

## Bilaga 6

### Arbetspaket 4

#### - Utveckling och standardisering av inventerings- och demonteringsmetoder

##### Arbetspaketledare:

Katarina Malaga (RISE), Jan Suchorzewski (RISE), Urs Müller (RISE), Linus Brander (RISE)

##### Medverkande:

Codesign, Contiga, Fabege, NCC, RISE, Ramboll, Vasakronan, Zengun, KTH

#### Innehållsförteckning

1. Beskrivning av utfört arbete
2. Sammanfattning av inventeringar från piloter
3. Demonteringsmetod
4. Leveranser

#### 1. Beskrivning av utfört arbete

**A) Inventeringsmetod** – Projektets mål var att vidareutveckla och validera metoder för inventering och tillståndsbedömning av befintliga strukturer för återbruk, med särskilt fokus på lastbärande betongdelar, samt urvalmatris baserad på andra viktiga parametrar som t.ex. arkitektoniskt värde, koldioxidbesparingspotential och demonteringsmöjligheter. Metodiken för teknisk bedömning har etablerats inom tidigare projekt (*Rivningsobjekt - från kostnad till resurs, Vinnova UDI 1 respektive RE:Source*) och har utvecklats samt validerats i detta arbetspaket, med hjälp av piloterna.

Inventeringsmetoden innehåller följande steg:

- *Mängdning av byggnadsdelar med återbrukspotential.* Arbetet med att fastställa återbrukspotentialen för de olika byggnadsdelarna från en byggnad börjar med kartläggning av befintlig dokumentation och konstruktionsanalys, som leder till preliminär inventering och mängdning av potentiella byggnadsdelar som kan användas i ny konstruktion. Arbetet sker i samråd med fastighetsägare, entreprenören, arkitekt och konstruktör som ska återanvända byggnadsdelar i ett nytt hus. Vissa konstruktionsdelar har större betydelse för återbruk på grund av de bär med sig en större koldioxidskuld eller för att de är lättare att demontera med bibehållen funktion. Detta steg utfördes på alla piloter inom Återhusprojektet.

- *Okulär besiktning och tillståndsbedömning.* Det är inte ovanligt att även relativt unga byggnader i Sverige saknar teknisk dokumentation, såsom konstruktionsritningar och tekniska specifikationer för de material som användes vid byggnationen. I vissa fall har ombyggnationer, förstärkningar eller andra förändringar i byggnaden inte dokumenterats. Därför bör tillståndsbedömningprocessen utföras av en erfaren ingenjör som kan tolka befintlig teknisk dokumentation och koppla den till nuvarande tillstånd. Den okulära besiktningen syftar dels till att stämma av den inventering och mängdning som gjorts i det inledande steget utifrån dokumentation och hitta eventuella avvikelser, dels att bedöma tillståndet på de olika byggnadsdelarna. Arbetet bygger på såväl visuella observationer och mätningar, som på användandet av adekvata icke-förstörande metoder, tex Schmidt-hammare, armeringsskanning och korrosionsmätning med potentiometer. Ansvarig ingenjör

bestämmer i samråd med fastighetsägaren om omfattning av provuttag för förstörande provning. Även detta steg utfördes på alla piloter inom Återhusprojektet.

- *Provtagning och tester med avseende på tekniska egenskaper och föroreningar.* Under projektet har stora mängder av prover samlats in från alla piloter, för förstörande provning och tester på RISE laboratorier. Provningen som utförts på alla piloter omfattar mekaniska egenskaper som tryckhållfasthet (indikator på betongens kvalitet) och karbonatiseringsdjup (ger en indikation om status på betongens korrosionsskydd). Egenskaper som inte testats på alla piloter är kloridhalt på olika djup i betongen, radonstrålning och provning av spännarmeringens status i håldäckplattor.
- *Inventering av fastigheter i drift, spårbarhet av byggnadsdelar i befintliga byggnader i drift.* Inventeringsmetodikerna beskrivna ovan är tillämpbara både på de byggnader som redan är tagna ur funktion och de som fortfarande är i drift. I det första fallet har man mer frihet med provuttag till förstörande provning att bryta upp inredning för att kunna kontrollera stommen visuellt, medan man för fastigheter i drift behöver prioritera icke-förstörande provning med minimalt antal provuttag. Verifikation av egenskaper kan delvis flyttas till demonteringsfasen, när byggnadsdelar lagras.

## 2. Sammanfattning av inventeringar från piloter

Resultaten från inventeringarna på alla pilotprojekt påvisar hög kvalitet för betong och stål i olika typer av element. Några skador/förändringar i konstruktionen upptäcktes under besiktningarna, exempelvis i form av olämplig håltagning (skada på spännlinor) för installationer som påverkar betongdelens prestanda negativt. Sådana skador/förändringar är normala efter driftstid på 40–50 år och sådana betongelement exkluderades från återbruk. Betongkvaliteten i analyserade byggnaderna var god (i förhållande till den betongklass som hade angetts/designats för i det ursprungliga byggnadsprojektet). Betongkvaliteten var också mycket jämn (dvs låg spridning), vad gäller resultat från såväl Schmidthammare (*indikerad* tryckhållfasthet) som laboratoriet (*faktisk* tryckhållfasthet).

Det var bara i piloten Yrket 4 som tryckhållfasthet var lägre än den ursprungligen designade, men det berodde sannolikt på lågt antal prover som byggherren själv tagit ut och det ska undersökas vidare om skillnaden kvarstår vid mer kontrollerad provtagning. Karbonatiseringsdjup undersöktes med pH-indikatorn tymolftalein på några provkroppar från varje pilot och jämfördes med betongens tätskikt, för att utvärdera elementens status vad gäller beständighet. För testade prefabricerade betongdelar (Pilot nr 1, 2 och 4) var karbonatiseringsdjupet begränsat till 3–7 mm på grund av hög betongkvalitet och möjligtvis förspänning som begränsar sprickor i betongen. Betongen från Hugin (Pilot nr 3) hade sämre kvalitet, vilket var förväntat eftersom den är platsgjuten, men med konsekvenser för beständigheten. Betongen var karbonatiserad till 28–48 mm djup beroende på ytan/plats i byggnaden (golv eller tak), men som hur som helst överstiger tätskiktets tjocklek (10 mm). Trots fullständig karbonatisering fanns det inga indikationer på stålarmningskorrosion, sannolikt tack vare den torra och uppvärmda miljö som rått med anledning av byggnadens tidigare funktion (bostadshus). I det här fallet rekommenderades mellanlagring med skyddsåtgärder mot utomhusmiljö.

På de två piloter som fungerat som parkeringshus analyserades även kloridprofil, vilken visar inträngningsnivån av (i detta fall) avisnings salt. I Yrket 3 överstiger kloridhalten vid armeringsdjupet standardgränsen på 0,20 % av betongvikten, där risk för korrosion av armeringen föreligger. Trots den höga kloridhalten fanns det inga tecken på pågående korrosion i armeringen. Att armeringen inte korroderat trots den höga kloridhalten kan förklaras av den höga betongkvaliteten, som gör att tätskiktet är mycket vattentätt. Det rekommenderas inte att dessa betongelement återbrukas i liknande miljö, men kan återbrukas i snällare miljö utan klorider (till exempel bostadshus).

Provning av spännarmeringen visade att stålet var i gott skick utan tecken på korrosion (påvisat genom mätning av elektrisk konduktivitet). Förstörande provning på spännlinor har bekräftat att dessa uppfyller kraven som gäller för nya material för spännlinor vad gäller draghållfasthet (brottgräns) och förlängningsgräns.

Dessutom provade RISE särskilda egenskaper relevanta för specifika piloter; i ena fallet radonstrålning från betongen, i det andra lakning av farliga ämnen. I båda fallen visade resultaten på låga nivåer i förhållande till standarder och rekommendationer från Naturvårdsverket.

**Tab.1** Sammanfattning av provningsresultat från inventeringen av piloter

	Tryckhållfasthet		Tätskikt	Karbonatiseringsdjup	Kloridhalt	Standard gräns för klorid
	Designad	Provning				
	[MPa]	[MPa]				
<b>Pilot 1 – Biliahallen</b>	45	47,6	24	7	Ingen salt	-
<b>Pilot 2 – Yrket 3</b>	45	45,8	35	3	<b>0,46</b>	0,20
<b>Pilot 3 – Hugin</b>	**	18,5	10	<b>28 - 48</b>	0,12	0,20
<b>Pilot 4 – Yrket 4</b>	45	41,7*	35	4	-	-

\*Bara två provkroppar skickades till RISE av NCC för provning (Pilot 4)

\*\*Igen befintlig teknisk dokumentation att hänvisa till (Pilot 3)

- Tester av 3D skanning vid behov (undersöka exakthet, ekonomi, tid); ev. tilläggstjänster för att skapa BIM-objekt av skannade, inventerade byggnadsdelar

- Undersöka mjukvara för inventering

### 3. Demonteringsmetod

- Kompetensutveckling i materialhantering och transport. Mellanlagring skedde på plats en kortare period.

- Tid och utrustning för demontering.

Demonteringsmetoden tillämpad på piloterna som implementerades inom Återhus-projektet, särskilt under rivning av Bilia Haga Norra, omfattade följande steg:

- o Rivning till stomrent
- o Stämpplan installeras
- o Håltagning i foggjutning 50 mm
- o Sågning av betongelementens kortsidor
- o Vajerfläta spänns runt element med en snedställd dragposition
- o Kran drar i varje fläta vilket resulterar i en knäckning av långsida
- o Elementet släpps ner på upplag igen
- o Omkoppling av element så det ligger rakt
- o Lyfter ner element
- o Bilar bort foggjutning och pågjutning när elementet ligger på backen
- o Intern hantering på plats med maskinen på bilden
- o Traditionellt montage på nya upplag



Mellanlagring av demonterade hålldäckplattor på Pilot 1

Demonterade elementen lagrades på plats utan speciellt skydd.

Zengun som ansvarade för demonteringen ser inget behov att förbättra processen eller konstruktion av hålldäckplattor som skulle göra det enklare. Dock, med framtagna metoder minskas elementens spännvidd varje gång man demonterar eftersom man kappar bort upplaget.

#### **Tid**

Zengun som har utförd demonteringen uppskattar att en del som skulle ta 3 dagar att riva (traditionelle) tog 3 veckor att demontera. Från att ytan var stommen (lättrivningen var klar).

#### **Kostnader**

Dessutom extra kostnader av sågning, stämning och hålltagning, demontering och transport med kran samt rekonditionering (ordningställande element) och hantering med lull (transport inom byggarbetsplatsen) uppsattas som ungefär 1'200 SEK/kvm.

- Arbetsmiljö och säkerhet – inom Återhus tillämpades traditionellt säkerhetsarbete både i demontering och montage, med användning av gängse personella skyddsåtgärder som arbetsberedningar, fallskydd, avspärning mm. Zengun konstaterade att man kan se demonteringen som ett omvänt montage vad det gäller säkerhetsåtgärder.

#### **4. Leveranser**

- Framtagen inventeringsmetod – Inventeringsmetoden utvecklad inom tidigare projekt validerades på de fyra Återhus-piloterna till olika nivåer, beroende på tidslinjen för respektive projekt. Fyra RISE-rapporter från inventering, materialprovning på plats med icke-förstörande provning, samt resultat från labbet, levererades till respektive fastighetsägare.

- Urvalsmatris för värdering av återbruksmaterial som togs fram i tidigare projektskede har under UDI2 utvecklats till en 'Cirkulär sorteringsmaskin för tunga byggnadsdelar' (se beskrivning i Bilaga 1 AP2).

- Framtagen demonteringsmetod – Demonteringsmetoden undersöktes med tester i mindre skala (en del av hålldäckplatta extraherade från Pilot 1). Demonteringen i full skala validerades inom demontering av Bilia Haga Norra. Inga problem uppstod under demonteringen när standardmetoder med konstruktion av tillfälligt stöd, sågning av plattor och lyftning med kran utfördes.