

Utnyttelse av termiske egenskaper i betong for redusert energibruk

Eksponerte betongoverflater kan kjøles ned om natten og absorbere varme om dagen. Ved å utnytte betongens termiske egenskaper, er det mulig å redusere energiforbruket.

Miljøkomiteen i NB har sammen med fagfolk i bransjen, utarbeidet en serie temaartikler basert på [miljøbrosjyren](#) «Visste du dette om betong og miljø?»



I artikkelen «**Utnyttelse av termiske egenskaper i betong for redusert energibruk**» kan du lese mer om hvordan betongens termiske egenskaper kan utnyttes bærekraftig.

Dette er den **andre** av flere temaartikler publisert i Byggeindustrien.

Artikkelen er i sin helhet gjengitt under med tillatelse fra Byggeindustrien.

29. juni 2018

På vegne av
Miljøkomiteen i Norsk Betongforening.

Knut Bryne og Morten Bjerke

Utnyttelse av termiske egenskaper i betong for redusert energibruk

Norsk Betongforenings Miljøkomité presenterer her en artikkelserie i Byggeindustrien for å spre kunnskap rundt temaet betong og miljø.

Gunrid Kjellmark

(forskningsleder),

Matthias Haase

(seniorforsker) og

Anders Homb

(seniorforsker)

SINTEF Byggforsk

Denne er den 2 i en serie artikler utarbeidet av Norsk Betongforening i samarbeid med fagfolk i bransjen som tar for seg sentrale miljøaspekter ved betong. I denne artikkelen vil vi belyse hvordan de termiske egenskapene til betong kan utnyttes for redusert energibruk i bygg.

Norsk Betongforening arbeider aktivt for å vise betongens betydning og muligheter i forhold til ulike miljøutfordringer. Miljøkomiteen baseres på solid dugnadsinnsats og har en koordineringsrolle mot en felles betongbransje sine aktiviteter. Dyktige og engasjerte medlemmer har initiert, diskutert og gjennomført aktiviteter for et utvalg miljøtema. Miljøkomiteen har til nå utarbeidet 4 rapporter der norske forskningsmiljø er brukt aktivt til nødvendig utrednings- og utviklingsarbeid.

Sommeren 2016 ferdigstilte Miljøkomiteen en kortfattet miljøbrosjyre – «Visste du dette om betong og miljø?» Et utvalg emner er belyst på en lettfattelig måte, som forhåpentligvis både opplyser og engasjerer så vel arkitekter, byggherrer og rådgivende ingeniører, samt andre med interesse. Rapportene og brosjyren kan lastes ned gratis på www.betong.net.

Prinsipper for utnyttelse av termisk masse

Termisk tunge konstruksjoner virker som lager for varmeenergi (energireservoar) når det produseres overskuddsvarme i et bygg, som fra soloppvarming, belysning, mennesker i rommet og teknisk utstyr i drift. Denne varmen frigjøres når temperaturen i bygget synker. Energireservoarets egenskaper avhenger av materialets evne til å (1) holde på varme (varmekapasitet), (2) lede varme (konduktivitet) og (3) hvordan varmekapasitet og konduktivitet harmonerer med døgnsyklusen til utetemperatur.

Mineralull leder og binder varmen dårlig, og lagrer derfor ikke varme. Stål har god termisk kapasitet,

men leder også varme godt, så konstruksjonen vil kjøles raskt ned igjen. Tre har også relativt god termisk kapasitet, men leder varmen dårlig og responderer derfor for sakte på temperaturvariasjoner. Betong har god termisk kapasitet og gjennomsnittlig varmeledningsevne, og har derfor en kombinasjon av egenskaper som gjør materialet godt egnet for lagring av varmeenergi.

De termiske egenskapene utnyttes best i bygg hvor det er en syklus med temperaturforandringer gjennom døgnet, slik som i skoler og kontorbygg der bruken av bygget sammenfaller med tiden på døgnet hvor det er høyest utetemperatur og solbelastning. Det er først og fremst med tanke på kjøling av bygget at termisk masse gir utslag i energiregnskapet. Betongens termiske treghet kan utsette kjølebehovet til kvelden, når kjølig natteluft kan brukes til å kjøle ned eksponert betong, og dermed gjøres klar til å absorbere mer varme dagen etter. Dette kan gjøres ved hjelp av naturlig ventilasjon (åpning av vinduer/luker) eller ved hjelp av mekanisk kjøling. I samspill med prognosestyrt kontroll av temperaturen i betongen kan man optimalisere utnyttelsen av solvarme, aktivt og passivt.

Forutsetninger for at termisk masse skal kunne utnyttes til kjøling av bygninger er at den termiske mas-

sen er eksponert mot de rom som har kjølebehov, den ligger innenfor isolasjonssjiktet, den kan eksponeres for kjølig natteluft gjennom naturlig eller mekanisk ventilasjon og den kan aktiveres, enten med luft eller med vann (TABS)

Effekten av termisk masse

Betongens termiske egenskaper utnyttes optimalt når inneluft kommer i direkte kontakt med betongoverflaten. Aktiv utnyttelse av den termiske massen omtales gjerne som et termo-aktivt system. I næringsbygg er det spesielt etasjeskillerne som utnyttes på denne måten. Det er også mulig å utnytte potensialet i yttervegger og heissjakter, men dette veggarealet blir ofte lite i forhold til byggets bruksareal.

Utnyttelsesgraden avhenger av flere faktorer, deriblant massens plassering i rommet, vindusarealet, overflatematerialer og ventilasjonsteknisk løsning. Videre er god styring av oppvarming, ventilasjon, solavskjerming og nattkjøling avgjørende for at betongens termiske egenskaper skal redusere energibehovet. Noen beregninger har vist at man kan oppnå 5-15% og 20-50% redusert energibehov for henholdsvis oppvarming og kjøling [1] og [2].

De største utfordringene for innemiljøet oppstår i de varme sommer-

månedene da stor varmebelastning fra belysning, datamaskiner og annet teknisk utstyr sammen med soloppvarming fra vindusflater bidrar til oppvarming av bygningen. Da kan man ha god nytte av termisk masse for å ta toppene. Det er også mulig å utnytte termisk energi effektivt på vinterstid, men det krever at bygningen er godt isolert, samt at man må unngå kuldebroer [3].

Utfordringer med eksponert betong og lydtekniske krav

En stor utfordring med eksponert betong er å finne praktiske løsninger som gir tilstrekkelig lydabsorpsjon i rommet. I Norge er kravene til lydabsorpsjon i kontorlokaler strenge, gitt av krav i byggeforskriften. Dette skiller oss fra de fleste andre europeiske land som ikke har tilsvarende krav til akustisk regulering av kontorlandskap. Generelle utfordringer er støykilder i det lavfrekvente området, fra f. eks. tekniske installasjoner, trinnlyd fra naborom, mannsstemmer, osv.

Problemstillingen har blitt studert i noen norske prosjekter med fokus på naturlig ventilasjon og energilagring i byggene, samt at kombinasjoner av eksponert betong og ulike absorberende er undersøkt [4], [5], [7].



Sparebank 1, Trondheim.



Prosjekteksempler

"Lysgården" på Sluppen, Trondheim

Byggherre R Kjeldsberg satte opp dette kontorbygget i 2015. Uponor leverte og K. Lund installerte termisk aktiverte bygningsselementer (TABS). I systemet blir vannrør integrert i betongen i etasjeskillerne. Når bygget har oppvarmingsbehov har væskestrømmen en overtemperatur i forhold til konstruksjonen, og når bygget har et kjølebehov sirkuleres væske med lavere temperatur. Uponor bruker systemet i andre Europeiske land (f.eks. Tyskland og Belgia) men det er relativt nytt i Norge. Systemet gir vesentlig lavere energiforbruk sammenlignet med tilsvarende bygg, både for oppvarming og kjøling [2].

Utfordringer med TABS og varmetransport/styring

- Dokumentere energibesparelsen i det konkrete byggeprosjektet. Reelle tall fra forskjellige bygningskonstruksjoner mangler.

- TABS-konseptet har størst effekt i en kjølefase. Vil en laminær strømming i rørene gi enda bedre effekt?

- Brukere har forskjellig oppfatning av komfort og hva som er akseptabelt. Bekledningen er avgjørende, så den må være en variabel.

- Lydabsorbenter påvirker kjøleeffekten i stor grad på grunn av varmeledningsevnen til materialet. Dokumentasjon av gode løsninger på dette området mangler.



Powerhouse Kjørbo

Powerhouse Kjørbo

Powerhouse Kjørbo, i Sandvika har vært et av flere pilotbygg i forskningssenteret ZEB (Zero Emission Buildings). Powerhouse Kjørbo var et ordinært kontorbygg fra 1980-tallet, bestående av to kontorblokker, som ble transformert til en moderne bygg som produserer mer energi enn det bruker.

Det ble blant annet gjort mange tiltak for å redusere kjølebeho-

vet i bygget, og i tillegg til effektiv solavskjerming, frikjøling og nattkjøling av bygget, var utnyttelse av eksponert termisk masse viktig. For å oppnå ønsket effekt, måtte 40% av alle betongoverflater være eksponert, slik at betongdekkene kunne utnyttes som termisk masse og bidra til å regulere svingningene i innendørstemperatur og redusere kjøle- og oppvarmingsbehovet. Dette, sammen med andre tiltak, som isolering, fornying av ventilasjonssystem, varmepumpesystemer og utnyttelse av solenergi, førte til at energibruken i bygget ble redusert med 90 %.

Brukerne av bygget har gitt gode tilbakemeldinger på innneklimaet så langt, men det er noen utfordringer knyttet til eksponert betong og lydforhold.

Sparebank 1, Trondheim

SpareBank 1 SMN Midt-Norge har etablert nytt hovedkontor og samlet hele konsernets aktivitet i sentrum av Trondheim. AGraff var ansvarlig arkitekt og Teknobygg AS var hovedentreprenør.

De ambisiøse energimålene i dette prosjektet er oppnådd gjennom bygningsintegrerte passive løsninger. Nøkkelen til et lavt varmetap lå i en helt tett fasade med 300 mm isolasjon og begrensede vindusåpninger. Energi til romkjøling i nybygget er eliminert ved bruk av eksponert betong i himling, god solavskjerming og reflekterende glass i vinduer og glassfasader. Utjevnning av temperatur gjennom døgnet med eksponerte betongdekker, energibesparende utstyr og godt dagslys har bidratt til ytterligere energireduksjon [8].

Hele bygget har hybrid ventilasjon med høyeffektiv varmeginvinning. Tilluft tilføres via gulvventiler. Den eksponerte betongen i taket virker på dagtid som en kjølennde flate. Ventilering om natten lader ut konstruksjonen, og gjør at kjølebehovet reduseres.

Lysarmaturer har dagslysstyring og er i tillegg behovsstyrt via tilstedeværelsesdetektorer. Det er automatisk utvendig solavskjerming på alle solvendte fasader for å unngå varmeoverskudd fra sola. I kontorareal og glassgård er det eksponert betong for å dempe temperatursvingninger som følge av varierende varmebelastning fra sol, teknisk utstyr, mm. Tiltaket åpner for økt utnyttelse av passiv solenergi samt redusert behov for kjøling.

Deichmanske bibliotek, Oslo

Bygningen er under oppføring. Uponor har levert TABS, System-



Lysgården" på Sluppen, Trondheim.

blokk AS har levert de prefabrikerte etasjeskillerne, hvor 8000m² TABS skal sørge for et ekstremt stabilt innneklima [9].

Forskningsbehov

Det er et stort behov for å få fram mer kunnskap om hvilken effekt man faktisk kan oppnå ved utnyttelse av termisk masse, hvor den termiske massen kan/skal være plassert, og ikke minst hvordan man styrer systemet for å optimalisere utnyttelsen. Dette krever en tverrfaglig tilnærming som blant annet inkluderer design, styring, LCA og energi-kompetanse.

Vi må også vite mer om hvordan systemer basert på aktivering av termisk masse fungerer i norske klimaforhold. Mangel på TABS-konsepter og kontrollstrategier for ulike bygningstyper og klimasteder i Norge er identifisert som de største implementeringsbarrierene. Koblingen av værprognoser med styringen av slike trege systemer er lite utprøvd. Videre må slike konsepter kombinere bygge-, energi- og materialkostnader for å gi de mest kostnadseffektive kombinasjonene av TABS og kontorplanløsninger.

Nye betongresepter har potensial for å kunne gi forbedrede varmeoverganger og dermed betydelig forbedret effekt. Nye materialkombinasjoner må testes for å kunne avdekke mulige ulemper og svakheter. Dette inkluderer også nye produkter og kombinasjon av løsninger for å tilfredsstille akustiske forhold.

Det må også gjøres mer detaljerte livsløpbetragtninger av klimagassutslipp (LCA) på termisk aktivert betong i energieffektive bygg.

Kilder

- [1] Høseggan, R.Z. m.fl. (2013) Energieffektive betongelementbygg - Utnyttelse av termisk masse, Betongelementforeningen, Oslo
- [2] Murphy, M., (2010), Thermo-active Ceilings & Free Cooling, Leco report, SINTEF report 52
- [3] Haase, Matthias and Andresen, Inger (2007) Thermal Mass Concepts, SINTEF report SBF BK A07030, ISBN 978-82-536-0995-9
- [4] Hveem (2009). "Design for improvement of acoustic properties", COIN Project report 19-2009, SINTEF Building and Infrastructure, Oslo.
- [5] Igor Sartori. Night flushing and ceiling acoustic solutions: The effect on summer thermal comfort and energy demand. Coin Project report 10 - 2009.
- [6] Norsk Betongforening. Løsninger som kombinerer lydabsorpsjon og energilagring i bygninger. Rapport fra Multiconsult og Brekke & Strand, AKU02, 28.10.2014.
- [7] Skanska. Naturlig ventilasjon av fremtidens energibygge. Akustiske forhold i kontor. Rapport fra Brekke & Strand, AKU-01, 1.mars 2017.
- [8] Sparebank 1 SMN, prosjektrapport for NAL Ecobox, <http://www.arkitektur.no/sparebank-1-smn?tid=158202>
- [9] Uponor pressemelding, <https://www.uponor.no/vvs/nyheter/deichman.aspx>