



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Genbrug af mursten

Miljøprojekt nr. 2002

April 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Gamle Mursten ApS

Fotos:

Gamle Mursten ApS

Teknologisk Institut

ISBN: 978-87-93710-01-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

1.	Sammenfatning	4
2.	Introduktion til projektet	5
2.1	Baggrund	5
2.1.1	Om Gamle Mursten	5
2.1.2	Formål med projektet	5
2.1.2.1	CE-mærkning af byggevarer	6
3.	Projektet	7
4.	Konklusion og resultater	9
4.1	Dokumentation	10
4.2	Udvikling af Factory Production Control (FPC)	11
4.2.1	Vejen til en ETA	12
4.2.2	Vejen mod CE-mærkning	13
4.3	Projekteringsvejledning og sikring af dokumentationsgrundlag	13
5.	Muligheder	15
5.1	Vurdering af udbredelsesmulighederne	15
5.2	Nye produkter/løsninger lanceret på markedet	16
5.3	Udfordringer	16

1. Sammenfatning

Dette MUDP-projekt 'Genbrug af Mursten' har muliggjort, at man for første gang er i stand til at CE-mærke et genbrugt byggemateriale i Danmark og i EU. Da byggeaffald udgør 1/3 af den samlede affaldsmængde i Danmark, er dokumentation af genbrugsbyggematerialer væsentligt for at genbrugte byggematerialer indgår i det cirkulære byggeri frem for at blive downcyclet. Genbrugsmursten er som byggemateriale ved at bide sig fast i det danske byggeri og bidrager positivt til bygningers samlede miljøregnskab. Da genbrugsmursten ikke er omfattet af en harmoniseret standard, har det indtil påbegyndelsen af dette projekt ikke været muligt at CE-mærke genbrugsmursten, og den manglende standarddokumentation har været en barriere for at udbrede anvendelsen af genbrugsmursten endnu mere i det danske byggebillede.

Formålet med dette MUDP-projekt har været at imødekomme det dokumentationsgrundlag, der efterspørges i byggebranchen gennem en ETA. En ETA er en Europæisk teknisk vurdering (European Technical Assessment) og er en frivillig ordning for produkter, der ikke er omfattet af en harmoniseret standard. En ETA udarbejdes på grundlag af en EAD (European Assessment Document), der er juridisk ligestillet med en harmoniseret standard. En EAD og en ETA beskriver samlet de tekniske specifikationer, der udgør grundlaget for at kunne opnå CE-mærkning for produkter, der ikke er omfattet af en harmoniseret standard. I dette projekt har Gamle Mursten i samarbejde med ETA-Danmark og Teknologisk Institut, Murværkscentret fået udarbejdet begge dokumenter. Med en ETA hånden kan Gamle Mursten CE-mærke sine produkter.

I CE-mærkningen stilles der krav til FPC-systemer (Factory Production Control), og projektet har derfor udviklet et FPC-system til at dokumentere processer og kontroller i produktionen af genbrugsmursten.

For at oversætte dokumentationsarbejdet for Gamle Murstens kunder og samarbejdspartnere, blev der i projektet også udviklet en projekteringsvejledning, der beskriver genbrug af mursten fra A-Z.

Gamle Mursten har med dette projekt banet vejen for, at man kan gøre byggeaffald til faktiske byggematerialer, der kan omsættes på markedsvilkår. Og genbrug og genanvendelse af byggeaffald er afgørende, hvis Danmark og EU skal lykkes med at skabe en cirkulær økonomi og udnytte de store markedsmuligheder.

2. Introduktion til projektet

2.1 Baggrund

Byggeaffald er den største enkeltfraktion af affald i Danmark. Målt i vægt udgør dette affald 1/3 af Danmarks samlede affaldsmængder og samme branche bruger 1/3 af verdens ressourcer.¹ Med stigende råvarepriser, knaphed på ressourcer og voksende affaldsmængder, er det vigtigt at den cirkulære økonomi fokuserer på genbrug og ikke kun genanvendelse, således at de iboende værdier i materialerne opretholdes i stedet for at blive downcyclet og værdiforringet.

Et eksempel på værdiforringelse i fraktionen mursten sker, når store mængder kvalitetsmursten bliver downcyclet og knust til vejfyld frem for at blive genbrugt. Det er uheldigt, da der er stor efterspørgsel på bæredygtige byggematerialer, på det patinerede udseende man får i det genbrugte tegl samt på bevarelse af de historier, der ligger i de gamle mursten. En livscyklusanalyse, der er foretaget af DTU på vegne af Miljøstyrelsen (Miljøprojekt nr. 1512, 2013), viser også, at der er betydelige miljømæssige gevinster ved at genbrug af mursten fremfor genanvendelse (knuse materialet), hvilket er praksis i dag.

På trods af de miljømæssige fordele er der væsentlige barrierer for at anvende genbrugsbyggevarer i byggeriet. Eksempelvis er genbrug og genanvendelse ikke tænkt ind i Byggevareforordningen, og da der ikke findes harmoniserede standarder for genbrugsbyggematerialer er det udfordrende for producenter af genbrugsbyggevarer at bringe deres produkter på markedet.

Dette projekt er første skridt på vejen til at imødekomme de barrierer omkring dokumentation, der eksisterer for øget genbrug af mursten, og vi tror på, at resultaterne af dette projekt vil bane vejen for andre genbrugsbyggematerialer.

Genbrug af mursten er desuden en håndgribelig metode til at imødekomme den cirkulære dagsorden, der bryder frem både nationalt og i EU's cirkulære økonomi-pakke.

2.1.1 Om Gamle Mursten

Gamle Mursten arbejder med upcycling og genbrug af mursten for at bibeholde værdien i et værdifuldt byggemateriale, der bringer både rustik æstetik og historie til nye danske byggerier. En patenteret vibrationsteknologi gør det muligt at levere genbrugsmursten i stor skala til både større og mindre byggeprojekter, og der er stor efterspørgsel på de gamle mursten i nyt byggeri.

Gamle Mursten er stort set ordreproducerende og renser på nuværende tidspunkt ca. 2 mio. mursten om året. Det samlede markedspotentiale ligger på 47 millioner mursten i Danmark svarende til en besparelse på 22,500 tons CO₂².

I løbet af de sidste 3 år har gamle mursten opskaleret produktionsprocesserne og leverer nu til store prestigeprojekter med mængder på op til 750.000 mursten.

2.1.2 Formål med projektet

Formålet med dette projekt har været at imødekomme problemstillinger omkring downcycling af mursten ved at håndtere udfordringer og usikkerhed omkring præcise regler for krav til dokumentation af genbrugsmursten. Udfordringen omkring dokumentation påpeges i Trafik-og Byggestyrelsens rapport 'Barrierer og muligheder for genbrug af mursten' fra december 2015 og Miljøstyrelsens rapport 'Samfundsøkonomisk Analyse af genbrug af mursten' fra 2016. Men

¹ Miljøstyrelsen: Affaldsstatistik 2014, Miljøprojekt 1878, september 2016

² 'Samfundsøkonomisk Analyse af Genbrug af Mursten', miljøprojekt nr1904, 2016

det er også en udfordring, som Gamle Mursten møder hver dag i de byggeprojekter, hvor Gamle Mursten er i spil.

2.1.2.1 CE-mærkning af byggevarer

Et CE-mærke sikrer, at producenten af byggevarer deklarerer byggevarens ydeevne for de relevante egenskaber for produktet. I henhold til EU-forordningen om byggevarer (Byggevareforordningen, CPR) SKAL byggevarer, der er omfattet af en harmoniseret standard CE-mærkes. Hvis produkter ikke er omfattet af en harmoniseret standard, skal de ikke CE-mærkes, hvilket er gældende for genbrugsmursten.

Byggevareforordningen CPR gør det muligt at CE-mærke gennem et Europæisk Teknisk Vurderingsdokument, der er en frivillig certificeringsordning.

CE-mærkning for byggevarer adskiller sig fra CE-mærkninger for andre typer af produkter, hvor CE-mærkningen går på at sikre borgernes sikkerhed og sundhed. Derfor er der for disse typer, i modsætning til byggevarer, nogle minimumskrav til produkterne, der er fastsat af EU-konventionerne. For CE-mærkning af byggevarer forholder det sig således, at producenten kun skal deklarere egenskaberne for produktet.

Brugerne af produktet skal selv vurdere/identificere, om produktet har de egenskaber, der kræves i det specifikke byggeprojekt. Der er heller ikke krav i CE-mærkningen til hvilke egenskaber, der skal deklareres. Et Annex ZA til CE-mærkningen af byggevarer beskriver hvilke egenskaber, der skal være med i ydeevnedeklarationen for produktet, og producenten kan vælge ikke at deklarere nogle af egenskaberne. CE-mærkning for byggevarer går derved primært på handel og bliver et konkurrenceparameter.

Men det er rådgiveren og de udførende der skal sikre, at de valgte byggevarer er egnede til anvendelsen. Dette er en meget krævende teknisk opgave, som bliver større, når det drejer sig om genbrugte og genanvendte materialer; som nemlig ikke er forsynet med en ydeevnedeklaration og oven i købet kan komme med andre egenskaber end "traditionelle" byggematerialer.

Nyproducerede mursten er CE-mærket. Derfor opstår der et tryk i markedet fra rådgivere og bygherrer i forhold til CE-mærkning af genbrugsmursten, selv om der ikke er krav om CE-mærkning af disse.

Før dette projekt har det ikke været muligt at CE-mærke genbrugsmursten, fordi de gamle mursten ikke var omfattet af en harmoniseret standard. Vejen til CE-mærkning skulle derfor ske gennem ETA-ordningen, der er en frivillig mærkningsordning for produkter der ikke er omfattet af en harmoniseret standard.

I CE-mærkningsordningen stilles der også krav til FPC-systemer (Factory Produktion Control). De nuværende standarder for mursten indeholder FPC for nye mursten og kan ikke overføres direkte til genbrugsmursten. I dette projekt skulle der derfor udvikles et FPC-system for genbrugsmursten til at dokumentere processerne i produktionen, hvilket er en forudsætning for CE-mærkningen. Fordelen ved at CE-mærke genbrugsmursten er at imødekomme trækket fra markedet, men også at man gennem certificering og audits får en tredjeparts vurdering og garanti for, hvad produktet kan.

Udover den officielle dokumentation gennem CE-mærkningen har projektet også haft en målsætning om at udvikle en række håndgribelige værktøjer til Gamle Mursten og til projekterende rådgivere og arkitekter, som giver overblikket til at bygge med gamle mursten på samme lov-mæssige grundlag som med nyproducerede mursten.

Det overordnede mål har været at skabe rammerne for øget genbrug af mursten ved at overvinde de beskrevne barrierer for anvendelsen. Hvis Gamle Mursten kan dokumentere sine murstenskvaliteter i overensstemmelse med kravene i gældende normer og standarder, vil barrierer for at projektere med genbrugsmursten minimeres og incitamentet for at anvende genbrugsmursten i flere byggeprojekter øges. Med dette projekt er vi et stort skridt nærmere denne målsætning.

3. Projektet

Projektet blev bygget op, således at vi i projektet fik indsamlet informationer, der skulle danne grundlag for selve dokumentationsprocessen i de efterfølgende arbejdsplaner, og projektet var opdelt i 5 arbejdsplaner, der bliver beskrevet i det følgende:

Arbejdsplan 1: Historiske tegltyperes egenskaber.

Denne arbejdsplan indeholdt en undersøgelse af historiske tegltyper, opdelt i karakteristiske perioder, hvor egenskaber for teglet skulle kortlægges og beskrives i forhold til moderne krav til dokumentation (trykstyrke, frostfasthed, minutsugning/vedhæftning og anvendte mørteltyper). På baggrund af kendskab til fremstillingsmetoder i tidligere perioder, herunder den kvalitetssortering, som man foretog efter brænding, skulle vi vurdere den naturlige variation af egenskaber. Projektet skulle skabe et overblik over variationen i mursten som typisk indvindes til genbrug. Resultatet skulle danne grundlag for anbefaling af indledende undersøgelser inden nedrivning, for at få det bedste grundlag for proceskontrol i forbindelse med indvinding og klargøring til salg.

Derudover skulle vi i denne arbejdsplan indsende en ansøgning og et arbejdsprogram via ETA Danmark til EOTA (European Organisation for Technical Assessment), der skal udgøre grundlaget for at udarbejde en ETA.

Arbejdsplan 2: Udvikling af vikarierende prøvningsmetoder og FPC-system

På baggrund af bl.a. input fra AP1 og de krav, som stilles til nye mursten, blev der sammensat en prøvnings- og analyseplan, som kunne anvendes af GM til den løbende produktionsstyring. Prøvningsmetoderne og de opnåede resultater blev relateret til en prøvningshyppighed, således at der kunne opstilles et system for FPC, som skulle omfatte løbende proceskontrol og styring af indvindingen, så der kunne udtages repræsentative prøver. Målet var, at dette selvfølgelig ville få en anden udformning, men svare til niveauet for FPC ved produktion af nye mursten iht. DS/EN 771-1:2011 - Forskrifter for byggesten til murværk, der er den fælles europæiske murstensnorm.

Arbejdsplan 3: Projekteringsvejledning for genbrugsmursten

En række forhold kan beskrives nærmere når der projekteres med genbrugsmursten, alt afhængig af murstenenes egenskaber i forhold til det konkrete projekt. I denne arbejdsplan blev der indsamlet og analyseret på informationer og dokumenter og interviews med respondenter som baggrundsmateriale for udarbejdelsen af en projekteringsvejledning. Formålet med vejledningen var at aflive myter og vejlede i genbrug af mursten samt inddrage projektets nye viden omkring dokumentation af genbrugsmursten.

Arbejdsplan 4: Koordinering af projekteringsvejledning og testmetoder

Her blev resultaterne af AP1, AP2 og AP3 vurderet og sammenholdt, idet den tekniske gennemførlighed af projekter med genbrugte mursten blev vurderet ud fra, om projekteringsvejledningen var fyldestgørende på baggrund af de prøvningsmetoder, som er fastlagt. Med andre ord, kunne der ske en sikker projektering med genbrugte mursten, når de var blevet testet og dokumenteret efter de metoder udviklet i AP2.

Arbejdsplan 5: Projektledelse og Formidling

Omdrejningspunktet for arbejdsplan 5 har været at sikre fremdrift i projektet og afrapportere fremdriften til tilskudsgiver samt at kommunikere projektets resultater til offentligheden.

Deltagere i projektet var Gamle Mursten ApS, som var projektejer. Teknologisk Institut fungerede som videns- og underleverandør på arbejdspakke 1, 2, 3 og 4. ETA-Danmark fungerede som rådgiver og underleverandør på arbejdspakke 2.

4. Konklusion og resultater

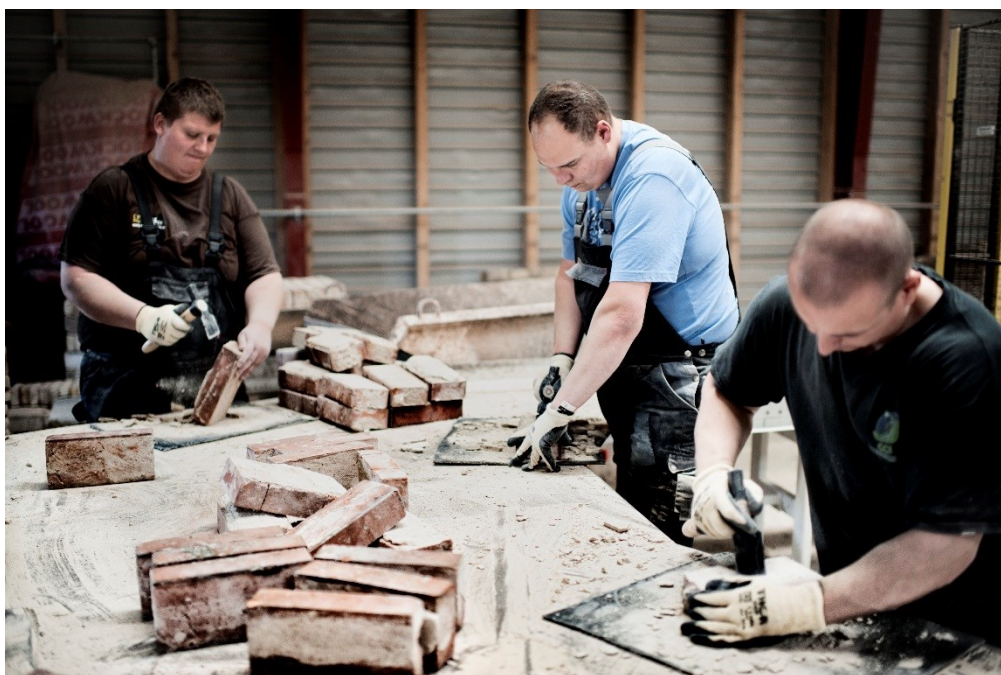
Omdrejningspunktet for projektet var at skabe grundlag for dokumentation og kvalitetssikring af de gamle mursten. For at kunne gøre det, skulle vi have en grundig forståelse for produkterne og for materiale flowet i virksomheden og få alle dele beskrevet.

Hele dette arbejde lå i tre spor:

- SPOR 1: Et spor der undersøgte grundlaget for dokumentation og lagde det fundament, som vi skulle kvalitetssikre ud fra
- SPOR 2: Udvikling af FPC-system
- SPOR 3: Et spor der håndterede processen med ETA-Danmark omkring udarbejdelse af EAD (European Assessment Document) og ETA (European Technical Assessment)

I den første del af projektet var der fokus på indsamling af materiale, fokus på at teste mursten og på afprøvninger af test for at lave udkast til statistiske metoder til bedre kortlægning og kontrol af materialestrømme. Sidst men ikke mindst var der fokus på udarbejdelsen af et fabrikkontrolsystem (FPC), som fremover kan garantere kvalitetskontrollen samt være grundlag for CE-mærkning af Gamle Mursten (GM).

Hele arbejdet med dokumentation og kvalitetssikring blev herefter rundet af og beskrevet i en projekteringsvejledning, med en efterfølgende kvalitetssikring af denne og det arbejde, der ligger bag.



Billede 1: Sidste kvalitetstjek af stenene, inden de stables af robotter

De tre spor kørte sideløbende og var indbyrdes afhængige, men vil her blive beskrevet hver for sig.

4.1 Dokumentation

For at kunne opnå et tilstrækkeligt grundlag for at dokumentere egenskaberne for genbrugsmursten udarbejdede Teknologisk Institut en rapport over karakteristiske tegltyper samt metoder til identificering af dem. Hele arbejdet med rapporten dannede grundlag for udarbejdelse af serviceaftale samt ansøgning til ETA-Danmark.

Som en del af arbejdet med rapporten blev der indsamlet stikprøver til laboratorietest fra såvel færdigvarelager, råvarelager samt stikprøver direkte fra nedrivningsstedet. Igennem test og laboratorieundersøgelser af de indsamlede prøver blev der arbejdet med statistisk variationer og de udfordringer det gav ift. et FPC-system i GM, samt overvejelser omkring vikarierende test- og identifikationsmetoder

Der blev igangsat en række prøvningsmetoder, med udgangspunkt i EN 771-1, og test af de udtagne murstensprøver viste, at de genbrugte mursten generelt er stærke og af god kvalitet, hvorfor de uden problemer kunne "bestå" de eksisterende test som benyttes til nye mursten. De indledende stikprøveresultater havde en vis spredning, men påviste ikke mangler eller fejl i de gamle mursten, som på nogen måde skulle indikere, at teglet ikke kan efterprøves efter samme metoder som nye mursten iht. til den harmoniserede standard EN 771-1. Baggrunden herfor vil blive beskrevet yderligere under afsnit 3.3 Projekteringsvejledning og sikring af dokumentationsgrundlag.

Der blev derudover indsamlet tegltyper, der blev beskrevet som 10 "stenportrætter". Beskrivelserne blev udformet som et identifikationsværktøj, der har bidraget til Gamle Murstens kvalitetssikring i konkret forstand, da stentyperne indgår som uddannelsesmateriale for nye ansatte og er beskrevet som reference for de ansatte i sorteringsprocessen, sammen med de interne kvalitetsprocedurer og prøvningsmetoder. Stenene har gennemgået laboratorieundersøgelser i form af blandt andet mikroskopi og genbrænding, som ligger til grund for de karakteristika der beskrives.

Med det statiske fundament på plads udarbejdede Teknologisk Institut to væsentlige dokumenter:

1. Et dokument hvis formål er at undersøge hvilke krav der må stilles til dokumentation af genbrugsmursten i byggeriet samt formulere en metode til statistisk evaluering og opstille forudsætninger for fabrikskontrollen (FPC). I dokumentet sammenholdes statistisk metode og udtag af prøveemner for hhv. gamle mursten og nye mursten. Dokumentet er udarbejdet i samarbejde med, og gennemgået af, professor John Dalsgaard fra Aalborg Universitets institut for Byggeri og Anlæg, som dagligt beskæftiger sig professionelt med statistisk metode.
2. En guide med en opsummering på tegl-historik samt en detaljeret beskrivelse af, hvordan Gamle Mursten tester de gamle mursten efter gældende normer for nye mursten, dvs. dimensioner, densitet, trykstyrke, vandoptag, minutsug mv. Dokumentet beskriver ligeledes, at ikke alle de harmoniserede standarder er relevante for nye eller gamle mursten, og hvilke opmærksomhedspunkter der er særligt vigtige i prøveudtagningen.



Billede 2: Planslibning af gul blødstrøgen mursten til stenportrætter

På baggrund af de to dokumenter og arbejdet i Arbejdspakke 1 og 2 blev der udvalgt en række egenskaber, som blev vurderet væsentlige at dokumentere for genbrugsmursten. Disse er listet op nedenfor:

Tabel 1: Væsentlige egenskaber for genbrugsmursten

Egenskab	Metode
Dimensioner	EN 772-16
Trykstyrke	EN 772-1
Densitet	EN 772-13
Minutsugning	EN 772-11
Vedhæftningsstyrke	EN 1052-5
Porefyldningstal	Norsk Anvisning, M1

Der blev igangsat typeprøvningstest på dimensioner, densitet, trykstyrke, vandoptag, minutsugning mv., porefyldningstal på en udtaget mængde mursten, og der blev indsendt yderligere 100 mursten til Teknologisk Institut, udtaget fra færdiglageret efter metode beskrevet i DS/EN771-1, til brug for ETA Danmarks certificeringsarbejde.



Billede 3: Afprøvning af testmetoder

Alle prøvningsrapporter danner grundlag for de egenskaber, som Gamle Mursten kan verificere og udarbejde DoP/ydeevnede deklARATION ud fra fremadrettet.

4.2 Udvikling af Factory Production Control (FPC)

I det indledende arbejde med produktionskontrollsystemet, også kaldet Factory Production Control eller FPC, blev materialestrømmene i virksomheden kortlagt for dernæst at kunne identificere kontrolmulighederne før, under og efter produktionen. På den baggrund begyndte vi at udforme et FPC-system, der tilgodeså de forskelligartede fraktioner, der tilflyder virksomheden. Blandt andet har det været nødvendigt at indføre to sideordnede kontrolsystemer. Et der følger Gamle Murstens standardsorteringer og et der vedrører mursten, der er ejet af bygherren, eller hvor de samme mursten skal leveres tilbage til byggeriet igen. FPC-systemet blev dokumenteret i form af omfattende beskrivelser af processer/kontrolmetoder, afvigelsesstyring og dokumentstyringsnormer.

Vores underleverandør Teknologisk Institut undersøgte under hvilke forudsætninger, at den statistiske metode CEN/TR 16886 kunne anvendes til statistisk evaluering af prøvningsresultater. I Danmark blev der i 2002 i regi af Dansk Murstenskontrol og i samarbejde med John Dalsgaard Sørensen etableret en statistisk metode til evaluering af prøvningsresultater ved færdigvarekontrol af teglbyggesten. Metoden blev senere anerkendt i det europæiske system og beskrevet i Technical Report CEN/TR 16886" Guidance on the application of statistical methods for determining the properties of masonry products".

CEN/TR 16886 følger principperne i ISO 12491, som EN771-1 henviser til. Metoden er baseret på opdeling af produktionen i kontrolafsnit og udtagning af stikprøver fra kontrolafsnittene. I samråd med John Dalsgaard Sørensen vurderede Teknologisk Institut, at denne statistiske metode godt kunne anvendes på genbrugsmursten under visse forudsætninger. Denne undersøgelse blev dokumenteret i en rapport til brug for det senere certificeringsarbejde.

Baseret på analyser af scenarier for modtagelse af råvarer til Gamle Murstens produktion blev der opstillet en række forudsætninger for, at den statiske metode også kunne anvendes på genbrugsmursten. Før systemet kunne tages i brug, blev der udtaget en stor mængde mursten som skulle bruges som data til en simuleret færdigvarekontrol. De opstillede scenarier sammenholdt med den simulerede færdigvarekontrol udgjorde tilsammen grundlaget for det FPC-system, der blev udviklet.

Herefter blev alle processer lige fra råvareindgang til færdigvarekontrol beskrevet.

Som en del af FPC-systemet blev der fastlagt en prøvningsplan for de forskellige typer af genbrugsmursten, som skal CE-mærkes. Prøvningsplanen blev fastlagt ved scenarier for fremskaffelse af stenene og styring af produktionsprocessen. Prøvningsplanen beskriver udtagning af stikprøver, som anvendes til at fastlægge og kontrollere de deklarerede egenskaber, som skal indgå i en ydeevnedeklarations med grundlag i en ETA.

Desuden blev det undersøgt, hvorvidt vi selv skulle etablere et testlaboratorium, eller om vi skulle samarbejde med et lokalt teglværk om at få vores stikprøver testet. Det viste sig dog på sigt at være mest omkostningseffektivt at etablere eget testlaboratorium.

Derfor blev der sideløbende etableret et testlaboratorie, hvor Gamle Mursten kan teste alle de egenskaber, der angives i ETA'en.



Billede 4: Test af trykprøvning af mursten

4.2.1 Vejen til en ETA

Da de indledende analyser omkring testdesign for murstenene var fastlagt, blev der indgået en serviceaftale med ETA Danmark og arbejdet omkring udarbejdelse af arbejdsprogram for den kommende EAD blev påbegyndt.

En EAD (European Assessment Document) er juridisk ligestillet med de harmoniserede standarder. EAD'en beskriver, hvordan produktet skal testes, for at den ETA (European Technical Assessment), der ligger til grund for CE-mærket, kan udstedes. Når EAD'en er udstedt, er den gyldig i alle EU-lande.

I arbejdsprogrammet skulle vi angive hvilke egenskaber vi ville deklarere for murstenene i EAD'en og i store træk beskrive hvordan vores FPC ville adskille sig fra det som er beskrevet i standarden for mursten. Arbejdsprogrammet blev sendt til høring i EU (i EOTA), hvor de forskellige medlemmer i EOTA havde mulighed for at kommentere på det.

De indkomne kommentarer skulle så danne grundlag for det videre arbejde med den egentlige ansøgning og testmetoder samt udformningen af det færdige FPC-system. Der var ingen indvendinger fra EU-Kommissionen, der forhindrede det videre arbejde, og de få kommentarer der kom fra primært den tyske delegation, blev inddraget i det videre arbejde.

Arbejdet med EAD'en kunne derfor påbegyndes.

Fokus for EAD'en var derfor, hvad der skulle testes, hvordan det skulle testes og hvordan skulle værdierne for det, der skulle testes, udtrykkes.

Det betød helt konkret, at vi skulle lægge os fast på, hvilke egenskaber vi gerne ville deklarere og hvilke standarder vi anvendte til at teste egenskaberne efter. Gamle Mursten valgte at følge EN 771-1, der også angiver, hvilke standarder der skal anvendes til at teste egenskaber ud fra.

Udarbejdelsen af EAD'en skulle også indeholde beskrivelse af FPC-systemet og hele den kvalitetssikringsproces, som Gamle Mursten skulle implementere.

EAD'en skulle til høring i EOTA samt afsluttende høring i kommissionen, og derefter kunne udarbejdelsen af ETA'en igangsættes.

ETA står for europæisk teknisk vurdering (European Technical Assessment), og den danner grundlag for udarbejdelse af ydeevnedeklaration og CE-mærke.

En ETA beskriver egenskaberne for et bestemt produkt, der er beregnet til et bestemt formål.

En ETA udarbejdes på grundlag af en EAD (europæiske vurderingsdokumenter). En ETA og en EAD beskriver det samlede kompleks af tekniske specifikationer

Det var ETA-Danmark, der stod for udarbejdelsen af ETA'en, der efterfølgende skulle til høring i fire uger i kommissionen.

4.2.2 Vejen mod CE-mærkning

ETA'en blev godkendt og udstedt af ETA-Danmark, og Gamle Mursten er således den første virksomhed i Europa, der er i stand til at CE-mærke en genbrugsbyggevarer!

Da ETA'en var udstedt begyndte en ny proces med certificeringsenheden DANCERT.

Inden et produkt kan CE-mærkes, skal både produktet og producenten kontrolleres af et notificeret organ, der udsteder en attest for byggevarens ydeevnes konstans. Niveaue for kontrol bestemmes af AVCP-systemet (Assessment and Verification of Constancy of Performance). Genbrugsmursten ligger i den kontrolgruppe der hedder AVCP 2+, hvilket betyder at vores FPC skal kontrolleres af tredjepart.

DA CE-mærkning af genbrugsmursten aldrig er sket før, finders der ingen certificeringsenhed i EU, der er akkrediteret til at CE-mærke et genbrugsprodukt der er akkreditéret til at certificere. Derfor skulle DANCERT, som står for den efterfølgende "oversættelse" af ETA'en til et CE-mærke, selv akkrediteres af DANAK.

Alle dokumenter skulle efterfølgende sendes til evaluering hos DANCERT sammen med FPC og vores typeprøvningstest. DANCERT ville så ud fra disse dokumenter være i stand til at CE-mærke vores mursten på baggrund af en audit.

4.3 Projekteringsvejledning og sikring af dokumentationsgrundlag

Der findes mange myter omkring anvendelsen af genbrugsmursten i nyt byggeri, og der fandtes forud for dette projekt ikke vejledninger, der gennemgår emnet. Derfor indeholder dette projekt et arbejde med at udarbejde en projekteringsvejledning, og relevansen herfor blev yderligere forstærket i løbet af projektet, som vi fik større viden om mulighederne anvendelserne af genbrugsmursten.

Formålet med projekteringsvejledningen var at kunne aflive myter omkring anvendelsen af genbrugsmursten og vende fokus mod de både tekniske og miljømæssige muligheder der er ift. yderligere genbrug.

Arbejdet med projekteringsvejledningen blev skudt i gang med, at Teknologisk Institut udarbejdede en liste over dokumenter, der skulle bidrage til at skabe et overblik over forudsætninger i projektering, som direkte vedrører teglstenenes egenskaber, og identificere de forudsætninger, som kunne tænkes at ændre sig ved anvendelsen af genbrugsmursten. Listen bestod af en række harmoniserede standarder, der vedrører genbrugsmursten og et udpluk af vejledninger omkring håndtering af tegl.

Listen blev gennemgået af Gamle Mursten, og de relevante afsnit blev uddraget til vejledningen. Herefter foretog vi en indledende udvælgelse af relevante emner fra Teknologisk Instituts dokumentliste, der herefter blev holdt op imod interviews med respondenter blandt arkitekter

og rådgivere. Forud for disse interviews blev udarbejdet en spørgeguide, der blev fremsendt til respondenterne forud for interviewet.

Det var tydeligt, at meget af den dokumentation som vores respondenter efterspurgte, var dokumentation der var blevet tilvejebragt i projektet, hvilket var med til at bekræfte projektets berettigelse.

Arbejdet med projekteringsvejledningen blev taget rigtig godt imod. Vi oplevede, og det gjorde vi også forud for projektet, at særligt arkitekter har et stort ønske om at integrere genbrugsmursten i deres projekter, men at de har udfordringer med at overbevise bygherre primært på grund af manglende dokumentation. Når vi bliver i stand til at underbygge vores CE-mærkning med en projekteringsvejledning, der argumenterer for anvendelsen af genbrugsmursten fra A-Z, vil vi stå meget stærkere i markedet fremover.

Hovedpunkterne i interviewene blev efterfølgende sammenholdt med de udvalgte emner fra Teknologisk Instituts dokumentliste, og projekteringsvejledningens struktur begyndte at tage form. Den blev opdelt i 5 dele:

1. **Æstetik**, der beskriver stentyper, forbandter, fugetyper etc. ledsaget af billeder
2. **Dokumentation**, der beskriver dokumentationsgrundlaget for genbrugsmurstenene, herunder EAD, ETA, kontrolsystemer og de egenskaber ved stenene der testes og hvordan.
3. **Projektering**, der omhandler planlægning, eksponeringsklasser og hvordan man kan genbruge eksisterende murværk
4. **Bæredygtighed**, der vejleder i genbrugsmursten og DGNB-certificering, CO₂-besparelser og hvordan man opnår højest mulig udnyttelsesgrad af murstenene.
5. **På Byggepladsen**, der anviser, hvordan murstenene skal håndteres under opmuring og beskriver levering, afdækning etc.

Det første udkast til projekteringsvejledningen blev sendt til kommentering hos arkitekter, rådgivere og en murere, der efterfølgende blev interviewet og deres input blev indarbejdet i projekteringsvejledningen³.

I forhold til sikring af dokumentationsgrundlaget har det været relevant at se på egenskaber, krav og metoder for nyproducerede tegl. Disse CE-mærkes iht. EN771-1 "Foreskrifter for byggesten til murværk – Del 1: Teglbyggesten." En række egenskaber er harmoniserede iht. denne standard og minimum én skal deklareres i ydeevnedeklarationen, som danner grundlag for CE-mærkningen. Men ikke alle de harmoniserede og beskrevne egenskaber er lige relevante for anvendelsen, og i mange tilfælde angiver producenten af nyproducerede mursten således blot NPD (No Performance Declared) for visse egenskaber.

Iht. Byggevareforordningens Artikel 6, stk. 2 skal de værdier, som står i en europæisk teknisk vurdering (ETA) også fremgå af ydeevneerklæringen. Gamle Mursten er derved forpligtet til at deklarere alle egenskaber på vores ydeevneerklæringer.

Da genbrugte mursten som udgangspunkt skal kunne anvendes til samme formål som nye mursten, vil de relevante egenskaber i vid udstrækning være de samme, som dem der fremgår af EN 771-1, og det blev besluttet, at vi skulle følge denne standard og dermed også de underliggende standarder, der beskriver, hvordan de enkelte egenskaber testes og dokumenteres. Dokumentationen af disse egenskaber sikres gennem Gamle Murstens FPC-system, og beskrives yderligere projekteringsvejledningen. Baggrundsrapporter fra Teknologisk institut udgør sammen med EAD og ETA'en dokumentationsgrundlaget. Projekteringsvejledningen blev efterfølgende vurderet i forhold til dokumentationsgrundlaget, som er udviklet i projektet, og i forhold til byggeteknisk viden og erfaring med murværk hos Teknologisk Institut.

³ Bilag C: Projekteringsvejledning (Udgave: version, der blev sendt til kommentering). Arbejdet med at indarbejde respondenternes kommentarer pågår stadig i skrivende stund)

5. Muligheder

For første gang nogensinde er det nu muligt at CE-mærke et genbrugt byggemateriale. Gamle Mursten har med dette projekt banet vejen for, at man kan gøre byggeaffald til faktiske byggematerialer, der kan omsættes på markedsvilkår. Og genbrug og genanvendelse af byggeaffald er afgørende, hvis Danmark og EU skal lykkes med at skabe en cirkulær økonomi og udnytte de store markedsmuligheder.

Grundlaget for Gamle Murstens CE-mærkning er en EAD (European Assessment Document), der er juridisk ligestillet med en harmoniseret standard. EAD'en er udviklet af Gamle Mursten i samarbejde med ETA-Danmark baseret på projektets resultater, og EAD'en kan ikke ændres efterfølgende. EAD'en beskriver, hvad der skal testes, hvordan det skal testes og hvordan vi udtrykker værdien for det, der testes. EAD'en bliver offentliggjort og er anonymiseret, så derfor vil kommende "kolleger" skulle bruge samme metoder, som er beskrevet i EAD'en. Det vil altså sige, at hvis andre søger om CE-mærkning af genbrugsmursten, skal de bruge samme EAD som udgangspunkt, og derfor baner man vejen for andre. Dette projekt har ikke afledt løsninger, der kan pateres, men Gamle Mursten har sat rammen for, hvordan man tester og dokumenterer egenskaber for genbrugsmursten fremadrettet, hvilket er en væsentlig og vigtig bedrift, som kan komme andre aktører til gavn.



Billede 5: Frederiksbjerg Skole i Aarhus. Tegnet af Henning Larsen Architects

5.1 Vurdering af udbredelsesmulighederne

I projektperioden har Gamle Mursten produceret ca. 3 mio. mursten og derved sparet miljøet for 1.500 kg CO₂, men med en CE-mærkning, der dokumenterer egenskaberne ved genbrugsmursten på lige fod med nye mursten, åbner markedsmulighederne sig yderligere.

Udviklingen af et fabrikskontrollsystem for produktion af genbrugsmursten, der beskriver alle detaljer i produktionsprocessen, gør at vi nærmer os et plug-and-play for etablering af flere produktioner med deraf følgende sociale arbejdspladser. Vi estimerer, at for hver produktion, der åbnes, skabes minimum 10 arbejdspladser for udsatte ledige.

I projektperioden har Gamle Mursten solgt et produktionsanlæg til affaldsselskabet AVV, hvor mursten fra nordjyske nedrivningsprojekter skal genbruges og komme nordjyderne til gode, og der vil blive skabt arbejdspladser for mennesker på kanten af arbejdsmarkedet.

Gamle Mursten deltager som projektpartner i et MUDP-projektet 'Upcycling af konstruktions-elementer i byggeriet – implementering af cirkulær økonomi gennem upcycling', hvor Lenda-

ger Group er projektejer. Gamle Mursten skal bidrage med vores erfaringer i forhold til CE-mærkning af andre genbrugsprodukter i projektet.

Med dette projekt er Gamle Mursten derved blevet foregangsvirksomhed for, hvordan man kan CE-mærke genbrugsbyggevarer, og i et studie foretaget for EU-kommissionen er vores business case valgt som en ud af de 5 bedste business cases og investeringsobjekter for cirkulær økonomi i Europa.⁴

5.2 Nye produkter/løsninger lanceret på markedet

CE-mærkning af genbrugsmursten har også øget interessen for vores teknologi, og det har derved åbnet op for helt nye markeder, hvor cirkulær økonomi er omdrejningspunktet. Fordi der nu er mulighed for at kvalitetssikre produkterne, oplever vi, at branchen bliver mere modig over for at anvende genbrugsmursten i nybyggeri. Særligt sker der et skift indenfor det Cirkulære Byggeri, hvor man genbruger mursten lokalt.

Det betyder, at Gamle Mursten nu går på markedet med et nyt rådgivningskoncept for vurdering og kortlægning af eksisterende murværk samt for, hvordan murværket skal nedrives, så flest muligt mursten kan genbruges. Stadigt flere bygherrer ønsker at genbruge egne mursten i nye byggerier. Med muligheden for at kunne dokumentere murstenenes egenskaber og kvalitet, er der også flere rådgivere, der tør gå med på ideen. Ressourcekortlægning og pre-audits er også de takter, der slås an i EU-kommissionens anbefalinger til Cirkulær Økonomi, og CE-mærkning af genbrugsmursten sætter yderlige skub i retning mod det cirkulære byggeri.

Med det nye rådgivningskoncept går Gamle Mursten fra kun at sælge produkter til at sælge løsninger. Der er stor interesse for muligheden for at grovsortere materialer tæt på kilden, så man kun transporterer de mursten, der rent faktisk skal renses og genbruges, og denne løsning kan indgå i vores rådgivningskoncept, hvor det er relevant for kunden. Udviklingen af den mobile grovsorteringsløsning er en del af MUDP-projektet:” Ressourceoptimering i genanvendelse af teglaffald.

Den kommende CE-mærkning kan bidrage til at åbne markedet op. Vi oplever positiv interesse for vores løsninger og produkter i både Sverige og Norge. I Sverige har vi leveret til en række større byggeprojekter, og senest har vi leveret rådgivning til Undervisningsbygg i Oslo omkring nedrivning og genbrug af murværk fra en af deres bygninger, hvor det var tydeligt, at CE-mærkningen er det springende punkt for deres interesse.

CE-mærkning af genbrugsmursten har givet mulighed for, at vi kan profilere os selv yderligere, både i kraft af PR, hvor nyheden omkring en kommende CE-mærkning blev taget godt imod i en bred række af nyhedsmedier. Men også i form af vores projekteringsvejledning, hvor de første udkast er taget rigtig god imod hos vores interessenter, der angiver, at også de har en stor interesse i genbrugsmurstens succes. I løbet af projektet har vi deltaget i konferencer og på messer som oplægsholdere, hvor vi har fortalt om processen med ETA-mærkning og udviklet vores netværk.

5.3 Udfordringer

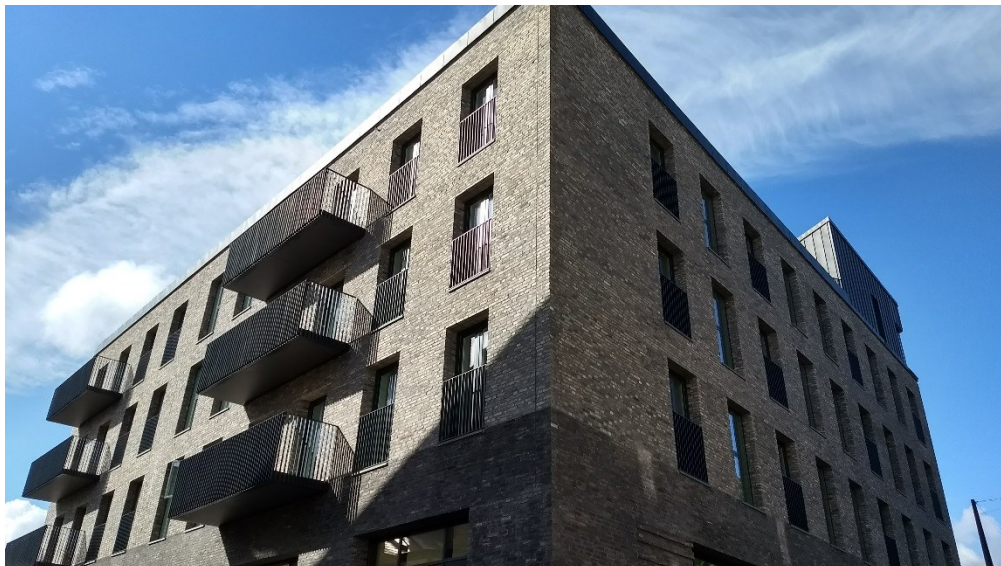
På trods af en generelt god fremdrift i projektet, måtte projektperioden forlænges. Arbejdspakke 2 og specifikt hele processen omkring EAD'en og den efterfølgende proces med tredjeparts-certificering har været stærkt undervurderet i projektplanen.

EU-systemet er vanskeligt at manøvrere i; der er mange procedurer og høringsperioderne hos EU-Kommissionen har været lange. Samtidig er der også en stærk politisk agenda bag den cirkulære økonomi, og man fornemmer, at vi har at gøre med et følsomt emne med mange

⁴ “Development and Implementation of Initiatives Fostering Investment and Innovation in Construction and Demolition Waste Recycling Infrastructure”, <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3637d9db-1c3e-11e8-ac73-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-66396125>

politiske agendaer, hvor vi som virksomhed står uden for indflydelse. Den endelige CE-mærkning afhænger af, at EAD'en blev offentliggjort i OJEU(The Official Journal of the European Union). OJEU udkommer 4 gange om året, og offentliggørelsen er en proces, der har trukket ud. Men vi arbejder sideløbende på at have alting klar, så det kun er selve CE-stemplet, der mangler, når EAD'en bliver offentliggjort i OJEU.

Derudover har interne udfordringer hos certificeringsorganet også gjort, at den afsluttende certificeringsproces er påbegyndt meget senere end planlagt og pågår i skrivende stund.



Billede 6: Carlsberg Byen – Jakobs Hus, Arkitekt: Henning Larsen Architects

Genbrug af Mursten

Dette MUDP-projekt har muliggjort, at man for første gang er i stand til at CE-mærke et genbrugt byggemateriale i Danmark og i EU. Da genbrugsmursten ikke er omfattet af en harmoniseret standard, har det indtil påbegyndelsen af dette projekt ikke været muligt at CE-mærke genbrugsmursten, og den manglende standarddokumentation har været en barriere for at udbrede anvendelsen af genbrugsmursten. Formålet med projektet har været at imødekomme det dokumentationsgrundlag, der efterspørges i byggebranchen gennem en ETA. En ETA er en Europæisk teknisk vurdering (European Technical Assessment) og er en frivillig ordning for produkter, der ikke er omfattet af en harmoniseret standard. En ETA udarbejdes på grundlag af en EAD (European Assessment Document), der er juridisk ligestillet med en harmoniseret standard. En EAD og en ETA beskriver samlet de tekniske specifikationer, der udgør grundlaget for at kunne opnå CE-mærkning for produkter, der ikke er omfattet af en harmoniseret standard. I dette projekt har Gamle Mursten i samarbejde med ETA-Danmark og Teknologisk Institut, Murværkscentret fået udarbejdet begge dokumenter. Med en ETA hånden kan Gamle Mursten CE-mærke sine produkter.

I CE-mærkningen stilles der krav til FPC-systemer (Factory Production Control), og projektet har derfor udviklet et FPC-system til at dokumentere processer og kontroller i produktionen af genbrugsmursten. For at oversætte dokumentationsarbejdet for Gamle Murstens kunder og samarbejdspartnere, blev der i projektet også udviklet en projekteringsvejledning, der beskriver genbrug af mursten fra A-Z. Gamle Mursten har med dette projekt banet vejen for, at man kan gøre byggeaffald til faktiske byggematerialer, der kan omsættes på markedsvilkår.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk