4*	

** Endast en exemplary point är möjlig totalt för SSc 4.1-4.4.*
*** Endast en exemplary point är möjlig för SSc 6.1-6.2*

Hållbara platsval

Dagvatten

Stormwater Design – Quantity Control

Syfte

Att bevara naturlig avrinning och vattenbalans i området, genom att minska hårdgöringsgraden, bibehålla infiltration och minimera föroreningar.

Delkrav 1

SS 6.1 Stormwater Design – Quantity Control
Tillgängliga poäng: 1

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Kraven varierar beroende på vilken genomsläpplighet den befintliga marken har:

- *För tomter med befintlig genomsläpplighet på 50 % eller mer krävs en dagvattenstrategi som utjämnar det ökade dagvattenflödet för ett 1- till 2-årsregn, med 24 timmars varaktighet. I Sverige dimensioneras för kraftigare regn [1]. Dessutom krävs en strategi som skyddar recipienten från ökad erosion. Den bör inkludera erosionsskydd, beredskapsplan och åtgärder för att kontrollera och följa upp flödet i recipienten.*
- *För tomter med en genomsläpplighet på mindre än 50 % krävs en dagvattenstrategi som utjämnar 25% av dagvattenflödet för ett 1- till 2-årsregn, med 24 timmars varaktighet.*

I projekt utanför USA får följande ACP (Global Alternative Complience Path) användas:
Den lokala nederbörden för 95:e percentilen av regnet ska fastställas, och avrinningen från den exploaterade tomten ska omhändertas genom LOD (lokalt omhändertagande av dagvatten). En dagvattenstrategi ska upprättas. Den ska innehålla beskrivning av vilka strategier som används, och beräkningar som visar att 95:e percentilen av regnet tas om hand. Om man bygger i tätbebyggt område och inte har någon tomt utanför byggnaden, ska 85 % (istället för 95 %) av regnet tas om hand.

Observera att dagvattenmagasin i det kommunala dagvattennätet i vissa fall kan godkännas, om de uppfyller LEED-kraven. (Se kapitlet om implementering i LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction, under rubriken Master Site Development Considerations).

I den nya versionen av LEED förväntas kravet handla om att bibehålla vattenbalansen i området genom infiltration och att lokalt ta om hand 95 % av nederbördsmängden. För ytterligare poäng ska även den årliga dagvattenmängden efter byggnation minska, jämfört med före byggnation. Alternativt ska 98 % av nederbördsmängden omhändertas lokalt.

Delkrav 2

SS 6.2 Stormwater Design – Quality Control
Tillgängliga poäng: 1

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Implementera en dagvattenstrategi som minskar hårdgjorda ytor, ökar infiltration och omhändertar och behandlar avrinningen från 90 % av den årliga medelnederbörden, enligt BMT (Bästa möjliga teknik). BMT ska kunna avlägsna 80 % av de suspenderade ämnena (TSS), baserat på uppmätta värden.

I den nya versionen av LEED förväntas de två delkraven under Stormwater Design slås ihop.

Rening av ytvatten med genomsläpplig betong eller marksten

Intresset för ekologiskt hållbara dräneringssystem ökar, framförallt i storstäder. Det beror bl.a. på en kraftig ökning av hårdgjorda ytor, vilket minskar grundvattenbildningen och förändrar livsbetingelserna för växter och djur. Problem uppstår också vid häftiga regn, då stora mängder vatten med föroreningar och partiklar från trafiken rinner rakt ut i vattendrag, sjöar och hav.

Genom att använda genomsläpplig betong eller marksten som beläggning, kan man minska utsläpp och förorening orsakad av ytvattenavrinning.

Figur 1. 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.

En genomsläpplig beläggning har två viktiga funktioner:

1. Att vid kraftiga regn minska vattenvolymen och fördröja genomströmningen i dagvattensystemen, så att extrema flöden undviks. På så sätt motverkas översvämningar, erosioner och att förorenat vatten rinner direkt ut i vattendrag, sjöar och hav.

2. Att rena vattnet. Beläggningens porsystem gör att betongen fungerar som ett filter mot sediment och föroreningar. Metoden kan användas i t.ex. vägar, parkeringsplatser, uppfarter och uteplatser.

Medan vanlig betong är tät, har genomsläpplig betong eller marksten ca 15–22 % porer, vilket gör att vätska kan passera igenom den relativt snabbt. Det sammanhängande porsystemet skapas genom att betongen proportioneras med lite eller ingen sand, och tillräcklig mängd cementpasta för att binda samman ballastpartiklarna. Betongens hållfasthet blir relativt låg, men fullt tillräcklig för avsedd funktion. Under den genomsläppliga betongen lägger man vanligtvis ett dräneringsskikt, som kan fungera som uppsamlingsreservoar vid stort vattenflöde. Uppbyggnad av system med genomsläpplig marksten beskrivs i rapporten Dränerade markstensbeläggningar för förbättrad miljö [2].

Det sammanhängande porsystemet gör att betongen fungerar som ett filter, som renar vattnet från sediment och föroreningar. Långtidsstudier visar att ca 82–95 % av mängden sediment filtreras bort, halten fosfor reduceras med 65 % och kväve med 80–85 % [3]. Undersökningar visar även betydande rening från koppar, zink, bly, motorolja, bensin, diesel och COD (kemisk syreförbrukning) [2, 3].

Erfarenheter från Storbritannien visar att dränerande markstensbeläggning avsevärt kan minska mängden petroleumprodukter och andra föroreningar från asfalterade parkeringsplatser. Oljor kan fångas upp med hjälp av geotextil, och sedan omvandlas till glukos av bakterier och svampar. Det finns forskningsresultat där 45 % av oljan har brutits ned redan efter 6 månader [2].

Figur 2. Dränerande markstensbeläggning i Malmö.

Tips och exempel

För att genomsläpplig betong ska fylla sin funktion på både kort och lång sikt, är det viktigt att tänka på följande:

- För att undvika att beläggningen sätts igen av smuts och föroreningar krävs system och rutiner [3]. Den bör t.ex. separeras från omgivande ytor, för att undvika inflöde av jord m.m. Den bör också rengöras regelbundet .
- Vattnet måste ha viss tid på sig att passera beläggningen, en rekommendation är minst 24 timmar [3].
- Med tanke på risken för förorening av grundvattnet är metoden inte lämplig för ytor där höga halter av kemiska föroreningar kan förekomma. T.ex. återvinningsanläggningar, bensinstationer, fordonstvättar, marina anläggningar och lageranläggningar för kemikalier.
- Systemet bör anpassas så att dräneringsreservoaren töms med jämna mellanrum. T.ex. var femte dag.
- Åtgärder som säkerställer att dricksvatten skyddas från kontaminering krävs. Man bör därför undvika att använda metoden i närheten av dricksvattenanläggningar.
- Betongen måste klara funktionskraven i aktuell miljö, t.ex. frostbeständighet.
- Exempel på lösningar med genomsläpplig betong finns i RMCI's LEED Reference Guide [3].
- Mer information finns i referenserna 4-7.

Referenser

1. Svenskt Vatten (2004). P90 Dimensionering av allmänna avloppsledningar.
2. Simonsen, E. (2011). Dränerade markstensbeläggningar för förbättrad miljö, MinBas II Rapport nr. 2.1.5, Stockholm.
3. RMCI (2009). LEED Reference Guide Update February 2009, Ready Mixed Concrete Industry.5
4. Byggeindustrien (2010). Permeabel betong får vannet til å forsvinne. www.bygg.no/2010/03/permeabel-betong-f%C3%A5r-vannet-til-%C3%A5-forsvinne1
5. Ciria (2012). www.ciria.org.uk/suds/case_studies.htm2
6. Pervious Pavement (2012). www.perviouspavement.org/3
7. NRMCA (2004). Freeze Thaw resistance of Pervious Concrete.4

Värmeöar

SSc 7 Heat Island Effect
Tillgängliga poäng: 2

Syfte

Att reducera värmeöar och därmed minimera påverkan på mikroklimat, människor och natur.

Krav SSc 7.1 Heat Island Effect – Nonroof

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Poäng kan erhållas på två sätt. Det ena är att se till att minst 50 % av de hårdgjorda ytorna (gator, trottoarer, gårdar och parkeringsplatser) åtgärdas enligt minst ett av följande alternativ:

- *Skuggas av befintliga eller nyplanterade träd .*
- *Skuggas av solpaneler/solceller som bidrar till att minska den icke förnybara energianvändningen.*
- *Skuggas genom byggnadsverk som har hög förmåga att motstå soluppvärmning (ett SRI på minst 29).*
- *Består av material som har hög förmåga att motstå soluppvärmning (ett SRI på minst 29).*
- *Består av armerat gräs eller liknande (minst 50 % genomsläpplighet).*

Det andra sättet att få poäng är att se till att 50 % av parkeringsytorna placeras under mark, eller är övertäckta. För övertäckta parkeringsytor krävs att taket motstår soluppvärmning (ett SRI på minst 29), är grönt (har gräs eller sedum) eller har solpaneler/solceller som minskar den icke förnybara energianvändningen.

För poäng ska de aktuella materialens reflekterande förmåga (SRI) vara dokumenterad.

I den nya versionen av LEED kommer kraven troligtvis att ändras. Istället för att 50 % av de hårdgjorda ytorna ska åtgärdas, kommer kravet viktas för olika typer av ytor. SRI kommer att ersättas av SR, Solar Reflectance.

Krav SSc 7.2 Heat Island Effect – Roof

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

För en poäng ska minst 75 % av taket ha hög förmåga att motstå soluppvärmning.

- *Låglutande tak (≤ 2:12) ska ha ett SRI på minst 78.*
- *Branta tak (> 2:12) ska ha ett SRI på minst 29.*

Alternativt ska minst 50 % av ytan utgöras av gräs eller sedum, så kallade gröna tak.

Ett grönt tak kan också kombineras med ett tak som uppfyller SRI-kraven, enligt formeln: (Takyta som uppfyller krav på SRI/0,75) + (Takyta grönt tak/0,5) ≥ Total takyta.

Urbana värmeöar (Heat Island Effect)

En urban värmeö är ett storstadsområde som är mycket varmare än omgivningen. Temperaturskillnaden kan vara mer än 10 °C. Detta beror främst på att städer har betydligt mindre växtlighet än sin omgivning. Träd och växter tar upp vatten och avger vattenånga, vilket ger en kylande effekt. Att städer dessutom har många mörka värmeabsorberande ytor, t.ex. asfalt, förstärker uppvärmningen ytterligare [1].

Figur 3. I takt med grönområden får ge vika för förtätning och utbyggnad av städerna ökar förekomsten av urbana värmeöar.

Värmeöar
SS 7 *Heat Island Effect*

SRI – Solar Reflectance Index

SRI är ett mått på hur ytan värms upp genom att reflektera och emittera solens strålar [2]. Ju högre värde, desto mindre uppvärmning. SRI beräknas enligt ASTM-standarder. En svart standardyta (reflektans 0,05 och emittans 0,9) har SRI 0. En vit standardyta (reflektans 0,8 och emittans 0,9) har SRI 100.

Betongens reflektionsförmåga

Betong har generellt en ljus färg. Eftersom ljusa ytor reflekterar mer ljus än mörka, kan betong minska uppvärmningen i storstadsområden. Ett sätt att dra nytta av reflektionsförmågan är att använda betong istället för asfalt som beläggningsmaterial. För poäng i LEED kan man t.ex. använda betong på mer än 50 % av öppna ogenomträngliga ytor i ett projekt. Liknande effekt kan uppnås med mindre än 50 % betong, om man kombinerar detta med andra åtgärder (se krav ovan).

Ett annat sätt att dra nytta av betongens egenskaper är att placera 50 % av projektets parkeringsytor under tak eller mark. T.ex. kan ett parkeringsdäck med två våningar ha ett övre plan med betongyta. Ett garage under mark kan ha ett tak av betong eller sedum. I båda fallen uppfylls kraven i LEED.

En ytas reflektionsförmåga mäts i albedo. Enligt uppgifter från Lawrence Berkeley National Laboratory har en betong med vanligt grått standardcement ett albedo mellan 0,35 och 0,45 [3].

Albedo

Albedo är ett mått på reflektionsförmåga, eller den andel strålning som återkastas av en belyst yta. Reflekterande solljus är inte bara det ljus vi ser, utan även infrarött ljus och UV. Ett albedo på 1,00 betyder att allt ljus reflekteras, och 0,00 betyder att inget ljus reflekteras. Jordens albedo är i genomsnitt 0,3, vilket betyder att 30 % av solenergin reflekteras tillbaka till atmosfären. 70% absorberas och höjer ytans temperatur. Albedo har olika innebörd inom olika discipliner [1].

Med hjälp av enkla åtgärder kan betongens reflektionsförmåga förbättras ytterligare. T.ex. kan vitcement ge en betongyta ett albedo på runt 0,7–0,8. Att blanda in vitt pigment såsom titandioxid är ett annat sätt att öka reflektionsförmågan. Den kan även ökas genom inblandning av vissa restmaterial, t.ex. flygaska eller slagg [4]. Vid inblandning bör effekten alltid testas, eftersom egenskaperna kan variera beroende på tillsatsernas ursprung. Även andra egenskaper hos betongen kan påverkas, både i färskt och hårdnat tillstånd. Därför måste man genom provning säkerställa att alla funktionskrav uppfylls.

Figur 4. Betongytor är ljusare än många andra beläggningsmaterial och reflekterar därmed också mer ljus vilket kan bidra till att minska uppvärmningen i storstadsområden.

Tips och exempel

- En betongs reflektionsförmåga kan mätas med metoderna ASTM E 903 eller ASTM C 1549. Tänk på att albedo-värdet påverkas av betongytans struktur, härdning och uttorkning. Ju slätare yta, desto högre värde. Låt betongen torka ut ordentligt innan mätning.
- Kraven på dagvatten och värmeöar i LEED kan samordnas och uppnås med en ljus genomsläpplig betong.
- En tillverkare kan ha betongblandningar eller produkter som är förprovade med avseende på reflektionsförmåga.
- En åldrad och nedsmutsad betongyta kan ljusas upp och nå kraven med hjälp av en högtryckstvätt.
- I tabell 2 visas Albedo och motsvarande SRI för typiska betongytor [5].

Tabell 2. Betongytors ljushet uttryckt i albedo och SRI [5].

Materialytors ljushet	Albedo (0–1)	SRI (0–100)
Svart akrylfärg	0,05	0
Ny asfalt	0,05	0
Åldrad asfalt	0,1	6
Åldrad betong (med normal grå portlandcement)	0,2–0,3	19–32
Ny betong (med normal grå portlandcement)	0,35–0,45	38–52
Ny vitbetong (med vitcement)	0,7–0,8	86–100
Vit akrylfärg	0,8	100

Referenser

1. Miljö i fokus (2012). Urbana värmeöar, Internet: www.miljo.ifokus.se/articles/4d714f85b9cb46222d06155b-urbana-varmeoar.
2. BuildingGreen (2012). Solar Reflectance Index and Cool Roofs, Internet: http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2008/1/1/Solar-Reflectance-Index-and-Cool-Roofs/.
3. RMCI (2009). LEED Reference Guide. Updated Third Edition with LEED 2009 Information, Ready Mixed Concrete Industry.
4. PCA (2012). Solar Reflectance of Concretes for LEED Sustainable Sites Credit: Heat Island Effect, Portland Cement association. www.members.cement.org/ebiz50/ProductCatalog/Product.aspx?ID=1629
5. Concrete Thinker (2012). Green in Practice 103 – Cool Communities, Technical Brief, Concrete Thinker. www.concretethinker.com

Energi och Atmosfär

Energi

EAp 2 Minimum Energy Performance
Minimikrav

Syfte

Att minska onödig energianvändning och dess effekter på ekonomi och miljö genom att ställa krav på energieffektivitet hos byggnaden och dess system.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

EAp2 är ett skallkrav. Den årliga energikostnaden för byggnaden ska vara 10 % lägre jämfört med en referensbyggnad enligt ASHRAE 90.1-2007 (5% lägre för ombyggnad). Dessutom krävs intyg på att vissa minimikrav i ASHRAE uppfylls.

Den teoretiska referensbyggnaden simuleras i fyra väderstreck och har samma utformning som den aktuella byggnaden, men U-värden, fönstermängd och vissa krav på tekniska system följer minimikraven i ASHRAE. Med hjälp av tekniska lösningar och val av orientering ska den verkliga byggnaden visa en procentuell förbättring (enligt ovan) gentemot referensbyggnaden.

Ett avancerat simuleringsprogram krävs. Vissa program har redan anpassning mot LEED och ASHRAE. I Sverige är IDA godkänd.

EAc 1 Optimize Energy Performance
Tillgängliga poäng:1–19

Syfte

Att minska onödig energianvändning och dess effekter på ekonomi och miljö genom att ställa krav på byggnaden och dess system.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

EAc 1 är en fortsättning på EAp 2 ovan där det gäller att spara ännu mer energi jämfört med referensbyggnaden. För nybyggnader varierar poängen mellan 1 poäng för 12 % minskad kostnad för energianvändning och 19 poäng för 48 % minskning. För ombyggnader går förbättringsskalan för samma poäng mellan 8 och 44 %.

Så mäter LEED energibesparingar

Energikraven i LEED mäts i kostnadsbesparing för byggnadens energi, jämfört med en referensbyggnad. Kraven skiljer sig från BBRs energikrav. BBR ställer endast krav på fastighetsenergi, medan LEEDs krav även omfattar verksamhetsenergi. Det innebär att energislag, och kostnaden för dessa, påverkar poängresultatet. I Sverige är vi mer vana att utvärdera byggnader efter årlig energianvändning. ASHRAEs krav är generellt lägre än svenska krav. SGBC har tagit fram metoder för beräkning av kostnader för fjärrvärme och fjärrkyla i LEED-projekt.

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.

Energi
EAc 1 Optimize Energy Performance

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 personlaster) 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 effekttoppar i LEED, 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].

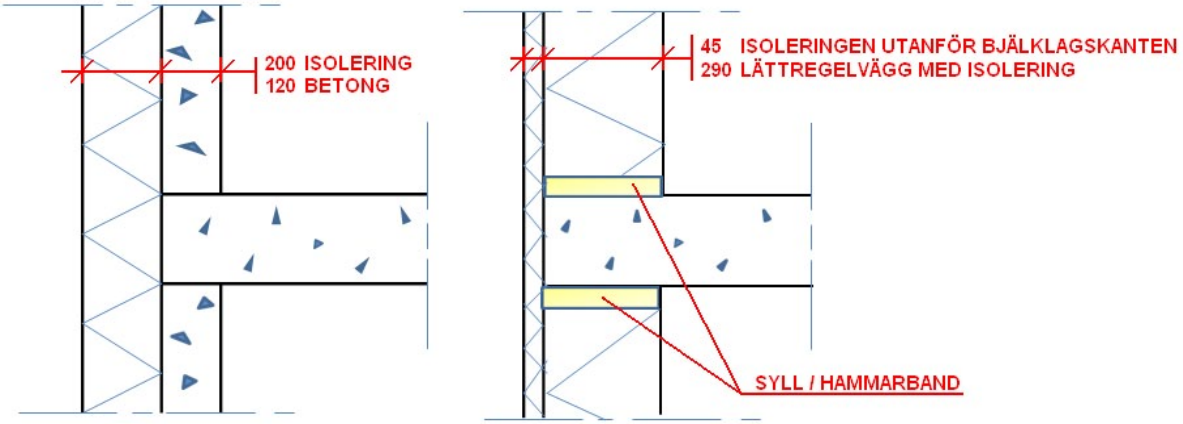
Eftersom betong har en hög värmeledande förmåga ökar risken för köldbryggor. Problemen löses enkelt, under förutsättning att projektören noggrant planerar utformningen av detaljlösningarna, och att entreprenören utför sitt arbete med omsorg. Tidigare var infästningar av balkonger

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 beror 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 5, 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 5. Vid korrekt beräkning av värmegenomgång inklusive köldbryggorna, uppvisar betongytterväggen avsevärt ökad konkurrenskraft jämfört med utfackningsväggen, bland annat eftersom nackdelen av väggtjocklekens betydelse för uthyrningsbar yta utjämnas. Artikelförfattarna tar inte med bärande mellanväggars anslutning mot ytterväggen, vilket annars skulle ha påvisat ännu större skillnad i isolertjocklek mellan de två konstruktionerna.

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



Figur 5. 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].

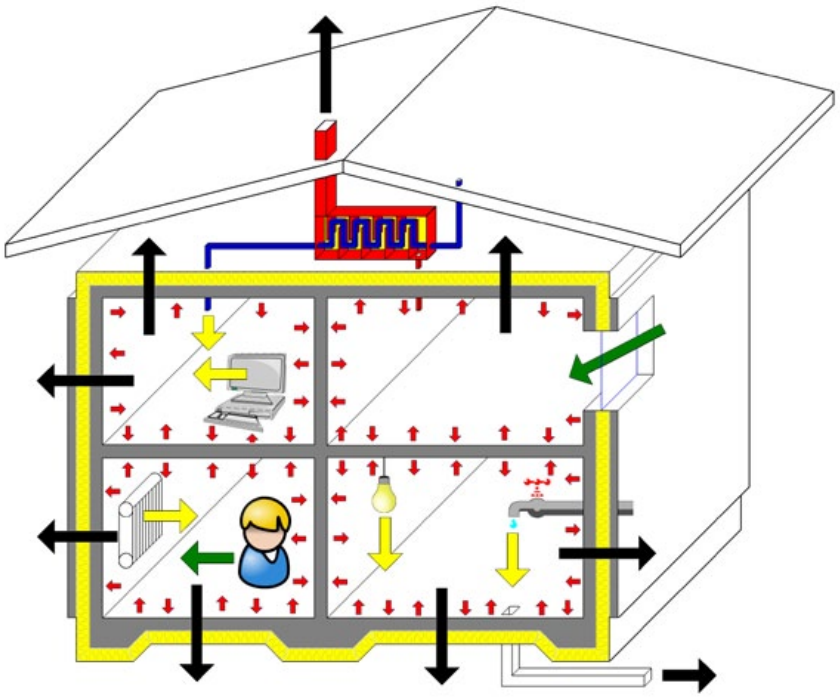
För information om köldbryggor rekommenderas Isolerguiden Bygg 06 [3].

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 6 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 grönmarkerade 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 6. 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.

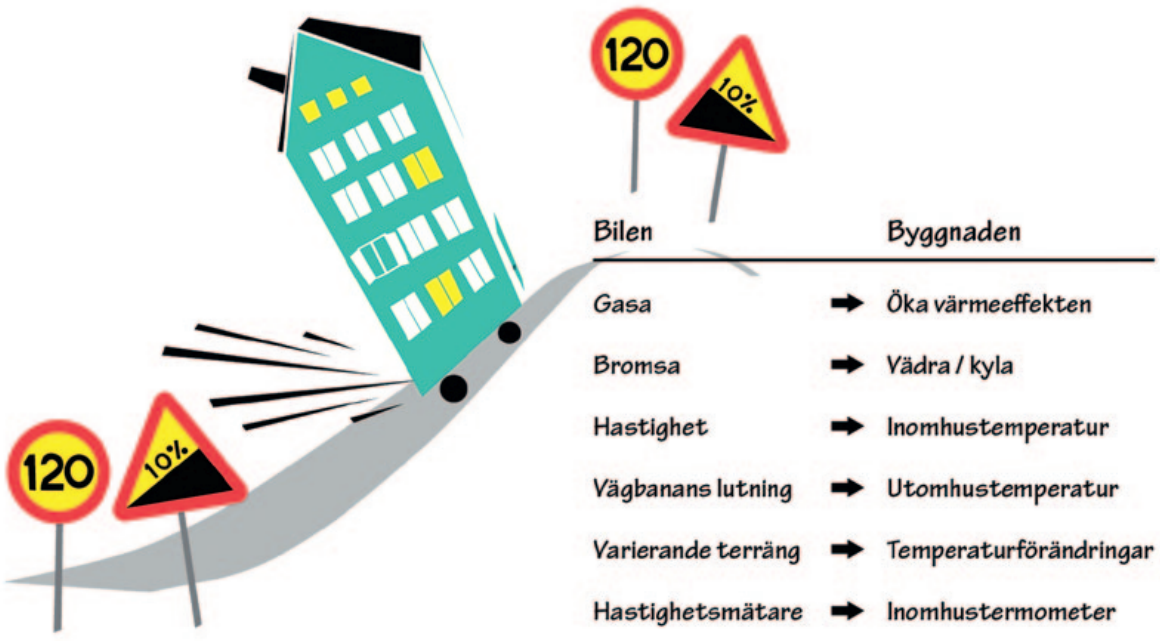
Värmetröghet – minskar energianvändningen och effektuttaget

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 7). 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 7. 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 kyls 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 paketlösning med detta som en av grundbultarna, eller en mer öppen lösning.

Det finns ett antal nya paketlösningar 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 paketlösningar 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 till exempel för mer öppna lösningar, som är betydligt mer anpassningsbara än paketlösningarna. 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

Kontors- och konferenscenter (Gröna Skrapan), Göteborg

Gårda konferenscenter består av en byggnad i 16 våningar (även kallad Gröna skrapan) och två lägre byggnader som totalt innehåller 16 000 kvadratmeter kontorsyta. Stommen består av prefabricerade betong- och stålelement. Gröna skrapan är pre-certifierad på den högsta nivån, platinum, enligt miljöcertifieringssystemet LEED. Dessutom är byggnaden klassificerad som en EU GreenBuilding vilket betyder att energibehovet är minst 25 procent lägre än gällande energikrav.

Figur 8. Gröna skrapan i Göteborg är byggd av en stål- och betongkonstruktion. Byggnaden är precertifierad med det högsta betyget platinum enligt LEED . Källa: Skanska.

Fakta Gröna Skrapan

Typ: Kontorsbyggand

Byggherre: Skanska

Arkitekt: White Arkitekter

Byggentreprenör: Skanska

Inflyttning: Etappvis,
första inflyttning oktober 2010.

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.

Figur 9. Blå Jungfrun i Stockholm är ett annat exempel på betonghus som byggts med passivhusteknik.

Fakta Blå Jungfrun

Typ: Flerbostadshus

Byggherre: Svenska Bostäder

Arkitekt: Reflex Arkitekter

Byggentreprenör: Skanska

Inflyttning: Januari 2011 (sista etappen)

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 lufttäthet 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. Trägolv på betongen försämrar värmetrögheten, men värmeledningen genom trämaterialet 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 2/20111.
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.

Minimera köldmedier

EAc 4 Enhanced Refrigerant Management
Tillgängliga poäng: 2

Syfte

Att minska nedbrytningen av ozonlagret enligt Montrealprotokollet, och minimera direkta bidrag till klimatförändringen.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Två poäng utdelas om byggnaden inte alls använder köldmedier (inte ens via fjärrkyla) eller om den använder köldmedia med låg ozon- och klimatpåverkan.

Betong minskar byggnadens kylbehov

Betong har en hög inbyggd kapacitet att lagra överskottsvärme (gratisenergi), minskar antalet övergradstimmar och ge ett stabilt och bra inneklimat. I energiavsnittet redovisas betongens styrkor när det gäller energianvändning: minimalt luftläckage, förlåtande för mindre avvikelser, beständiga byggfysikaliska egenskaper. Eftersom energianvändning och effektbehov hänger ihop, minskar byggnadens effektbehov efter samma parametrar. Den värme- och kyllagrande egenskapen hos betong rundar av effekttopparna, och ger fastighetsägare frihet att själva flytta effektuttag i tiden. Det skapar möjligheter att konstruera byggnader som inte behöver köldmedier.

Grundläggande begrepp

Grundläggande begrepp, transmissionsförluster, luftläckage genom klimatskalet och byggnadens värmedynamiska funktion beskrivs i kapitlet om energianvändning. Dessa texter gäller också för att minska byggnadens effektbehov.

Värmetröghet

På senare tid har betydelsen av att minska en byggnads värme- och kyleffekt börjat diskuteras allt mer. 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

Minimera köldmedier
EAc 4 ***Enhanced Refrigerant Management***

värmetrögt hus ger fastighetsägaren möjlighet att lagra värme i stommen under sommardagar och låta stommen kylas ner under natten. Många av de positiva egenskaperna kan förstärkas ytterligare om man använder aktiv värmelagring och/eller en optimerad värmedynamisk styrstrategi. Vid låga effektbehov av kyla kan det räcka med passiva kylmetoder för att klara av att kyla bort byggnadens överskottsvärme. Om effektbehovet av kyla är lågt kan det även vara tillräckligt med ”varm” kyla och vanligt vatten kan användas som köldbärare istället för traditionella köldmedier.

Figur 10. Byggnader med stor värmelagrande förmåga kan jämna ut och flytta effektuttag i tiden vilket kan minska behovet att installera kylaggregat.

Styr- och reglersystem påverkar byggnadens termodynamiska funktion

I princip samtliga nyproducerade betongbyggnader är idag värmetröga till sin natur, vilket innebär att stommen har en självreglerande förmåga att hålla rätt temperatur. Dock utnyttjas detta sällan på ett optimalt sätt. Hur styr och reglersystem påverkar byggnadens termodynamiska funktion beskrivs mer utförligt i avsnittet om Energi.

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 [2]. 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 [3]. Allmän information om lufttäthet finns på ByggaL:s webbplats [4]. Köldbryggor beskrivs i Isolerguiden Bygg 06 [2].

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 [5].

Välj en värmedynamisk styrstrategi

Installera ett styr- och reglersystem som tar hänsyn till värmedynamiken, och som i huvudsak styrs via inomhustemperaturen. Exempel på sådana system är Ecopilot, som utvecklas av Kabona [6], och Enreduce produkter [7]. Dessa styrsystem fungerar också väl ihop med övriga komponenter som ingår i vanligt förekommande värmesystem.

Använd simuleringsverktyg

Använd alltid simuleringsprogram under projekteringsskedet som använder klimatdata med timvärden, och som tar hänsyn till byggnadens värmedynamiska egenskap. T.ex. VIP Energy eller IDA ICE. Om man valt ett styr- och reglersystem som tar hänsyn till den värmedynamiska egenskapen, bör man dock vara observant på att dessa normalt inte beräknas av dessa simuleringsverktyg. 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. Ibland är det svårt att påverka mängden exponerad betongyta, av bl.a. ljud- eller estetiska skäl. Då måste man istället arbeta mer aktivt med den mängd värmelagringskapacitet som trots allt finns tillgänglig.

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. 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. och Lindén, E. (2010). Inventering och Utvärdering av Högpresterande Isolering. FoU-Väst Rapport, 1402-7410 ; 1002.
2. Swedisol (2006). Isolerguiden Bygg 06.
3. Wahlgren P (2010). Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar. SP Rapport 2010:09.
4. ByggaL (2012). Internet: http://www.lufttathet.se/sv/ByggaL.
5. Betongforum (2008). Betong för energieffektiva byggnader – Fördelarna med termisk massa.
6. Kabona (2012). Internet: www.kabona.se.
7. Enreduce (2012). Internet: www.enreduce.se.

Material och resurser

Bevara befintliga väggar, golv och tak

MR 1/1.1 Building Reuse – Maintain Existing Walls, Floors and Roof
Tillgängliga poäng: 5–7*

*Antal möjliga poäng varierar mellan olika versioner av LEED, t.ex. New Constructions, Schools och Core and Shell.

Syfte

Att öka livslängden på det befintliga byggnadsbeståndet, hushålla med resurser, bevara kulturella värden och minska byggavfallet.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Vid om- och tillbyggnad utdelas poäng om byggdelar sparas och återanvänds. Antalet poäng beror på hur stor andel av befintliga byggdelar som sparas och återanvänds. Byggdelarna som omfattas är bärande innerväggar, ytterväggar, grundplatta samt mellan- och takbjälklag. Fönsterpartier, icke bärande takmaterial, miljöfarliga eller defekta material räknas inte.

För en poäng ska minst 55 % av befintliga byggdelar sparas. För två poäng är kravnivån 75 %. För exemplary performance-poäng krävs en återanvändningsgrad på mer än 95 %.

Poäng utdelas inte vid nybyggnation, eller vid tillbyggnad som är mer än dubbelt så stor som den befintliga byggnaden. På så sätt premierar LEED ombyggnationer.

I den nya versionen av LEED föreslår man att kraven ändras. Poäng kan erhållas genom att man uppfyller kriterier enligt någon av följande optioner.

Option 1: Gäller för bevarande av historisk byggnad.

Option 2: Gäller för återanvändning av övergivna eller förfallna byggnader.

Option 3: För poäng ska minst 25 % (yta) av materialet i stomme, fasad, innerväggar, inredning m.m. vara sparat eller återanvänt från platsen eller annan plats.

Option 4: Vid nybyggnad utdelas poäng för en livscykelanalys (LCA), som visar en förbättring på 10 % i minst tre av sex miljöaspekter, jämfört med en referensbyggnad.

Option 5: Vid tillbyggnad krävs både LCA och bevarande av byggdelar.

Bevara byggnadsdelar
MR 1.2 *Building Reuse*

Bevara icke bärande byggdelar

MR 1.2 Building Reuse – Maintain Interior Non-structural Elements
Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att öka livslängden på det befintliga byggnadsbeståndet, hushålla med resurser, bevara kulturella värden och minska byggavfallet.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Vid om- och tillbyggnad utdelas poäng om befintliga icke bärande byggdelar sparas. T.ex. innerväggar, dörrar, golv och undertak. I den nya byggnaden ska minst 50 % av den totala ytan för de icke bärande byggdelarna vara sparade.

Poäng utdelas inte vid nybyggnation, eller vid tillbyggnad som är mer än dubbelt så stor som den befintliga byggnaden. På så sätt premierar LEED ombyggnationer.

I den nya versionen av LEED föreslår man att kraven ändras. Poäng kan erhållas genom att man uppfyller en eller flera av följande tre optioner.

Option 1: EPD (miljödeklaration) eller LCA (livscykelanalys) krävs för minst 20 % (materialkostnad) av de icke bärande byggdelarna.

Option 2: Samma som option 1, men minst 20 % av de bärande byggdelarna.

Option 3: Minst 50 % (materialkostnad) av de icke bärande byggdelarna ska vara återbrukade, återvunna eller lokalproducerade.

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 vad 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 3 redovisas hur betong kan bidra till poäng gällande miljöaspekten Bevara byggdelar.

Tabell 3. Översikt av möjligheter att få poäng med betong i miljöaspekten Bevara byggdelar.

Miljöcertifieringssystem	Vid Nybyggnad	Vid Om/Till-byggnad	Förutsättningar
LEED MR 1/1.1 Building Reuse – Maintain Existing Walls, Floors and Roof	NEJ*	JA	När hela eller delar av betongkonstruktionen (stomme eller stomdelar) används i den ombyggda konstruktionen.
LEED MR 1.2 Building Reuse – Maintain Interior Nonstructural Elements	NEJ*	JA	

** Vid nybyggnad kan man inte få poäng för Bevara byggdelar i LEED, 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.*

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.

Bevara byggnadsdelar
MR 1.2 Building Reuse

Byggnader med stomme och fasad av betong har därför goda förutsättningar att kunna återanvändas, vilket är syftet med kravet i LEED, 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 anpassningsdokment.

Från 1970-talet och framåt har stora satsningar gjorts för att kartlägga betongens beständighet och inverkande 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].

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 bärfömåga 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 11. Med betong är det möjligt att bygga med långa spännvidder vilket möjliggör öppna ytor som skapar god flexibilitet då planlösningen enkelt kan anpassas.

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 täckskikt 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.

Bevara byggnadsdelar
MR 1.2 *Building Reuse*

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 fortsatt angrepp av t.ex. saltvatten.

Tilläggsisolering

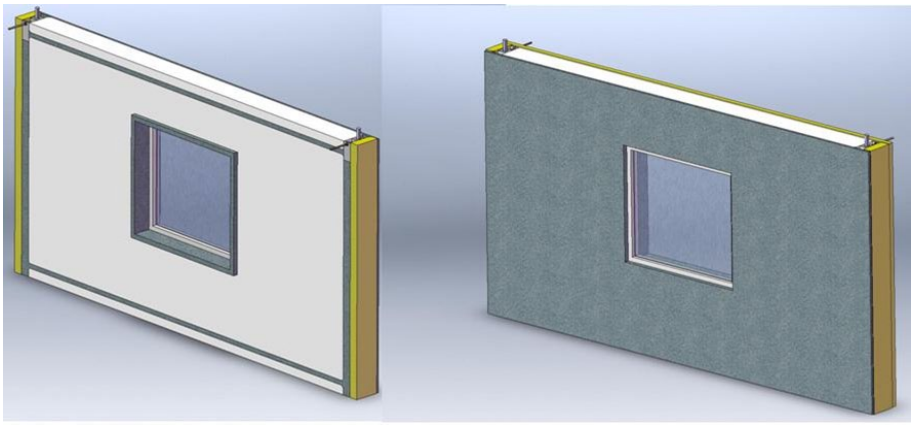
Äldre betongfasader håller ofta inte den isolerstandard som idag krävs vid nybyggnad, men det är möjligt att tilläggsisolera befintliga betongfasader för att bättre möta dagens krav. En vanlig åtgärd på betongfasader från 1960-talet är att man utanpå ny isolering klär fasaderna med skivmaterial som sedan 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.

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

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.

Bevara byggnadsdelar
MR 1.2 *Building Reuse*

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].

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. Uppemot 95% av den befintliga stommen och fasaden (merparten utförd i betong och tegel) behölls.

Fakta Borgarfjord 3

Fastighetsägare: Areim

Hyresgäst: Ericsson

Arkitekt (ombyggnad): White och Arcona

Entreprenör: Arcona

Inflyttning: Slutet av 2010

Figur 13. Ericssons kontor efter ombyggnad. Betongstomme och tegelfasad sparades vilket gav poäng enligt LEED. Foto: Pia Öhrling.

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 14. 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 metods – 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 industrialsierat. 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.

Avfall

MRc 2 Construction Waste Management
Tillgängliga poäng: 2+1

Syfte

Att minska deponering genom ökad återvinning och återanvändning av bygg- och rivningsavfall.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

En eller två poäng utdelas om en avfallsplan implementeras och 50 % (1p) eller 75 % (2p) av den totala mängden avfall (vikt eller volymprocent) återvinns eller återanvänds istället för att gå till deponi. Om 95% avleds från deponi kan detta ge en exemplary performance poäng. Schaktmassor och farligt avfall räknas inte.

Enligt den nya versionen av LEED får förbränning med energiutvinning medräknas. Nivåerna kommer troligtvis att skärpas för projekt med rivning.

Betong kan återvinnas till 100 procent

Vid nybyggnation uppkommer oftast inget avfall av överbliven färsk betong, eftersom den gjuts i form på plats. Prefabricerade betongelement är förtillverkade enligt föreskrivna mått, och ger därför normalt inte heller något spill.

Om avfall av betong uppstår, t.ex. vid rivning av uttjänta byggnader, kan det återvinnas som fyllnadsmaterial eller som ballast i ny betong [1]. Återanvändning av överbliven betong beskrivs i Vägledning BREEAM i kapitlet om återvunnen ballast [2].

Figur 15. Uttjänta betongkonstruktioner kan krossas och separeras från ingjutna komponenter (armering etc) och därmed återanvändas som exempelvis fyllnadsmaterial.

Tips och exempel

Erfarenhet visar att det bästa sättet att återvinna hårdnad betong är att krossa den och använda den som fyllnadsmaterial, t.ex. vid vägbyggnation [7 ,8, 9]. Nederländerna och Japan är exempel på länder där så gott som all uttjänt betong återvinns som fyllnadsmaterial i vägkonstruktioner [9].

Att använda krossad betong som ballast i ny, kan ge en liten miljövinst i betong med låg hållfasthet. För merparten av den betong som tillverkas finns dock begränsningar. Exempelvis:

- Den kräver speciell 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 när det kommer till koldioxidemissioner.

Diligentias Masthusen i Malmö är ett exempel på projekt där man återvunnit betong från en riven byggnad. SAABs bilfabrik och Kockums båtvarvs kraftiga stomme plockades ner och krossades på plats. Armeringen separerades efter grovkrossning, och efter finkrossning användes betongen som fyllnadsmaterial i området. Fördelarna var många:

- Marknivån kunde höjas, vilket gjorde det lättare att hantera grundvattnet under byggtiden. Samtidigt minskades risken för framtida översvämningar.
- Man kunde undvika användning av nytt material i fyllnadsmassor.
- 350 000 ton betong återanvändes. Att man samtidigt undvek transporter för att köra bort rivningsmassorna innebar ytterligare en minskning av både kostnader och miljöpåverkan.

Figur 16. Rivningsbetong återanvändes i Diligentias projekt Masthusen och sparade på så vis en stor mängd lastbilstransporter. Foto: Claes Thureson.

Referenser

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

Återvunnet innehåll

MR 4 Recycled Content
Tillgängliga poäng: 2

Syfte

Att öka användningen av återvunnet innehåll, vilket minskar uttag av jungfrulig råvara.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

Poäng utdelas om produkter eller material med återvunnet innehåll används. Återvunnet material som passerat konsumentledet (post-consumer waste) får medräknas till 100 %. Industriavfall (pre-consumer waste) får medräknas till 50 %.

För en poäng krävs att minst 10% av projektets totala byggmaterialkostnad utgörs av återvunnet material. För två poäng är kravnivån 20 %. För exemplary performance-poäng krävs att återvunnet material svarar för 30 % av kostnaden. Observera att arbetskostnad och maskinkostnad för montage på byggplatsen inte får inräknas i materialkostnaden. Ventilation, el, VVS-produkter och specialprodukter såsom hissar ingår inte heller.

För produkter som består av olika material där bara vissa är återvunna räknas återvinningsgraden fram baserad på delmaterialens vikt. För betong och cementbundna material gäller specialregeln att det är tillåtet att räkna andelen återvunnet material i förhållande till cementmaterialens massa, istället för hela betongens massa. Detta gäller under förutsättning att kostnaden för cementmaterialen kan särredovisas från den totala betongkostnaden. Se exempel sist i texten nedan.

Pre-consumer waste:

Processavfall från industrier som säljs eller byts. T.ex. flygaska från kolkraftverk. Spill som återanvänds i egen process räknas inte.

Post-consumer waste:

Avfall som passerat konsumentledet. Dvs. konsument-, bygg- eller rivningsavfall. T.ex. betong från rivning eller byggplats, eller glas från glasinsamling.
I det senaste förslaget på ny version av LEED finns inte denna fråga med. Den ersätts förmodligen av de frågor som hanterar bärande och icke bärande material som är återanvända, återvunna, lokalproducerade eller har miljödeklarationer såsom EPD och LCA. (Se förslag på ändringar i avsnittet MR1 Building Reuse.)

Återvunnet innehåll
MR 4 ***Recycled Content***

Återvunnet material i betong

En stor del av dagens betong innehåller återvunnet material. Det handlar främst om avfall från industriella processer, men man använder också krossad betong som ballast i ny betong. Att användningen ökar beror både på miljömässiga, tekniska och ekonomiska fördelar. Tack vare teknikutvecklingen används materialen på ett säkert sätt, utan risk för kvalitetsförsämringar i den färdiga produkten.

Processavfall från industrier (pre-consumer waste)

Inblandning av restmaterial i betong ökar. Mineraliska tillsatsmaterial såsom slagg, silikastoft och flygaska är vanliga. 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 [1].

Restmaterial kan ha negativ effekt på vissa av betongens egenskaper. T.ex. kan hållfasthetstillväxten bli långsammare vid lägre temperaturer (< 10°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 vissa grövre anläggningskonstruktioner.

Vid cementtillverkning används stora mängder konsumentavfall som alternativa bränslen. På så sätt minskar både användningen av fossila bränslen och mängden avfall i samhället. För närvarande får man dock inga poäng i LEED för användning av restmaterial och alternativa bränslen i cementtillverkningen. Men cementets miljöpåverkan minskar, vilket t.ex. ger resultat i en livscykelanalys (LCA). Vilken typ av alternativa bränslen som används varierar beroende på tillgången av avfall, och dess kvalitet. I dagsläget används bildäck, plast, lösningsmedel och det hushållavfall som finns nära cementfabriken.

Krossad betong och konsumentavfall (post-consumer waste)

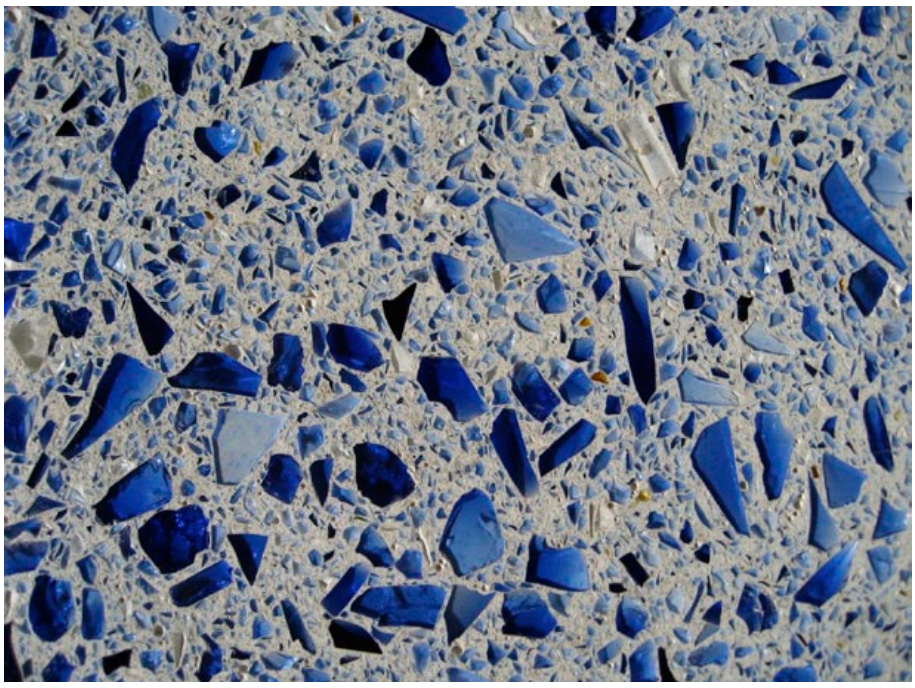
Enligt den svenska standarden SS 137003 kan man använda krossad betong som betongballast under vissa förutsättningar. Användningen är begränsad med hänsyn till ballastens kvalitet och avsedd användning (exponeringsklass) [3, 4, 5, 6]. Att använda krossad betong som ballast i ny, kan ge en liten miljövinst i betong med låg hållfasthet. För merparten av den betong som tillverkas finns dock begränsningar. Exempelvis:

- Den kräver speciell 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 när det kommer till koldioxidemissioner.

Erfarenhet visar att det bästa sättet att återvinna hårdnad betong är att krossa den och använda den som fyllnadsmaterial, t.ex. vid vägbyggnation [7 ,8, 9]. Nederländerna och Japan är exempel på länder där så gott som all uttjänt betong återvinns som fyllnadsmaterial i vägkonstruktioner [9].

En produkt som räknas som konsumentavfall är glasfiller. Den framställs av insamlat förpackningsglas, som mals till ett pulver med väldefinierad finhet och partikelfördelningskurva. Vid användning i betong förbättras de reologiska egenskaperna. Inblandning av glas kan innebära risk för alkalikiselsyrareaktioner, som kan orsaka sprickor eller utsprängningar i betongytan [10, 11]. Därför måste glasets alkalikiselsyrareaktivitet undersökas.



Figur 17. Krossat glas ingjutet i betong. Det är dock viktigt att kontrollera glasets alkalikiselreaktivitet för att undvika problem med sprickor eller utsprängningar i betongytan.

Återvunnet innehåll
MR 4 Recycled Content

Tips och exempel

Om projektets materialkostnad är 10 000 000 kr, bidrar betong och armering i exemplet nedan med 5,1 % återvunnet värde. Eftersom minst 10 % av total materialkostnad ska utgöras av återvunnet material, utdelas ingen poäng för enbart betong och armering. Däremot bidrar dessa till poäng när de adderas till annat återvunnet innehåll i projektet. I det här exemplet har flygaska använts som alternativt bindemedel. Flygaskans bidrag hade blivit nästan försumbart om inte specialregeln för cementbundna material, se nedan, hade använts.

Tabell 4. Exempel på återvunnet värde för armerad betong.

Produkt	Kostnad	Återvunnet Pre-consumer (50 % medräknas)	Återvunnet Post-consumer (100% medräknas)	Återvunnet värde
Betong :				
Cementmtrl	600 000 kr	20%*		60 000 kr
Övrigt	400 000 kr			
Armering	500 000 kr		90%	450 000 kr
SUMMA				**550 000 kr**

**Förklaras i tabell 5 och 6.*

Andelen återvunnet innehåll i en sammansatt produkt beräknas utifrån råvarornas viktprocent:

Tabell 5. Andel återvunnet innehåll i armeringsjärn.

ARMERING	Andel viktprocent	Återvunnet Pre-consumer	Återvunnet Post-consumer
Återvunnet stål	90 %		90 %
Jungfruligt stål, legeringar	10 %		
SUMMA	**100 %**		**90 %**

För stålprodukter finns en specialregel där man alltid får räkna med 25 % post-consumer återvunnet material ifall man inte har möjlighet att få fram återvinningsgraden.

Specialregler för betong och cementbundna material

För dessa material får andelen återvunnet material räknas i förhållande till cementmaterialens massa, istället för hela betongens massa. I så fall måste detta relateras till totala kostnaden för cementmaterialen istället för kostnaden för betongen.

Tabell 6. Andel återvunnet innehåll i cementbundna material.

Betong – cementmaterial	Andel viktprocent	Återvunnet Pre-consumer	Återvunnet Post-consumer
Standard Portland	70 %		
Flygaska	20 %	20 %	
Kalkfiller	10 %		
SUMMA	**100 %**	**20 %**	**0 %**

Referenser

1. Cementa (2011). Flygaska skonar miljön, Artikel i tidningen Cementa nr 2 2011.
2. SBUF (2006). Industriella restmaterial och filler i betong – Inverkan på tidig hållfasthetsutveckling med fokus på vinterförhållanden. SBUF informerar 06:13.
3. Svensk standard SS-EN 206-1.
4. Svensk standard SS 137003.
5. SBUF (2004). Återvunnen betong – krossningsmetodens inverkan på den krossade betongens kvalitet, SBUF informerar 04:08.
6. Boverket (1999). Återvunna byggnadsmaterial, Boverkets handbok BÅ99.
7. Dansk Beton (2012). I praksis umuligt at bruge nedknust beton som tilslag. Dansk Beton 3, August 2012.
8. CSI (2012). Recycling Concrete, The Cement Sustainability Initiative. www.wbcsdcement.org
9. Braunschweig A. (2012). Recycled Concrete: Environmentally superior to virgin concrete? ERMCO Congress Papers, Verona 2012.
10. Svensk Byggtjänst (1997). Betonghandboken – material, Kapitel 24.6 Glas.
11. Vattenfall Utveckling AB (2000). Regler för certifiering av glasfiller.
12. Johansson, E. (2011). Betongåtervinning, Examensarbete 2011:51, Chalmers Tekniska Högskola, avd. Bygg och miljöteknik.

Regionalt material

MR 5 Regional Materials
Tillgängliga poäng: 2

Syfte

Att öka efterfrågan på regionala material, vilket även minskar transporter.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

För poäng krävs att byggvaror både har tillverkats och utvunnits regionalt. Dvs. inom 80 mil från projektet (fågelvägen).

För en poäng krävs att minst 10% av projektets materialkostnad utgörs av regionalt material. För två poäng är kravnivån 20 %. För exemplary performance-poäng krävs att regionalt material svarar för 30 % av kostnaden. Observera att arbetskostnad och maskinkostnad för montage på byggplatsen inte får inräknas i materialkostnaden. Ventilation, el, VVS-produkter och specialprodukter såsom hissar ingår inte heller.

I projekt utanför USA får följande ACP (Global Alternative Compliance path) användas: För transport med båt på hav tillåts ett avstånd om 1200 mil (80 x 15) och för övrig båttrafik tillåts 160 mil (80 x 2). För transport med tåg är 240 mil (80 x 3) tillåtet.

I det senaste förslaget på ny version av LEED finns inte denna fråga med. Den ersätts förmodligen av de frågor som hanterar bärande och icke bärande material som är återanvända, återvunna, lokalproducerade eller har miljödeklarationer såsom EPD och LCA. (Se förslag på ändringar i avsnittet MR1 Building Reuse.)

Regionalt material
MR 5 Regional Materials

Ett lokalt byggmaterial

Både betongen och armeringen i en betongstomme tillverkas lokalt. Råvarorna – cement, ballast, vatten och små mängder tillsatsmedel – produceras och utvinns också mestadels lokalt. Vid tillverkning av betong används främst nytt material, men i takt med att miljöfrågorna sätts i fokus ökar återvinningen och användningen av restmaterial. Betong lämpar sig väl för detta, eftersom den är hållbar, tålig och har lång livslängd.

Tillverkning, distribution och återvinning av betong

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 oftast är kort.

Fabriksbetong kan inte transporteras längre sträckor. Den börjar härda efter någon timme och kan sedan inte hanteras på byggplatsen. Vid byggnation på platser med långa avstånd kan man producera lokalt med hjälp av en mobil betongfabrik.

Figur 18. Redan någon timme efter blandning börjar betongens tillstyvna och därmed svårare att hantera vid gjutning. Fabriksbetong är därför ett lokalt producerat byggmaterial.

Det blir allt vanligare med återvinning av hårdnad spillbetong från produktionen och återanvändning av överbliven färsk betong. Den hårdnade betongen kan krossas och användas som fyllnadsmaterial i vägar, eller som ballast i ny betong.

Delmaterial och ursprung

Delmaterialen redovisas i betongleverantörernas byggvarudeklarationer. Sammansättningen per m³ betong (2300 kg) kan variera inom vissa gränser, se typiska exempel under rubriken ”Tips och exempel”. Följande delmaterial ingår i betong:

Cement

Merparten av den cement som används i Sverige produceras i Slite, Degerhamn och Skövde. Råvarorna är främst kalksten, sand och gips. För att ge cementet särskilda egenskaper ingår också en liten mängd tillsatsmaterial.

De olika typerna av cement har ungefär samma fördelning av råmaterial, men det finns vissa skillnader. I Sverige är byggcement vanligast. Den består till 93 % av kalksten och märgelsten som utvinns lokalt vid cementfabriken och där 3 % är sand som kommer från Bornholm med båt. Ca 2,5 % är naturgips som skeppas från Spanien. Resterande 1,5 % utgörs av olika tillsatsmaterial.

Cement för tillverkning av fabriksbetong och betongelement distribueras i bulk till landets 19 depåer. Transporten sker till 98 % med båt och 2 % med bil. Den sista biten från depå till betongfabrik sker med bulkbil. Från vissa depåer kan man även transportera cement via järnväg.

Figur 19. Cement som tillverkas i Slite och Degerhamn transporteras med båt till de depåer som finns utmed Sveriges kust. Vidare transport till betongtillverkare sker med lastbil.

Regionalt material
MR 5 Regional Materials

Tillsatsmaterial (flygaska, kalkfiller, silikastoft eller slagg)
Tillsatsmaterial ingår i begränsade mängder och kommer oftast från regionen där betongen tillverkas. Längre transporter kan förekomma i specifika fall.

Ballast (grus och sten i olika fraktioner)
Ballast transporteras till betongfabriken med bil från närliggande grustäkter alternativt från krossanläggning för bergmaterial.

Vatten
I huvudsak används dricksvatten från kommunal anläggning, men även återvunnet processvatten.

Betongtillsatsmedel
Råvaror till betongtillsatsmedel importeras vanligtvis. Produkterna blandas och spädes med vatten i Sverige, för att sedan levereras till betongtillverkaren med tankbil. Räknat som torr råvara är mängden tillsatsmedel mycket liten, omkring 0,04 % av betongens vikt.

Tips och exempel

Exempel 1: Bostadshus med platsgjuten stomme i Stockholm.

Betongen tillverkas på betongfabrik i Stockholm. Sammansättningen är 320 kg cement (13,4 %), 1850 kg ballast (77,7 %), 210 kg vatten (8,8 %) och 1 kg tillsatsmedel (0,1 %).

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.
- Tillsatsmedel: Leverans från leverantör i Stockholmsområdet. Transport med tankbil från produktionsanläggning i Stockholmsregionen. Råvarans ursprung kan spåras.
- Vatten: Tas från kommunalt vattenverk i Stockholm. Spårbarhet finns.

Alla råvaror är tillverkade regionalt, eftersom de ligger inom ett avstånd på 80 mil. I tabell 7 redovisas en sammanställning av regionalt material i stommen.

Tabell 7. Andel regionalt tillverkade material i en platsgjuten betongstomme.

MATERIAL	*Andel viktprocent*	*Regionalt*
Armering		
Återvunnet stål	90 %	JA
Jungfruligt stål, legeringar	10 %	NEJ
SUMMA		**90 %**
Betong		
Cement	13,4 %	JA
Ballast	77,7 %	JA
Vatten	8,8 %	JA
Tillsatsmedel	0,1 %	JA
SUMMA		**100%**

Materialkostnaden för betong och armering i stommen uppskattas till ca 15% av projektets totala materialkostnad. Om projektets materialkostnad är 10 000 000 kr bidrar därmed stommen i exemplet med 14,5 % regionalt material, varav betongen står för 10 % och armeringen för 5 %, se tabell 8. Det innebär att betongen på egen hand bidrar med en poäng.

Tabell 8. Värde för regionalt tillverkade material i en platsgjuten betongstomme.

Produkt	*Kostnad*	*Regionalt*	*Regionalt värde*
Betong	1 000 000 kr	100 %	1 000 000 kr
Armering	500 000 kr	90 %	450 000 kr
SUMMA			**1 450 000 kr**

Regionalt material
MR 5 Regional Materials

Exempel 2: Kontorshus med prefabstomme i Malmö

Betongelementen tillverkas på elementfabrik i Skåne. Sammansättningen är 13,1 % cement, 76,1 % ballast, 8,6 % vatten, 2,1 % armering och 0,1 % tillsatsmedel.

Råvarornas ursprung:

- Cement: Transport med båt från Slite till depå i Malmö. Därefter transport med bil från depå till elementfabrik i Skåne. Råvarans ursprung kan spåras.
- Ballast: Uttag från grustag i Skåne och transport till elementfabrik, ca 5 km. Råvarans ursprung kan spåras.
- Tillsatsmedel: Leverans från leverantör i Stockholmsområdet. Transport med tankbil från produktionsanläggning i Stockholmsregionen, ca 650 km. Råvarans ursprung kan spåras.
- Vatten: Tas från kommunalt vattenverk i Skåne. Spårbarhet finns.
- Armering: Armeringen består av 90 % återvunnet stål. Tillverkningen sker i Norge. Råvarorna kommer från lokalt återvunnet stål i Norge, respektive jungfruligt stål från Kiruna.

Alla råvaror, utom armeringen, är tillverkade regionalt, eftersom de ligger inom ett avstånd på 80 mil. I tabell 9 redovisas en sammanställning av regionalt material i stommen.

Tabell 9. Andel regionalt tillverkade material i en prefabricerad betongstomme.

MATERIAL	Andel viktprocent	Regionalt
Cement	13,1 %	JA
Ballast	76,1 %	JA
Vatten	8,6 %	JA
Tillsatsmedel	0,1 %	JA
Armering	2,1 %	NEJ
SUMMA		**97,9 %**

Den totala inköpskostnaden för den prefabricerade betongen i projektet är 1 450 000 SEK. Om projektets materialkostnad är 10 000 000 kr bidrar stommen i exemplet med 14,2 % regionalt material, Det innebär att betongen på egen hand bidrar med en poäng.

Referenser

1. Cementa AB, Byggdeklaration, yttre miljö – Cement. www.heidelbergcement.com
2. Byggvarudeklarationer från tillverkare av fabriksbetong. Adresser finns på www.svenskbetong.se
3. Byggvarudeklarationer från tillverkare av betongelement. Adresser finns på www.svenskbetong.se

Att undvika kemikalier
MR *Avoidance of Chemicals*

*Att undvika kemikalier med farliga egenskaper**

MR – Avoidance of Chemicals of Concern in Building materials
Tillgängliga poäng: 1

** ”Pilotcredit” i version 2009. Pilotcredits är poäng som LEED testar för framtida versioner. Pilotcredits får användas för Innovationspoäng.*

Syfte

Att öka användningen av produkter och material som deklarerar kemiskt innehåll, samt att minska koncentrationer av kemiska föroreningar som kan skada luftkvalitet, miljön och människors hälsa.

Krav

Här följer en sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen.

För poäng ska byggprodukter eller byggmaterial som motsvarar minst 20 % av den totala materialkostnaden uppfylla följande:

- *Produkter och material måste ha en egendeklaration eller en tredjepartsdeklaration över ingående ämnen.*
- *Produkter och material får inte innehålla några ämnen listade under Californias Proposition 65 – ”Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986” [4]. Dessa ämnen är reproduktionstoxiska eller kända för att orsaka cancer.*

I nästa version av LEED föreslår man att kraven ska ingå som en egen miljöaspekt under ”Material and Resources”.

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.

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.

Att undvika kemikalier
MR ***Avoidance of Chemicals***

Figur 20. 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, vattenreducererare, 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 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 21. Utan flyttillsatsmedel är det omöjligt att tillverka en självkompakterande betong som bl.a. eliminerar ett tungt arbetsmoment, nämligen vibreringen av betong.

Att undvika kemikalier
MR *Avoidance of Chemicals*

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 uppfylla kriterierna i LEED, gå igenom råvarornas innehåll och kontrollera att de inte innehåller listade ämnen enligt kraven. Här följer tips för att hitta information om innehåll:

- 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. 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.

Inomhusmiljö

Emissioner

IEQ 4 Low-Emitting Materials
Tillgänglig poäng: 5

Syfte

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

Krav

Här följer sammanfattning av kraven. Fullständig information finns i LEED-manualen. Vissa internationella standarder godkänns i stället för amerikanska enligt Alternative Compliance Paths (ACP) se i LEED-manualen.

IEQc 4.1 Adhesives and Sealants – Lim och fogmassa

Poäng utdelas om alla limmer och fogmassor som används inuti byggnaden (på insidan av väderskyddet) – och som appliceras på plats – uppfyller krav på maximalt innehåll av flyktiga organiska ämnen (VOC), enligt standarden SCAQMD, Rule 1168. Gränsvärden (eller hänvisningar till dem) finns i LEED-manualen.

IEQc 4.2 Paints and Coatings – Färg och ytskikt

För poäng krävs att alla färger på innerväggar och tak – och som appliceras på plats – uppfyller VOC-krav enligt standarden Green Seal. Lacker, primers och förseglingsprodukter ska uppfylla kraven i SCAQMD, Rule 1168. Gränsvärden (eller hänvisningar till dem) finns i LEED-manualen.

IEQc 4.3 Flooring Systems – Golvsystem

Poäng kan erhållas på två sätt. Det ena är att använda golvmaterial som är certifierade mot, eller uppfyller krav enligt följande amerikanska standarder:

- *Textilmattor (och lim till dessa) ska uppfylla krav enligt Carpet and Rug Institute Green Label Plus Program. Hänvisning till kraven finns i LEED-manualen.*
- *Hårda golv (PVC, linoleum, laminat, trägolv, keramiska golv och gummi) ska vara certifierade enligt FloorScore standard. Hänvisning till kraven finns i LEED-manualen.*
- *Golvlacker, sealers m.m. måste uppfylla kraven enligt IEQc4.2 Paints & Coatings.*
- *Fix och fog mm till kakel och klinker måste uppfylla kraven i SCAQMD, Rule 1168. Se IEQc 4.1 ovan.*

Det andra sättet att få poäng är att använda golvmaterial som är emissionstestade enligt kalifornisk standard.

IEQc 4.4 Composite Wood and Agrifiber Products – Träkomposit och laminat
För poäng krävs att träbaserade produkter och laminat som används inuti byggnaden (på insidan av väderskyddet) inte innehåller något tillsatt lim med urea-formaldehyd. Däremot går fenolformaldehyd bra.

Enbart för skolor: IEQc 4.5 Furniture & Furnishings & IEQc 4.6 Ceiling & Wall Systems
Kravet gäller träbaserade skivor och dörrkärnor. När LEED for Schools används för skolprojekt får man välja max fyra poäng av IEQc 4.1–4.6.

Både IEQc 4.5 (inredningar och möbler) och IEQc 4.6 (innerväggar och undertak) ger poäng om specificerade VOC-krav uppfylls.

I den nya versionen av LEED föreslår man en sammanslagning av alla frågor som rör emissioner. En beräkning utförs då för golv, undertak, väggar, termisk och akustisk isolering samt möbler. Ett genomsnitt för områdena ger en total bedömning. Detta krav är dock inte obligatoriskt. Fler testmetoder kommer att godkännas utanför Nordamerika. I nya LEED-versionen kommer ren betong att betraktas som ej emitterande, utan krav på VOC-test.

Betong – ett naturligt material

Betongen är vår tids mest använda byggnadsmaterial. Den består nästan helt av naturliga råvaror [1]. Ca 80 % är grus, sand och sten. Resten utgörs främst av vatten (6%) och cement (14%), som i sin tur huvudsakligen tillverkas av kalksten. För att förbättra betongens egenskaper används även tillsatsmedel i mindre doser.

Beståndsdelarnas låga volatilitet gör betong till ett lågemitterande byggnadsmaterial. Kartläggningar och undersökningar visar inga skadliga emissioner från uttorkad betong [1, 2]. Mätningar visar att tillsatsmedlen inte heller ger emissioner till inomhusmiljön [3]. Läs mer i avsnittet ”Att undvika kemikalier”.

Betong i kontakt med fuktkänsliga material

Det finns rapporter som visar emissioner av ammoniak från betong [5, 6]. Problemen handlar främst om besvärande lukt och skador på anliggande material, t.ex. ekparkett. De bakomliggande mekanismerna är inte helt kartlagda, men det som huvudsakligen inverkar på uppkomsten av emissioner är en kombination av fuktig betong, alkalisk miljö, förhöjd temperatur och dålig ventilation.

Andra problem som kan uppstå om betongen inte fått torka ut tillräckligt är nedbrytning och emissioner från beläggningsmaterial. Detta kan hända när betongens fria alkali kommer i kontakt med vissa golvmaterial, lim eller färger [1]. Problemen undviks om man låter betongen torka ut till minst 80–90 % RF, beroende på hur fuktkänslig ytbeläggningen är. Ett bra sätt att påskynda uttorkningen är att använda snabbtorkande eller självtorkande betong [1]. (En nämnvärd parentes är att sådan betong oftast har högre cementhalt, vilket påverkar betongens klimatprofil eftersom utsläppen av koldioxid per enhet ökar.)

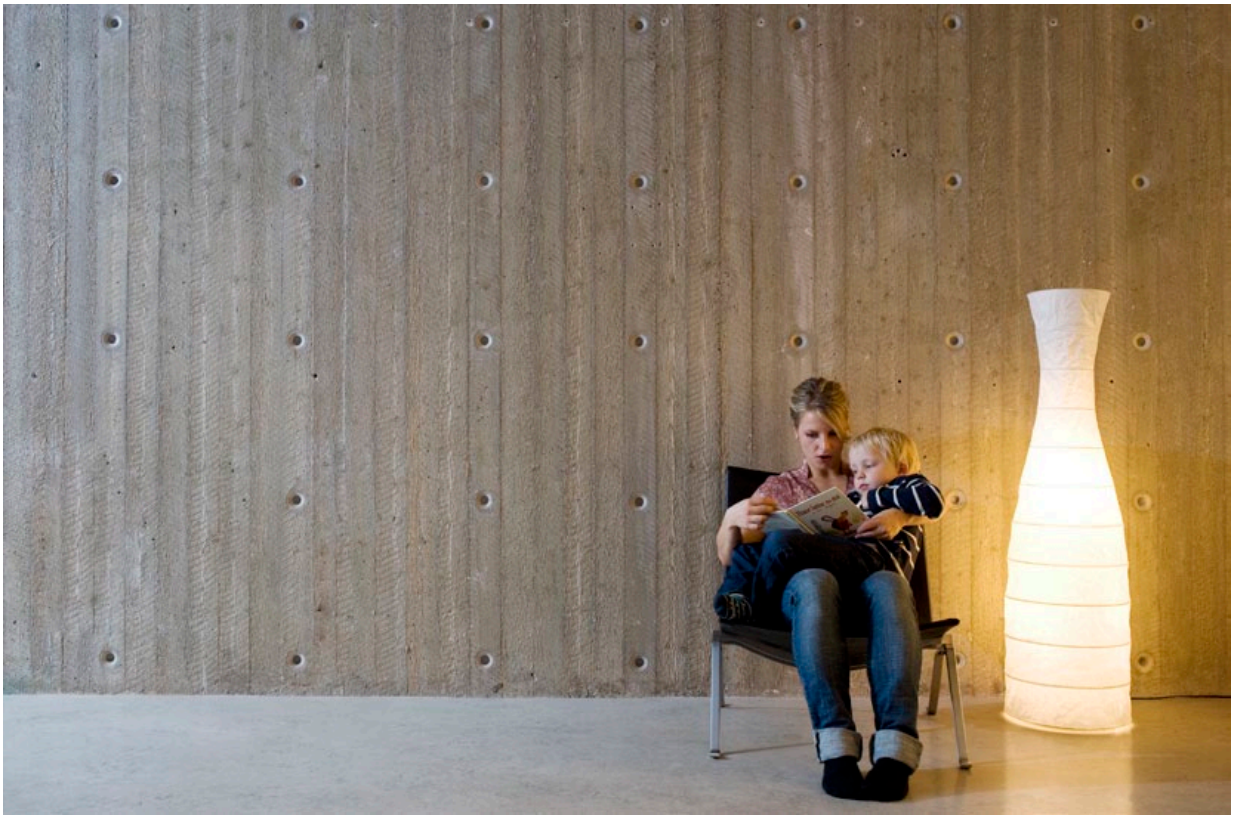
Ett annat sätt att minimera risken för emissioner är att utnyttja betongen som ytskikt. Det finns stora möjligheter att skapa en estetisk betongyta som samtidigt har positiva effekter ur hållbarhetssynpunkt [7]. T.ex. förbättrad förmåga att lagra och frigöra värme, lägre resursförbrukning, minskad användning av kemikalier och förenklad återvinning.

Användning av lim och fogmassor för tätning

Betong är ett tätt material som antingen gjuts på plats eller förtillverkas som element (prefab). Fogmassa används som tätning mellan konstruktionsdelar. För att begränsa emissioner från fogmassan i sig är det viktigt att välja produkter med låg emission (se IEQc4.1 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 med fördel användas som exponerad yta i golv, tak och väggar i ett rum. Ingen ytbeläggning krävs, samtidigt som emissionen blir så låg att den knappt är mätbar [1, 4]. Om man istället väljer färg eller annan ytbeläggning är det viktigt att produkten har låg emission (se IEQc 4.2 ovan).



Figur 22. Exempel på inomhusmiljö där betong i väggar och golv har exponerats.

Golvsystem

När betong används som exponerad golvyta finns ingen risk för skadliga emissioner [1]. Problem kan bara uppstå om fuktkänsliga material appliceras innan betongen hunnit torka ut. Därför är det viktigt att kontrollera betongens fuktnivå. Information om högsta tillåtna relativa fuktighet (RF) för fuktkänsliga material lämnas av tillverkaren. För vanligt förekommande material finns information även i AMA Hus 11 [8]. Skador kan undvikas med hjälp av metoder för att uppskatta, påskynda och kontrollmäta uttorkningsförloppet [9]. Det är också viktigt att välja golvmaterial och produkter med låg emission (se IEQc 4.3 ovan).

Emissioner
IEQ 4 ***Low-Emitting Materials***

Exempel

Köpcentrum Liljeholmen, Stockholm

Liljeholmstorget Galleria var det första köpcentrumet i Europa att nå den högsta nivån i LEED miljöcertifiering, Platinum. Gallerian består av 90 butiker i tre våningsplan, där betong används som golvbeläggning (figur 23).

Fakta kv. Lärkträdet

Byggherre: Citycon
Arkitekt: Equator Stockholm. Interiör ritad av Wester + Elsner arkitekter.
Entreprenör: Veidekke
Inflyttning: Oktober 2009

Figur 23. Betonggolv i Liljeholmsgallerian, som certifierats med LEEDs högsta betyg – Platinum.

Tips

Här följer ett antal åtgärder för att undvika emissioner till följd av fuktkänsliga material på betong [10]. Problemen undviks om man låter betongen torka ut ordentligt innan 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 flera sätt att påskynda uttorkningen via betongens sammansättning. Snabbtorkande betong är ett exempel . Att tillsätta luft eller silika är ett annat.
- Undvik vatten på betongens yta. Välj membranhärdning istället för vattenhärdning, och skydda betongen från regn.
- Tunna betongkonstruktioner torkar ut snabbare än tjocka.
- Vakuumsugning minskar vattenmängden och påskyndar därmed uttorkningen.
- Välj limningsteknik, lim, avjämningsmassa och fuktskyddande skikt som passar för aktuella förutsättningar.
- Kontrollera uttorkningsförloppet genom mätning.

Referenser

1. Gillberg, B. m.fl. (1999). Betong och miljö, Fakta från Betongforum, Svensk Byggtjänst.
2. Hellström, T. (2004). Chemical Emissions from Concrete, Rapport TVBM-3144, Avdelningen för byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola, Lund, 2004.
3. Swedish Association for Concrete Admixtures (2011). Tillsatsmedel för betong. www.saca.se
4. Svenska Betongföreningen (2012). Vägledning Miljöbyggnad, Farliga egenskaper
5. Dagerholm, A. och Magnusson, J. (2012). Ammoniak i betong – Ett nytt fuktproblem? Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan Campus Haninge.
6. Andersen, U. (2009). Entreprenører opgiver egetræsgulve: Betonen gør dem sorte, artikel i Ingeniøren Byggeri, København, 2009. www.ing.dk/byggeri
7. Hertzell, Tage (2010). Betongens yta.
8. Svensk Byggtjänst (2012). AMA Hus 11
9. Svenska Betongföreningen (2012). Vägledning Miljöbyggnad: Fukt
10. Cementa (2001). Sunt byggande med betong ger friska golv.

Termisk komfort - Design

IEQ 7/7.1 Thermal Comfort – Design
Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att skapa ett bra termiskt klimat som värnar om produktivitet och välbefinnande.

Krav

För poäng krävs att byggnadens klimatskärm och tekniska system utformas enligt ASHRAE 55-2004, Termiskt klimat för människor. Kraven gäller för utrymmen där människor vistas mer än 15 minuter. De omfattar operativ temperatur, luftfuktighet, lufthastighet, termiskt obehag och temperaturvariationer över tiden. Att byggnaden uppfyller kraven visas bl.a. genom PMV och PPD, som inte ska överstiga 10 % (se förklaring av PMV & PPD i texten nedan).

Eftersom ASHRAE 55 använder samma metoder som ISO 7730, är den helt kompatibel med denna.

I den nya versionen av LEED föreslås att standarden ASHRAE 55-2010 används. Dessutom finns krav på relativ luftfuktighet.

Inverkan av tunga betongkonstruktioner

Vilket termiskt klimat det slutligen blir i en byggnad beror på en kombination av egenskaper: värmelagringskapacitet, personer och interna laster, transmissionsförluster, byggnadens täthet, ventilationssystem, solinstrålning och typ av värme- och kylsystem. Dessa egenskaper och 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 yttemperaturer. 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 såsom genomförningar och anslutningar mot fönster och dörrar. Luftläckaget hanteras också 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 för att detta ska gå att genomföra 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

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.

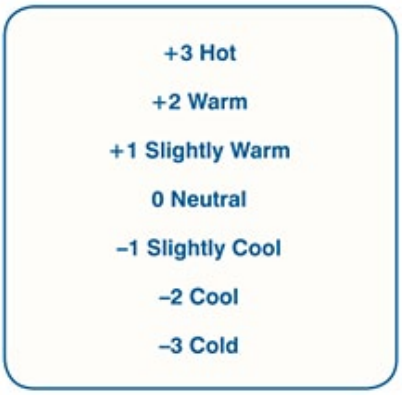
När man mäter och bedömer inomhusklimat är det därför viktigt att komma ihåg att vi inte bara upplever olika ”lufttemperaturer”, utan framförallt förändringar i värmeflödet till och från kroppen. Det är därför som det är extra viktigt att lägga stor vikt på klimatskärmens utförande för att minska behovet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

- Lufttemperaturer
- Strålningstemperaturer
- Luftrörelser
- 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 en ytterligare faktor som gör att man upplever omgivningen annorlunda.

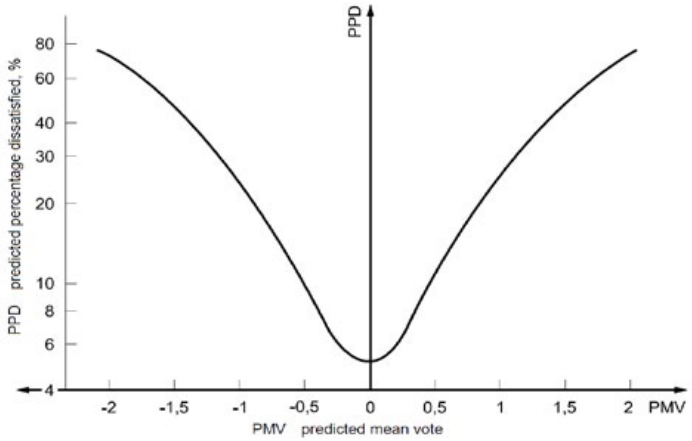
För att fastställa sambandet mellan dessa sex faktorer har forskare genomfört tusentals försök där man varierat en eller flera av faktorerna och samtidigt frågat personerna om de upplever komfort eller inte. Försöken har utförts över hela världen och ingen skillnad i upplevelse har noterats beroende på kön, ålder, ursprung eller geografisk placering på jordklotet. Däremot har skillnader märkts 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.

Termisk komfort
IEQ 7/7.1 *Thermal Comfort – Design*



Figur 24. ”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 neutralt komfortabelt klimat (figur 24). 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 missnöjdhetskurvan aldrig går under 5 % (figur 25).



Figur 25. 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 referens [1] 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 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 den 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 ASHRAE 55-2004 finns även vistelsezonen definierad. Vid bedömning enligt LEED i Sverige gäller alltså regeln att välja det strängaste utav kraven definierade i ASHRAE respektive BBR.

Termisk komfort
IEQ 7/7.1 *Thermal Comfort – Design*

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, http://www.equa-solutions.co.uk.

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.

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, http://www.lindab.com.

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, http://www.swegon.com.

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 ISO7730:2005. Internet: www.sis.se.
2. Forslund, J. (2012). Bästa inneklimat till lägsta energikostnad. ISBN 978-91-7333-519-5
3. Sandin K (2010). Praktisk byggnadsfysik. ISBN13: 9789144059914.
4. VVS-tekniska föreningen (2002). R1. Klassindelade inneklimatsystem. Riktlinjer och specifikationer. Internet: www.siki.se.
5. Petersson, B-Å. (2009). Tillämpad byggnadsfysik. ISBN13: 9789144058177.
6. ASHRAE (2010). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-2010. Internet: www.ashrae.org.
7. Lumasense (2012). Calculation of PMV based on Equivalent Temperature, Internet: www.lumasenseinc.com/EN/products/thermal-comfort/pmv-calculation/pmv-calculation.html.

Termisk komfort - Uppföljning

IEQ 7.2 Thermal Comfort – Verification
Tillgängliga poäng: 1

Syfte

Att se till att byggnaden stadigvarande har ett bra termiskt klimat.

Krav

För poäng krävs intyg på att en enkätundersökning ska genomföras 6 till 18 månader efter inflyttning. Enkäten ska undersöka hur det termiska klimatet upplevs av personerna i byggnaden. Och ta upp faktorer i standarden ASHRAE 55-2004.

Om fler än 20 % är missnöjda krävs intyg på att felen ska åtgärdas. Dessutom ska ett övervakningssystem installeras, för att garantera att byggnaden når kraven.

I LEED 2012 föreslår man att standarden ASHRAE 55-2010 används. Dessutom ska 50 % av hyresgästerna kunna styra inomhusklimatet.

Mätmetoder

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 datorprogram, exemeplvis [1], 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 ovan (se ”IEQ 7/7.1 Thermal Comfort – Design Summer and Winter / Program som beräknar PMV och PPD-index”). Metoden följer standarden ASHRAE 55-2010.

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 26) alternativt kan man direkt mäta PPD med uppvärmd givare typ Lumasense (figur 27).

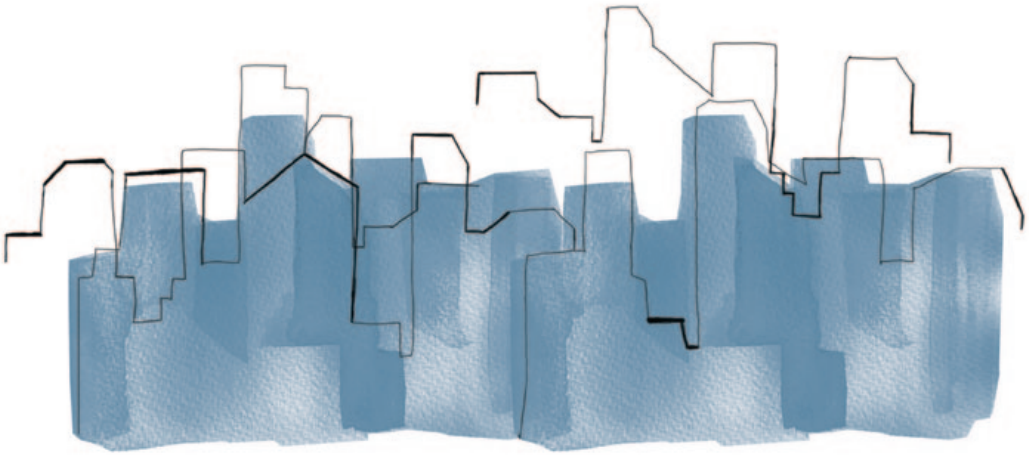
Figur 26. Separata givare från Swema (www.swema.se).

Figur 27. Uppvärmd givare (lumasenseinc.com)

Referenser

1. Lumasense (2012). Calculation of PMV based on Equivalent Temperature, http://www.lumasenseinc.com/EN/products/thermal-comfort/pmv-calculation/pmv-calculation.html
2. SIS (2007). Indata för konstruktion och bestämning av energiprestanda i byggnader, avseende inomhusmiljö gällande luftkvalitet, termiskt klimat, ljus och buller. Standard SS-EN 15251:2007. Internet: www.sis.se.

Miljöcertifiering av byggnader blir allt vanligare som ett hjälpmedel för att styra mot ett mera hållbart byggande. De system som framför allt är aktuella i Sverige är Miljöbyggnad, GreenBuilding, BREEAM och LEED. För att certifieringssystemen 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.



Svenska Betongföreningens Hållbarhetsråd har till uppgift att verka för ökad kunskapsspridning samt vidareutveckling av betongens egenskaper inom ett hållbart boende och byggande.

Hållbarhetsrådet har tagit fram fyra dokument om hur betongens egenskaper bidrar till att uppfylla kraven i certifieringssystemen. Vägledningarna, en för vart och ett av miljöcertifieringssystemen, vänder sig till alla yrkeskategorier som aktivt arbetar i nybyggnadsprojekt som ska certifieras – byggherrar, arkitekter, tekniska konsulter, entreprenörer, materialtillverkare, miljösakkunniga, experter på miljöcertifieringssystem, assessorer m.fl. Denna skrift är del 4 i denna serie vilken behandlar LEED.

Tryckt version beställs hos Svenska Betongföreningen:
info@betongforeningen.se
eller via: www.betongforeningen.se

Kostnadsfri PDF-version finns att hämtas här:
www.betongforeningen.se

ISBN 978-91-87591-01-3