



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Kollaps af etageejendom på Provst Dreslersvej i Frederikshavn**

*Undersøgelsesrapport*

Nielsen, Jørgen; Pedersen, Erik Steen; Aagaard, Niels-Jørgen

*Publication date:*  
2015

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Nielsen, J., Pedersen, E. S., & Aagaard, N.-J. (2015). *Kollaps af etageejendom på Provst Dreslersvej i Frederikshavn: Undersøgelsesrapport*. (1. udgave udg.) SBI forlag. SBI Nr. 2015:03

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# KOLLAPS AF ETAGEEJENDOM PÅ PROVST DRESLERSVEJ I FREDERIKSHAVN

## UNDERSØGELSESRAPPORT

SBI 2015:03





# Kollaps af etageejendom på Provst Dreslersvej i Frederikshavn

Undersøgelsesrapport

Jørgen Nielsen  
Erik Steen Pedersen  
Niels-Jørgen Aagaard

Titel	Kollaps af etageejendom på Provst Dreslersvej i Frederikshavn
Undertitel	Undersøgelsesrapport
Serietitel	SBi 2015:03
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2015
Forfattere	Jørgen Nielsen, Erik Steen Pedersen, Niels-Jørgen Aagaard
Redaktion	Niels Samsø Nielsen
Sprog	Dansk
Sidetæl	26
Litteratur-henvisninger	Side 25-26
Emneord	Renovering, energirenovering, efterisolering, kollaps, sikkerhed, statiske beregninger, myndighedsbehandling, byggeproces, byggetilladelse, betondæk, murværk, fundament
ISBN	978-87-563-1653-8
Omslagsfoto	SBi
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post <a href="mailto:sbi@sbi.aau.dk">sbi@sbi.aau.dk</a> <a href="http://www.sbi.dk">www.sbi.dk</a>

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

# Indhold

Forord .....	4
Sammenfatning .....	5
Grundlag .....	7
Konstruktionen.....	9
Oprindelig konstruktion .....	9
Konstruktionen på tidspunktet for kollaps .....	11
Analyse .....	17
Kollapset .....	17
Sikkerhedsniveau og dokumentation.....	20
Ansøgning om byggetilladelse .....	21
Diskussion .....	23
Litteratur .....	25

# Forord

Søndag den 9. november 2014 umiddelbart før kl 11 styrter en gavlvæg og tre etagedæk ned i en boligblok under renovering. Det drejer sig om stuerne i tre beboede lejligheder på Provst Dreslersvej 25 i Frederikshavn. De tre lejligheder falder ned i stueetagen, som er rømmet. En taglejlighed på 4. sal bliver hængende sammen med taget. To personer, som befandt sig i lejlighederne begravnes i ruinerne, men reddes og slipper med livet i behold.

SBi har foretaget en undersøgelse af kollapset med henblik på at afdække årsagen hertil og beskrive omstændighederne ved kollapset, herunder bedømmes arbejdsprocesser, sagsgange og sikkerhed i tiden op til kollapset. Hensigten er at uddrage erfaringer til brug for en reduktion af risikoen for at noget tilsvarende sker igen.

Rapporten er udarbejdet af Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) ved seniorrådgiver Erik Steen Pedersen og adjungeret professor Jørgen Nielsen på foranledning af Landsbyggefonden.

Sagens parter har med stor velvillighed givet oplysninger og stillet dokumenter til rådighed for undersøgelsen.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København  
Afdelingen for byggeri og sundhed  
Februar 2015

*Niels-Jørgen Aagaard*  
Forskningschef

# Sammenfatning

Renoveringsprojektet er gennemført på en måde, som har udsat både beboere og bygningsarbejdere for en stor risiko.

Konstruktionen kollapsede som følge af, at dækelementer i stueetagen blev fjernet og dermed ikke længere bidrog til at understøtte gavlvæggen. Der er foretaget flere indgreb i den bærende konstruktion af en karakter, som hver for sig burde lede til, at sikkerhedsniveauet blev dokumenteret.

Der har ikke været udarbejdet statistiske beregninger til dokumentation af sikkerhedsniveauet i forbindelse med gennemførelsen af de nævnte indgreb. Fremgangsmåden for renoveringen har været uforsvarlig, og hvis der havde været udarbejdet statistiske beregninger, ville de have vist, at forholdene ikke var i orden.

Op til tidspunktet for kollapset har konstruktionen kun haft en bærevne, som var marginalt større end de belastninger, den var udsat for, således at flere mindre ændringer i omstændighederne kunne have flyttet denne balance enten mod det mere sikre, så kollapset ikke var sket, eller mod det mindre sikre, så kollapset var sket under en del af nedbrydningen. En diskussion, om hvad der udløser kollapset, bør dog ikke fjerne opmærksomheden fra, at styrken af konstruktionen, som den så ud på tidspunktet for kollapset, har været langt fra det krævede niveau, og at en statistisk beregning ville have vist det.

Forud for ansøgning om byggetilladelse er der afholdt formøde mellem byggesagsmyndighed og entreprenøren samt dennes rådgivere. Hverken ved formødet eller ved ansøgning om byggetilladelse er der gjort opmærksom på, at man gør væsentlige indgreb i de bærende konstruktioner. Derimod er der fejlagtigt ansøgt under kategorien af byggeri af 'begrænset kompleksitet', som omfatter fritliggende eller sammenbyggede enfamiliehuse.

Mange kunne have grebet ind og forhindret kollapset: Totalentreprenøren ansøger om byggetilladelse på et forkert og ufuldstændigt grundlag. Ved kommunens byggesagsbehandling gøres ikke indsigelse mod at behandle sagen efter reglerne om 'begrænset kompleksitet'. Selv om byggesagsmyndigheden faktisk behandler sagen mere dybgående end efter reglerne om begrænset kompleksitet, efterspørges ikke dokumentation for de bærende konstruktioners sikkerhed; herunder vedrørende indgriben i eksisterende konstruktioner, som led i byggeprocessen, hvilket kunne være påkrævet i betragtning af, at der ikke sker fraflytning af lejlighederne. Bygherren og dennes rådgiver såvel som entreprenørens rådgiver kunne have stillet spørgsmål til den valgte fremgangsmåde. I løbet af byggeprocessen kunne byggeledelsen såvel som bygningsarbejderne samt et eventuelt tilsyn have stillet spørgsmål ved sikkerheden.

Årsagen til kollapset skal således findes i byggesagens organisation og myndighedsbehandling, hvor de nødvendige informationer og kompetencer ikke kommer i spil på de rette tidspunkter.

Når så mange ikke stiller spørgsmål den valgte fremgangsmåde, melder der sig naturligt det spørgsmål, om det er sædvanlig praksis, der er fulgt i denne sag, og om der således er grund til at antage, at der i renoveringsager ofte



forekommer situationer med uacceptabel sikkerhed, men hvor reduktionen i bæreevne blot ikke har været så stor, at det har ført til bæreevnesvigt.

Den danske boligmasse står over for en række omfattende renoveringer, hvor tilsvarende fremgangsmåder kunne blive taget i anvendelse. Derfor er det vigtigt at overveje specifikke tiltag med henblik på at øge sikkerheden i forbindelse med renovering, især vedrørende:

- Bedre udøvelse af det overordnede ansvar vedrørende de bærende konstruktioners sikkerhed herunder sikring af, at den nødvendige faglige indsigt er til stede.
- Bedre sikring af at reglerne overholdes.
- Respekt for at der er tale om spørgsmål om liv og død, hvor der er krav om en betydelig sikkerhedsmargin. Det forhold, at beboere ikke fraflytter under byggearbejdets udførelse, skærper kravene til sikkerhedsvurderingen.

Det gælder alle byggeriets parter: bygherrer, udførende, projekterende såvel som myndigheder.

# Grundlag

Notatet er udarbejdet med baggrund i fremsendte dokumenter samt et besøg på stedet.

SBi får tilladelse til at besøge stedet onsdag den 12. november 2014. På det tidspunkt er der ryddet op efter kollapse, men der er ikke adgang til de ramte lejligheder. Besigtigelsen omfatter derfor det, man kan se på afstand samt besigtigelse af murværk og konstruktionsdetaljer i andre dele byggeriet. Besøget har omfattet interview med repræsentanter for boligselskabet samt deltagelse i et møde arrangeret af entreprenøren.

Især følgende information er benyttet:

- Projektet gennemføres i totalentreprise med en bygherre, en bygherreprådgiver, en totalentreprenør med underentreprenører samt en ingeniør-rådgiver og en arkitekturrådgiver.
- Tegninger af den oprindelige konstruktion (Blennum, Gjøderum & Jørgensen, 1957).
- Tegninger af ombygningsprojektet (Frandsen & Søndergaard, 2014c)
- Ansøgning om byggetilladelse (NCC Construction, 2014a).
- Byggetilladelse (Frederikshavn Kommune, 2014).
- Statiske beregninger vedrørende midlertidig understøtning af taghjørne efter nedtagning af altaner (Frandsen & Søndergaard, 2014d). Her er der regnet på kraftoverførslen fra taget til etagedækket mellem 2. og 3. sal, men beregningen omfatter ikke lastoptagelsen herfra og ned til fundamentet.
- En række fotos fra besigtigelsen (SBI, 2014). Derudover er der modtaget fotos, som er taget af politiet (Frederikshavn Politi, 2014) og af entreprenøren før og umiddelbart efter kollapse (NCC Construction, 2014c)
- Oplysninger fra Danmarks Meteorologiske Institut (DMI, 2014) om vind i dagene op til kollapse.
- Analyser foretaget af murværk og mørtel. Resultaterne er fremsendt og kommenteret af Teknologisk Institut dels i en rapport (Teknologisk Institut 2014), dels i mails dateret 19. november 2014 og 28. november 2014.
- En af beboerne, John Hofman, boende på 1. sal i den ramte sektion, fortæller i et telefoninterview den 17. november 2014 følgende: En anden beboer hører om morgenen omkring kl. 4.30-5.00 et smæld, og han hører selv et smæld et par timer før kollapse. Kort før kollapse får han øje på en revne ved døren ind til stuen og vil fotografere den, hvilket han ikke når, inden kollapse sker. Den revne, der blev observeret udgår fra hjørnet af døren ind til stuen og går under 45 grader opad og udad mod gavlen. Ved det andet hjørne sker der brud i pudslaget, som falder ud langs en linje, der går under 45 grader opad og væk fra gavlen.
- Totalentreprenøren har efter kollapse udarbejdet et internt notat med en foreløbig vurdering af årsag til kollapse (NCC Construction, 2014b). Den indeholder blandt andet en beskrivelse af forudgående arbejder samt tidspunktet for deres udførelse. Det fremgår, at der senest har været arbejdet på de berørte konstruktioner 5 dage før kollapse. Det gælder også vedrørende udlægning af grusfyld med brug af vibrerende maskiner i stueetagen.
- Totalentreprenørens rådgiver har tilsvarende udarbejdet et notat om kollapse (Frandsen & Søndergaard, 2014a).
- Pressemeddelelse udsendt af entreprenøren den 14. november 2014.

- Totalentreprenørens rådgiver har udarbejdet Tilstandsrapport blok B, Opgang 25 (Frandsen & Søndergaard 2014b).
- Referat fra formøde med deltagelse af repræsentanter fra Frederikshavns kommune, entreprenøren samt entreprenørens arkitekt- og ingeniørrådgivere (Sahl Arkitekter, 2014) samt forud fremsendt information (NCC, 2014e).
- Statiske beregninger for gavlmur (Frandsen & Søndergaard, 2014e)
- Kommentarer til rapportudkast (Frederikshavns Kommune, 2015, Frandsen & Søndergaard, 2015) og (NCC, 2015).
- En byggeteknisk rapport udarbejdet som led i beslutningen om renoveringsprojektet (d.a.i. arkitekter ingeniører a/s, 2010).

# Konstruktionen

## Oprindelig konstruktion

Den berørte ejendom er opført omkring 1958 som en del af en almen bebyggelse administreret af Boligforeningen Vesterport ([www.vesterport.dk](http://www.vesterport.dk)). Bebyggelsen er Afdeling 4, Mølleparken, Frederikshavn ([www.moelleparken-vesterport.dk](http://www.moelleparken-vesterport.dk)). Ejendommen er beliggende på Provst Dreslersvej 25 i Frederikshavn og indgår i boligblok B, se Figur 1 og Figur 2.



Figur 1. Udsnit af bebyggelsesplan for Mølleparken med markering af Blok B og lejlighederne i nr. 25.



Figur 2. Bebyggelsen består af sammenbyggede længehuse forskudt ca. 1/2 bygningsbredde (Foto: Boligforeningen Vesterport).

De bærende konstruktioner består i hovedsagen af tværgående bærende vægge og langsgående bærende dæk.

De bærende tværvægge er 148 mm murede teglstensvægge. På den frie del af gavlvæggen findes der udvendigt en 110 mm skalmur med et 90 mm hul-

rum mellem de to vægge. På den øvrige del af gavlvæggen (lejlighedsskel) er der en dobbeltmur, hvor begge vægge er 148 mm, se Figur 3.

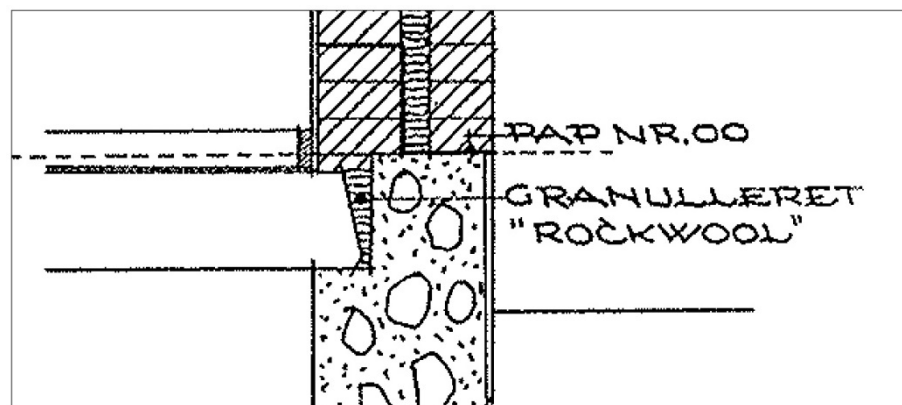
Etageadskillelserne består af langsgående præfabrikerede 180 mm tykke huldækelementer af beton, se Figur 3.

Altandæk spænder på langs mellem tværgående vægge, og er ved gavle understøttet af massive 470 mm murpiller, se Figur 3.

Fundamenter er støbt på stedet og opbygget med en fundamentsplade bærende et 310 mm bredt stribefundament, der på oversiden har en reces, som passer til huldækelementerne. Det betyder, at første skifte i den bærende væg i gavlen dels ligger af på huldækket dels på betonfundamentet, se Figur 4.



Figur 3. Plan af vægge og dæk med markering (rødt) af bærende konstruktionsdele, som fjernes i forbindelse med renoveringen (Blennum, Gjøderum & Jørgensen, 1957).



Figur 4. Fundamentdetalje (Blennum, Gjøderum & Jørgensen, 1957).

Tagkonstruktionen er resultatet af en tidligere renovering, hvor et oprindeligt fladt tag er erstattet af et saddeltag, hvori der er indrettet tagboliger. Over den del af bygningen, der er kollapsede, er taget afvalmet, og den bærende konstruktion består af træspær, som fører kræfterne til de bærende tværvægge.

Konstruktionerne er nærmere beskrevet i (d.a.i. arkitekter ingeniører a/s, 2010) samt (Frandsen & Søndergaard 2014a),

## Konstruktionen på tidspunktet for kollaps

### Renoveringen

Bygningen er på tidspunktet for kollaps under renovering, se Figur 5. Dette omfatter blandt andet 150 mm efterisolering af facader og gavle, nye murede formure overalt samt ombygning af krybekældre til terrændæk.



Figur 5. Bygningen under renovering (Foto: Boligforeningen Vesterport).

Renoveringen indebærer en række indgreb i den bærende konstruktion, herunder nedrivning af formur på gavl, nedrivning af altaner og vinduespartier, nedrivning af massive murpiller ved altanunderstøtninger i gavle samt nedrivning af eksisterende skillerum og dækelementer i stueetagen, se Figur 6 og Figur 7.



Figur 6. Bygningen lige før og lige efter kollaps. (Foto (t.v.):(NCC Construction, 2014c). Foto (t.h.): Boligforeningen Vesterport).



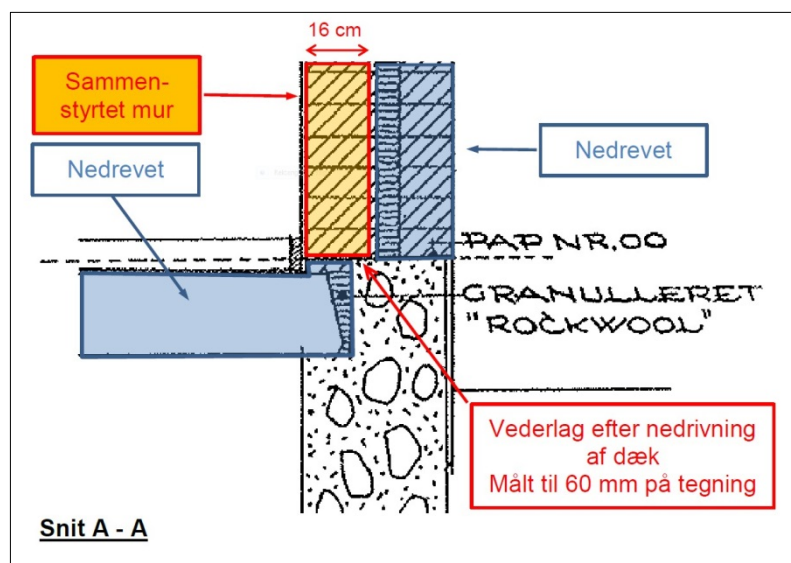
Figur 7. Bygning med angivelse af fjernede bygningsdele (Foto: (NCC Construction, 2014c) med tekst tilføjelse af SBI).

Renoveringen omfatter endvidere etablering af nye dybere altaner, som tænkes at hvile på søjler placeret omtrent ved enden af de oprindelige murpiller.

### Statisk virkemåde på tidspunktet for kollaps

Gavlen udgøres af en muret 148 mm tyk væg opdelt i fire felter for de fire etager, se Figur 7 og Figur 3. Ud for opholdsstuerne er skalmuren fjernet og dermed også de bindere, som før renoveringen bidrog til afstivning af vægfelterne. For hvert af felterne er der forskellige understøtninger langs randene, idet forholdene i stueetagen er anderledes end i de øvrige etager.

I stueetagen er der ved fundamentet tale om en stærkt excentrisk understøtning af gavlvæggen – vederlaget er på et fotografi taget under besigtigelsen, Figur 9, målt til 30-40 mm, hvor tegningerne viser 50-60 mm, se Figur 8. Excentriciteten er opstået, fordi etagedækket i stueplan er fjernet som led i renoveringen. For oven er væggen understøttet i sin fulde bredde af etagedækket. Den lodrette rand af murfeltet fremme ved facaden er helt fri, mens den lodrette rand ved den modsatte facade er tværafstivet af facademuren. Den del af feltet, der støder op til naboblokken, er tværafstivet af et ukendt antal murbindere.



Figur 8. Detalje ved fundament (NCC Construction, 2014b).



Figur 9. Forrest ses fundamentets overside ved den kollapsede del af væggen, og længere tilbage ses den nederste del af den del af gavlvæggen, der blev stående (SBI, 2014). Se også tegningen i Figur 8.

I de øvrige etager er murfelterne understøttet i deres fulde bredde både foroven og forneden. Mod facaden er vinduespartierne nedrevet, så gavlen lidt længere inde kun er understøttet af et midlertidigt træskelet, svarende til at den er fjedrende understøttet. I disse etager er lejlighedernes skillerum ikke nedrevet, og gavlfelterne er derfor tværunderstøttet af væggene mellem opholdsrum og forstue, se Figur 3, svarende til, at de kan regnes simpelt understøttede og i form af konsolvirkning fastholdt i lodret retning i den øvrige del af lejligheden. De dele af gavlfeltet, der ligger i de rum, der ligger bag opholdsstuen, er dels tværafstivet langs begge lodrette rande, dels i hele feltet fastholdt af et ukendt antal murbindere.

### Styrke og stivhed af murværk på tidspunktet for kollaps

Der er nogen usikkerhed vedrørende styrke og stivhed af det murværk, der befandt sig i gavlen.

I forundersøgelsesrapporten (d.a.i. arkitekter ingeniører a/s, 2010, side 31) beskrives murværkets kvalitet på følgende måde:

*'Opmuringsmørtelen virker som KC-mørtel med god vedhæftning. Udmuringen er rimelig god – alle fuger er dog ikke udfyldt 100 % - specielt ikke i bagmuren. I hulmuren findes en del overskudsmørtel og spildmørtel.'*

I (Frandsen & Søndergaard 2014a) nævnes, at murværket oprindeligt var udført af meget svingende kvalitet med stedvis anvendelse af betonsten, hulsten, udfyldte fuger og en del excentriciteter.

Ved besigtigelsen den 12. november 2014 var det skadede murværk fjernet, men i de stående mure i nærheden observeredes mørtler med en styrke, som for en umiddelbar vurdering er ringe, se Figur 10 og Figur 11. Der blev også konstateret mangelfuld udfyldning af fuger mange steder. I det oprindelige byggeprojekt (Blennum, Gjøderum & Jørgensen, 1957) anføres, at nederste etage samt 1. sal skulle opføres med bastardmørtel.





Figur 10. Gavlvæggen kort før kollaps. Til højre ses at fuger er dårligt udfyldte (NCC Construction, 2014c).



Figur 11. Delvist skadet murværk i tværskillerum op til den kollapsede sektion (SBI, 2014).

Prøver af mørtel taget fra andre steder i bygningen er undersøgt af Teknologisk Institut, som udtaler, at såvel mørtel som stenstyrker er normale til lidt lave, samt at cementindholdene er så lave, at de kun har minimal betydning for styrken (Teknologisk Institut, 2014).

I (Frandsen & Søndergaard, 2014a) redegøres for, hvordan renoveringen ved fjernelse af overfladematerialer med PCB og/eller bly nogle steder har forringet murværket med løse eller manglende sten til følge nogle steder.

### Laster på tidspunktet for kollaps

Belastningen udgøres af egenlast, nyttelast og vindlast:

Egenlast kommer fra bygningskonstruktionerne, især fra dækplader og fra gavlvægge, som er velbestemte laster. Hertil kommer nogle mindre velbestemte laster fra tagkonstruktionen, se Figur 12.



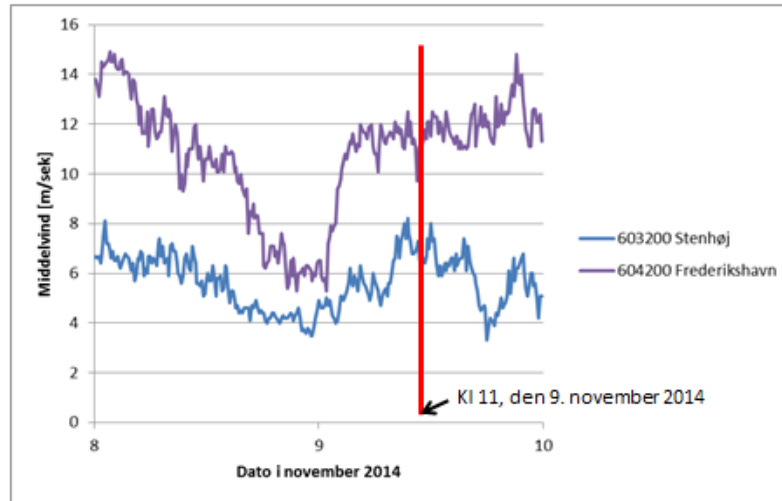
Figur 12. Taghjørne over de kollapsede lejligheder. Den understøttende I-bjælke er opsat efter kollapset. På denne hviler huldækelementer, der er gulv for tagboligen samt dele tagkonstruktionens træspær (SBI, 2014).

Nyttelast kommer fra mennesker og bohaver i lejlighederne og vurderes at have været betydeligt lavere på tidspunktet for kollaps end den nyttelast, som lastnormen (Dansk Standard, 2007b) foreskriver.

Vindlasten varierer i dagene op til tidspunktet for kollaps. I forhold til et stabilitetsbrud i gavlvæggen vil vind fra sydlig retning – se Figur 1 - give en tværbelastning, som vil øge risikoen for brud. Data fra Meteorologisk Institut, se Figur 13 og Figur 14, viser, at vinden fredag aften og nat slår om, så den kommer fra syd-sydøst. Vindhastigheden er størst natten til lørdag og lørdag morgen, men når op på stort set samme niveau på tidspunktet for kollaps, hvor middelvinden har været mellem 8 og 12 m/sek. Det giver en ekstra last på konstruktionen, men den er lille, under 20 % af hvad der kræves for at opfylde sikkerhedsnormens bestemmelser i dag (Dansk Standard, 2007c).



Figur 13. Provst Dreslersvej ligger mellem vejstationerne i Frederikshavn og Stenhøj. (Se vejrdata i Figur 14).



Figur 14. Vindhastigheder på tidspunktet for kollaps. Udarbejdet med data fra (DMI, 2014).

# Analyse

Besigtigelsen og ovenstående beskrivelse af konstruktions- og lastforhold peger entydigt på bæreevnen af gavlvæggens nederste etage, som det svage område i konstruktionen, og årsagen til kollapse vurderes at være fjernelse af dækelementer i underetagen og dermed en væsentlig del af understøtningen af gavlvæggen.

## Kollapset

Alle observationer, udtagne prøver samt simple overslagsberegninger stemmer overens med følgende vurdering af bæreevner og brudmønstre i konstruktionen i dagene op til og lige før kollapse:

Lasten fra tagkonstruktionen på den kritiske del af gavlvæggen øges efter nedtagning af altanerne og en muret hjørnesøjle, idet anordningen for understøtning af den udkragede del af taget fører kræfter ned i gavlvæggen nær facaden. Den måde, dette sker på, indebærer, at stivheden af tagkonstruktionen påvirker lastfordelingen, så den kraft, der går ned i væggen kan øges efterhånden, som der sker en krybning i tagkonstruktionens forbindelser (Feldborg, 1989). I dagene op til kollapse umiddelbart efter nedtagning af dækelementer i stuen samt murpillen ved gavlhjørnet og altanerne har den faktiske bæreevne kun været marginalt over den belastning, som har været til stede. Med en marginalt større svækkelse af konstruktionen ville kollapse således være indtruffet under arbejdets udførelse. Med en situation så tæt på brudstadiet sker der en betydelig krybning dels i mørtlen dels i tagkonstruktionen, hvilket betyder, at den oven for omtalte (afsnittet *Statisk virkemåde på tidspunktet for kollapse*) konsolvirkning reduceres, og belastningen fra tagkonstruktionen øges i den del af gavlene, der bærer den midlertidige understøtning, nemlig den del som ligger nærmest facaden. Krybning forårsager også, at en begyndende tværbøjning af væggen øges, således at risikoen for et stabilitetsbrud øges.

Selve kollapse sker så pludseligt, at der må være tale om et stabilitetssvigt, idet et trykbrud i uarmet murværk i en slank væg som denne vil indtræffe ved en højere last end ved et stabilitetssvigt, og brud i en mørtelfuge ikke behøver at lede til kollapse. Det vurderes, at kollapse er startet i gavlvæggen i stueetagen, hvor situationen under renoveringen har ført til en stærkt reduceret bæreevne som følge af et stærkt excentrisk understøttet murfelt uden tværafstivning på store dele af feltet.

Udsagn om smæld, der høres i timerne op til kollapse og observationen af de tidligere omtalte revner i tværvæggen, se Figur 15, peger dog på, at det første brud, som altså ikke indebærer, at en kollapsmekanisme dannes, finder sted nogle timer før kollapse, hvor for eksempel den smalle mørtelfuge lige over fundamentet kan have fået et trykbrud, så gavlen sætter sig nogle mm, og de omtalte revner opstår ledsaget af de hørte smæld. Herved påbegyndes en ny fase med krybning og omlejring af spændinger. Den fase fører frem til, at gavlfelterne i stuen delvist frigøres, og at den øvrige del af bygningen gennem tab af konsolvirkning ikke i samme grad bidrager til dels at optage lodrette kræfter på gavlvæggen i stuen og dels at fungere som tværafstivning, hvorefter det endelige stabilitetsbrud finder sted i stueetagen en-

ten som et søjlebrud i mureltet eller mere lokalt ved knusning af fugerne i de nederste skifter i væggen, som derefter glider af fundamentet, så væggen mister understøtning nedefra.

Dahl & Sørensen (2014) regner på søjlebrud og konkluderer, at det er svigtmekanismen.



Figur 15. Revner på 1. sal før kollaps. Det er skitseret, hvor beboeren angav, at revnerne opstod umiddelbart før kollaps (SBI, 2014).

Kollapset omfatter kun gavlvæg og dæk i opholdstuerne. Efter kollapset føres en endnu større del af taglasten hen til området over den resterende del af gavlvæggen. Når den resterende del af gavlen i stueetagen ikke styrter sammen, skyldes det formentlig, at feltet er tresidigt understøttet og tværafstivet ved bindere til dobbeltmuren i lejlighedsskel, se Figur 16. Endelig er der mulighed for, at en del af taglasten kan overføres til muren ind mod nabobygningen samt - i kraft af en konsolvirkning i etagedæk og tværskillevægge i lejlighederne over stueetagen - til lejlighedsskel i den anden side af lejligheden. Det vurderes dog, at sikkerheden også for den del af muren har været langt under det krævede.



Figur 16. Billedet viser stueetagen ved den kollapsede gavl. Det ses, at gavlvæggen er kollapsed helt ind til de langsgående vægge i de kollapsede lejligheder. Længere inde ses den del af gavlvæggen, som er blevet stående (SBI, 2014).



Figur 17. Principskitse af last og styrke i tiden op til kollapset.

Med henvisning til principskitsen i Figur 17 kan analysen sammenfattes på følgende måde:

I dagene op til kollapset har konstruktionen stået med en sikkerhed, som er langt under det krævede niveau. Bæreevnen har kun været marginalt over de små (i forhold til normens krav) belastninger, som den har været udsat for.

I den situation var konstruktionen måske blevet stående, hvis styrken havde været marginalt større, så krybningsfænomener ikke ville få samme betydning, hvis ikke væggen oprindeligt var udført med en svag mørtel og med fuger, som ikke er fyldte, eller hvis vinden ikke var drejet om i sydlig retning, på netop det tidspunkt, hvor konstruktionen henstår særligt svag. Ingen af disse forhold bør dog bortlede opmærksomheden fra, at konstruktionen i ti-

den op til kollapset står med en sikkerhed, som er langt fra det krævede niveau, og at en statisk beregning ville have vist det.

## Sikkerhedsniveau og dokumentation

Sikkerhedsniveauet af de bærende konstruktioner før renoveringen skal svare til kravene på tidspunktet for opførelsen. Ved renovering, ombygning eller ny anvendelse af eksisterende konstruktioner skal ydeevner revurderes i henhold til de nugældende regler, da disse formodes at repræsentere et større vidensgrundlag end tidligere regler. Det betyder, at sikkerhedsniveauet af de bærende konstruktioner under og efter renoveringen skal svare til det krævede niveau på tidspunktet for renoveringen, jf. (Dansk Standard, 2007a, 2007b & 2007c).

Både af hensyn til beboerne og til dem, der arbejder på byggepladsen, skal de bærende konstruktioner også i de forbigående tilstande, som den hen sættes i under ombygningen, have den krævede sikkerhed. Dette gælder også for mulige ulykkeshændelser under udførelse, fx hvor brugen af køretøjer, kraner m.m. kan lede til påkørsler, kranstød eller andre utilsigtede hændelser (Dansk Standard, 2007d).

For en renovering med så gennemgribende indgreb i de bærende konstruktioner forekommer det naturligt at opdatere de oprindelige statistiske beregninger baseret på registreringer af faktisk observerede forhold (excentriciteter, mørtelkvalitet, stenkvalitet m.m.) og med anvendelse af de nugældende normer. En sådan opdatering er ikke foretaget, ligesom der heller ikke ses en tilstandsvurdering forud for kollapset af den type, som efterfølgende er udarbejdet med henblik på de videre tiltag (Frandsen & Søndergaard, 2014b).

På tidspunktet for kollapset var der ikke udarbejdet statistisk dokumentation til undersøgelse af de bærende konstruktioners sikkerhed i den situation, som gavlvæggen befandt sig i tiden op til kollapset. Som led i dimensioneringen af den midlertidige understøtning af tagets hjørne er der dog udført en skitse-mæssig beregning af kraftoverførslen fra taghjørnet til dækpladen på 3. sal, men der er ikke regnet på kræfternes videre forløb herfra, og altså ikke gennem de kritisk påvirkede konstruktionsdele (Frandsen & Søndergaard, 2014d).

I forhold til den vurdering, der er omtalt ovenfor, skal der her regnes med en normforeskrevet nyttelast, som er større end den, der optrådte på tidspunktet for kollaps, ligesom der skal regnes med en normforeskrevet vindlast, som også er betydeligt større end den, der er forekommet på tidspunktet for kollapset. Endelig indebærer anvendelse af normerne, at der anvendes sikkerhedsfaktorer (partialkoefficienter) på både materialer og laster for at sikre en tilstrækkelig margin mellem bæreevne og laster til opnåelse af det krævede sikkerhedsniveau, se Figur 17. Laste og lastkombinationer fremgår af (Dansk Standard, 2007a, 2007b & 2007c).

Der er ikke som led i renoveringsprojektet gennemført en sådan beregning, men den ville have vist, at den krævede sikkerhed langt fra har været til stede på tidspunktet for kollapset.

Det forhold, at bygningen er beboet under ombygningen, burde have skærpet opmærksomheden på kravet til dokumentation af sikkerheden.

På tidspunktet for kollapset forelå der heller ikke statisk dokumentation for den færdigt renoverede bygning; hverken for de nye eller de eksisterende konstruktioner, der måtte være berørt af renoveringen.

## Ansøgning om byggetilladelse

Forud for ansøgning om byggetilladelse afholdes et formøde med repræsentanter for kommunen og entreprenøren samt dennes rådgivere (Sahl Arkitekter, 2014) og (NCC Construction, 2014e). Det fremgår af sagens akter, at det oplyses hvilke dele af konstruktionerne, der skal renoveres, men sikkerhedsspørgsmål vedrørende ændringerne i de bærende konstruktioner berøres ikke af nogen af parterne. Det gælder både for konstruktionerne under og efter renoveringsprocessen.

I ansøgning om byggetilladelsen (NCC Construction, 2014a) angives, at byggeriet er af 'begrænset kompleksitet', jf. Bygningsreglementets kap. 1.3.1, 1.3.2 og 1.5 (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010). Når der ansøges i denne kategori, skal der først indsendes fornøden dokumentation for det færdige byggeri, når byggeriet færdigmeldes. For byggeri med 'begrænset kompleksitet' sker der ingen yderligere sagsbehandling. Ved færdigmelding fås tilladelse til ibrugtagning.

I ansøgningen om byggetilladelse redegøres for forhold vedrørende tilgængelighed og ventilation. For så vidt angår konstruktioner nævnes, at formuren fjernes, og at der opføres en ny ydervægskonstruktion med ekstra isolering og en ny formur. I ansøgningen er der ikke redegjort for, at etagedækket over krybekælder skal udskiftes, til trods for at det af de originale konstruktionsstegninger fremgår, at dette vil være et væsentligt indgreb i de bærende hovedkonstruktioner, se Figur 8. Der er heller ikke redegjort for, at åbning af altanerne mod syd bevirker, at en murpille i 4 etager og etagedæk svarende til altanens dybde, skal udskiftes med et nyt system med hjørnesøjler.

Frederikshavn Kommune oplyser (Frederikshavn Kommune, 2015), at sagsbehandlingen i praksis er gennemført efter reglerne i Bygningsreglementets kap. 1.3.3, *Øvrige bebyggelser*, og giver en byggetilladelse (Frederikshavn Kommune, 2014), som dispenserer for forholdene vedrørende tilgængelighed og ventilation, men kræver ikke indsendelse af statiske beregninger. Der er således ikke på tidspunktet for kollapset indsendt statiske beregninger til kommunen hverken for den kritiske situation under ombygningen eller for den færdigt ombyggede konstruktion, herunder den nye hjørnesøjle. Disse beregninger er heller ikke udarbejdet på tidspunktet for kollapset.

Kommunen oplyser i øvrigt, at den generelle praksis er, at man: '*som udgangspunkt godkender den færdige konstruktion*' og derfor som oftest '*ikke er inde over selve udførelsesprocessen*' (Frederikshavn Kommune, 2015).

Oplysningen i ansøgning om byggetilladelse om, at der er tale om byggeri af 'begrænset kompleksitet', er ikke korrekt. Det fremgår direkte af Bygningsreglementets vejledningstekst til kap. 1.3.1, stk 1, at bestemmelsen vedrørende 'begrænset kompleksitet' alene omfatter sammenbyggede enfamilieshuse med lodret lejlighedsskel, og således ikke omfatter etagebyggeri med vandrette lejlighedsskel. Det er ikke retvisende, at lægge disse bestemmelser til grund for en renovering af denne karakter, da der er tale om en fleretages boligbebyggelse, hvori der foretages væsentlige indgreb i de bærende konstruktioner:

- Fjernelse af skalmur
- Nedtagning af stuedæk over krybekælder



- Nedtagning af altanplader
- Fjernelse af murpille
- Øget last fra tagkonstruktionen
- Opbygning af et nyt bærende system for lastoptagelse fra tag og altaner, som er helt afvigende fra det eksisterende system.

Situationen på tidspunktet for kollapse må på denne baggrund betegnes som kompleks. Byggerier af denne karakter skal behandles efter reglerne i Bygningsreglements kap. 1.3.3, *Øvrige bebyggelser*. Det indebærer almindeligvis krav om udarbejdelse af statisk dokumentation udarbejdet iht. Bygningsreglementets bilag 4, ifølge hvilket ansøgeren om byggetilladelse skal udpege en bygværksprojekterende for de bærende konstruktioner, som det påhviler at samle og koordinere den statiske dokumentation, således at denne udgør et hele. Der ses ikke udpeget en sådan bygværksprojekterende i den foreliggende sag, og ingen af parterne ser ud til at have virket som sådan.

Den samlede sagsgang indebærer, at der ikke er nogen ibrugtagningstilladelse på trods af, at lejlighederne er beboede under renoveringen. Sikkerheden under renoveringen for personerne på byggepladsen og for beboerne er derved blevet tilsidesat.

# Diskussion

Generelt gælder, at renovering med betydelige indgreb i bærende konstruktioner, hvor der er risiko for tab af menneskeliv – såvel bygningsarbejdere som beboere – skal ske med baggrund i dokumentation af sikkerheden i alle faser i processen efter konstruktionsnormernes regler.

I denne sag er en sådan dokumentation ikke udarbejdet til trods for omfattende indgreb i de bærende konstruktioner. Fremgangsmåden for renoveringen har været uforsvarlig, og hvis der havde været udarbejdet statiske beregninger, ville de have vist, at forholdene ikke var i orden.

Op til tidspunktet for kollapset har konstruktionen haft en bærevne, som har været marginalt større, end de belastninger den var udsat for, således at flere mindre ændringer i omstændighederne kunne have flyttet denne balance enten mod det mere sikre, så kollapset ikke var sket eller til det mindre sikre, så kollapset var sket under en del af nedbrydningen af de eksisterende konstruktioner. En diskussion om, hvad der udløser kollapset, bør dog ikke fjerne opmærksomheden fra, at styrken af konstruktionen, som den så ud på tidspunktet for kollapset, har været langt fra det krævede niveau, og at en statisk beregning ville have vist dette.

Årsagen til kollapset skal findes i byggesagens organisation og myndighedsbehandling, hvor de nødvendige informationer og kompetencer ikke kommer i spil på de rette tidspunkter:

Det kan undre, at det i ansøgningen om byggetilladelse i strid med reglerne i Bygningsreglementet anføres, at renoveringen kan gennemføres efter reglerne om 'byggeri med begrænset kompleksitet. Selv om kommunen de facto ikke byggesagsbehandler efter disse regler, er resultatet, at der formelt ikke er nogen ibrugtagningstilladelse til trods for, at lejlighederne er beboede under renoveringen. Det kan også undre, at sagens øvrige aktører accepterer denne fremgangsmåde, og at ingen af disse tilsyneladende stiller spørgsmål til det rigtige heri.

Det kan endelig undre, at der i løbet af byggeprocessen ikke synes at være nogen, der stiller spørgsmål ved sikkerheden. Det gælder såvel bygherre, bygherrerådgiver, projekterende, byggeledelse og bygningsarbejdere. Der er således mange, der kunne have spurgt til forsvarligheden i at fjerne dækplader og dermed en væsentlig del af vederlaget for den bærende væg. De kunne dermed alle have foranlediget udførelse af statiske beregninger, som ville have vist den manglende bæreevne. Sluttelig kan det undre, at et eventuelt tilsyn med udførelsen tilsyneladende ikke har stillet de nødvendige spørgsmål. Hvis nogen har stillet spørgsmål ved sikkerheden, har det i hvert fald ikke lejlret sig sagens akter og har ikke haft tilstrækkelig virkning.

Når så mange undlader at reagere synligt på den beskrevne fremgangsmåde og de mange undladelser, melder der sig naturligt det spørgsmål, om det er sædvanlig praksis, der er fulgt i denne sag. Det er tankevækkende, at hvis blot én af de mange, der er peget på ovenfor, havde gjort opmærksom på problemet, kunne kollapset måske være undgået.

Sagens forløb giver grund til mistanke om, at det principielle forløb ikke afviger meget fra dagens praksis, og at der i renoveringsager ofte forekommer

situationer med uacceptabel sikkerhed, men hvor reduktionen i bæreevne blot ikke har været så stor, at det har ført til bæreevnesvigt. Denne antagelse og spørgsmålet om kvalitetskulturen i byggeriet kunne der være et behov for at belyse nærmere; fx ved undersøgelse af sagsgangen og sikkerheden under udførelse af en række større nybyggerier såvel som renoveringer.

Kollapset giver også grund til at pege på, at renoveringssager kræver særlig opmærksomhed i forbindelse med udførelsen, dels fordi det i forhold til nybyggeri ikke altid er helt så oplagt fra starten, hvordan processen kommer til at gribe ind i de bærende konstruktioner, dels fordi man undervejs måske konstaterer, at den oprindelige konstruktion ikke har den styrke, man ud fra tegninger og beskrivelser kan forvente; fx på grund af mangelfuld vedligehold eller ændringer af konstruktionen siden opførelse.

Afhængigt af hvordan udførelsen lægges til rette, kan der således opstå forhold, som bør undersøges nærmere. I den situation kan der tilsyneladende opstå tvivl om hvem, der skal sikre, at potentielt farlige situationer er undersøgt – noget den bygværksprojekterende burde have forestået i den aktuelle sag. Det peger på behov for en stærkere ledelse.

I den aktuelle sag er der ikke noget, der tyder på, at skærpede eller mere detaljerede regler for beregning af sikkerheden i bærende konstruktioner vil have nogen væsentlig indflydelse på, om antallet af denne type af kollaps kan reduceres i fremtiden.

Det er således behov for:

- Bedre udøvelse af det overordnede ansvar vedrørende de bærende konstruktioners sikkerhed, herunder sikring af at den nødvendige faglige indsigt er til stede.
- Bedre sikring af at regler overholdes.
- Respekt for at der er tale om spørgsmål om liv og død, hvor der er krav om en betydelig sikkerhedsmargin, og hvor krav til sikkerhedsvurdering må skærpes, når beboere ikke fraflytter under byggearbejdets udførelse.

Dette gælder for alle byggeriets parter: bygherrer, projekterende, udførende, og myndigheder.

Der synes især at være behov for metoder til at opfange situationer, hvor skærpet opmærksomhed er påkrævet, se (Nielsen, Hansen & Aagaard, 2009). Det drejer sig om på forhånd at opdage, hvornår et indgreb i en eksisterende konstruktion er af så væsentlig betydning, at det kræver særlig opmærksomhed, og dermed en analyse, beregning og dokumentation. Bag efter er det ofte nemt at få øje på mangler.

# Litteratur

Blennum, Gjøderum & Jørgensen. (1957). *Blok B, stueplan, tegning A5, Snit, tegning A16 og Blok B, gavle og snit A9*, (Tegninger af den oprindelige konstruktion), Arkitekter, Frederikshavn, 21.12.57

d.a.i. arkitekter ingeniører a/s. (2010). *BYGGETEKNISK RAPPORT. Boligforeningen Vesterport, Frederikshavn, Afd. 4 – Mølleparken, Frederikshavn*. Århus, Juni 2010, 230 sider.

Dahl, K.K.B. & Sørensen, J.D. (2014). *Mølleparken, Frederikshavn. Nedstyrning af gavl. Gennemgang af skadesårsag*. Rambøll og Aalborg Universitet, 28. november 2014.

Danmarks Meteorologiske Institut (DMI). (2014). Data om vind i dagene op til kollapset. E-mail korrespondance.

Dansk Standard. (2007a). *Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner* (DS/EN 1990:2007) med nationalt annek (DS/EN 1990 DK NA:2007). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2007b). *Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner. København. Del 1-1: Generelle laster - Densiteter, egenlast og nyttelast for bygninger* (DS/EN 1991-1-1:2007) med nationalt annek (DS/EN 1991-1-1 DK NA:2007).

Dansk Standard. (2007c). *Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner. Del 1-4: Generelle laster – Vindlast* (DS/EN 1991-1-4:2007) med nationalt annek (DS/EN 1991-1-4 DK NA:2007). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2007d). *Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner. Del 1-6: Generelle laster – Last på konstruktioner under udførelse* (DS/EN 1991-1-6:2007) med nationalt annek (DS/EN 1991-1-6 DK NA:2007). Charlottenlund.

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2010). *Bygningsreglement 2010 (BR10)* (BEK nr. 810 af 28/6/2010) [med ændringer]. København.

Feldborg, T. (1989). *Timber joints in tension and nails in withdrawal under long-term loading and alternating humidity*. Forrest Products Journal, Vol 39, no 11/12, pp 8-12. 1989.

Frandsen & Søndergaard. (2014a). *Svigtrapport – Blok B*. Rådgivende Ingeniørfirma K/S, 14. november 2014, 3 sider.

Frandsen & Søndergaard. (2014b). *Tilstandsrapport blok B, opgang 25*. Rådgivende Ingeniørfirma K/S, 27. november 2014, 29 sider.

Frandsen & Søndergaard. (2014c). *I2148\_K09\_H1\_NB\_21-01 B, Bærende konstruktioner stueplan*, (Tegninger til ombygningsprojektet). Rådgivende Ingeniørfirma K/S, 15.04.2014

Frandsen & Søndergaard. (2014d). (Ingen overskrift) Statiske beregninger vedrørende midlertidig understøtning af taghjørne efter nedtagning af altaner. Rådgivende Ingeniørfirma K/S, (ikke dateret)

Frandsen & Søndergaard. (2014e). *Gavlmur*. Statiske beregninger af gavlmur. Rådgivende Ingeniørfirma K/S, (dateret 20-11-2014, men det oplyses at de er udført før kollapset)

Frandsen & Søndergaard. (2015). Kommentarer til rapportudkast. *Fremsendt til SBI som e-mail den 26. januar 2015*

Frederikshavn Kommune. (2014). *Byggetilladelse*, Til NCC Construction, 3. juli 2014, 5 sider.

Frederikshavn Kommune. (2015). Kommentarer til rapportudkast. *Fremsendt til SBI som e-mail den 28. januar 2015*

Frederikshavn Politi. (2014). Fotografier optaget under og efter redningsaktionen den 9. november 2014.

NCC Construction. (2014a). *Ansøgning om byggetilladelse*, Til Frederikshavn Kommune, 28. maj 2014, 5 sider.

NCC Construction. (2014b). *Foreløbig vurdering af årsag til kollaps 9. november 2014*, 14. november 2014, 4 sider. Tilhørende bilag:  
- Bilag 1: *Gennemgang af tegninger*  
- Bilag 2: *Besigtigelse af byggepladsen 11. november 2014*

NCC Construction. (2014c). Fotodokumentation.

NCC Construction. (2014e). Information fremsendt til Frederikshavns Kommune som del af forhåndsdialog om byggetilladelse. E-mails den 28. marts 2014 og den 2. april 2014.

NCC Construction. (2015). Kommentarer til rapportudkast. *Fremsendt til SBI som e-mail den 26. januar 2015*

Nielsen, J., Hansen, E.J. de H., & Aagaard, N. (2009). *Buildability as a tool for optimisation of building defects*. Construction facing worldwide challenges. CIB Joint International Symposium 2009, Dubrovnik, Croatia, September 27-30, 2009. Ceric, A. & Radujkovic, M. (red.). Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb s. 1003-1012.

Sahl Arkitekter. (2014). *Projektnotat. Formøde med byggesagsbehandlere, den 08.04.2014*. Sahl Arkitekter. 9. april 2014, 2 sider

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI). (2014). Fotografier taget af SBI under besigtigelse den 12. november 2014..

Teknologisk Institut. (2014). *Mørtelanalyser*, notat dateret 1. dec. 2014, 2 sider, bilag: Prøvningsrapport A, 3 sider.



Denne undersøgelsesrapport omhandler kollapse af dele af boligblok, der var under renovering, i Frederikshavn i november 2014. Formålet har været at afdække årsagen til kollapse og beskrive omstændighederne ved kollapse, herunder bedømmes arbejdsprocesser, sagsgange og sikkerhed i tiden op til kollapse. Hensigten har været at uddrage erfaringer til brug for en reduktion af risikoen for, at noget tilsvarende sker igen.

1. udgave, 2015  
ISBN 978-87-563-1653-8