



Energirenovering af murede facader

Case: Saturnvej 17, Uglev, Thyholm
Udførelse af demonstrationsprojekt



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Maj måned 2015

Titel:

Energirenovering af murede facader

Case: Saturnvej 17, Uglev, Thyholm – Udførelse af demonstrationsprojekt

Konceptet er udviklet i projektet

"Nyt koncept for energirenovering af murede facader"

Støttet af EUDP

Projektsamarbejde mellem:

Teknologisk Institut, Randers Tegl A/S, Møller Nielsens Tegnestue, ekolab, Thyholm Murer A/S
samt Kalk- og Teglværksforeningen af 1893

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Tlf. 7220 2000
Byggeri og Anlæg
Murværk
Thea Bech-Petersen

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Thea Bech-Petersen, tlf. 7220 1009, tbe@teknologisk.dk

Godkendt af: Abalone Køster, tlf. 7220 3816, aek@teknologisk.dk

Opgavenr. P2002051

Dato: 18. maj 2015

Indhold

1.	Indledning	4
1.1.	Konceptbeskrivelse	4
2.	Bygningsbeskrivelse, Saturnvej 17.....	5
3.	Forundersøgelser og tilstandsbeskrivelse	5
4.	Vurdering af egnethed for koncept.....	10
5.	Udførelsen	11
5.1.	Klargøring og nedrivning	14
5.2.	Anvendte materialer.....	27
5.3.	Tagarbejder	28
6.	Energiberegninger og -besparelser.....	33
7.	Økonomien i projektet.....	35
8.	Konklusion og afrunding	35

1. Indledning

Typehuse fra 60'erne og 70'erne er dårligt isolerede sammenlignet med nye huse, derfor har en projektgruppe under ledelse af Teknologisk Institut udviklet et nyt koncept til at energirenovere facademurene og herved opnå en markant bedre isoleringsevne.

Formålet med projektet er desuden at dokumentere et koncept, som ikke alene reducerer energitab, men også skaber merværdi for bygherren. Den nye teglfacade giver mulighed for at bibeholde husets kvaliteter og/eller opdatere huset rent æstetisk og derved øge salgsværdien af husene, samtidig med at energiomkostningerne til opvarmning reduceres, og komforten i bygningen forbedres ved eliminering af kuldebroer og trækgener. Hvis man tilmed påtænker at bygge til, kan man i forbindelse med energirenoveringen få en fuldt integreret tilbygning med samme facade.

Som dokumentation for konceptets effekt er der gennemført et demonstrationsprojekt i fuld skala. Forsøgshusets teglstensfacade, vinduer, døre samt tegltag er blevet udskiftet, så huset opnår en isoleringsevne på et såkaldt BR 2015-niveau i lighed med nye huse. Man kan i andre tilfælde nøjes med at renovere facaden.

1.1. Konceptbeskrivelse

Konceptet er baseret på, at den eksisterende formur nedrives, og udmuringer/faste bindere fjernes, hvorefter der opføres en ny, slank formur i tegl. Dette giver plads til mere isolering, uden at murtykkelsen øges. Den nye isolering udføres med højeffektive isoleringsmaterialer, hvorved U-værdien reduceres kraftigt.

Forudsætningen for at kunne reducere tykkelsen på den nye formur, uden at reducere hulmurens bæreevne samlet set, er at der etableres såkaldte EPS-søjler. En EPS-søjle udnytter bæreevnen i stiv isolering i form af EPS (ekspanderet polystyren) ved, at isoleringen med limmørtel er klæbet sammen med såvel for- som bagmur samt en indlagt armering. På den måde virker det sammenklæbede murfelt som en sandwich-konstruktion, der effektivt afstiver et helt murfelt. I princippet det samme som en stålsøjle gør, men uden at skabe en kuldebro.

Når EPS-søjlerne er etableret, er der herefter "frit slag" for valg af isolering mellem søjlerne, da denne ikke skal bidrage styrkemæssigt. Der kan anvendes billig mineraluld, hvis man lægger mere vægt på pris end energibesparelse, eller moderne højeffektive isoleringsmaterialer som eksempelvis PIR-skum.

I nogle tilfælde er det af hensyn til konstruktionen og arkitekturen nødvendigt at bevare præcis samme tykkelse på hulmuren. I andre tilfælde kan man med fordel øge den samlede tykkelse med f.eks. 60 mm, og dermed få en "kold sokkel" isoleret og samtidig få plads til et tykkere lag isolering i facaden.

Det er således muligt at anvende flere alternative koncepter, afhængigt af den originale konstruktion og en afvejning mellem økonomi og ønsket energibesparelse.

Der er udgivet en dokumentationspakke, som findes på www.mur-tag.dk, med nærmere beskrivelser og vejledning til konceptet.

2. Bygningsbeskrivelse, Saturnvej 17

Udgangspunktet for demonstrationsprojektet er et typisk murermesterhus fra 1956, som er et 1½-etages hus med fuld kælder og udnyttet 1. sal. Huset er opført med facader i massive gule maskinsten og afvalmet tag med røde vingetagsten med understrygning, og har et etageareal på 130 m². Bygningens gavle er orienteret syd-nord. Der er udmuringer som trappegesims ved hushjørnerne og synlige spærender. Huset findes i to ens eksemplarer på egnen.

Bygningen er opført med hulmur, hvor formur som nævnt er af gule maskinsten, mens bagmuren er af molersten. Til opmuringen er benyttet ren (svag) kalkmørtel. Kælder-ydervægge er af støbt beton, og indervægge i kælder er af hårdt brændte, massive mursten.

Vinduerne er fastgjort i formur, og der er udmurede false kun adskilt med pap. Vinduer er udskiftet til hvide og grønne, indadgående pvc-vinduer og terrassedøre med termoruder i 70'erne. Døre er tilsvarende pvc-døre med glasudskæring med termorude.



Fig. 1: Oprindeligt udtryk

3. Forundersøgelser og tilstandsbeskrivelse

Huset er omfuget ad flere omgange, og således er de yderste 10-12 mm fuge stærk kalkcementmørtel. Ved den indledende besigtigelse konstateredes omfattende afskalninger fra sten, især mod syd og vest, samt fugeforvitring ligeledes særligt mod syd og vest (se fig. 3 og 4).



Fig. 2: Som en del af forundersøgelsen udtages et murfelt



Fig. 3: Udmuring ved hjørne og tydelig fugeforvitring



Fig. 4: Afskalninger fra sten

Ved udtagelse af sten i formuren mod syd blev der konstateret tærede trådbindere, desuden en støbt sålbænk, som dog ikke er gennemgående. Hulmurkonstruktionen sås isoleret med mineraluldsgranulat og indblæst skum. Isoleringen syntes ujævnt fordelt i hulumuren trods indblæsning.



Fig. 5: Udtagelse af sten i formur, bagved ses forskellige isoleringsmaterialer



Fig. 6: Murpap og bagmur af molersten blotlagt



Fig. 7: Tæret trådbinder

Ved åbning ind til bagmur ved spærende ses bjælkelag og tagremmen, der ligger på bagmuren. Herved kan det konstateres, at bagmuren er bærende, hvilket er en del af forudsætningen for at kunne anvende konceptet uden særlig afstivning under nedrivning. Læs mere om disse forudsætninger i "Vejledning i forundersøgelser".



Fig. 8: Bjælke og murrem blotlagt mod vest

Ved undersøgelse af tagrum var det tydeligt, at taget har betydelige utætheder mellem tagsten, og der er voldsom træk. Understrygning er medtaget og mangelfuld.



Fig. 9: Utætheder mellem tagsten

Det oplyses af beboerne, at det årlige varmemeforbrug tæller 2000 l olie samt en palle brænde (ca. 950 kg).

Beboerne kan desuden berette om kuldene ved vinduer og døråbninger. Den støbte trappe ved indgangsparti mod øst og soklen generelt udgør en stor kuldebro.

4. Vurdering af egnethed for koncept

På baggrund af tilstandsvurderingen og mulige energibesparelser samt opgradering af huset rent komfortmæssigt og æstetisk vurderes bygningen velegnet til konceptet.

Husets størrelse og konstruktion med hulmur med bærende bagmur af molersten gør, at konceptet kan anvendes; desuden er kælderen og de faste udmuringer omkring vinduer og døre yderligere forhold, der tilsiger renovering. Huset er i generel god stand indvendigt, og omfanget af hindringer for nedrivning af formur er begrænsede.

Facaden er nedslidt, særligt tydeligt er det på de mest udsatte facader, men sten og fuger er generelt set på huset slidt, ligesom der kunne konstateres tærede bindere i hulumuren.

Tagets tilstand og vinduer og døres beskaffenhed giver ligeledes anledning til overvejelser om udskiftning således, at en større renovering kan foregå samtidig. Æstetisk vil en samlet renovering kunne give et løft til bygningen og give mulighed for et mere moderne udtryk.

Der konstateres kuldebroer mange steder i bygningen, og beboerne fortæller om generende kulde og træk. Hulumuren er isoleret, men isoleringsmaterialerne synes ujævne og utilstrækkelige, hvorfor energitabet gennem facademuren forventes at kunne nedbringes væsentligt. Energibesparelserne kan ikke alene forsvare anvendelse af konceptet, men ved eliminering af kuldebroer forventes komforten at øges markant for beboere.

I rapporten "Nyt koncept til energirenovering af murede facader – analyse vedrørende energibesparelser og indeklima" (ekolab, marts 2015) er der udført en detaljeret undersøgelse af energisparepotentialet ved renoveringsmetoden. Det specifikke hus på Saturnvej 17, Uglev, som er renoveret, forventes at opnå en absolut besparelse i rumvarmeforbrug på ca. 11000 kWh årligt. Dette svarer til en reduktion af rumvarmeforbrug på 49 %.

Ser man udelukkende på den forventede besparelse ved renovering af ydervæggen for huset på Saturnvej 17 (renoveret væg med lav U-værdi, bedre vindues/dørindbygning, isolering af fundament/kældervæg), forventes en besparelse på ca. 5000 kWh årligt. Dette svarer til en reduktion af rumvarmeforbruget på ca. 22 %.

5. Udførelsen

På baggrund af vurdering af bygningen fra 1956 vælger vi, da projektet også gerne må vise, at det kan være muligt at skifte "ham", en mere moderne stentype end den gule maskinsten. Da både facade og tag trænger til at blive skiftet, vælger vi endvidere at ændre huset, så mødet mellem facade og tag bliver mere klassisk med en 3 stens udkraget gesims i stil med Bedre Byggeskik-husene. Det giver også et visuelt løft til huset. I gavlene benytter vi lejligheden til at vise nogle af de klassiske afslutningsløsninger med omløbende gesimser og gesimser langs tagkant, som samtidig giver et godt vederlag for vingetegltagstens imuring.

Valget af facadesten faldt på RT 517 sammen med en fugefarve nr. 1176 ift. Webers FM 5 fugeprøver. Der vælges ud fra en prøveopmuring med tre forskellige fugefarver.



Fig. 10: Fugefarve har afgørende betydning for facadeudtrykket – kun fugefarven varierer i prøvemuren!

Da husets har kælder, og der tydeligt er tegn på kondensering øverst på facadekældervæggene, besluttet det at udføre den nye facade med 60 mm fremrykning, så der bliver mulighed for 50 mm isolering af kældervægge/sokkel over terræn. Der er for få år siden lavet dræn og drænlag langs kældervægge under terræn.

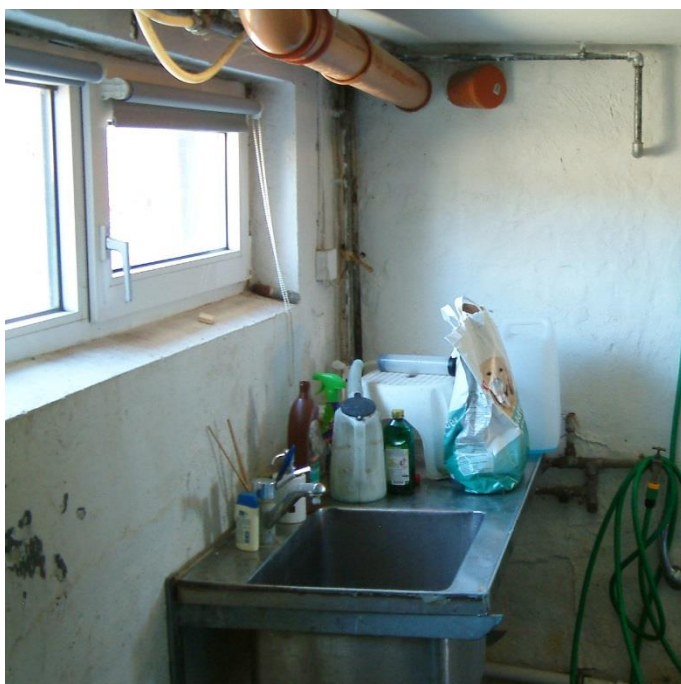


Fig. 11: Kælder med kondensproblemer

Mod nord, øst og syd er facader passende afstivet af indvendige skillevægge, men mod vest er facadefeltet ikke afstivet i hele husets længde. Der beregnes derfor behov for en EPS-søjle midt på facaden og en i hjørnet, hvor der er hjørnevindue på begge sider af muret hjørnepille. Se også "Vejledning i projektering af EPS-søjler". EPS-søjle i hjørnet bliver opgivet på grund af manglende plads. Her udføres i stedet ny RHS-søjle, som isoleres med PIR-isolering mod facademur.

Da vi med forsøgshuset vil vise det bedst mulige energibesparelsesresultat, vælges PIR-pladeisolering fra Kingspan klasse 22.



Fig. 12: Kingspan pladeisolering med folieforside og 30 mm blød mineraluldsisolering på bagsiden for optagelse af ujævnheder i bagmuren

Bygherre beslutter, at der skal nye vinduer i, da de eksisterende er en uskøn blanding af hvide og grønne i vidt forskellige typer og udformninger.

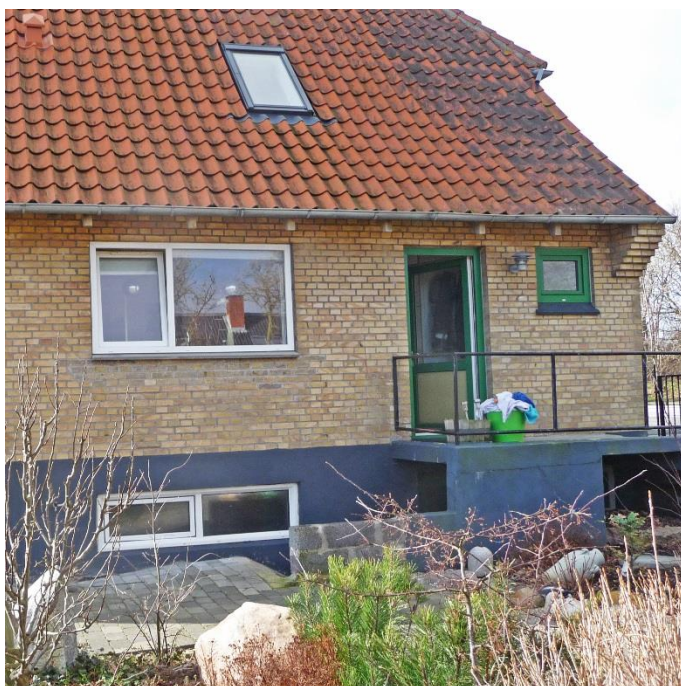


Fig. 13: Eksisterende vinduer med rodet/blandet udtryk

5.1. Klargøring og nedrivning

Der klargøres rundt om huset ved, at alle belægninger, betontrapper og træterrasse fjernes. Da der også skal skiftes tag, er der behov for plads til haki-stillads. Da der endvidere skal isoleres sokkel/kældervæg, afgraves herfor.



Fig. 14: Stillads og levering af materialer

Forundersøgelsen har vist, at bærende bagmur er 110 mm molersten. Formur og bagmur er adskilt med pap i alle lysninger. Til gengæld er formur og bagmur muret sammen ved tagfod og langs tag i gavle. Det vurderes dog, at huset vil være stabilt iht. de foreliggende vejrdato, som lover lav vindhastighed de næste 5 dage. Der er sat en grænse for maks. vindhastighed på 10,4 m/s.



Fig. 15: Kuldebro mellem formur og bagmur ved mødet med tag

Nedrivning af formur opstartes. Der nedrives en facade ad gangen – men begge gavle på én gang.

Selv om de gamle vinduer skal udskiftes, fastgøres de undervejs til bagmuren, så huset kan bebos under projektets realisering.

Vinduer monteres til bagmuren med vinkelbeslag. Der tætnes/stoppes omkring vinduer, så det ikke kan støve ind. Dette skal gøres meget omhyggeligt, da nedrivning af formur giver meget støv.



Fig. 16: Gavlvindue midlertidigt fastgjort til bagmur med vinkelbeslag

Bagmurene eftergås herefter. Manglende fuger udfyldes og løse sten/partier i bagmuren udbedres – både af hensyn til stabilitet, men også for øget tæthed. Mørtelpølser og andre ujævnheder fjernes, så bagmuren har en rethed på +/- maks. 15 mm. over en retskede på 200 cm.

Beboerne har ønske om ny kabling til udvendigt stik på terrasse. Den rilles ind i bagmur, og riller tilstøbes.

Det tjekkes, at skillevægge er muret i forbandt med bagmur.

Det tjekkes, at tagkonstruktion er tilstrækkelig forankret til fundamentet. Entreprenør vurderer, at tyngden på tagkonstruktionen og fastgørelse mellem remme og bagmur er tilstrækkelig, da det nye tag vurderes at blive tungere end den oprindelige.

Da der skal laves nyt tag, demonteres tagrender, nedløb og udhæng. Der laves afdækning af murværk med presenninger, indtil nyt undertag yder beskyttelse af bagmur og opmuret hulmur. På trods af alle gode intentioner forårsager udlagte krydsfinersplader på stilladset, at et skybrud ledes direkte ind på de frilagte gamle vinduer på vestfacaden og derfra ind i stuen, til stor irritation og gene for beboerne.

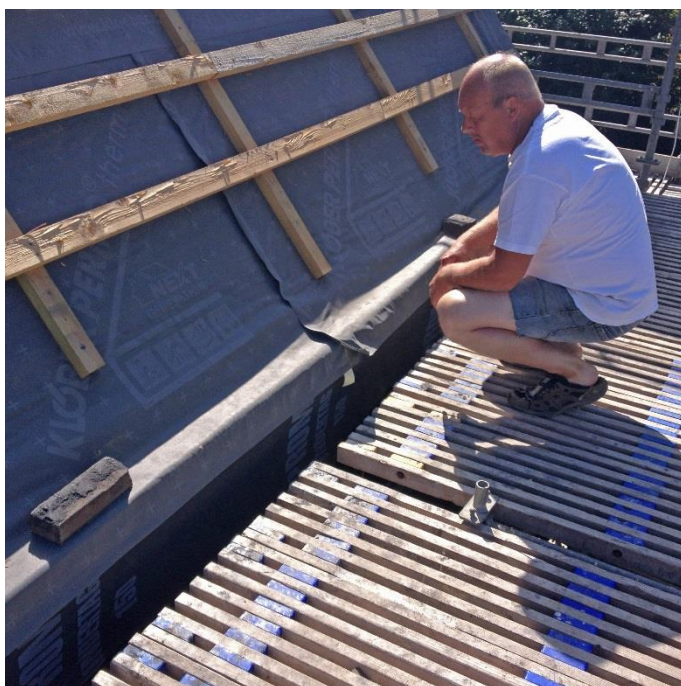


Fig. 17: Tagvand skal ledes væk fra muren, og stilladset må ikke kunne lede vand ind mod den blotlagte bagmur

Da det er besluttet at udvide hulmur for bedre isoleringstykkelser, monteres der vinkel-skinne båret af konsoller på soklen. Der er lavet konservativ beregning af konsoller (som er 50 mm tykke) og en problematisk placering af vinkeljern, som forhindrer vand i hul-mur i at kunne løbe ud. Vinkeljernet vendes derfor. Sammen med vinkeljern viser det sig, at der knap nok er plads til sokkelpuds. Det kan gøres bedre. Konsollerne er i denne case blot udført af U-profiler, som er rigeligt kraftige. Det vurderes, at en spinklere version kan anvendes ved nærmere beregning, eller der kan udvikles konsoller, som er optimeret til formålet. Det reducerer kuldebro ved konsollen og giver en bedre løsning ved udførelse af sokkelpuds.



Fig. 18: Konsoller kan med fordel optimeres for bedre plads til sokkelisolering og facadepuds



Fig. 19: Konsoljern og vinkelskinne (her vist med ny muret facade)

Fugtspærre – (vandfalspap) etableres ved sokkel. Generelt skal fugtspærre i den nye skalmur monteres på helt sædvanlig vis ved sokkel og over vinduer og døre. Vejledning herom kan findes på www.mur-tag.dk.



Fig. 20: Vandfalspap bag ny isolering på facaden og ført om hjørnet til gavlen, hvor den eksisterende formur endnu ikke er nedrevet

Så udføres der EPS-søjle til stabilisering af facadefelt mod vest, hvor der ikke er afstivende skillevægge. Det er beregnet at EPS-søjle skal være 400 mm bred. Der skal anvendes 2 x 2 Murtec Dista RF armering. EPS-søjler udføres iht. den generelle anvisning herom (www.mur-tag.dk, hvor der findes en udførelsesvejledning med fotos, såvel som detaljetegninger). Husk at den sidste del af EPS-søjlen, nemlig sammenklæbning med formuren, først kan udføres i takt med opmuring, idet klæberen skal udføres vådt-i-vådt med formuren.



Fig. 21: Bag stilladset ses EPS-søjle

Så er der klar til montering af ny hulmursisolering og bindere. Til dette projekt er der valgt en hård PIR-pladeisolering fra Kingspan på 140 mm med 30 mm blød isolering af mineraluld på bagsiden til at optage ujævnheder i bagmur. Isoleringen monteres nu med nye bindere, der bores ind i bagmur. Der anvendes i dette projekt 8-10 bindere pr. m². Antallet af bindere projekteres på sædvanlig vis, hvor minimum er 4 stk. pr. m². Langs alle åbninger placeres bindere per minimum 400 mm. Ved alle hjørner skal friholdes 750 mm for bindere. Da dette ikke er muligt grundet pilleløsning ved hjørnevinduer, armeres hjørner i stedet, og der placeres bindere jævnt herud til.



Fig. 22: Hjørne armeres. Der er anvendt tilskårne hjørnesteen, så der kan mures med normale murmål



Fig. 23: 1. lag isolering monteret med bindere. Der er midlertidigt fastgjort en reglar ved sokkelskinne for at lette monteringen af første række af de hårde isoleringsplader

Da soklen ikke er vandret, rettes den op med det nye vinkeljern, som skal bære ny formur. Det viser sig senere at give en vis udfordring, da vinduer skal monteres. Der er valgt Futura+¹ vinduer fra Idealcombi. De har absolut ingen indbygningstolerance med deres meget elegante, men supertynde indvendige karm. De er bestilt i god tid, inden nedrivning opstartes. Der bliver fundet en løsning indvendigt for indpasning af vinduerne.

Opsætning styres af land i bund og på sædvanlig vis med snor både for skiftegang og for tykkelse. Isolering skal monteres, så der er minimum 10-20 mm til bagside formur. Det skyldes valget af Kingspan isolering, som skal friholdes fra kontakt med bagside af formuren. Hvis der isoleres med mineraluld, kan der på sædvanlig måde isoleres tæt mod bagsiden af formuren.



Fig. 24: Isolering opstartet – der monteres efter snor for både skiftegang og tykkelse

Når der anvendes hård isolering i plader er det ligeledes meget vigtigt, at isolering udføres omhyggeligt og med helt tætte samlinger, også med fuld isoleringstykkelser ved hjørner, og hvor hulmursisolering samles med tagisolering. Utætheder i samlinger mellem plader forringer isoleringsevnen betydeligt.



Fig. 25: Inderst ses blød isolering til optagelse af ujævnheder i bagmur



Fig. 26: Isolering i facade og tag mødes, så kuldebroer undgås

Ny formur opmures i en KC 50/50/750 indfarvet mørtel i valgt farve og udføres i vildt forbandt med stenen RT 517. Der er fokus på, at den nye slanke formur er opmuret med 100 % fyldte fuger for styrke, holdbarhed og tæthed. Dette opnås bedst ved at mure

med slåede studser. De nye 78 mm slanke facadesten er bestilt med skårne hjørnestein til hjørner og false, så der kan mures efter sædvanlige murmål.



Fig. 27: Sidefalse muret med skårne vinkelsten forsynet med inserts til montering af nye vinduer.



Fig. 28: Sidefalse muret med 78 mm sten. Vinduer kan maksimalt rykkes 50 mm tilbage

Omkring vinduer kan der mures med 78 mm sten eller skårne vinkelsten, alt efter hvor dybt i falsen vinduer og døre ønskes placeret.

Placering af de nye vinduer og døre i falsen bør tilpasses husets stil. Her er valgt en placering langt fremme, som passer til vinduerne og huset. Der stoppes, renses, primes og fuges omhyggeligt omkring vinduer og døre for 100 % tæthed.



Fig. 29: Klassiske murede løsninger er mulige i konceptet – her muret sålbænk



Fig. 30: Vinduer monteret – nye lysninger færdiggøres

Når vinduer og døre rykkes frem, skal nye vinduer enten være udført med påforingskarme for at dække hulmur, eller der skal udføres nye indvendige kuldebroisolerende til-sætninger og nye bundplader.



Fig. 31: Da vinduerne er rykket frem, udføres nye lysninger

Sålbænke kan udføres valgfrit – med klinker, rulleskifte, zink, skifer osv. Her er valgt at skifte de gamle klinkersålbænke ud med klassisk muret rulleskifte, som harmonerer med husets nye murede detaljer ved tagfod.



Fig. 32: Sålbænk mures – helt lige

5.2. Anvendte materialer

Mursten:

Til dette projekt blev der bestilt/brugt følgende mængde sten:

Facadesten:

78 mm facadesten:	93,2 m ² a 65 =	6.058
108 mm facadesten til gesims:		484
108 mm facadesten til skorsten:		330
108 mm speciel gesims skrå topsten i gavle iht. tegning:		66
108 mm speciel sålbænkesten iht. tegning:		222
108 mm hjørne og lysningssten skåret ind til 78 mm vinkelsten:		700
108 mm tegloverligger – mål iht. tegning (udføres til vildt forbandt) 11 stk.		

Isolering, sokkel:

Til sokkelisolering blev der anvendt hårde PIR-isoleringsplader klasse 22, hvor der ikke er vandpåvirkning – dvs. 15 cm over terræn. Herunder og under terræn blev der anvendt EPS-isolering. Sokkelpuds blev udført med sokkelpudssystem med armering fra Weber. Der blev afsluttet med puds og sokkelmaling.



Fig. 33: Sokkel med ny isolering pudses

5.3. Tagarbejder

I dette projekt besluttede bygherre sig for også at skifte taget, som var nedslidt. Dels var tagsten ved at være slidte, som de relativt hurtigt bliver i Vestjylland, men især var understrykning mange steder ved at være fraværende og umulig at retablere på grund af udnyttet tagetage. Beboerne kunne fortælle om, hvor meget træk der var i huset, når det blæste.

Selv når taget ikke renoveres, vil det ofte være nødvendigt at foretage indgreb i tagfoden/tagudhæng for at give plads til opmuring af den nye formur. Det vil også ofte være en fordel at eftergå isolering af tagfoden, hvor der typisk findes en alvorlig kuldebro.



Fig. 34: Eksisterende tag – med fraværende eller utæt understrykning

Der blev indhentet pris på to tagløsninger. Dels med traditionel påforing på spærhoveder med isolering imellem, ventilationsspalte, undertag osv. og dels med en nyudviklet tysk løsning med PIR-skumplader, klasse 20, med formonteret, diffusionsåbent undertag.

Den sidste løsning var den dyreste, men medførte også en langt bedre isoleringsevne. Da tilbagebetalingstiden på de to løsninger var den samme, blev den dyreste løsning valgt for at afprøve den i praksis. Løsningen viste sig at være meget nem at arbejde med, og således kunne der opnås virkelige gode og tætte samlinger overalt.

Først blev den eksisterende nedslidte og begrænsede mængde oprindelig isolering fjernet. I bunden af spærfag isoleres først med 50 mm mineraluld for at beskytte ny dampspærre fra at blive ødelagt af indvendig forskalling med puds – diverse søm, pudsnet mv. Ny dampspærre monteres og klæbes minimum 50 mm op ad spærhoveder iht. anvisning fra "Videncenter for energibesparelser".

Der gøres stor umage med at lave tætte løsninger overalt – og der er mange udfordringer.



Fig. 35: Dampspærre monteres tæt til bagmur og sikrer lufttæthed i tagkonstruktionen

Oven på dampspærre isoleres fuldt op til overkant spærhoved. Så er der klar til afslutning med PIR-skumpladerne med diffusionsåben undertagsfolie fra Klöber. Den danske forhandler Tacodan A/S hjælper til med råd og vejledning. Der kan indhentes yderligere oplysninger om produktet Permo Therm på www.tacodan.dk.

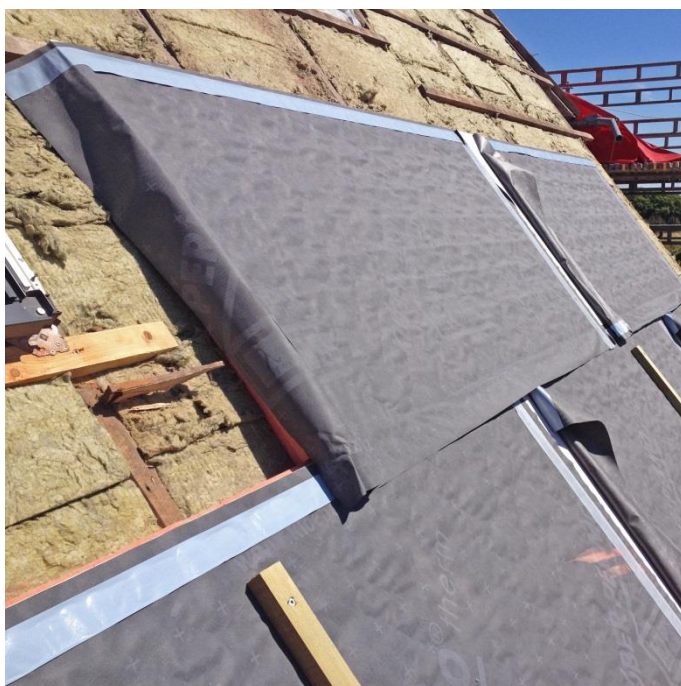


Fig. 36: Permo Therm tagisolering under montering



*Fig. 37: Mens der mures gesims, holdes undertag oppe.
Overskydende tagisolering skæres bort*

Det formonterede undertag har overlæg, og så snart undertaget er monteret, er taget i princippet tæt. I kippen føres undertagsfolie over og klæbes. I bunden skal der dog monteres en ekstra folie – når undertagsfolien har været løftet op – da denne bliver utæt. Der afsluttes med en traditionel løsning med fodplade og tagfodselement, der leder undertagsvand i tagrende.



Fig. 38: Ny fodplade og rendejern klar til tagfod og folieoverlæg

Der monteres klemplister direkte på isoleringen ned i taghovedet. Så er der klar til lægning, inddækninger ved skorsten og nye tagsten.



Fig. 37: Det færdige hus med nyt udtryk

Resultatet er blevet et helt nyt hus. Ikke moderne, men traditionelt på en ny måde. Huset er blevet tæt – det har beboerne givet udtryk for. Stearinlys blafrer ikke mere. Der er ingen træk og kuldenedfald. Også lydmæssigt er der sket en forandring. Udrykningskøretøjer og trafik på hovedlandevejen kan ikke længere høres, kun ses. Om det er blevet for tæt, det vil vise sig. Vi har tilføjet huset ny kontrollerbar naturlig ventilation i form af ventiler i alle vinduer og terrassedøre og aftrækskanaler på første sal. Herudover er der tvangsventilation i bad og køkken samt oplukkelige ovenlysvinduer.

6. Energiberegninger og -besparelser

Renovering efter den udviklede metode giver både en betragtelig energibesparelse samt forbedret indeklima. Reduktionen i energiforbrug og forbedringen af indeklima er naturligvis afhængig af bygningen tilstand før renoveringen.

U-værdien for en renoveret 29 cm ydervæg kan reduceres til 0,14-0,15 W/m²*K, hvilket svarer fuldt ud til niveauet for nye lavenergihuse. Indbygningslinjetab ψ_{sa} ved vinduer og døre kan reduceres til 0,02 W/m, hvilket også svarer fuldt ud til niveauet for nye lavenergihuse.

I rapporten "Nyt koncept til energirenovering af murede facader – analyse vedrørende energibesparelser og indeklima" (Ekolab, marts 2015), er der udført en detaljeret undersøgelse af energisparepotentialet ved renoveringsmetoden. Eksempler på besparelser gives i det følgende:

- For en uisoleret 29 cm væg, som i forbindelse med renoveringen opgraderes til en 35 cm væg, ligger den årlige typiske besparelse fra 127-134 kWh pr. m² ydermur.
- For en uisoleret 29 cm væg, som fastholdes som 29 cm væg, ligger den årlige typiske besparelse på 123 kWh pr. m² ydermur.
- For en hulmursisoleret 29 cm væg, som i forbindelse med renoveringen opgraderes til en 35 cm væg, ligger den årlige typiske besparelse fra 38-45 kWh pr. m² ydermur.
- For en hulmursisoleret 29 cm væg, som fastholdes som 29 cm væg, ligger den årlige typiske besparelse fra 27-34 kWh pr. m² ydermur.
- Forbedret indbygning af vinduer og døre (eliminering af kuldebroer fra udmuringer) giver en estimeret besparelse på 8 kWh pr. m indbygningslængde.
- 50 mm fundamentisolering giver en estimeret besparelse på 7 kWh pr. m fundament.

Det specifikke hus på Saturnvej 17, Uglev, som er renoveret, forventes at opnå en absolut besparelse i rumvarmeforbrug på ca. 11000 kWh årligt. Dette svarer til en reduktion af rumvarmeforbrug på 49 %.

Ser man udelukkende på den forventede besparelse ved renovering af ydervæggen for huset på Saturnvej 17 (renoveret væg med lav U-værdi, bedre vindue/dørindbygning, isolering af fundament/kældervæg), forventes en besparelse på ca. 5000 kWh årligt. Dette svarer til en reduktion af rumvarmeforbruget på ca. 22 %.

Renoveringen giver mere ensartede temperaturer, hvilket minimerer kuldestråling og træk. Af særlig betydning er også de forøgede indvendige overfladetemperaturer, som giver markant større sikkerhed imod skimmelvækst.

Beregninger i rapporten udført af Ekolab inklusiv termografi-undersøgelse viser, at der er et oplagt forbedringspotentiale for konsolløsningen til understøtning af ydermuren. I metoden er benyttet stålvinkeljern til understøtning af formur, monteret på konsoller fremstillet af U-profil, hvilket giver en tydelig kuldebro; ved eksempelvis at benytte beslag med lav varmeledningsevne (eller anden forbedret metode til understøtning) kan der for huse uden kælder opnås en årlig energibesparelse pr. m fundament på ca. 3 kWh samt en stigning i indvendig overfladetemperatur på ca. 0,5 grader i vinterperioden.

7. Økonomien i projektet

Samlet har projektet kostet kr. 775.177,- inkl. moms, inkl. tag, nye facader, isolering af kælder og sokkel samt nye vinduer og døre. Der har naturligvis været en del første-gangsudgifter, som gør, at den faktiske pris er blevet større end budgetteret.

Prisen for den udførte facadeløsning er opgjort til kr. 376.423,- inkl. moms, dvs. kr. 3.108,- inkl. moms/m². Den udførende murermester Thyholm Murer A/S har efterfølgende lavet flere projekter og har her kunnet konstatere en noget lavere pris for den samme løsning, dvs. +60 mm. på konsoller og udført med Kingspan PIR-isolering. Prisen her har inklusive alle omkostninger til byggeplads, udførelse mv. været kr. 2.643,-/m² inkl. moms.

Iht. V&S data og egne beregninger vil en løsning med udvendig mineraluldsisolering og puds samt fremrykning af vinduer i falsen beløbe sig til mindst det samme.

Prisen på tagrenovering har beløbet sig til kr. 301.969,- inkl. moms og inkl. ny muret skorsten. Det giver en pris på kr. 2.359,- inkl. moms pr. m² tagflade. Der har det pt. ikke været muligt at udføre efterkalkulation, da der ikke har været et efterfølgende tilsvarende projekt.

8. Konklusion og afrunding

Formålet med projektet har været at udvikle og dokumentere et koncept, som ikke alene reducerer energitab, men også skaber merværdi for bygherren, og dette mål er nået. Den nye teglfacade giver mulighed for at bibeholde husets kvaliteter og/eller opdatere huset rent æstetisk og derved øge salgsværdien af huset, samtidig med at energiomkostningerne til opvarmning reduceres, og komforten i bygningen forbedres ved eliminering af kuldebroer og trækgener. I demonstrationsprojektet gælder dette særligt, fordi den eksisterende facade er meget nedslidt, og huset ikke har et attraktivt udseende. Hvis man, som i denne case, har en hulmur i dårlig stand, vil en øget tæthed af klimaskærmen også få væsentlig indflydelse på energibesparelsen ved renovering.

Demonstrationsprojektet har vist, at renoveringen kan gennemføres med kendte håndværksmæssige løsninger, og håndværkerne har konstateret, at konceptet er bygbart og ikke frembyder større vanskeligheder end sædvanlige ombygninger og renoveringer. Op-muring af den nye facademur sker med gængs murer teknik, herunder vedrørende fugtspærre, bindere og omring, hvor kun udførelse af EPS-søjler er en relativt ny teknik.

I Thyholm har renoveringen medført en varmemæssig besparelse, men lige så vigtigt en stærkt forbedret termisk komfort pga. højere og mere ensartede temperaturer på de indvendige overflader. Renoveringen har omfattet den fulde "pakke", dvs. renovering af ydervæg, fundamentsisolering, tagrem- og loftsisolering, nye energivinduer, hvormed der er opnået gode termiske forhold ikke langt fra det, man opnår i nye lavenergihuse anno 2015.

Demonstrationshuset blev lidt dyrere end budgetteret, men der er evidens for, at gentagelseeffekten gør det billigere, idet Thyholm Murer har gennemført endnu en energirenovering af en facade og en gavl på et parcelhus. Det er udført efter samme koncept som demonstrationshuset, dvs. fremrykning af formur med (60 mm på konsoller) og påføring af sokkel og udført med Kingspan isolering. I alt 52 m² muret facade er renoveret. Det var ligeledes et parcelhus med udhæng, og der blev blot fjernet udhængsbrædder.

Prisen er beregnet inklusive alle omkostninger til udførelsen, byggeplads mv.

Pris pr. m² inklusive moms: kr. 2.643,- (eksklusiv moms kr. 2.114,-). Konklusionen er, at for parcelhuse er prisen konkurrencedygtig i forhold til alternativer uden nedrivning og med "tynd" regnskærm (puds/plader/skaller).