

Altankollaps, Hammerloddan, Rev. 29/9-2016

Den 31. juli 2016 ca. kl. 0045 kollapsede en altan hørende til en 1. sals lejlighed i en beboelsesejendom. Ejendommen er beliggende Hammerloddan 29 i Nykøbing Falster. Ved kollapset blev 6 personer kvæstet.

Bygningskonstruktionen

Der er indgivet ansøgning om opførelse i 1940 og af BBR-registret fremgår at ejendommen er opført i 1946. Bygningen har en høj kælderetage, 2 normale etager samt en udnyttet tagetage. Der er én opgang med i alt 6 lejligheder.

Bygningen er opført i murværk og udført med træbjælkelag som etageadskillelser. De 4 nederste lejligheder er hver forsynet med 2,15 meter lange altaner med ca. 1 meters udkræning, (se figur 1). Altanerne fremstår som i det oprindelige byggeprojekt og i det kommunale sagsarkiv er der ingen senere byggesager, som har relation til altanerne.



Figur 1 Intakt altan og kollapset altan

Altanen er en betonplade som er understøttet af udkragede udliggerjern af typen INP100, indstøbt ved pladens ender. Disse udliggerjern er understøttet af murværket i facaden. Ifølge datidens byggetradition er udliggerjernene formentligt boltet på etagedækkets bjælker, se figur 2 og 3 med vejledningsstof fra 1948 (her vist med U-jern). Heraf fremgår endvidere, at normalt er de udragende ender, for denne altantype og tidsperiode, forbundet ved altanpladens forkant med et tilsvarende jern. I den kollapsede plade er profilet ved forkant erstattet af Ø8 armeringsjern som er ført rundt om hjørnerne og ind til facaden, uden på udliggerjernene. Betonpladen er på undersiden forsynet med et 10 mm pudslag. Oversiden er udført med fald udad idet pudslaget ved facaden er 40 mm og ved forkant 15 mm. Den samlede pladetykkelse er 150 mm tyk ved facaden og 125 mm ved forkant. Udliggerjernene har underside ved overside af

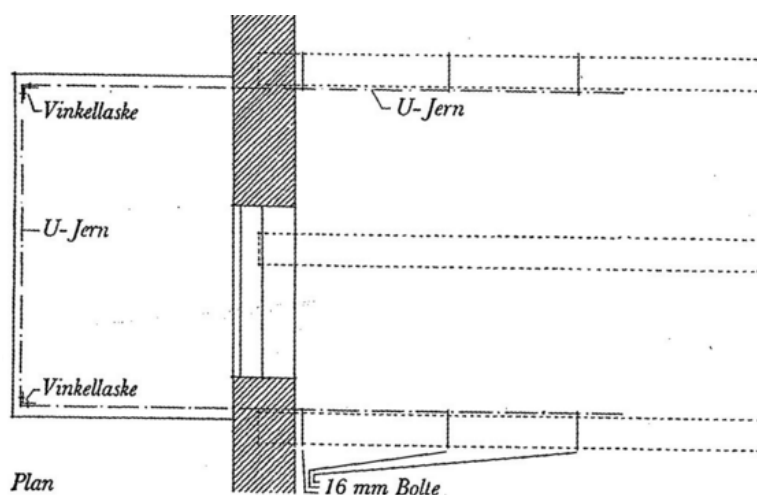
BYGGETEKNIK OG PROCES
A.C. MEYERS VÆNGE 15
2450 KØBENHAVN SV
SBI.DK
CVR 29 10 23 84

+45 9940 2525
ERIK STEEN PEDERSEN
ESP@SBI.AAU.DK
JØRGEN NIELSEN
JNI@SBI.AAU.DK

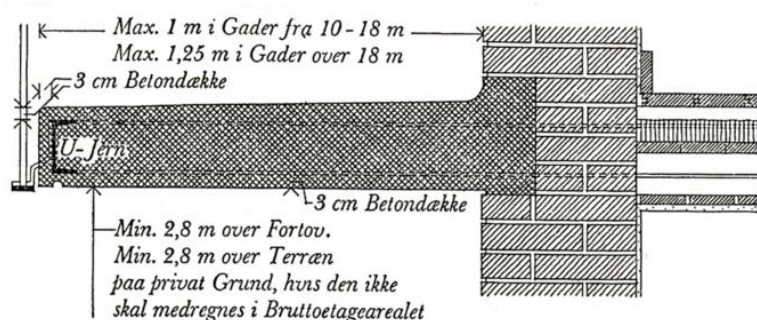
DATO 29. 09. 2016
JOURNAL NR.:

pudslag (10 mm dæklag) og oversiden af jernet har da et dæklag på 40 mm ved facaden og 15 mm ved forkant. Udliggerjernene har en indbyrdes afstand på 1920 mm. Betonen omkring udliggerjernes ydre ender er armeret med en slags "kyllingenet". Pladen er i undersiden armeret med Ø8 på tværs og Ø10 på langs, med en maskevidde på cirka 250 mm. Under vinduespartiet er altanpladen udført med hulkehl ved facaden, som vist på figur 3, mens der under altandøren er en defekt blød fuger og ingen hulkehl.

Rækværket er opbygget i vinkelprofiler og udfyldt med korrugerede tyndplader i stål. Rækværket er fastgjort til murens yderste lag af mursten, eller til fugerne, med dyvler.



Figur 2 Plan med udliggerjern, Vejledning fra 1948 [1].



Figur 3 Lodret snit af altan og facade, Vejledning fra 1948 [1].

Hændelsen

Ved kollapset må der antages at have været 6 personer på altanen. Ved kollapset vipper altanpladen ned og hænger lodret på facaden, se figur 1. Personerne falder ved kollapset ned på en flisebelægning.

Observationer efter kollapse

Der er foretaget besigtigelser umiddelbart efter kollapse og i forbindelse med den efterfølgende reovering.

Besigtigelse umiddelbart efter kollaps:

Observationerne er foretaget fra terræn og fra lejlighedens dør og vindue ved altanen.

Der er ikke observeret objekter som kunne have belastet altanen væsentligt, udover personlasten.

Altanpladen hænger lodret ned på facaden. Der er sket bøjningsbrud i begge udliggerjern i snittet ved facadens plan. Pladen hænger i udliggerjernes underflanger og der ses ikke andre forbindelser. Betonpladen er i det aktuelle tilfælde ikke ført en halv sten ind i murværket (som indikeret på figur 3), men mindre end en kvart sten. Pladen er dog lokalt ført længere ind under dørtrinnet og dørkarmene (se figur 4) og i form af omstøbning, hvor udliggerjernene føres gennem facaden.



Figur 4 Udstøbning under døråbning

Da pladen vippede ned, løftedes dørkarmen op og udad af den del af altanpladen, som er ført ind under dørtrinnet. Dette forklarer den lodrette adskillelse af brystningen indre og ydre murværk, se figur 5 og 6.

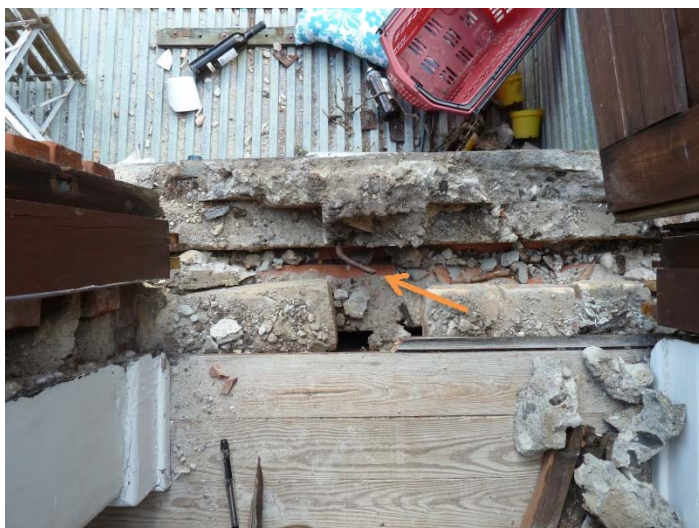


Figur 5 Adskillelse af brystning



Figur 6 Adskillelse af brystning

I betontværsnittet stritter enderne af 3 stykker Ø8 rundjern op. De 3 jern er henholdsvis midt for og på begge sider af døråbningen og beliggende i undersiden, se figur 7. Ved altanpladens ene ende ses udliggerjernes tværsnit i betonpladen, se figur 8. Ved den anden ende ses udliggerjernet siddende i bygningen, set fra siden i figur 9. Udliggerjernene fremstår yderst nedbrudte og der kan ikke umiddelbart konstateres "friske" brudflader.



Figur 7 Ø8 rundjern midt i billedet, ved pil



Figur 8 Tværsnit af udliggerjern i altanpladen, modsat side af altandør



Figur 9 Udliggerjern siddende i facaden set fra siden bag altandør, Ø8 rundjern ses også i bunden af altanpladen

På én af de øvrige altaner er sket afskalning af pudslaget under udliggerjern, se figur 10. Udliggerjernets underflange vurderes korroderet i overfladen, men synes ikke nedbrudt. Der ses også delamineringer af pudslaget, se figur 11. Der er efterfølgende foretaget en nærmere undersøgelse af den kollapsede altanplade. Undersøgelsen der er refereret i nedenstående afsnit "*Laboratorieundersøgelse*" viser, at udliggerjernene ikke er nedbrudte i altanpladen, men ved omstøbningen bag facaden, se figur 16. Undersøgelsen viser også, at der ikke er foretaget reparationer af altanpladen.



Figur 10 Underside af altan med blottagt udliggerjern



Figur 11 Delaminering af overflade

Besigtigelse ved renovering:

Alle 4 altaner er nedtaget. For alle altaner er dokumenteret bærejernes tilstand. For de 2 altaner i stueetagen er endvidere registreret tilstanden af udliggerjernes omstøbninger.

Der er foretaget ophugninger, som viser at udliggerjernene er omstøbt af cementholdig beton ind til en dybde på en halv til en hel sten, regnet fra facadeplanet. Der er brugt store stenstørrelser og betonen er dårligt komprimeret hvilket skyldes at der ikke har været noget modhold inde i bygningen (under gulvet), at støbe op i mod. Disse forhold er formentligt normale for byggearbejder udført på daværende tidspunkt.

For et udliggerjern, ved nedtaget altan i stueetagen, viser figur 12 og 13, at det ikke umiddelbart på forhånd kan afgøres om et udliggerjern er svært korroderet, før end der bliver hugget op. Overflangen er tæret bort og kroppen er svært



nedbrudt. Figur 14 viser et udliggerjern fra den anden altan i stueetagen, efter ophugning. Her er der hul i kroppen og kun en meget tynd overflange er tilbage.

Udliggerjernene fra naboaltanen til den nedfaldne, er korroderet i mindre omfang end de øvrige altaner.



Figur 12, Før ophugning ved udliggerjern, altan i stueetage.



Figur 13, Efter ophugning ved udliggerjernet i figur 12. 100 – 150 mm bag snittet ses svært korroderede dele.



Figur 14, Udliggerjern fra altan under den nedfaldne, efter ophugning.

Figur 15 viser, for den nedfaldne plade, hvor korrosionsangrebet er placeret i forhold til facadeplanet, repræsenteret ved tommestokken øverst i billedet. Kroppen er tæret helt væk mens den øvre flange næsten er tæret bort og underflangen har kun halv godstykkelse tilbage. Ståldelen til højre i billedet, som er løs-skåret fra gulvbjælken, har det oprindelige fulde tværsnit i afstanden 50 mm fra det område, hvor kroparealet er tæret bort. Korrosionen er altså særdeles kraftig, men inden for et begrænset område. Figur 16 viser den del af udliggerjernet som var uden for korrosions-zonen..



Figur 15 Korrosionszone i kollapset udliggerjern. Tommestokken angiver beliggenheden af facadeplanet. Stykket til venstre ses i sin helhed i figur 16.



Figur 16 Udliggerjern fra kollapset plade. Den nedbrudte højre ende var placeret bag facadeplanet som vist på figur 15. (Foto: Sydsjællands og Lolland-Falsters Politi)

Laboratorieundersøgelse [2]

Den nedfaldne altanplade er blevet undersøgt med det formål, at afklare om manglen på et forvarsel om en fatal skadesudvikling skyldes, at der under en renovering, ikke er blevet taget forsvarlig hånd om korrosionsangreb på de bærende udliggerjern.

Ved ankomsten til betonlaboratoriet manglede dele af betonen lige over og lige under udliggerjernene. Det vurderes dog på det foreliggende grundlag, at der ikke er foretaget reparationsarbejder på altanen. Det konstateres at betonen er dårligt udstøbt og dårligt komprimeret (efter nutidens standard), op mod udliggerjernene, og op mod muren.

Figur 17 viser den kollapsede plades underside. Områder der fremtræder som reparationer er i virkeligheden rande i forbindelse med kalkudfældninger.



Figur 17 Underside af kollapsede altanplade (Foto: Pelcon ApS)

Analyse af kollaps

Altanen er, med 6 personer fordelt på ca. 2 kvadratmeter, ikke belastet udover den bæreevne, som må forventes at være til stede for en altan som opfylder de sikkerhedsregler der var gældende i 1946.

Da så mange personer falder ned må svigtet antages at være sket uden forvarsel.

Kollapset skyldes at udliggerjernene er nedbrudte på grund af korrosion.

Det kritiske punkt i den udkragede konstruktion er de tværsnit hvor udliggerjernene afleverer deres last til murværket. De tværsnit er samtidigt udsat for miljø-



påvirkninger der kan lede til korrosionsskader. Det forhold at udliggerjernene er dårligt omstøbt, har øget risikoen for udvikling af skader.

Altanen er i al væsentlighed udformet som anvist i 1948. Der mangler dog hulkehl under altandøren, hvor der i stedet er en defekt blød fuge. Denne fuge kan have været ude af funktion i lange perioder i bygningen 70-årige historie. De viste skader ved udliggerjernet i figur 15, ligger i modsat ende af altandøren hvor den manglende/ringe fuge har ikke været afgørende. Hele altanpladen er ikke ført en halv sten ind i facaden, men udliggerjernene er omstøbt til mindst denne dybde hvilket må være det væsentlige.

De meget nedbrudte udliggerjern har kun bidraget marginalt til bæreevnen gennem bøjning i underflangen. For altanpladen gælder, at da denne kun er ført en kvart sten ind i brystningen, og denne endvidere er meget let, er der intet væsentligt indspændingsbidrag. Svigtmønsteret indikerer at udstøbningen ind under dørramme og dørtrin kan have givet et indspændingsbidrag om end af beskeden størrelse. Endnu et bidrag til bæreevnen kan findes i rækværkets befæstigelse til facaden. I øverste etage er befæstigelsen, pga. af murkronen, foretaget kun 4 skifter over altanpladen, med én fransk skrue i hvert enderækværk. De 3 stk. Ø8 rundjern som ligger i altanpladens underside, har ikke bidraget til bæreevnen. Disse sekundære effekter kan ikke lægges til grund for en sikkerhedsmæssig bæreevne-eftervisning, men kan forklare hvorfor altanen ikke er faldet ned tidligere.

Summen af de beskedne bidrag til bæreevnen er blevet overskredet med lasten fra egenvægt og 6 personer. I det øjeblik, at én af effekterne, der ligger bag de enkelte bidrag til lastoptagelsen, når sin maksimumsværdi og falder bort, fx udtrækning af rækværket, da udløses kollapse. Det forhold, at så mange personer blev kvæstet, tyder på at kollapse skete uvarslet og uden en bæreevnereserve. Dette indikerer at brudformen i de lastbærende dele har haft en "sprød karakter". Dette er forventeligt for rækværksbefæstigelsen og for indspændingen ved dørrammen. I det øjeblik at et af disse bæreevne-bidrag falder bort, flyttes lasten over på udliggerjernene hvor bæreevnen overskrides med det samme, da kun underflangerne ikke er tæret bort.

De øvrige altaner på bygningen er i samme tilstand. På en altan i stueetagen er observeret at de franske skruer som fastholder rækværket, er trukket delvist ud af muren, se figur 18. Dette kan indikere at altanpladen er eller har været overbelastet i forhold til sin bæreevne. Ved ophugning er konstateret alvorlige gennemtæringer.



Figur 18 Fastgørelse af rækværk

Analyse af korrosionsforhold

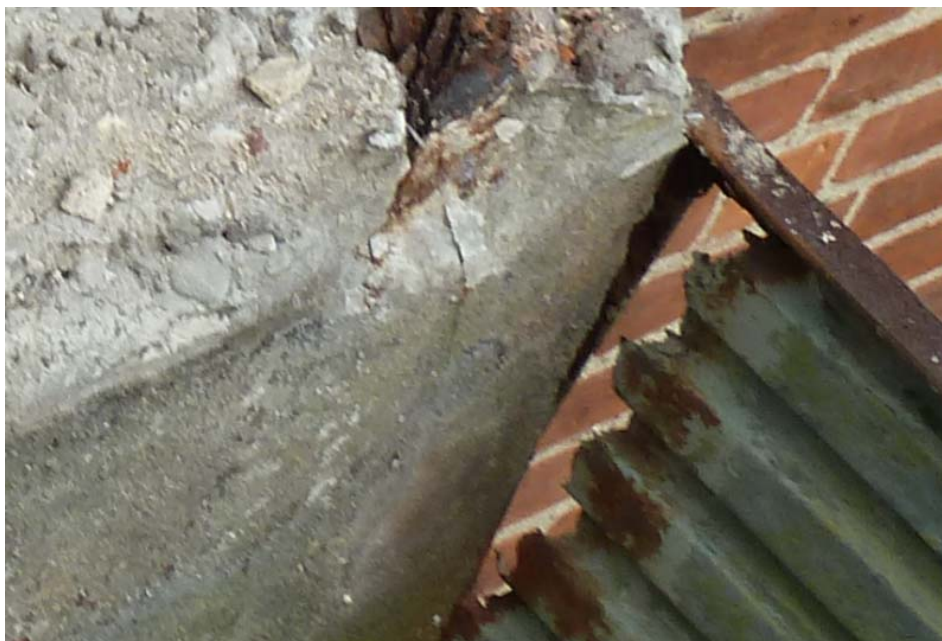
Forekomst af blotlagte udliggerjern og delamineringer af pudslag (se figur 10 og 11), kunne have indikeret, at der var behov for en reovering af de pågældende altaner. De ikke-kollapsede altaner, giver dog ikke umiddelbart indtryk af at være direkte kollapstruede. De meget tærede tværsnit ligger tæt på facadeplanet, men bag altanpladen, så de ikke er synlige. For den kollapsede altanplade gælder, at betonoverfladen i det synlige område foran facaden, kun viser en mindre revne på langs over det underliggende jern, men ingen tegn på rustudfældelse, se figur 19. Den væsentlige korrosion er altså begrænset til området inde i facaden, umiddelbart bag altanpladen, se også figur 15.

Omstøbningen af udliggerjernene er formentlig endnu ringere end udstøbningen af altanpladen, som er undersøgt i laboratoriet. Der er herved skabt mulighed for at reaktionsprodukter fra en korrosionsproces i udliggerjernenes overflange og krop kan trænge ud i betonen uden at give afskalninger. Som det fremgår af figur 15 er der langt fra korrosionszonen til en synlig overflade så korrosionsprodukterne er ikke blevet synlige udefra.

Den mest korroderede zone ligger i området mellem en kvart og en halv sten bag facadeplanet. Beliggenheden af den tilskrives en kombination af fugttilførsel udefra og kondensation fra fugtig indeluft, betonens tab af korrosionsbeskyttelse (karbonatisering) pga. dårlig udstøbning, temperaturforhold (niveau/gradient), etc. For den korroderede zone gælder endvidere, at det omgivende murværk holder på fugten mens der ude i selve altanpladen er større mulighed for udtørring.

Det forhold at korrosionen er meget udtalt på et begrænset areal leder tanken hen på grubetæring. Grubetæring foregår når anodearealet er lille i forhold til katodearealet. I nærværende tilfælde skulle det begrænsede område ved omstøbningen i muren i så fald være anoden, og den udragende del af udligger-

jernet være katoden. Der er ikke i nærværende undersøgelse mulighed for at afdække om der i denne sag er tale om grubetæringer eller blot en "lokal" korrosion som blot har fået lov at forløbe uforstyrret i mange år.



Figur 19 Betonoverflade over tæret udliggerjern

Konklusion

Den nedfaldne altan var den mest nedbrudte ud af bygningens 4 altaner, men 2 andre var i så dårlig stand at de måtte renoveres eller fjernes. Én altan ville muligvis i en tid endnu have haft tilstrækkelig bæreevne.

Laboratorieundersøgelser på den nedfaldne altan har ikke vist at der er foretaget reparationer på altanen.

Det er forventeligt at en betonaltan-konstruktion efter 70 år er gennemkarbonatiseret, og derfor er udsat for korrosion af udliggerjernene. Det er derimod overraskende, at en så omfattende korrosion, som ses i denne sag, ikke på noget tidspunkt har vist tegn på svigt, som har kunnet give anledning til at gennemføre en gennemgribende istandsættelse, herunder udskiftning af udliggerjern/etablering af nyt altansystem. Det skyldes, som vist i figur 12, 13, 14 og 15, at de afgørende skader ligger bag facadeplanet og ikke er synlige, da de ligger bag ved altanpladen. Det er altså først ved ophugning, at den alvorlige nedbrydning viser sig.

Hvis de synlige skader i altanpladen havde ledt til at gennemføre et renoveringsprojekt, da kunne man have været fristet til, ikke at ophugge omstøbningen i væggen, da udliggerjernene i den udkragede del af altanen, fx som vist i figur 12, ikke viser tegn på svigt.



Tegn som revner og afsprængninger i betonen, misfarvning og rustudfældning viser traditionelt, at der er et underliggende korrosionsproblem. Nærværende sag viser dog, at der kan være en fatal nedbrydning skjult i facaden uden direkte synlige tegn. Et kollaps som det aktuelle kan derfor ikke forebygges ved almindelige eftersyn.

I en konstruktion, som den aktuelle, optages belastningerne ved "sædvanlig brug med få personer", ikke kun ved bøjning i udliggerjernene, men også gennem alternative lastføringsveje fx via rækværksbefæstigelsen eller indspænding i murværket. Ved "sædvanlig brug" af altanen over en lang periode, hvor hovedkonstruktionen nedbrydes, vil der derfor ikke, gennem oplevelse af store udbøjninger under ophold på altanen, og ved fremkomst af bøjningsrevner, fås et tegn på at en skade er under udvikling. Når altanen efter en sådan periode, undtagelsesvist belastes udover "sædvanlig brug", men stadig inden for det tilladelige, da fås et uvarslet kollaps på grund af den omfattende nedbrydning, idet hovedkonstruktionen (udliggerjernene) som skulle udvise brudsejhed er så svært korrosionsskadede.

Disse forhold leder til at indirekte tegn i form af skader i murværket, "bevægelser" ved gang på altan, åbning af fuger, tegn på uhensigtsmæssig påvirkning af rækværk (fx udtrækning fra facade) etc. kan indikere at udliggerjernene har mistet stivhed og dermed er svækkede.

Modsat gælder, at fraværet af disse indirekte tegn, ikke fjerner muligheden for at altanen er kollapsestruet.

Denne type altaner med udliggerjern, som der støbes imellem, ses fra starten af 1900-tallet. I 1948 udkom en vejledning om altantypen, jf. figur 2 og 3. Da betonelementbyggeriet tog sin begyndelse i starten af 1950'erne blev altantypen gradvist afløst af andre løsninger.

Altanerne i den aktuelle sag fremstår i al væsentlighed som udført efter datidens byggetradition, som beskrevet i vejledningen fra 1948. Der er ikke grund til at vurdere, at den aktuelle bygning afviger betydeligt fra andre byggerier, opført efter samme tradition, for så vidt angår materialer, udførelse og kvalitet.

Et altankollaps udgør en stor risiko for personskade og eftersom der foreligger anvisninger, som grundlag for udførelse af altaner af denne type, hvor sædvanlige varsler om svigt ikke nødvendigvis forekommer, kan man frygte at problemet kan være omfattende i den bygningsmasse, som har rødder i den daværende byggetradition.

Referencer

- 1 "Byggebogen, Kjærgaard (red.) 1948 og flg.", danskbyggeskik.dk
- 2 SBI 16-254 Petrografisk analyse, Pelcon ApS, september 2016