

Vurdering af genbrugspotentiale for mursten

Rosenparken, Nakskov



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

30. juni 2021

Titel:

Vurdering af genbrugspotentiale for mursten
Rosenparken, Nakskov

Rekvirent:

Boligkontoret Danmark
Havneholmen 21
1561 København V

Udarbejdet af:

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

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Lars Peter Salmonsén, tlf. 7220 3499, lps@teknologisk.dk

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

Opgave nr.: 0403 /980243

Version nr.: 01

Dato: 30. juni 2021

Resultater af Institutets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

Indledning

Efter aftale med Boligkontoret Danmark har Teknologisk Institut besøgt murværket i ydermurene på ejendommen Rosenparken beliggende Rosenvænget 8-18, Nakskov.

Besigtigelsen er udført af Lars Peter Salmonsens, Teknologisk Institut den 20. maj 2021.

Formål

Ifølge aftale med rekvirenten havde undersøgelsen til formål at vurdere murstenenes genbrugspotentiale, herunder særligt om mursten udvundet ved nedrivning af blok 4, 5 og 6 er egnede til opførelse af ny skalmur ifm. udvendig efterisolering af blok 1, 2 og 3 samt evt. opførelse af nye rækkehuse i én etage.

Bygningsbeskrivelse

Ejendommen består af 6 boligblokke i tre etager. Blokkene er alle udført med saddehtag uden udhæng.

Modtagne oplysninger

Følgende er oplyst af rekvirenten:

- Ejendommen er opført i 1947
- Ejendommen omfatter 155 boliger fordelt i seks blokke – alle i tre etager.
- Det planlægges at nedrive blokkene 4, 5, og 6 med et samlet areal af facader og gavle på 3.023 m².
- Der planlægges udvendig efterisolering og opførelse af ny skalmur for blokkene 1, 2 og 3 med et samlet areal af facader og gavle på 4.005 m².
- Ved reovering påtænkes at genbruge mursten fra blok 4, 5 og 6 til opførelse af den nye skalmur, såfremt kvaliteten af murstenene tillader det.

Rekvirenten har fremsendt byggesagsmappe med oprindelige plantegninger dateret 1946.

Besigtigelse

Følgende observationer er noteret ifm. besigtigelse af murværket:

Fotodokumentation fremgår af bilag 1.

Blok 6 (Rosenvænget 18)

Der er tale om strengpressede mursten, hvoraf hovedparten fremstår med præg (foto 1). Der er dog stor variation i hvor tydeligt præget er, og der ses nogle sten helt uden præg.

Teglet er gult til bleggult men fremstår med varierende let rødlige overflader pga. røggasnedslag under brændingen, der ses i form af mere eller mindre tydelige rødlige sættemærker, som fortrinsvis er skrå (foto 2). Særligt facaden mod syd og gavlen mod øst fremstår derfor med et varmgult/rosé udtryk (fx foto 3).

Facader mod vest og nord fremstår i mindre varme farver (fx foto 1) – muligvis som følge af højere grad af patina i form af tynde grålige belægninger af smuds og gips.

Der ses enkelte sten, som er let grønlig og stedvist har blanke/smeltede og krakelerede overflader – typisk ifm. kulpåbrænding (foto 4-5).

Ifm. prøveudtagning (ved position 6D) ses horisontal fugtspærre (murpap) i liggefugen over andet skifte over terræn (foto 6). Murpap ligger 1-2 cm bag forkant af mursten.

Der ses en del forvitring af fugerne under fugtspærren, men omkringliggende mursten er intakte. Mursten under fugtspærren fremstår med en del mørke belægninger og udfældninger. Der ses ikke udfældninger eller forvitring over fugtspærren.

Der er fundet et enkelt område med afskalninger, der kan skyldes frost. De pågældende mursten er dog i direkte kontakt med betontrin på kældertrappen, og derfor meget udsat for opfugtning fra overfladevand (foto 7).

Derudover ses enkelte sten med tynde flageformede afskalninger, som kan minde om frostska-der, men som dog udelukkende forekommer ifm. murstenenes hjørner og kanter, hvilket indikerer, at der snarere er tale om skader fra håndtering og/eller omfugning (foto 8). Dette underbygges af, at forekomsten er sporadisk og ikke korrelerer med vejrligsbelastningen.

Blok 5 (Rosenvænget 16)

Der kan skelnes to lidt forskellige tegltyper i murværket.

Type 1 - Denne type har samme kendetegn som for blok 6 - dvs. gule strengpressede mursten med mere eller mindre tydeligt præg og rødlige røggasnedslag, der stedvist ses som skrå sættemærker og enkelte sten med let grønlig, blanke og krakelerede områder med kulpåbrændinger (foto 9-10).

Type 2 - Denne type er karakteriseret ved meget ensartet bleggult tegl med meget mere markante mørkerøde røggasnedslag og meget tydeligt præg (foto 11-12).

På den nordvendte facade ses en brat overgang cirka ud for midten af vinduerne i stueetagen fra den førstnævnte type af mursten nederst til sidstnævnte type øverst (foto 13-14). Nederste

halvdel af den sydvendte gavl af fyrrummet er desuden udført med sidstnævnte type (foto 15). I øvrige områder af murværket ses en mere jævn blanding af de to typer.

På begge tegltyper ses stedvist afskalninger fra hjørner og kanter, som vurderes at være skader fra håndtering og/eller omfugning.

Ifm. prøveudtagning ses horisontal fugtspærre (murpap) i liggefugen over tredjeskifte over terræn. Murpap ligger ca. 1 cm bag forkant af mursten (foto 16).

Ved kældertrappen ses omfattende forvitring af fugerne og overfladisk afmelning og afskalning fra nogle mursten (foto 17-18).

Blok 1, 2, 3 og 4 (Rosenvænget 8-14)

Murstenene er gule strengpressede mursten med meget lig murstenene anvendt til blok 6 og type 1 anvendt til blok 5. Dog forekommer der flere sten med synlige klumper og slirer af rødbrændende ler i synsfladen (foto 19-20).

Murstenene er således glatte eller med utydeligt præg, fremstår med rødlige overflader pga. røggasnedslag og ses med en del sættemærker, der fortrinsvis er skrå. Der ses ligeledes enkelte sten med grønlig, blanke og krakelerede områder omkring kulpåbrændinger.

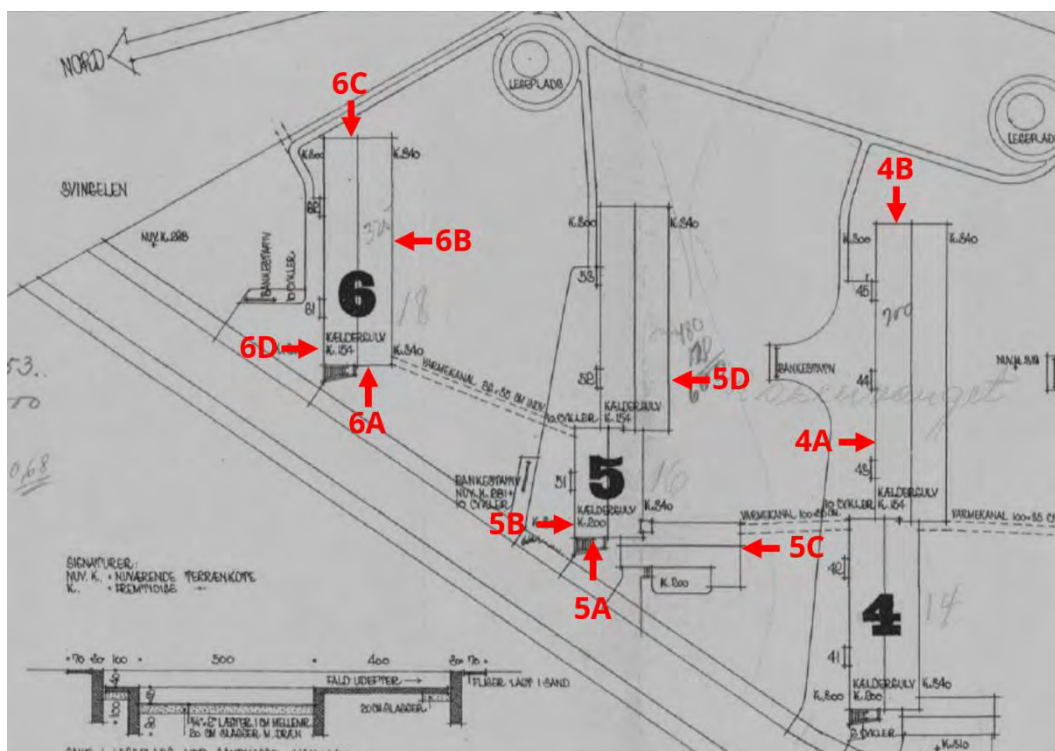
Murstenene har tre facader og en bagside. En del sten er vendt så bagsiden med tydelige mærker fra ristene, som stenene er tørret på inden brænding er synlig (foto 21-22).

Prøveudtagning

Ifm. besigtigelsen er der foretaget ophugning og udtaget prøver fra murværket i forskellige positioner på blok 4, 5 og 6 som markeret på figur 1. Samtlige prøveudtagninger er foretaget fra terræn.

Ved samtlige prøvepositioner bemærkes, at den relativt hårde, grå mørtel, der ses i fugerne på alle 6 blokke er en omfugning af de yderste 1-2 cm af fugen. Bag dette ses i alle tilfælde lysere grå opmuringsmørtel, som ifølge mureren er let at skære. Der er foretaget simpel ridsetest med lommekniv på både omfugning og opmuringsmørtel. Ved testen ridses omfugningsmørtel kun overfladisk mens opmuringsmørtlen kan graves ud med knivbladet.

Desuden ses at murstenene anvendt i bagmuren umiddelbart er af samme type som stenene i formuren idet der er tale om massive, strengpressede gule mursten med rødlige røggasnedslag/sættemærker og mere eller mindre tydeligt præg på de tre af stenenes facader og lignende aftryk fra tørringen på stenenes bagside. Dog er der ved en enkelt af prøvepositionerne (4A) også observeret celledsten (foto 23-24).



Figur 1. Prøvepositioner markeret på udleveret tegningsmateriale. Samtlige prøver er taget fra terræn.

Ifm. prøveudtagningen konstateres at murværket de fleste steder er massivt, men tilsyneladende med hulmur i brystninger under vinduer. Dog ses hulmur med faste bindere ved åbning af vestgavlen af bygning 6 og nordfacaden af bygning 4. Observationer vedr. konstruktionen er opsummeret i nedenstående tabel.

Position	Bygningsdel	Konstruktion	Fotos
6A	Vestgavl	Hulmur med faste bindere	Foto 25
6B	Sydfacade	Massivt murværk, hulmur i brystning under vindue	Foto 26
6C	Østgavl	Massivt murværk	Foto 27
6D	Nordfacade	Massivt murværk	Foto 28
5A	Vestgavl	Massivt murværk	Foto 29
5B	Nordfacade	Massivt murværk	Foto 30
5C	Sydgavl, fyrum	Murværk i ½ stens tykkelse	Foto 31
5D	Sydfacade	Massivt murværk	Foto 32
4A	Nordfacade	Hulmur med faste bindere	Foto 33
4B	Østgavl	Massivt murværk	Foto 34

Laboratorieundersøgelser

Efter modtagelse i laboratoriet er der savet et horisontalt snit ca. midt gennem hver mursten. Den ene halvdel af murstenen er brugt til bestemmelse af porefyldningstal. Fra den anden halvdel er der hugget en delprøve af til genbrændingsforsøg. De savede flader muliggør vurdering af teglets interne struktur og bestemmelse af brændingstemperatur ud fra skærvfarve og reaktion ved genbrænding. Endelig er der taget en delprøve fra udvalgte prøver til bestemmelse af saltbelastning vha. hygroskopisk fugtmåling. Der er således udført følgende analyser

Bestemmelse af porefyldningstal	30 prøver
Genbrænding og intern struktur	60 prøver
Hygroskopisk fugtmåling	4 prøver

Bestemmelse af porefyldningstal

Porefyldningstal, som er et mål for teglets frostfasthed, er bestemt som beskrevet i vedlagte prøvningsrapport 0403/980243-1. Jo lavere porefyldningstal, jo mere frostsikker bedømmes teglet til at være. Grænseværdierne, som er baseret på erfaringstal for norske teglprodukter og derfor bør anses som vejledende, fremgår af nedenstående figur.

I henhold til Murkatalog 2001, Norsk anvisning M1 kan porefyldningstallet p benyttes som indikation på teglstensfrostmodstandsevne efter følgende kriterier (erfaringstal for norske teglprodukter):

$p < 0,8$:	Tilfredsstillende frostmodstandsevne for udendørs anvendelse i norsk klima
$0,8 < p < 0,9$:	Usikker frostmodstandsevne
$0,9p$:	Normalt ikke tilfredsstillende frostmodstandsevne.

Middelværdien af alle målinger er 0,81 og spredningen 0,06. 11 enkeltværdier er under 0,8, hvilket indikerer tilfredsstillende frostmodstandsevne. Hele 17 falder imidlertid i intervallet "usikker frostmodstandsevne", hvilket betyder at porefyldningstallet ikke kan give en sikker vurdering af frostfastheden. Endelig er to værdier over 0,9, hvilket iht. metoden svarer til en utilfredsstillende frostmodstandsevne.

Der er ikke signifikant forskel på porefyldningstallet i prøver fra hhv. formur og bagmur, hvilket indikerer at bagmursstenene er af samme kvalitet som mursten i formuren.

Bestemmelse af brændingstemperatur

Afhuggede delprøver af murstenene er genbrændt til 1020°C. Efter genbrænding evalueres det, hvorvidt genbrændingen har resulteret i skift i stenes skærvfarve og dimensioner. På baggrund

heraf kan det vurderes, om teglet oprindeligt er produceret ved en temperatur lavere end 1020°C. Resultater fra undersøgelsen af hver prøve er opsummeret i nedenstående tabel. Fotodokumentation fremgår af bilag 1, foto 35-37.

Tabel 1. Resultater fra vurdering af brændingstemperaturen vha. genbrænding. Den vurderede temperatur er angivet som langt under (<<), under (<), over (≥) eller langt over (>>) 1020°C, med mindre indeslutninger af rødbrændende ler muliggør mere præcis angivelse.

Prøve	Bygningsdel	Ændring ved genbrænding Skærvfarve	Dimensioner	Vurderet brændings-temperatur
Blok 4, nordfacade				
4A.1	bagmur	uændret	uændret	≥1020
4A.2	bagmur	ændring fra bleggul til varmere gul	uændret	≥1020
4A.3	bagmur	uændret	let øget	≥1020
4A.4	bagmur	Svag ændring fra let rose til mere ren gul, klumper af rødt ler mørkere rødt	uændret	<1020
4A.5	bagmur	Tydelig ændring fra let rose til mere ren gul	uændret	<1020
4A.8	formur	svag ændring til varmere gul	uændret	≥1020
4A.9	formur	Tydelig ændring til varmere gul farve	uændret	≥1020
4A.10	formur	Svag ændring til varmere gul farve	Uændret	≥1020
Blok 4, østgavl				
4B.1	bagmur	uændret	uændret	≥1020
4B.2	bagmur	uændret	uændret	≥1020
4B.3	bagmur	uændret	uændret	≥1020
4B.4	bagmur	uændret, klumper af rødt ler dog lidt mørkere	uændret	<1020
4B.5	bagmur	uændret	uændret	≥1020
4B.6	bagmur	Svag ændring fra let grønlig til mere varm gul	uændret	≥1020
4B.7	bagmur	uændret	uændret	≥1020
4B.8	formur	uændret	uændret	≥1020
4B.9	formur	uændret	uændret	≥1020
4B.10	formur	Svag ændring til mere varm gul	uændret	≥1020
4B.11	formur	uændret	uændret	≥1020
4B.12	formur	uændret	uændret	≥1020
Blok 5, vestgavl				
5A.1	formur	Ændring fra let rose til ren gul, røde slirer er mørkere	uændret	<1020
5A.4	formur	uændret	uændret	≥1020
5A.5	formur	Ændring fra rose til mere ren gul	uændret	<1020

Blok 5, Nordfacade

5B.1	formur	Tydelig ændring fra rose til ren gul	uændret	<1020
5B.2	formur	Uændret	uændret	≥1020
5B.3	formur	Uændret	uændret	≥1020
5B.4	formur	svag ændring, klumper af rødt ler dog lidt mørkere	uændret	<1020
5B.5	formur	Svag ændring fra rose mod gul	uændret	<1020

Blok 5, sydgavl fyrrum

5C.1	formur	uændret	uændret	<1020
5C.2	formur	uændret	uændret	<1020
5C.3	formur	uændret	uændret	≥1020
5C.4	formur	uændret	uændret	≥1020
5C.5	formur	uændret	uændret	≥1020

Blok 5, Sydfacade

5D.1	formur	uændret	uændret	≥1020
5D.2	formur	uændret	uændret	≥1020
5D.3	formur	Ændring fra let rose til ren gul, røde slirer er mørkere	uændret	<1020
5D.4	formur	uændret	uændret	≥1020
5D.7	bagmur	uændret	uændret	≥1020
5D.8	bagmur	uændret	uændret	≥1020
5D.9	bagmur	Tydelig ændring fra rose til ren gul	uændret	<1020

Blok 6, Vestgavl

6.1	bagmur	uændret	uændret	≥1020
6.2	bagmur	uændret	uændret	≥1020
6.3	formur	uændret	uændret	≥1020
6.4	formur	tydelig ændring fra grønlig gul til varm gul	uændret	≥1020
6.5	formur	uændret	uændret	≥1020
6.6	formur	svag ændring fra grønlig gul til varm gul	uændret	≥1020
6.9	formur	uændret	uændret	≥1020

Blok 6, sydfacade

6B.1	formur	Ændring fra grønlig gul til varm gul	uændret	≥1020
6B.2	formur	uændret	uændret	≥1020
6B.3	formur	uændret	uændret	≥1020
6B.4	formur	svagt mere ren gul, røde slirer er tydeligt mørkere	uændret	<1020
6B.5	formur	uændret	uændret	≥1020

Blok 6, Østgavl

6C.1	formur	uændret	uændret	≥1020
------	--------	---------	---------	-------

6C.2	formur	svag ændring fra let rose til ren gul	uændret	<1020
6C.3	formur	uændret	uændret	≥1020
6C.4	formur	svag ændring fra let rose til ren gul	uændret	<1020
6C.5	formur	meget svag ændret fra let rose til ren gul	uændret	<1020

Blok 6, Nordfacade

6D.1	formur	Ændring til mere bleggul	uændret	<1020
6D.2	formur	Svag ændring fra grønlig gul til varm gul	uændret	≥1020
6D.3	formur	uændret	uændret	≥1020

Genbrændingen viser, at 72% af prøverne oprindeligt er brændt ved temperaturer på mindst 1020°C, hvilket giver sig til udtryk ved, at der ikke ses nogen ændring i dimensioner eller skærvfarve ved genbrænding eller at en eventuel ændring af skærvfarven er karakteristisk for oxidering fremfor højere brændingstemperatur.

For de resterende 28% ses en svag ændring i skærvfarven og intet svind i materialet, hvilket indikerer at prøverne oprindeligt er brændt lidt under 1020°C. Ingen af prøverne kan dog betegnes som lavtbrændte, og brændingstemperaturen er tilstrækkelig til at teglet kan opnå god frosthæthed.

Mursten brændt under 1020°C udgør 25% af prøverne fra bagmuren og 30% af prøverne fra formuren. Forskellen vurderes ikke at være signifikant. Der er således ingen tegn på at der er anvendt lavere brændte mursten i bagmuren.

Makroskopisk vurdering og intern struktur

Alle prøverne er gule strengpressede mursten. Der er tale om massive sten med undtagelse af en enkelt cellesten (foto 38). Alle stenene er tørret stående og har således tre glatte facader med/uden præg og en bagside med aftryk fra riste og savsmuld, som stenene har stået på under tørring (se fx foto 39).

Der kan skelnes svagt rødlige, skrå sættemærker/røggasnedslag på synsfladen af flere sten, hvilket indikerer, at murstenene er brændt i ringovn.

Flere prøver ses med svag grønlig overflade og skærvfarve. Den grønne farve skyldes for flere prøvers vedkommende at teglet er brændt tæt ved dets smeltepunkt, idet den grønne farve er blivende ved genbrænding. For de fleste prøvers vedkommende skyldes den grønne farve dog at ovnatmosfæren i ringovnen stedvist har været reducerende, idet farven er forsvundet ved genbrænding i oxiderende atmosfære (se foto 40).

Teglskærven er meget inhomogen med forskellig porøsitet og mange klumper og slirer af ufuldstændigt blandet blåler og rødler og nogle større sten (foto 41). Skærvfarven varierer fra let rose

til meget bleggul – i enkelte tilfælde pga. af variation i brændingstemperaturen (foto 42), men de fleste farveforskelle er blivende ved genbrænding og tilskrives varierende kalkindhold i leret (foto 43).

Murstenene er formgivet ved strengpresning, hvilket betyder at leret føres frem af en snegl og ekstruderes gennem et mundstykke der giver murstenen dens form. Ved denne proces lamineres leret og der kan opstå overfladeparallele svaghedszoner, der resulterer i flageformet afskalning fra synsfladen ifm. frost. Svagheder som disse opstår hvis strengpressen har kørt med utilstrækkeligt vakuum.

I prøvernes tværsnit ses tydelig laminering af leret i de fleste prøver og overfladeparallele luftslirer, der indikerer lavt vakuum og kan give nedsat frosthæthed (se fx foto 40-42). Forekomsten af luftslirer er meget begrænset i prøverne fra blok 4, forekommer i omkring halvdelen af prøverne fra blok 5 og i ca. 2/3 af prøverne fra blok 6.

Bestemmelse af saltindhold

Der er foretaget bestemmelse af total fugt, hygroskopisk fugt samt fri fugt på 4 udvalgte prøver. Analysemetode og resultat er nærmere beskrevet i vedlagte analyserapport 0403/980243-2. Resultater fremgår desuden af nedenstående tabel.

Prøvens Mærke	Hygroskopisk fugt	Fri fugt*	Total fugt*	Total fugt**
	vægt%	vægt%	vægt%	vægt%
5A, 2	1,36	-1,18	0,18	0,18
5A, 3	3,18	-2,65	0,53	0,55
5B, 3	0,48	-0,21	0,26	0,26
6D, 3	0,40	-0,15	0,25	0,25

*Beregnet i forhold til vægt ved 75 % RH som angivet i BSI DD 205:1991.

**Beregnet i forhold til tør vægt.

Det hygroskopiske fugtindhold er et mål for saltbelastningen af murværket og svarer for murværksmaterialer omtrentlig til saltindholdet i vægtprocent.

I prøverne 5B.3 og 6D.3 som er udtaget umiddelbart over den horisontale fugtspærrer på nordsiden af hhv. blok 5 og 6, ses således et saltindhold på omkring ½ procent, hvilket er indenfor det naturligt forekommende niveau i tegl. Der er således ingen indikation for ophobning af salte fra tøsalt eller opstigende grundfugt i murværket i disse områder.

I de to stikprøver 5A.2 og 5A.3 taget fra murværket i vestgavlen ved trappen til kælderen i bygning 5 ses derimod et saltniveau, som varierer fra let forhøjet til stærkt forhøjet ift. det naturligt forekommende niveau af salte i tegl. Dette indikerer at murværket omkring trappen har optaget salte fra opstigende grundfugt - sandsynligvis indeholdende tøsalt.

Vurdering af kvalitet

Ved besigtigelsen er foretaget en indledende vurdering af kvaliteten af mursten i det udvendige murværk på baggrund af murværkets eksponering og forekomsten af eventuelle skader.

Der er tale om murværk fra 1947 opført i tre etager og udført uden udhæng. Særligt de vestvendte gavle ligger udsat for vejrliget og henføres derfor til eksponeringsklasse MX3.2.

Ved besigtigelsen er der ikke konstateret nogen større frostskafer eller tegn på at der har været behov for reparationer eller udskiftning af mursten indenfor godt 70 års eksponering i denne klasse. Der er således udelukkende tale om overfladiske afskalninger, og disse forekommer udelukkende ifm. på hjørner og kanter af murstenene og kan derfor helt eller delvist skyldes håndterings- og omfugningskader. Eneste større, tydeligt frostrelaterede skade, der er observeret, forekommer på mursten, som er i kontakt med kældertrappen på vestgavlen af blok 6. Her vurderes at være tale om mursten, der er særligt udsatte for både fugt og saltbelastning, fordi almindelige foranstaltninger til beskyttelse af murværket er fraværende.

På baggrund af besigtigelsen konkluderes således, at der er gode indikationer for at murstenene er egnede i den nuværende og eventuelt højere eksponering.

Dog bekræfter ophugninger at murværket ikke er isoleret og overvejende er massivt, hvilket betyder, at der er tale om en øget eksponering for fugt og frost, hvis murstenen genbruges i moderne, isoleret skalmur på samme sted. Murstenenes frostfasthed er derfor nærmere undersøgt ved bestemmelse af porefyldningstal, brændingstemperatur og intern struktur.

Besigtigelsen indikerer ligeledes, at der er anvendt forskellige leveringer af mursten, med lidt forskelligt udseende til forskellige etager af byggeriet, hvilket der er taget hensyn til ved prøveudtagning. Der er tale om hhv. relativt ensfarvede gule sten i blok 6 og dele af blok 5, stærkt flammede mursten i dele af blok 5 og mursten med mange klumper og slirer af rødbrændende ler i blokkene 1 til 4. Der er desuden taget en del prøver fra bagmuren for at vurdere om disse er af samme type og kvalitet som mursten i formuren.

Både porefyldningstallet og brændingstemperaturer indikerer, at der er relativt lille forskel på kvaliteten af de forskellige leveringer af mursten, der er observeret ved besigtigelsen, og mellem prøver fra for- og bagmur, idet værdierne overlapper og forskellen mellem hver prøvningsgruppe vurderes at være insignifikant.

Middelværdien af porefyldningstallet på 30 prøver er 0,81, hvilket er lige over grænsen mellem tilfredsstillende og usikker frostmodstandsevne. Der er relativ stor spredning og 2 af prøverne falder i kategorien *normalt ikke tilfredsstillende frostmodstandsevne*, og hele 17 af prøverne falder i kategorien *usikker frostmodstandsevne* (baseret på erfaring fra norske mursten). Resultatet er således ikke entydigt og kan ikke stå alene.

Resultatet af genbrændingen viser imidlertid at 72% af prøverne er brændt ved mindst 1020°C og for de resterende 28% vurderes at brændingstemperaturen har været tæt på 1020°C, da der kun konstateres svag ændring af skærvfarven og ikke observeres svind ifm. genbrændingen. Denne temperatur giver erfaringsmæssigt mursten med tilstrækkelig frostmodstand i eksponeringsklasse MX3.2.

Dog er der en del struktur fra strengpressen og aflange overfladeparallele luftindeslutninger internt i teglet. Erfaringsmæssigt kan denne struktur betyde øget risiko for flageformet afskalning fra murstenene, når de udsættes for frost.

Anbefalinger ved genbrug

Murstenenes holdbarhed og eksponeringsklasse

Murstenene vurderes på baggrund af deres nuværende stand, nuværende eksponeringsklasse samt laboratoriebepættelse af porefyldningstal og brændingstemperatur samlet set at have relativt god frostfasthed og være egnede til brug i murværk udsat slagregn og frost, hvilket vil sige op til eksponeringsklasse MX 3.2.

Dog skal nævnes, at kvaliteten varierer. Således ses der en del struktur og interne overfladeparallele revner i en del af stenene, og det derfor ikke kan udelukkes, at der vil ske en gradvis afskalning fra nogle af stenene i de mest vejrligsudsatte dele af murværket. Det understreges derfor, at det ved anvendelse i eksponeringsklasse MX3.2 er særligt vigtigt at foretage forskriftsmæssige løsninger for at mindske vandindtrængning i murværket både under opførsel og efterfølgende brug, samt at der må påregnes vedligehold i form af udskiftning af enkelte sten, set over mange år.

Langsom forvitring af enkelte sten er uden for betydning for murværkets integritet, og er således udelukkende et æstetisk problem.

Vurdering af potentiale for udvinding af murstenene

Saltbelastede mursten kan jf. BYG-ERFA erfaringsblad nr 21 vedrørende genbrug af mursten forårsage dårlige hærtningsbetingelser for mørtlen, risiko for udblomstringer og misfarvning af murværket samt risiko for forvitring af mursten og mørtelfuger. Saltbelastede mursten bør derfor frasorteres allerede ved nedrivning, således at de nævnte saltbelastede bygningsdel nedrives selektivt og ikke medtages til genbrug.

Ved nedrivning af blok 4, 5 og 6 anbefales det, at frasortere alle mursten fra murværk under den horisontale fugtspærre. Mursten over fugtspærren vurderes derimod at være egnede til genbrug, selvom fugtspærren flere steder ligger 1-2 cm bag forkant af murværket, og således i nogen grad tillader at fugt og salte stiger højere op i murværket. Dette vurderes ud fra normale

saltindhold fundet i stikprøver af mursten taget umiddelbart over fugtspærren i befærdede områder, hvor der typisk tøsøltes og derfor vil være størst risiko for saltbelastning,

Dog anbefales at frasortere alle mursten op til 1 meter fra kældertrapperne på bygningernes gavle, idet her er tydelige tegn på saltprovokeret forvitring og der er fundet saltindhold på op til 3% i stikprøver fra dette område.

Mængder og udnyttelsesgrad

Vedrørende estimering af den potentielle mængde af mursten, der kan genbruges, skal der tages højde for følgende:

- I massive områder af murværket består murene langt overvejende af hele mursten trods krydsforbandtet med vekslende løber- og kopskifter (idet kopper er gennemgående fra for- til bagmur.
- Massivt murværk i 1 stens tykkelse giver dobbelt så mange mursten per kvadratmeter, som der forbruges til 1 kvadratmeter ½ stens skalmur, såfremt der ikke er noget spild.
- 1 ½ stens hulmur giver ligeledes dobbelt så mange mursten per kvadratmeter, som der forbruges til 1 kvadratmeter ½ stens skalmur, såfremt der ikke er noget spild. Dog vil krydsforbandtet betyde at der fås mange halve sten ved nedrivning. Den højeste udnyttelsesgrad opnås derfor hvis der ligeledes mures skalmur i et forbandt med mange halve sten.
- Erfaringsmæssigt vil en del mursten dog beskadiges ifm. nedrivning, håndtering og rensning af stenene. Den højeste udnyttelsesgrad kan forventes, hvis der planlægges en nænsom nedrivning, hvor man undgår at køre i brokkerne. I forskellige andre projekter berettes om udnyttelsesgrader på 50-90% afhængig af kvalitet og nedrivningsmetode.
- Murstenenes struktur med en del interne revner kan evt. betyde en høj spildprocent.
- Mursten under fugtspærren, som ligger ca. 2 skifter over terræn bør fraregnes pga. saltbelastning.
- Mursten op til en meter fra kældertrapperne på de vestvendte gavle bør ligeledes fraregnes da der er tydelige tegn på saltbelastning og målt saltindhold op til 3%.
- Det bemærkes at der ved prøveudtagningen er konstateret enkelte cellesten i bagmuren i en enkelt af ophugningerne. Der er kun analyseret en enkelt af disse sten, hvilket ikke kan anses som repræsentativt. Hvis der ifm nedrivning konstateres store mængder cellesten anbefales det derfor at undersøge disse yderligere forud for genbrug. Er der derimod tale om meget få sten af denne type, bør det overvejes at frasortere dem ifm. rensningen pga. usikkerhed om deres kvalitet.

Bilag

Bilag 1: Fotos

Bilag 1: Fotos



Foto 1



Foto 2

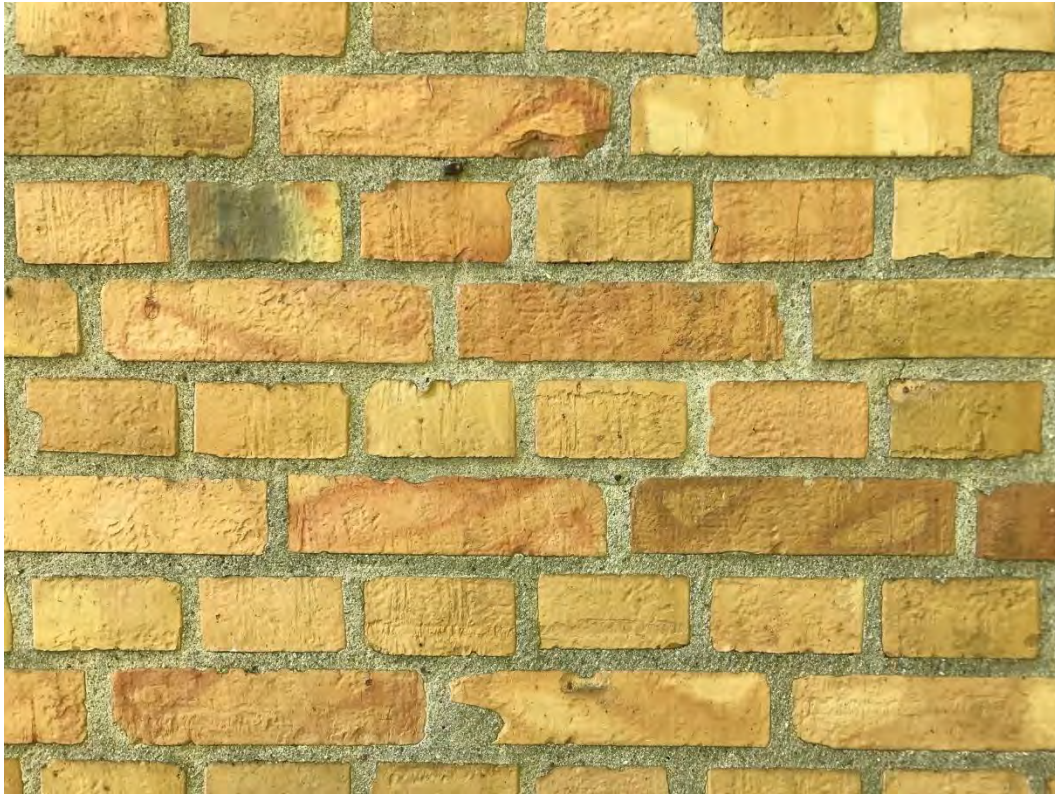


Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6

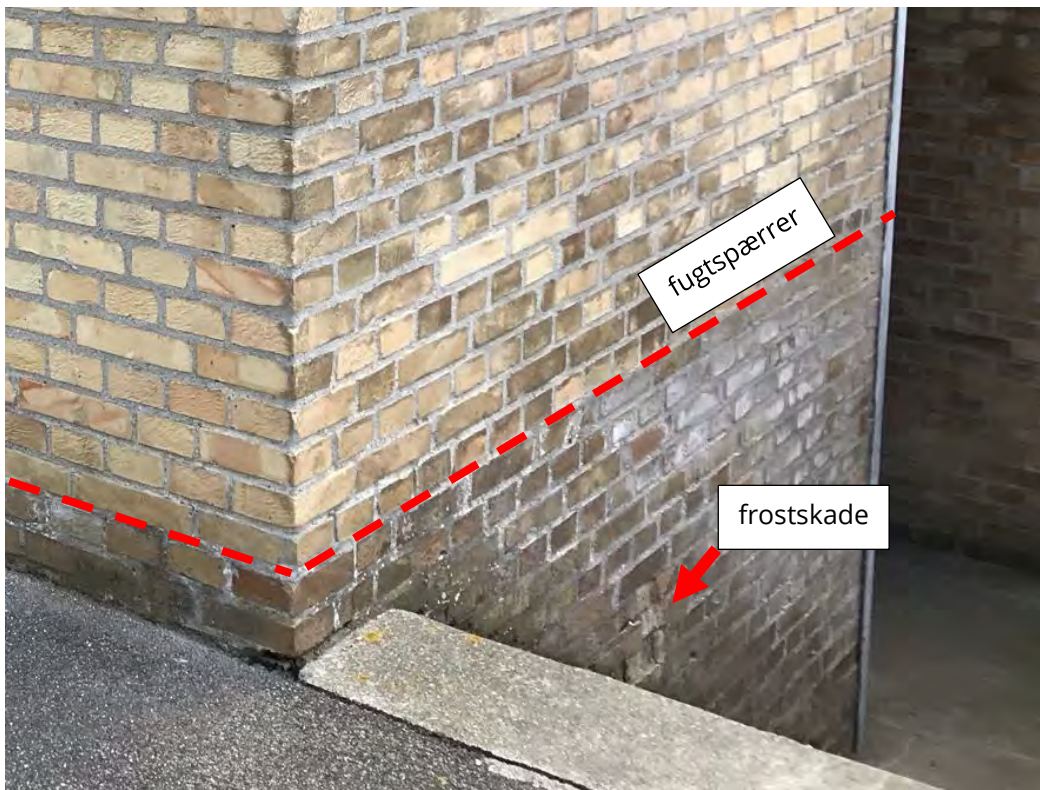


Foto 7

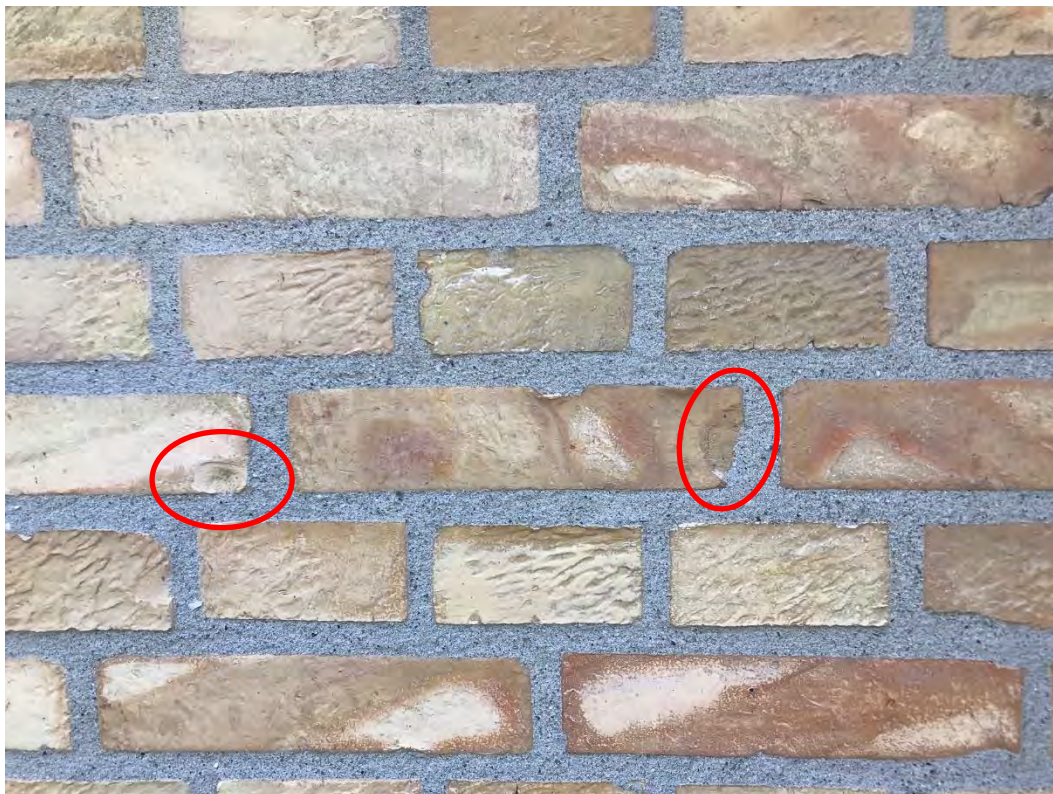


Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11

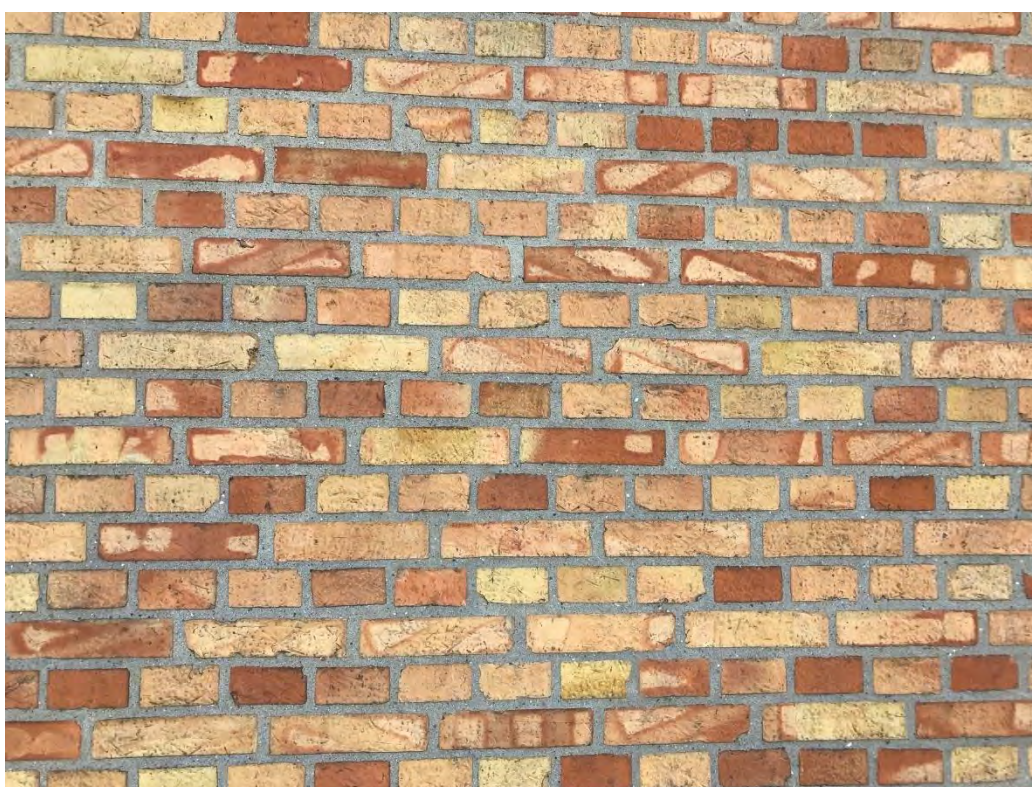


Foto 12

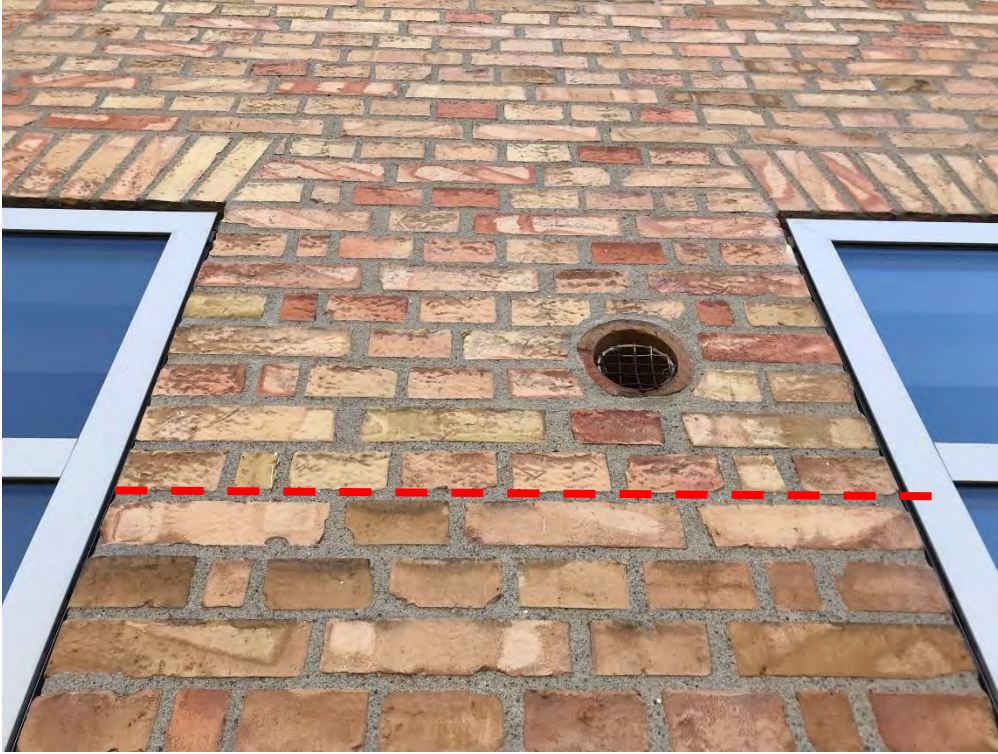


Foto 13

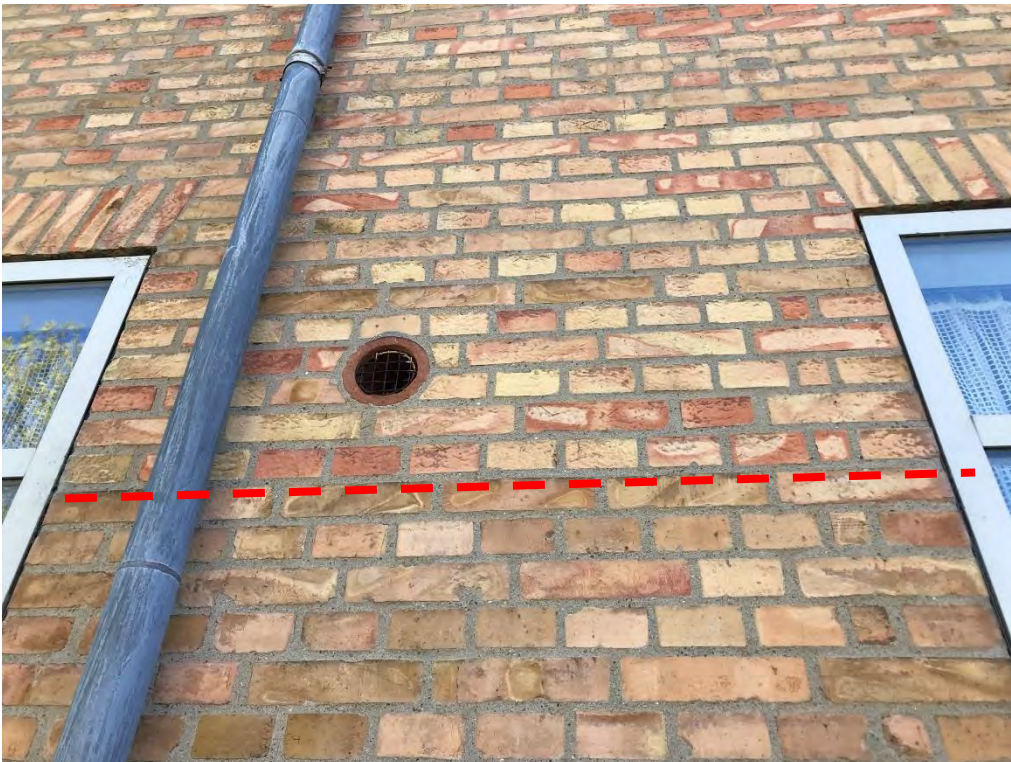


Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 22



Foto 23



Foto 24



Foto 25



Foto 26



Foto 27



Foto 28



Foto 29



Foto 30



Foto 31



Foto 32



Foto 33



Foto 34



Foto 35. Foto fra genbrændingsforsøg af prøver fra blok 4.



Foto 36. Foto fra genbrændingsforsøg af prøver fra blok 5.



Foto 37. Foto fra genbrændingsforsøg af prøver fra blok 6.



Foto 38



Foto 39

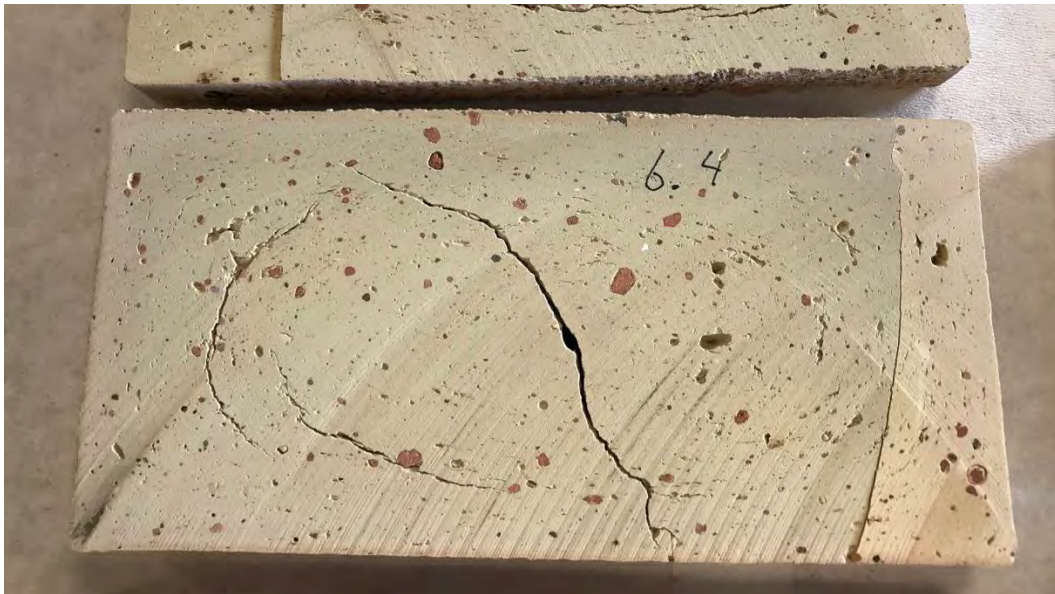


Foto 40



Foto 41



Foto 42



Foto 43