

The background is a photograph of a multi-story building with a red facade, partially obscured by white blossoms on a tree branch in the foreground. The image is split vertically by a thin white line.

Alternativa VVC-lösningar i flerbostadshus

Förstudie

Version: 3.2

Alla BeBo-rapporter finns att hitta på www.bebostad.se

Projektnummer: 2021:4

Författare: Tove Jensen och Peter Nyberg,
Aktea Energy
Granskare: Roland Jonsson, Bengt Bergqvist,
Magnus Stjerndahl och Agneta Persson

Aktea Energy & Anthesis

2021-11-29

Innehåll

Förord.....	1
1. Sammanfattning	2
2. Inledning.....	4
2.1 Bakgrund.....	4
2.2 Syfte och mål	4
2.3 Avgränsningar	4
2.4 Genomförande.....	5
3. Systembeskrivningar	7
3.1 Grundfall 1, 2, 3, och 4	7
3.2 Systembeskrivning VVCi	7
3.3 CVV – cirkulerande tappvarmvatten	8
3.4 3E Flow – behovsstyrt tomrörssystem	9
3.5 DVV - Decentraliserad tappvarmvattenberedning	9
3.6 Övriga	11
4. Beräkningar	14
4.1 Förutsättningar	14
4.2 Grundfall	16
4.3 VVCi.....	18
4.4 CVV.....	19
4.5 3E-flow	21
4.6 DVV	23
4.7 Ingen VVC och ingen VVC i schakt	26
4.8 Misstag vid projektering och installation.....	29
4.9 Sammanställning av resultat.....	31
5. Intervjuer	34
5.1 VVCi.....	34
5.2 CVV.....	35
5.3 DVV – värmeväxlare mot värmesystem.....	36
6. Analyser och diskussion	37
6.1 Grundfall 1, 2, 3 och 4.	37
6.2 VVCi.....	37
6.3 CVV.....	38
6.4 3E Flow.....	40
6.5 DVV	41
6.6 Ingen VVC och ingen VVC i schakt	44
6.7 Misstag vid installation	45
7. Slutsats och rekommendationer	46

7.1	Generellt	46
7.2	Nybyggnad.....	46
7.3	Renoveringar.....	47
7.4	Förslag på fortsatta studier	47
8.	Referenser.....	49
	Bilaga 1 - Flödesbilder	1
	Bilaga 2 - Beräkningar	1
	Grundfall.....	1
	VVCi 2	
	CVV 2	
	3E Flow	3
	DVV - Effekter.....	4
	DVV - Elberedare.....	4
	DVV - Värmepump	4
	DVV – Värmeväxlare mot VS-system.....	4
	Beräkningar ej VVC	6
	Beräkningar avseende misstag vid installation	7

Förord

BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) är ett nätverk av fastighetsägare. BeBo har funnits sedan 1989, och har Energimyndigheten som huvudfinansiär.

BeBos aktiviteter ska bl.a. genom en aggregerad beställarkompetens och köpkraft bidra till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknaden. Utvecklingsprojekten ska visa på goda exempel med effektiv energianvändning samtidigt som funktion och komfort inte försämras utan snarare förbättras.

Några tidigare studier och mätningar har utförts avseende VVC-system vilka har påvisat att energianvändningen kan vida överskrida tidigare antagna värden, samtidigt som energikraven har skärpts och VVC-förluster står för en större andel av byggnaders energianvändning. Denna förstudie syftar till att ge fastighetsägare och fastighetsutvecklare alternativa metoder som ger en lägre energianvändning för tappvarmvattensystem samt låg legionellarisk och medvetenhet kring de ekonomiska aspekterna.

1. Sammanfattning

Denna förstudies målsättning är att driva på utvecklingen av energieffektiva tappvarmvattensystem och ge fastighetsägare och fastighetsutvecklare av flerbostadshus information om de okonventionella lösningarna som idag, eller inom en snar framtid, finns tillgängliga på marknaden.

Initialt genomfördes en litteraturstudie och workshop med en remissgrupp för att identifiera vilka alternativa lösningar som är aktuella att utreda. Följande systemlösningar har utretts inom denna förstudie:

- VVCi (Invändig VVC)
- CVV (Cirkulerande tappvarmvatten)
- 3E Flow (behovsstyrt tomrörssystem)
- DVV (decentraliserad tappvarmvattenberedning)
- Ingen VVC alternativt VVC endast i en liten del av byggnaden

Dessutom har följder av isoleringsmisstag beräknats för tappvattensystemets energiprestanda och säkerhet.

För att systemen skulle kunna beräknas på lika villkor togs ett typhus fram, med målsättningen att i möjligaste mån ta hänsyn till utformning av både befintliga och nyutvecklade flerbostadshus. Typhuset beräknades med fyra olika grundfall, vilka motsvarar olika systemuppbyggnader av ett konventionellt VVC-system. Sedan beräknades de olika alternativa systemlösningarna och jämfördes mot de konventionella lösningarna och mot varandra.

Intervjuer har genomförts med fastighetsägare och leverantörer av de alternativa lösningarna för erfarenhetsåterföring.

Beroende på hur tekniken används och systemen utformas visar samtliga undersökta system på stor potential sett till att använda mindre energi jämfört med konventionella system.

Rekommendationerna utifrån förstudiens gränsdragningar är följande:

- Nybyggnadsprojekt med höga ambitioner gällande energi bör installera 3E Flow. Detta system har en mycket bra energiprestanda och ger en mycket liten risk för legionellatillväxt. VVCi, CVV och DVV har troligen en lägre investeringskostnad och är inte lika tekniskt avancerade och samtliga är bra alternativ för ett energieffektivt och säkert tappvattensystem.
- För renoveringar rekommenderas VVCi alternativt CVV eftersom dessa är relativt enkla att installera, kostnadseffektiva och uppvisar en bra energiprestanda, samtidigt som de vid installation har liten påverkan på de boende.
- Studien visar dessutom att den viktigaste faktorn för ett energieffektivt tappvarmvattensystem är att isoleringen av systemen utförs rätt. Detta ger, förutom energieffektiva system, en lägre risk för legionellatillväxt.
- Att inte installera VVC utan istället ha högre hastigheter i rör bör utredas vidare. Detta är en systemlösning som ger mycket bra energiprestanda på tappvarmvattensystemet, men problematik gällande tryckfall och eventuella tryckslag måste lösas.

2. Inledning

2.1 Bakgrund

Denna förstudie har genomförts efter önskemål från BeBos medlemsföretag. När medlemmarna i BeBo tillfrågas om vilka energifrågor som är viktigast för dem hamnar energianvändningen för tappvarmvatten och varmvattencirkulation (VVC) alltid högt upp på listan. Det beror på att produktion av tappvarmvatten är ett av de viktigaste tekniska systemen i flerbostadshus, tillsammans med uppvärmning och ventilation. Tappvattnet omfattas också av krav på att rätt tempererat varmvatten ska kunna levereras till tappstället ”utan besvärande väntetid”, samt att tappvarmvattnet ska hålla tillräckligt hög temperatur för att undvika risk för legionellatillväxt. Det innebär att VVC-rören måste dras långt ut i husen med stora VVC-förluster som följd. Ofta underskattas denna energianvändning under projekteringen, och påverkar verifieringen av byggnadens energiprestanda negativt.

I takt med att energikraven för nyproduktion skärps och befintliga byggnader renoveras ökar tappvarmvattnets andel av husets totala energianvändning. För att hantera detta och förbättra VVC-slingans effektivitet, har det under de senaste tio åren utvecklats nya innovativa lösningar gällande VVC-dragningar, vilka strävar efter att minska energianvändningen.

2.2 Syfte och mål

Förstudien syftar till att utvärdera ej konventionella VVC-lösningar ur ett energiperspektiv, för att ge fastighetsutvecklare och fastighetsägare av flerbostadshus en bättre förståelse för dessa system och eventuella energivinster. Studien diskuterar även ekonomiska aspekter samt eventuell driftproblematik kopplat till dessa system.

Genom en kartläggning av teknikutvecklingen för VVC och beskriva de nya tekniker som idag finns på marknaden, både i Sverige och utomlands, ger förstudien fastighetsägarna fler alternativ att välja mellan och ökad kunskap avseende tekniker för att minska energianvändningen för VVC.

2.3 Avgränsningar

I denna förstudie har energianvändningen för rör och tappvarmvattenberedare som är en del av tappvarmvattensystemet studerats. För att det ska bli en rättvis bild av de olika systemvalen har följande gränsdragningar gjorts vid beräkningarna. Gränsdragningarna innebär även att ingen hänsyn tas till vilken typ av värmesystem (fjärrvärme eller central bergvärme) som installeras i byggnaden.

- Beräkningarna redovisar effekt- och energibehov från cirkulationssystem samt i vissa fall effektförluster för beredning av tappvarmvatten. Köpt energi eller primärenergi redovisas ej i resultatet från beräkningarna för de respektive systemen, men diskuteras i avsnitt 6.
- Beräkningarnas startpunkt är direkt efter tappvarmvattenberedningen i undercentral (i de fall central tappvarmvattenberedning beräknas). Generellt tas alltså ingen hänsyn stillaståndsförluster i undercentral eller typ av värmesystem, men diskuteras i avsnitt 6.
- Beräkningarna har utförts över det cirkulerande systemet. Enklare beräkningar har utförts i somliga fall för att uppskatta spolning av tappvarmvatten för att uppnå tempererat tappvarmvatten.
- Eftersom alla hus har olika förutsättningar för egenanvändning av VVC-förlusterna utgår beräkningarna från att ingen effektförlust från VVC-systemet kommer huset tillgodo. Oftast resulterar dessa förluster i övertempererade schakt och källarkorridorer.
- Ventil och cirkulationspumpars placering redovisas ej på flödesbilder eftersom dessa är specifika för varje hus och måste studeras i detalj för varje systemuppbyggnad.

2.4 Genomförande

En remissgrupp med personer med lång erfarenhet av VVC-system och dess påverkan på en byggnads energiprestanda har bistått förstudiens arbetsgrupp. Remissgruppen har bidragit med erfarenheter och uppslag till lösningar, samt att kvalitetsgranska förstudiens beräkningar och analyser.

2.4.1 Litteraturstudie och marknadsanalys

I denna förstudie har en litteraturstudie och marknadsanalys genomförts. Här har tidigare studier inom området har sammanställts, och de alternativa systemlösningarna för VVC som idag finns tillgängliga på marknaden har granskats. Det innebär att lokalisera var de alternativa systemlösningarna finns installerade och vilka fastighetsägare som äger dessa system inför fortsatta arbetsmoment (se punkt 2.4.2 och 2.4.3 nedan).

Denna del av arbetet har identifierat vilka leverantörer det finns av dessa VVC-system, vilka likheter och olikheter de har samt hur de skiljer sig mot konventionella VVC-system.

I litteraturstudien identifierades även vilka systemlösningar som kan anses vara konventionella och vanligt förekommande.

2.4.2 Beräkningar

Initialt var tanken att mäta energianvändningen för de alternativa VVC-systemen som identifierades i litteraturstudien och marknadsanalysen. Detta har i praktiken visat sig vara svårt, dels eftersom vissa av de identifierade systemen inte är installerade i något hus i Sverige, dels för att det i många fall har saknats mätdata att utgå ifrån.

Istället har ett typhus tagits fram med målbilden att motsvara både äldre och nyutvecklad bebyggelse. På detta typhus har fyra olika varianter av konventionella systemlösningar för VVC beräknats. På samma typhus har sedan de olika alternativa systemlösningarna beräknat för enkel jämförelse med konventionella system.

Beräkningar har även gjorts utifrån på hur stor påverkan enklare projekterings- och montagemisstag av rörisolering har på VVC-förlusterna.

2.4.3 Intervjuer

Syftet med intervjuerna har varit att undersöka om det finns, eller tidigare har funnits, en problematik kopplad till driften och installationen för de olika systemlösningarna.

Intervjuer har genomförts med fastighetsägare som äger byggnader där CVV- och VVCi-system finns installerat och med systemleverantör av DVV, se systembeskrivningar under avsnitt 3.

2.4.4 Analyser, slutsats och rekommendationer

Baserat på analys av de genomförda beräkningarna och intervjuerna har projektgruppen tillsammans med remissgruppen arbetat fram en slutsats för projektet och lämnat rekommendationer för fortsatt arbete.

3. Systembeskrivningar

I litteraturstudien och under samtal med remissgruppen identifierades ett antal olika varianter av lösningar för VVC-system som inte är allmänt vedertagna. Nedan följer en enkel systembeskrivning med hänvisning till tillhörande flödesbild för respektive lösning.

I systembeskrivningen redovisas även vilka argument som finns för respektive systemlösning, eventuella nackdelar redovisas i avsnitt 6.

3.1 Grundfall 1, 2, 3, och 4

Genom åren har VVC-system designats på olika sätt och för att täcka in ett rimligt antal designalternativ på både befintliga och nya hus beräknas fyra olika typer av grundfall för enkel jämförelse med de övriga systemalternativen.

Grundfall 1 och 4 motsvarar en systemlösning där tappvarmvattenstam och VVC-rör går i schakt i trapphuset. Från trapphusschaktet går sedan tappvarmvattenrör in i varje lägenhet till ett fördelarskåp. Skillnaden mellan grundfall 1 och 4 är att i grundfall 4 är det en avstickare för VVC till varje separat lägenhet. Se schaktläge fall 1 och 4 i Figur 3.

Grundfall 2 motsvarar en lösning där tappvarmvattenschakt delas av två lägenheter per våningsplan där schakt är placerat i lägenhetsskiljande vägg mellan respektive lägenhets WC/D. Se schaktläge fall 2 i Figur 3.

I grundfall 3 har varje WC/D ett eget schakt som betjänar alla tappställen inom respektive lägenhet för varje våningsplan. Se schaktläge fall 3 i Figur 3.

I samtliga grundfall vänder VVC:n i översta lägenhetsplanet.

För systemprinciper se Figur 9, Figur 10, Figur 11 och Figur 12 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

.

3.2 Systembeskrivning VVCi

VVCi är ett system där VVC-ledningen dras inuti tappvarmvattenröret. Det innebär att tappvarmvattenrörets dimension, i vissa fall, blir lite större än vad som hade varit aktuellt med ett konventionellt system samt med något större värmeförluster från tappvarmvattenröret som följd. Å andra sidan elimineras effektförlusten från VVC-

röret till omgivande luft. Temperaturen på returvattnet kontrolleras momentant och flödet justeras så rätt temperatur uppehålls.

Systemlösningen kan användas i både renoveringar och nybyggnadsprojekt. Några av de fördelar som marknadsförs är:

- Genom att det bara blir ett rör för tappvarmvattnet per stam blir värmeförlusterna från tappvarmvattensystemet lägre.
- Det finns mer plats i schakt för en grövre isoleringstjocklek.
- Färre håltagningar genom bjälklag och brandceller.
- VVC-ledningen är lätt att byta vid behov.
- Materialåtgången är lägre vilket bidrar till en lägre investeringskostnad och hållbarare anläggning.

Flera leverantörer av denna lösning har identifierats och utbudet på marknaden anses som god.

För systemprinciper se Figur 13, Figur 14 och Figur 15 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.3 CVV – cirkulerande tappvarmvatten

Cirkulerande tappvarmvatten (CVV) är en alternativ lösning som togs fram i en bostadsrättsförening i Trångsund som hade stora problem med energianvändningen och rädsla för legionella i sitt tappvattensystem, främst på grund av dålig rörläggning. Lösningen bygger på att en eller flera tappvarmvattenledningar används som framledning och/eller returledning istället för en separat returledning för respektive tappvarmvattenrör

Detta innebär att det blir ett tappvarmvattenrör per stam, utan något separat VVC-rör. Fördelarna bör vara ungefär desamma som för VVCi:

- Genom att det bara blir ett rör för tappvarmvattnet blir det ett energieffektivare system.
- Med bara ett tappvarmvattenrör per stam sparas utrymme i schakt och detta ger i sin möjlighet till grövre isolering och mindre risk för uppvärmt tappkallvatten.
- Färre håltagningar genom bjälklag och brandceller.
- Materialåtgången är lägre vilket bidrar till en lägre investeringskostnad.
- Flödet bör bli lägre vilket innebär en energibesparing på cirkulationspumpar.

För systemprinciper se Figur 16, Figur 17 och Figur 18 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.4 3E Flow – behovsstyrt tomrörssystem

3E Flow är ett behovsstyrt tomrörssystem där vattenrören står tomma om inget tappvattenbehov finns i lägenheterna. Det kan installeras både på tappkallvatten och tappvarmvatten, eller bara på ett av systemen. I denna förstudie beräknas endast fallet med 3E Flow på tappvarmvattnet.

Beroende på hur systemet utformas placeras en flödesventil per tappvattensystem (tappkallvattensystemet och tappvarmvattensystemet) antingen innan varje tappställe eller med en ventil per lägenhet. Från varje lägenhet går det sedan ett eller flera torrställda rör från varje flödesventil i lägenheter till ytterligare en flödesventil och en pump som ansluts till en samlingsledningsledning, vilken i denna rapport är en konventionell VVC-slinga i källaren. När sedan tappvattenarmaturen öppnas och tappvattenbehov uppstår trycks vattnet i ledningarna snabbt ut till aktuellt tappställe. När tappvattenarmaturen stängs skickas en signal till pumpen att transportera tillbaka vattnet i tappvarmvattenledningen till samlingsledningen eller varmvattenberedaren.

De fördelar som marknadsförs är:

- Legionellarisken är mycket låg
- Låg energianvändning genom att tappvattenrören står tomma när det inte finns något tappvattenbehov.
- Vattenbesparing eftersom det inte krävs någon spolning för att uppnå rätt tempererat tappvatten.
- Kort väntetid på rätt tempererat vatten.

För systemprincip se Figur 19 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.5 DVV - Decentraliserad tappvarmvattenberedning

Att producera tappvarmvatten lokalt i närheten av aktuellt tappställe är ur energisynpunkt en bra lösning eftersom ingen cirkulationskrets på tappvarmvattensystemet behövs för att säkerställa låg väntetid och låg legionellarisk. Uppvärmningen av tappvarmvatten kan ske på olika sätt med el (elektrisk vattenvärmare/elektrisk genomströmningsberedare, tappvarmvattenberedare eller värmepump) eller med en värmeväxlare kopplad mot ett annat vätskeburet system, så som värmesystemet.

Metoden med elektrisk genomströmningsberedare förespråkas ofta i lokaler med låg tappvarmvattenanvändning eftersom det ger en enkel installation.

Förespråkarna av decentraliserad tappvarmvattenuppvärmning nämner ofta följande argument:

- Låg legionellarisk eftersom tappvarmvattnet produceras nära tappstället och inte cirkuleras i byggnaden samt att risken för upphettat tappkallvatten från varma rör minskar.
- Kort väntetid eftersom tappvarmvattnet produceras i närhet till tappstället.
- Platsbesparande i schakt eftersom det krävs färre antal rör.
- Enklare mätning i fallet med el-beredare och elektrisk vattenvärmare eftersom det enda som krävs är en elmätare istället för volymmätare.

3.5.1 DVV – Elektrisk genomströmningvärmare

Uppvärmningen av tappvarmvatten med elektrisk vattenvärmare är en metod där varmvatten produceras momentant och i närheten av tappstället genom ett värmebatteri samtidigt som det är varmvattenbehov. Detta ger inga stillaståndsförluster men ett högt el-effektbehov.

Det finns stor tillgång av produkter på marknaden och är tillsammans med elberedare en vanlig lösning i fritidshus.

För systemprincip se Figur 20 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.5.2 DVV – Elberedare

Med elektrisk tappvarmvattenberedare produceras tappvarmvattnet i en tank med en inbyggd el-slinga, vars storlek anpassas till förväntat tappvarmvattenbehov. Denna lösning kräver inte lika hög installerad el-effekt som den elektriska vattenvärmaren men däremot uppstår förluster genom varmvattentanken.

Detta är tillsammans med elektrisk vattenvärmare en vanlig lösning i fritidshus och det finns stor tillgång till produkter på marknaden.

För systemprincip se Figur 20 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.5.3 DVV - Värmepump

Med en värmepumpslösning, i detta fall en frånluftvärmepump, hanteras varje lägenhet som en systemgräns för värme, tappvarmvatten och ventilation. Frånluftvärmepumpen ventilerar lägenheten och tar energi ur frånluften för att producera värme till tappvarmvatten och uppvärmning.

Detta påverkar samtliga installationstekniska system i större utsträckning än övriga systemlösningar i denna förstudie.

Frånluftvärmepumpar i villor är idag en mycket vanlig lösning, för flerbostadshus förekommer lösningen men är ej vedertagen.

För systemprincip se Figur 21 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.5.4 DVV – Värmeväxlare mot VS-system

Värmeväxlare mot VS-system har samma princip som en elektrisk vattenvärmare med momentan uppvärmning av tappvarmvattnet när behov finns. Värmeväxlaren kopplas mot ett sekundärt system, förslagsvis värmesystemet. Genom att tappvarmvattnet produceras momentant i närheten av tappstället minimeras risken för legionella även utan VVC. I UC placeras en ackumulatortank som hanterar effektoppar.

Enheten där värmeväxlaren placeras kan ses som ett större fördelarskåp. Förutom värmeväxlaren finns även värmefördelare för radiatorer/golvvärme, ventiler och utrymme för eventuella energi och flödesmätare.

Förstudien har identifierat ett företag på den svenska marknaden som levererar detta system som en paketslösning, dock finns i dagsläget inget hus i Sverige med denna lösning installerad. Utbudet är bättre på den europeiska marknaden till exempel i Tyskland.

För systemprincip se Figur 22 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

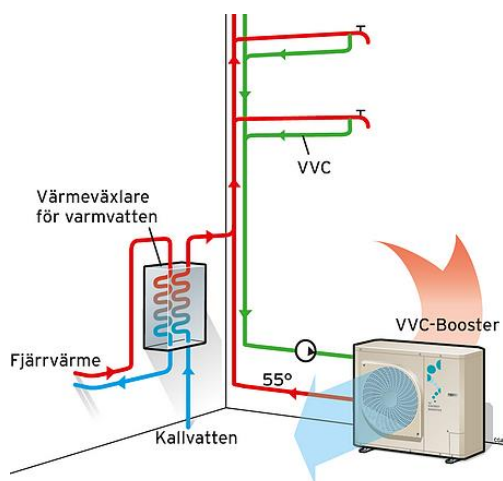
3.6 Övriga

Det finns ytterligare några system som har diskuterats i remissgruppen och som har nämnts i litteraturen som ingick i litteraturstudien. Dessa presenteras som övriga systemlösningar i detta avsnitt.

3.6.1 VVC-booster

En VVC-booster är en värmepump som placeras i undercentralen. Värmepumpen, som är en luftvärmepump, tar tillvara den varma luft som uppstår i undercentralen till följd av en dåligt isolerad fjärrvärmecentral och övrig processvärme från exempelvis el-central och/eller annan värmepump.

VVC-boostern åtgärdar alltså inte problemet med höga VVC-förluster i en dåligt projekterad och byggd varmvattencirkulation, men kan vara en enkel och billig installation för att förbättra energiprestandan i en undercentral med stora värmeförluster.



Figur 1, illustration av VVC-booster från www.energybooster.com

3.6.2 Ingen VVC – konventionellt tappvarmvattensystem utan returledning

Denna systemlösning innebär att VVC-röret slopas och tappvarmvattensystemet i övrigt behålls.

För att se vad som händer avseende väntetider och ökad förbrukning av vatten till följd av spolning har översiktliga beräkningar genomförts.

3.6.1 Ingen VVC – tappvarmvattensystem med hög hastighet utan returledning

Om VVC ska rationaliseras bort med bibehållen funktion på väntetider och spolmängder behöver rören dimensioneras ner i storlek för att klara detta. För att tryckfallet inte ska bli för högt, vid samtidig tappning i samma trapphus, dras separata rör med mindre inre diameter mellan undercentral och fördelarskåp i respektive lägenhet. Denna systemlösning påminner om 3E Flow (se avsnitt 3.4), men utan trycksatta tomma rör.

För systemprincip se Figur 23 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.6.1 Ingen VVC i schakt

Detta är ett alternativ till en systemlösning som finns i hus byggda innan det allmänna rådet om väntetider och spolmängd fanns. Systemlösningen utgår från ett konventionellt tappvarmvattensystem i källarplan med en cirkulerande VVC-krets. Sedan ansluts separata tappvarmvattenrör från cirkulationskretsen till respektive lägenhet. Förstudien utreder vilka rördimensioner, tryckfall och väntetider som

uppstår vid denna typ av lösning. VVC-förlusterna begränsas i detta fall endast till cirkulationskretsen i källaren.

För systemprincip se Figur 24 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

3.6.2 Samisolerad VVC och tappvarmvatten

Ett alternativ vid uppbyggnad av ett konventionellt tappvarmvattensystem är att samisolera VVC och tappvarmvattenröret. Detta är något som utreds närmare i denna förstudie eftersom fokus har legat på ej konventionella system.

4. Beräkningar

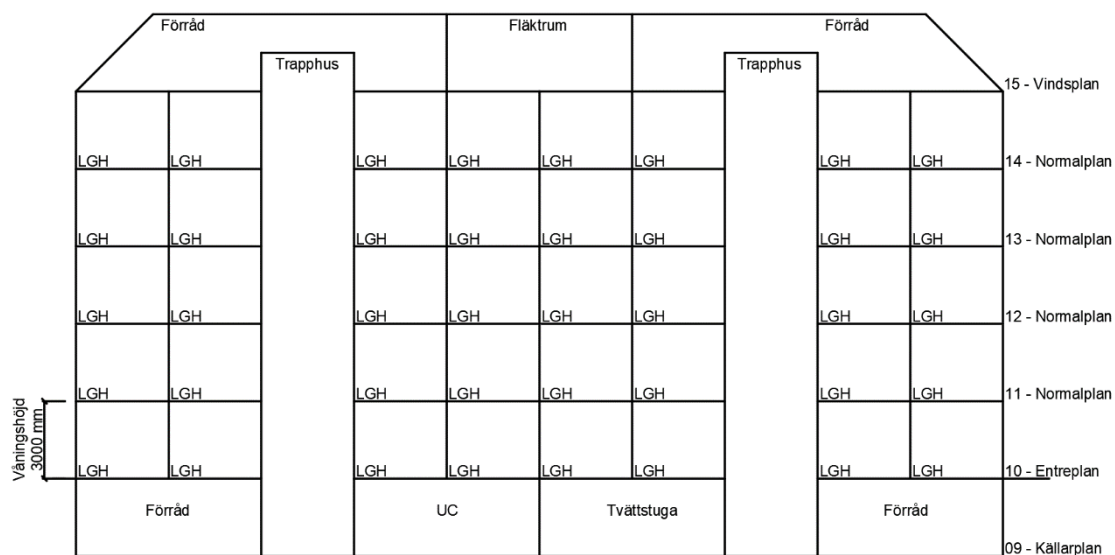
För att få en rättvis bild av beräkningarna har ett typhus tagits fram som ska motsvara både äldre och nyutvecklade flerbostadshus. I detta typhus har därefter energianvändningen i ett antal grundfall för VVC-systemet beräknats. I samma typhus har sedan de olika alternativa VVC-systemen beräknats för enkel jämförelse.

4.1 Förutsättningar

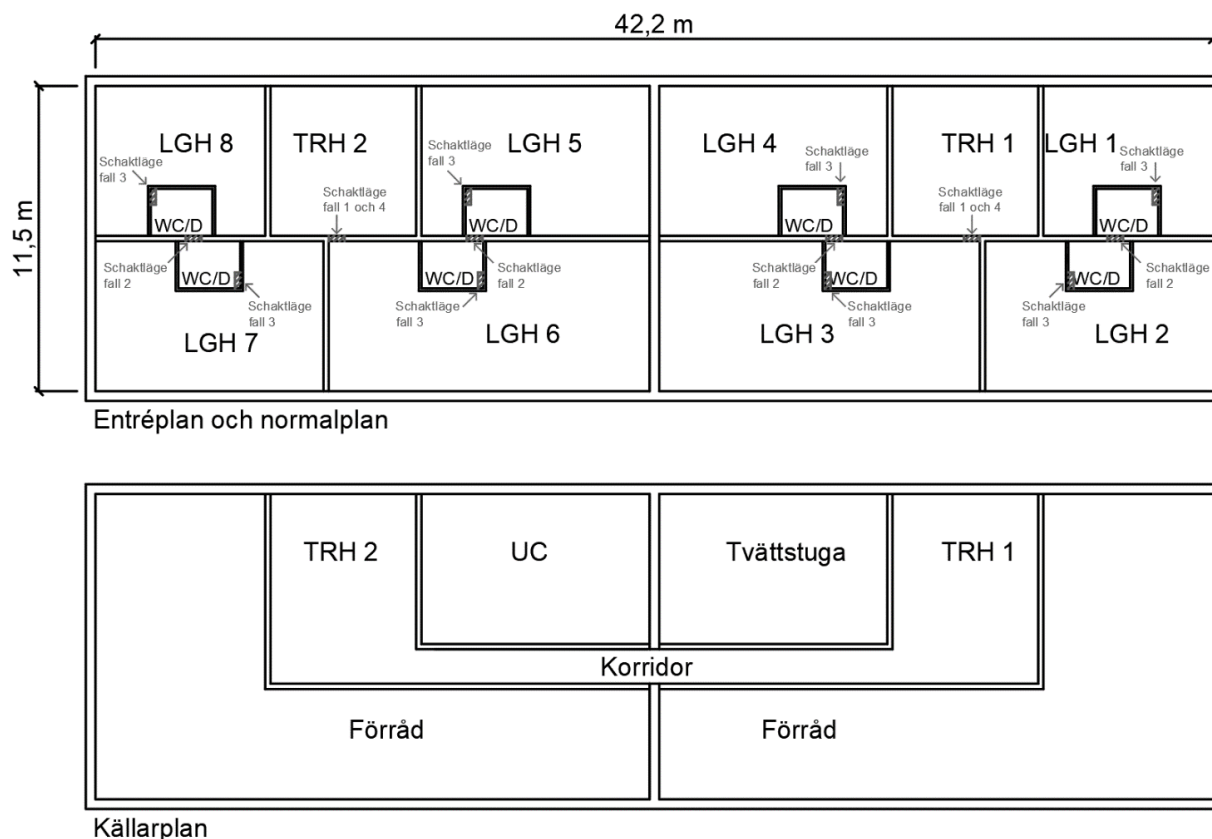
4.1.1 Typhusets uppbyggnad

Typhuset är en fyrsprängare med två trapphus, åtta lägenheter per våningsplan och fem våningar med lägenheter. Utöver det finns ett uppvärmt vindsplan med förråd och fläktrum samt ett källarplan med undercentral, förråd och tvättstuga. Våningsplan med lägenheter, trapphus och källarplan har en snittlufttemperatur på 20 °C och vindsplanet är 18 °C. Avstånd mellan våningsplan (inklusive mellanbjälklag) är tre meter. Total A_{temp} är 5 922 m² och totala antalet lägenheter är 40 st.

I Figur 2 och Figur 3 nedan redovisas typhuset dels i en sektion anpassad för flödesbilder, dels med en grov planlösning för Entré/normalplan och källarplan.



Figur 2, Sektion, typhus



Figur 3, Entréplan, normalplan och källarplan, typhus. På Entréplan/normalplan redovisas även schaktlägen för fyra olika beräkningsfall.

4.1.1 Tappvarmvattensystemet

I beräkningen tas effektförluster fram från ett beräkningsprogram för teknisk isolering på rör. Effektförlusterna som redovisas i W/m har även jämförts mot tabell i *Ifs En teknisk handbok för isolering* (J. Gustafsson, J. Sjölund. 2020), och effektförlusterna stämmer väl överens. För att även ta hänsyn till köldbryggor i isoleringsskiktet har 15 % lagts på effektförlusterna. I beräkningarna inkluderas enbart de förluster som uppstår i de cirkulerande systemen. Förluster i form av uppvärmning av varmvatten för tappning och el till cirkulationspump ingår generellt inte i beräkningar. Tappning beräknas vara densamma i samtliga fall. Dock uppstår det större förluster desto längre avståndet mellan schakt och tappställe är på grund av att varmvattnet i de icke cirkulerande rörledningarna kyls ner när tappningen stängts av.

Rör beräknas ha en isolering på 40 mm när rördiametern är över 20 mm och 20 mm isolering för rördiametrar mindre än 20 mm. Isoleringen består av mineralull med ett ytskikt av aluminiumfolie. Varmvatten har temperatur 55 °C och VVC har 52 °C. Tabell 1 redovisar effektförluster per meter som använts vid beräkning. Rören är plaströr.

Tabell 1. Effektförlust per meter för olika rörstorlekar och vattentemperaturer vid en inomhustemperatur på 20 °C.

Rördimension	Effektförlust [W/m]		Isoleringstjocklek [mm]
	Varmvatten [55 °C]	VVC [52 °C]	
PE/PEX-rör			
32 (rörtjocklek 2,9)	5,5	4,7	40
25 (rörtjocklek 2,3)	4,8	4,1	40
22 (rörtjocklek 3,0)	4,5	3,8	40
18 (rörtjocklek 2,5)	5,4	4,6	20
15 (rörtjocklek 2,5)	4,9	4,2	20

Rördimensioner dimensioneras efter beräknat normflöde för varmvatten. På VVCn beräknas flöde utifrån effektförluster och rör dimensioneras för en maximal hastighet på 0,5 m/s.

Vid beräkning av rörlängd tas ingen hänsyn till rördimensionerna utan redovisas för att ge en inblick i mängd rör.

4.2 Grundfall

4.2.1 Grundfall 1, schakt i trapphus

Schakt för tappvatten är placerade i trapphus. Ett schakt och tappvattenstam förser fyra lägenheter per våningsplan. Tappvarmvattenrör dras in till varje lägenhet i antingen golvet eller ovan undertak. VVC:n förläggs enbart i trapphusschaktet och vänder på översta våningsplanet. Metoden har börjat användas allt mer i nyproduktion, delvis för att förenkla installation och mätare för individuell mätning och debitering.

Tabell 2. Resultat vid beräkning av Grundfall 1

Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	770 W
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	1,1 kWh/m ² , år
Rörsträcka VV/VVC	70 / 70 m

Mellan cirkulerande varmvattenstam och bortersta tappställe i lägenhet beräknas det vara tio meter och rördimension är PE 22. Det innebär att följande väntetid och vattenförbrukning fås.

Tabell 3. Väntetid på varmvatten och förbrukning av vatten vid bortersta tappstället i lägenheten

Väntetid	10 sek
Mängd vatten	2 liter

För systemprincip se Figur 9 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

4.2.2 Grundfall 2, två lägenhetsschakt per trapphus

Schakt för tappvatten är placerade i badrumsvägg. Ett schakt och tappvattenstam förser två lägenheter per våningsplan. VVC:n vänder på översta våningsplanet.

Tabell 4. Resultat vid beräkning av Grundfall 2

Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	1 200 W
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	1,8 kWh/m ² , år
Rörsträcka VV/VVC	114 / 114 m

Schakt är placerade på sådant vis att rördragningar mellan cirkulerande stam och tappställe är korta, därmed redovisas inte väntetid och mängd vatten för detta fall.

För systemprincip se Figur 10 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

4.2.3 Grundfall 3, fyra lägenhetsschakt per trapphus

Schakt för tappvatten är placerade i badrumsvägg. Ett schakt per lägenhetsplacering. VVCn vänder på det översta våningsplanet.

Tabell 5. Resultat vid beräkning av Grundfall 3

Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	1 820 W
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	2,7 kWh/m ² , år
Rörsträcka VV/VVC	174 / 174 m

Schakt är placerade på sådant vis att rördragningar mellan cirkulerande stam och tappställe är korta, därmed redovisas inte väntetid och mängd vatten för detta fall.

För systemprincip se Figur 11 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

4.2.4 Grundfall 4, schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenheter

Tappvattenstammar placeras i trapphus och dras sedan in till varje lägenhet i antingen golvet eller ovan undertak. I beräkningar dras isolerade rör ovan undertak och VVC-rör in i varje lägenhet och vänder i badrummen. Likt grundfall 1 har den här metoden

börjat användas alltmer i nyproduktion och där avstånd mellan schakt och tappning är för långt för att klara uppsatta mål på väntetid för varmvatten.

Tabell 6. Resultat vid beräkning av Grundfall 1

Effektförlust rörsystemet (inkl. källarplan)	3 160 W
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	4,7 kWh/m ² , år
Rörsträcka VV/VVC	310 / 310 m

Schakt är placerade på sådant vis att rördragningar mellan cirkulerande stam och tappställe är korta, därmed redovisas inte väntetid och mängd vatten för detta fall.

För systemprincip se Figur 12 i Bilaga 1 - Flödesbilder.

4.3 VVCi

Varmvattenröret dimensioneras en storlek större än beräknat behov på grund av att VVC-rör ligger i varmvattenröret. VVCi antas inte ha några värmeförluster på VVC-rör i stående schaktledningar utan enbart tappvarmvattenrör. I källarplan är förutsättningarna samma som grundfall.

4.3.1 VVCi fall 1, schakt i trapphus

Tabell 7 redovisar resultat för VVCi. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 1, schakt i trapphus.

Tabell 7. Resultat för beräkning av VVCi, schakt i trapphus

	VVCi	Procentuell förändring mot grundfall 1
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	650 W	-16 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	1,0 kWh/m ² , år	-16 %
Rörsträcka VV/VVC	70 / 70 m	0 %

Installation av VVCi minskar effekt och energianvändningen med 16 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckorna är desamma, men för VVCi är varmvattenrören i schakten en dimension större jämfört med grundfall och VVC-rören cirka 8-10 mm.

4.3.2 VVCi fall 2, två stammar per trapphus

Tabell 8 redovisar resultat för VVCi. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 2, två stammar per trapphus.

Tabell 8. Resultat för beräkning av VVCi, två stammar per trapphus

	VVCi	Procentuell förändring mot grundfall 2
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	960 W	-20 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	1,4 kWh/m ² , år	-20 %
Rörsträcka VV/VVC	114 / 114 m	0 %

Installation av VVCi minskar effekt och energianvändningen med 20 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckorna är desamma, men för VVCi är varmvattenrören i schakten en dimension större jämfört med grundfall och VVC-rören cirka 8–10 mm.

4.3.3 VVCi fall 3, fyra stammar per trapphus

Tabell 9 redovisar resultat för VVCi. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 3, fyra stammar per trapphus.

Tabell 9. Resultat för beräkning av VVCi, fyra stammar per trapphus.

	VVCi	Procentuell skillnad mot grundfall 3
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	1 340 W	-27 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	2,0 kWh/m ² , år	-27 %
Rörsträcka VV/VVC	174 / 174 m	0 %

Installation av VVCi minskar effekt och energianvändningen med 27 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckorna är desamma, men för VVCi är varmvattenrören i schakten en dimension större jämfört med grundfall och VVC-rören endast cirka 8-10 mm.

4.3.4 VVCi fall 4, schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenheter

VVCi är ej lämplig för denna typ av systemuppbyggnad eftersom VVC-rören dras ut på varje våningsplan. Därmed har ingen beräkning utförts för det här fallet.

4.4 CVV

Varmvattenröret dimensioneras för att klara normflöden. Tappvarmvattenrören dras upp på vind där de ansluts till tappvarmvattenrör i nästa schakt, det är även möjligt att dra de tvärgående rördelarna som binder ihop schakten längre ner i byggnaden om det

tillåts med hänsyn till väntetider. Denna lösning ger en lägre energianvändning men är ej applicerbar på alla byggnader, se alternativ dragning i Figur 16 i Bilaga 1 - Flödesbilder. Temperaturen på vinden är 18 °C, vilket ger effektförluster enligt Tabell 10.

Tabell 10. Effektförluster från rör vid en omgivande temperatur på 18 °C.

Rördimension	Effektförlust [W/m]	Isoleringstjocklek [mm]
PE/PEX-rör	Varmvatten [55 °C]	
32 (rörtjocklek 2,9)	5,8	40
25 (rörtjocklek 2,3)	5,1	40

4.4.1 CVV fall 1, schakt i trapphus

Tabell 11 redovisar resultat för CVV med schakt i trapphus. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 1, schakt i trapphus.

Tabell 11. Resultat för beräkning av CVV, schakt i trapphus

	CVV	Procentuell skillnad mot grundfall 1
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	550 W	- 29 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	0,8 kWh/m ² , år	-29 %
Rörsträcka VV/VVC	93 / 20 m	33 % / -71 %

Installation av CVV minskar effekt och energianvändningen med 20 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för varmvatten ökar med 33 % medan rörsträckan för VVC minskar med 71 %.

4.4.2 CVV fall 2, två stammar per trapphus

Tabell 12 redovisar resultat för CVV. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 2, två stammar per trapphus.

Tabell 12. Resultat för beräkning av CVV, två stammar per trapphus

	CVV	Procentuell skillnad mot grundfall 2
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	960 W	-20 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	1,4 kWh/m ² , år	-20 %
Rörsträcka VV/VVC	129 / 24 m	13 % / -79 %

Installation av CVV minskar effekt och energianvändningen med 20 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för varmvatten ökar med 13 % medan rörsträckan för VVC minskar med 79 %.

4.4.3 CVV fall 3, fyra stammar per trapphus

Tabell 13 redovisar resultat för CVV. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 3, fyra stammar per trapphus.

Tabell 13. Resultat för beräkning av CVV, fyra stammar per trapphus

	CVV	Procentuell skillnad mot grundfall 3
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	1 290 W	-46 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	1,9 kWh/m ² , år	-46 %
Rörsträcka VV/VVC	177 / 54 m	2 % / -69 %

Installation av CVV minskar effekt och energianvändningen med 46 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för varmvatten ökar med 2 % medan rörsträckan för VVC minskar med 69 %.

4.4.4 CVV fall 4, schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenheter

CVV är ej lämplig för denna typ av systemuppbyggnad eftersom VVC-rören dras ut på varje våningsplan. Därmed har ingen beräkning utförts för det här fallet.

4.5 3E-flow

3E Flow har endast cirkulerande varmvatten i källaren. Därmed uppstår effektförluster för varmvattencirkulation endast i källarplan. De värmeförluster som uppstår vid uppvärmning av varmvatten som tappas i tappvattenarmaturen ingår inte i denna rapport. Däremot kräves el för de pumpar som transporterar tillbaka tappvarmvattnet från varmvattenrören, efter tappvattenarmaturen stängts av. I beräkningen används en pumpeffekt på 30 W, 31 tappningar per lägenhet och dag samt en tömningstid på 20 sek. Det ger en energianvändning för pumpar på 8 kWh/år vilket är 0,001 kWh/m².

4.5.1 3E-flow fall 1, schakt i trapphus

Tabell 14 redovisar resultat för 3E-flow med schakt i trapphus. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 1, schakt i trapphus.

Tabell 14. Resultat för beräkning av 3E-flow, schakt i trapphus

	3E-flow	Procentuell skillnad mot grundfall 1
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	390 W	- 50 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	0,6 kWh/m ² , år	-50 %
Rörsträcka VV/VVC	400 / 40 m	500 % / -43 %

Installation av 3E-flow minskar effekt och energianvändningen med 50 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för tappvarmvatten ökar med 29 % medan rörsträckan för VVC minskar med 43 %.

4.5.2 3E-flow fall 2, två stammar per trapphus

Tabell 15 redovisar resultat för 3E-flow. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 2, två stammar per trapphus.

Tabell 15. Resultat för beräkning av 3E-flow, två stammar per trapphus

	3E-flow	Procentuell skillnad mot grundfall 2
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	500 W	-58 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	0,7 kWh/m ² , år	-58 %
Rörsträcka VV/VVC	414 / 54 m	216 % / -5 %

Installation av 3E-flow minskar effekt och energianvändningen med 58 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för tappvarmvatten ökar med 263 % medan rörsträckan för VVC minskar med 53 %.

4.5.3 3E-flow fall 3, fyra stammar per trapphus

Tabell 16 redovisar resultat för 3E-flow. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 3, fyra stammar per trapphus.

Tabell 16. Resultat för beräkning av 3E-flow, fyra stammar per trapphus

	3E-flow	Procentuell skillnad mot grundfall 3
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	500 W	-72 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	0,7 kWh/m ² , år	-72 %
Rörsträcka VV/VVC	414 / 54 m	107 % / -38 %

Installation av 3E-flow minskar effekt och energianvändningen med 72 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för tappvarmvatten ökar med 138 % medan rörsträckan för VVC minskar med 69 %.

4.5.4 3E-flow fall 4, schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenheter

Tabell 20 redovisar resultat för 3E-flow. Procentuella skillnaden är jämfört med grundfall 4, schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenheter.

Tabell 17. Resultat för beräkning av 3E-flow, schakt i trapphus med rördragning varmvatten till lägenheter.

	3E-flow	Procentuell skillnad mot grundfall 4
Effektförlust rörsystemet (inkl källarplan)	388 W	-88 %
Energianvändning per m ² A _{temp} och år	0,6 kWh/m ² , år	-88 %
Rörsträcka VV/VVC	640 / 40 m	113 % / -87 %

Installation av 3E-flow minskar effekt och energianvändningen med 88 % jämfört med motsvarande grundfall. Rörsträckan för tappvarmvatten ökar med 113% medan rörsträckan för VVC minskar med 87 %.

4.6 DVV

Decentraliserat varmvatten får inga effektförluster på det cirkulerade varmvattensystem eftersom det inte finns någon VVC. Däremot kan förluster uppstå i varmvattenberedare eller på sekundärt system. Rörsträcka för ett decentraliserat system blir i detta beräkningsexempel noll eftersom det inte finns varmvattenrör eller VVC-rör mellan undercentral och lägenhet.

För genomströmningvärmare blir det inga förluster alls (inom denna rapports gränsdragning) eftersom varmvatten produceras vid tappning. Däremot krävs en effekt för att klara av uppvärmningen. I Tabell 18 anges märkeffekter för olika alternativ.

Tabell 18. Effektbehov för olika eldrivna DVV-alternativ

	DVV-genom- strömningsvärmare ¹	DVV-elberedare ²	DVV-frånlufts- värmepump ³
Installerad effekt, lägenhet	18 kW	2,4 kW	6,5 kW
Installerad effekt, totalt	720 kW	96 kW	260 kW

1. Clage DBX 18 Next
2. Atlantic Steatit Cube V 100
3. Nibe F750

Märkeffekten på frånluftsvärmepumpen dimensioneras även för att klara uppvärmningsbehov.

4.6.1 DVV - Elberedare

För varje lägenhet behövs en varmvattenberedare med en ackumulatortank för att klara större tappningar. Energimyndighetens jämförelse av olika ackumulatortankar används som beräkningsunderlag för förluster från ackumulatortanken. Ett medelvärde av förluster tas fram för ackumulatortankar som levererar mellan 100–200 liter 40 °C varmvatten. Medelvärdet blir 456 kWh/år per lägenhet. Husets totala energianvändning i tappvarmvattensystemet blir 20 046 kWh/år vilket är 3,4 kWh/m² A_{temp} och år. Tabell 19 visar procentuella förändringen i energianvändning av elberedare jämfört med grundfallen.

Tabell 19. Jämförelse av energianvändning elberedare med grundfall

	Procentuell förändring
Grundfall 1 Schakt i trapphus	197 %
Grundfall 2 Två schakt per trapphus	91 %
Grundfall 3 Fyra schakt per trapphus	26 %
Grundfall 4 Schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenheter	-28 %

Elberedare har lägre effektförluster än grundfall 4 men mer än grundfall 1-3.

4.6.2 DVV - Frånluftsvärmepump

Liknande förhållande som för el-beredare i kapitel 4.6.1 men istället för el-patron används en frånluftsvärmepump med ett COP på 1,7 för uppvärmning av varmvatten.

Tabell 20 visar procentuella förändringen i energianvändning av frånluftsvärmepump i lägenheter jämfört med grundfallen.

Tabell 20. Jämförelse av energianvändning elberedare med grundfall

	Procentuell förändring
Grundfall 1 Schakt i trapphus	75 %
Grundfall 2 Två schakt per trapphus	12 %
Grundfall 3 Fyra schakt per trapphus	-26 %
Grundfall 4 Schakt i trapphus med horisontella rödragningar till lägenheter	-57 %

El-beredare i frånluftvärmepumpen har lägre effektförlust än grundfall 3 och 4, men mer än grundfall 1 och 2.

4.6.3 DVV – Värmeväxlare mot värmesystem

I beräkningen används en värmeväxlare i varje lägenhet där tappvarmvattnet värms av ett värmesystem. Effektförlusterna i tappvarmvattensystemet anses bli noll i denna beräkning men energianvändningen i värmesystemet kommer öka jämfört med om det endast används för uppvärmning. Förutsättningar och förändringar i VS-systemet när tappvarmvattenberedning inkluderas är:

- Beräkningsförutsättning: VS-schakten är placerade på liknande vis som för respektive grundfall men rördimensioner är en storlek större.
- Beräkningsförutsättning: Förluster från ackumulatortank i undercentral inkluderas i tappvarmvattenförluster.
- Beräkningsförutsättning: uppvärmningssäsong är 6 000 timmar/år.
- Förändring: ökade värmeförluster i rörsystem sker enbart på tilloppsröret.
- Förändring: VS-systemets genomsnittstemperatur på framledningen ökas från 40 °C till 58 °C.
- Förändring: Värmesystemet behöver vara igång även när det inte är uppvärmningssäsong.

Energianvändning per kvadratmeter för respektive fall och procentuellförändring jämfört med grundfall redovisas i Tabell 21.

Tabell 21. Energianvändning i värmesystemet vid tappvattenvärmeväxlare mot värmesystem för respektive systemuppbyggnad och en jämförelse av förändring mot grundfall.

DVV-växlare mot värmesystem	Energianvändning per m ² A _{temp} , år [kWh/m ²]	Procentuell förändring mot grundfall
DVV fall 1	0,9	-21%
DVV fall 2	1,1	-36%
DVV fall 3	1,5	-45%
DVV fall 4	2,3	-51%

Växlare mot värmesystem minskar energianvändningen jämfört med grundfall.

Inga tappvarmvattenrör installeras utanför lägenheterna, därmed sätts rörlängder till noll i denna rapport.

4.7 Ingen VVC och ingen VVC i schakt

Om det inte finns någon VVC kommer effektförluster från cirkulering av varmvattensystemet försvinna. Dock kommer det skapa väntetider vid tappstället när nytt varmvatten ska transporteras från undercentralen till tappstället. Avsnitt 4.7.1 redovisar vad som sker om tappvarmvattensystemet dimensioneras konventionellt men utan VVC. Avsnitt 4.7.2 undersöker vilka rör som är möjliga att använda om ingen VVC eller annan teknisk utrusning installeras med väntetider och spolmängder enligt den allmänna rekommendationen. Den sista varianten, som beräknas i avsnitt 4.7.3 är en hybridlösning mellan ett konventionellt system och ingen VVC där VVC-slingan endast placeras i källaren. Lösningen påminner om 3E Flow men saknar flödesventiler och pump som torrställer rör.

4.7.1 Ingen VVC – konventionellt tappvarmvattensystem utan returledning

Tabell 22 redovisar väntetider och vattenmängd som går åt i väntan på varmvatten för varje plan och grundfall. Tabell 22 utgår från samma rördimensioner som i grundfallen. Förutsättning är att endast ett tappställe är öppet i systemet och att det är ett varmvattenflöde på 0,2 l/s.

Tabell 22. Väntetid och vattenmängd för de olika grundfallen om det ej finns VVC

	Grundfall 1 & 4 Schakt i trapphus		Grundfall 2 & 3 Två eller fyra schakt per trapphus	
	Väntetid	Mängd vatten	Väntetid	Mängd vatten
Plan 0 tr (hörn/mitt lgh)	64 / 64 sek	13 l	35 / 60 sek	7 / 12 l
Plan 1 tr (hörn/mitt lgh)	71 / 71 sek	14 l	40 / 65 sek	8 / 13 l
Plan 2 tr (hörn/mitt lgh)	79 / 79 sek	16 l	45 / 70 sek	9 / 14 l
Plan 3 tr (hörn/mitt lgh)	84 / 84 sek	17 l	50 / 75 sek	10 / 15 l
Plan 4 tr (hörn/mitt lgh)	89 / 89 sek	18 l	55 / 80 sek	11 / 16 l

Schakt i trapphus har större rördimensioner än schakt i lägenheter därmed tar det längre tid. Mittenlägenheterna ligger närmare undercentralen och därmed är det kortare sträcka i källarplanet vilket gör att det i dessa lägenheter går ca 25 sek snabbare än hörnlägenheter. Gäller ej schakt i trapphus eftersom det endast finns ett schakt per trapphus.

Boende högst upp i ett hus med schakt i trapphus kommer få vänta i nästan 1,5 minuter på varmvatten och under den tiden hinna skölja ut 18 liter vatten i avloppet.

4.7.2 Ingen VVC – tappvarmvattensystem med hög hastighet utan returledning

Om beräkning i stället utförs för att klara det allmänna rådet om maximal väntetid på 10 sekunder och max 2 liter vatten förbrukas i väntan på varmvatten skulle rören maximalt få ha en innerdiameter på 8 mm för att klara lägenheten längst ut i systemet. Det gäller både för schakt i trapphus och i lägenheter. I det fallet skulle hastigheten i röret vara ca 4 m/s och tryckfallet mellan undercentral och lägenhet (längst ut i systemet) bli drygt 8 bar. Tabell 23 utgår från samma förutsättningar som Tabell 22 med skillnad att innerdiameteren på varmvattenröret är 8 mm.

Tabell 23. Väntetid och vattenmängd om invändig rördimension är 8 mm.

	Grundfall 1 & 4 Schakt i trapphus		Grundfall 2 & 3 Två eller fyra schakt per trapphus	
	Väntetid	Mängd vatten	Väntetid	Mängd vatten
Plan 0 tr (hörn/mitt lgh)	7 / 7 sek	1,4 l	4 / 7 sek	0,9 / 1,4 l
Plan 1 tr (hörn/mitt lgh)	8 / 8 sek	1,5 l	5 / 8 sek	1,0 / 1,6 l
Plan 2 tr (hörn/mitt lgh)	8 / 8 sek	1,7 l	6 / 9 sek	1,1 / 1,7 l
Plan 3 tr (hörn/mitt lgh)	9 / 9 sek	1,8 l	6 / 9 sek	1,3 / 1,9 l
Plan 4 tr (hörn/mitt lgh)	10 / 10 sek	2,0 l	7 / 10 sek	1,4 / 2,0 l

4.7.3 Ingen VVC i schakt

Om VVC behålls i källarplan men tas bort i schakt fås följande väntetider och mängd vatten som sköljs ut i väntan på varmvatten om samma rördimensioner behålls som i grundfallen.

Tabell 24. Väntetid och vattenmängd för de olika grundfallen om det ej finns VVC i stammar.

	Fall 1 & 4 Schakt i trapphus		Fall 2 & 3 Två eller fyra schakt per trapphus	
	Väntetid	Mängd vatten	Väntetid	Mängd vatten
Plan 0 tr (hörn/mitt lgh)	14 / 14 sek	3 l	5 / 5 sek	1 l
Plan 1 tr (hörn/mitt lgh)	21 / 21 sek	4 l	10 / 10 sek	2 l
Plan 2 tr (hörn/mitt lgh)	29 / 29 sek	6 l	15 / 15 sek	3 l
Plan 3 tr (hörn/mitt lgh)	34 / 34 sek	7 l	20 / 20 sek	4 l
Plan 4 tr (hörn/mitt lgh)	39 / 39 sek	8 l	25 / 25 sek	5 l

För att klara krav på max 10 sekunders väntetid behöver varmvattenrör i schakt vara PEX 15 x 2,5. Tabell 21 redovisar väntetid och mängd vatten som sköljs ut i väntan på varmvatten om varje lägenhet har ett eget varmvattenrör från källarplan med dimension 15 x 2,5.

Tabell 25. Väntetid och mängd vatten för alternativ med VVC i källare och PEX 15 rör till varje lägenhet

	Fall 1 & 4 Schakt i trapphus		Fall 2 & 3 Två eller fyra schakt per trapphus	
	Väntetid	Mängd vatten	Väntetid	Mängd vatten
Plan 0 tr (hörn/mitt lgh)	4 sek	0,9 l	1 sek	0,2 l
Plan 1 tr (hörn/mitt lgh)	6 sek	1,1 l	3 sek	0,6 l
Plan 2 tr (hörn/mitt lgh)	7 sek	1,4 l	4 sek	0,9 l
Plan 3 tr (hörn/mitt lgh)	9 sek	1,7 l	6 sek	1,2 l
Plan 4 tr (hörn/mitt lgh)	10 sek	2,0 l	7 sek	1,4 l

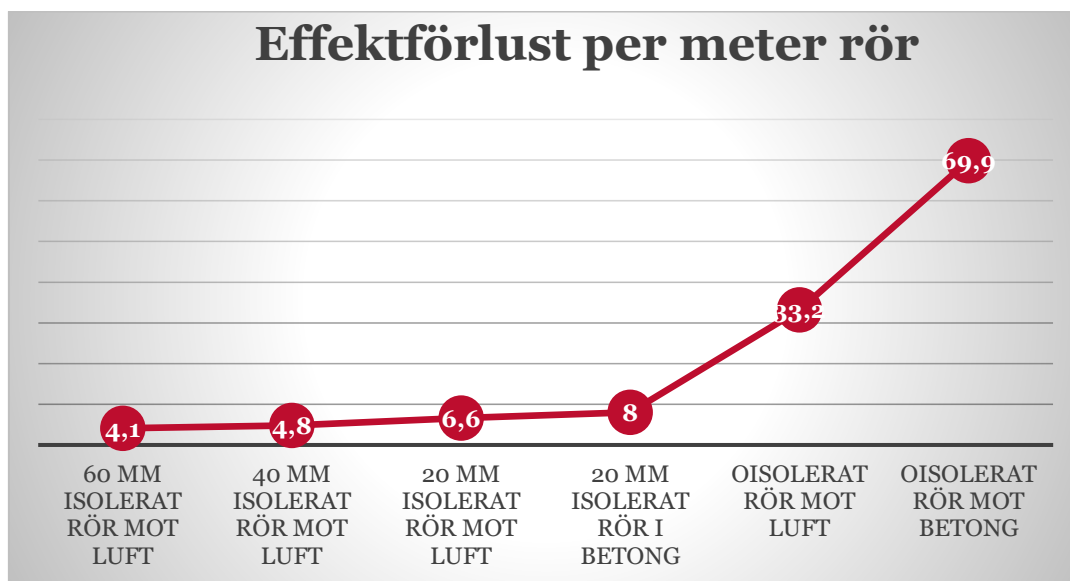
Tabell 26 redovisar energianvändning per m², tryckfall i varmvattenssystemet vid tappning från en tappvattenarmatur längst ut i systemet samt förändring i rörmängd.

Tabell 26. Energianvändning, tryckfall och rörmängd för ingen VVC i stammar jämfört med grundfallen.

	Energianvändning per m2 Atemp och år		Tryckfall till lägenhet längst upp	Rörsträcka VV/VVC	
	[kWh/m²,år]	Förändring [%]	[bar]	[m]	Förändring [%]
Fall 1	0,6	-52 %	1,4	70 / 40	0 / -43 %
Fall 2	0,7	-58 %	1,4	114 / 54	0 / -53 %
Fall 3	0,7	-72 %	1,4	174 / 54	0 / -69 %
Fall 4	0,6	-88 %	1,4	310 / 40	0 / -87 %

4.8 Misstag vid projektering och installation

Det är vanligt att beräknade VVC-förluster i varmvattenssystemet är betydligt lägre än de verkliga förlusterna blir. En stor anledning till det är isolering av de tekniska systemen inte utförs korrekt. I Figur 4 redovisas effektförluster vid olika isoleringstjocklekar samt oisolerat i luft och betong. Förutsättning rörtterdiameter 25 mm (PEX), omgivande temperatur på 20 °C och en medietemperatur på 55 °C



Figur 4. Effektförlust för olika isoleringstjocklekar och omgivande material

Effektförlusterna ökar kraftigt om röret är oisolerat, oavsett och om det är förlagt i luft eller betong.

Nedan anges några exempel på vilka skillnader det blir i grundfallen vid olika isoleringsmisstag.

4.8.1 Oisolerat rör i schakt.

Om rören i schakten dras oisolerade blir den ökade energianvändningen och ny energianvändning per m² A_{temp} och år för respektive grundfall enligt Tabell 27.

Tabell 27. Ökad energianvändning för respektive grundfall om rör förläggs oisolerade i schakt

	Grundfall 1	Grundfall 2	Grundfall 3	Grundfall 4
Oisolerade rör i schakt	Schakt i trapphus	Två schakt per trapphus	Fyra schakt per trapphus	VVC-rör in i lägenhet
Ökad energianvändning [kWh/år]	13 950	28 900	57 820	13 950
Procentuell ökning mot grundfall	206 %	275 %	363 %	50 %
Ny energianvändning per m ² A _{temp} [kWh/m ² ,år]	3,5	6,7	12,5	7,0

4.8.2 Oisolerat rör genom håltagning i mellanbjälklag av betong.

Om det inte gjorts tillräckligt stora håltagningar mellan våningsplanen i en byggnad kan det innebära att rör dras med minskad eller ingen isolering mellan planen. I beräkning vars resultat redovisas i Tabell 28 antas rör ligga oisolerade i skyddsrör mot mellanbjälklag i betong. Mellanbjälklaget beräknas vara 0,3 m.

Tabell 28. Ökad energianvändning för respektive grundfall om rör förläggs oisolerade i mellanbjälklag

Oisolerade rör i mellanbjälklag	Grundfall			
	Grundfall 1 Schakt i trapphus	Grundfall 2 Två schakt per trapphus	Grundfall 3 Fyra schakt per trapphus	Grundfall 4 Rördragningar till lägenhet
Ökad energianvändning [kWh/år]	3 370	5 610	11 230	3 370
Procentuell ökning mot grundfall	50 %	53 %	70 %	12 %
Ny energianvändning per m ² A _{temp} [kWh/m ² ,år]	1,7	2,7	4,6	5,2

4.8.3 Oisolerat rör i mellanbjälklag och platta av betong.

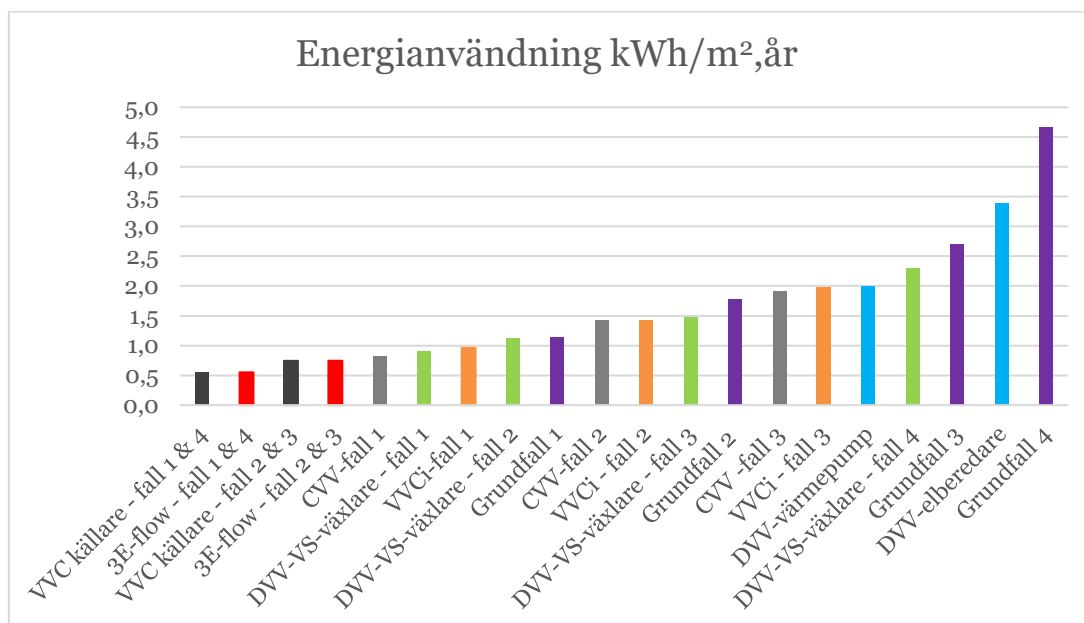
Om rör i grundfall 4, Schakt i trapphus med horisontella rördragningar till lägenhet, förläggs oisolerade i platta och mellanbjälklag av betong alternativt isolerat med 20 mm i stället för att rören läggs isolerade i tak fås en ökad energianvändning enligt Tabell 29.

Tabell 29. Ökad Energianvändning för grundfall 4 om rör förläggs betonggolv

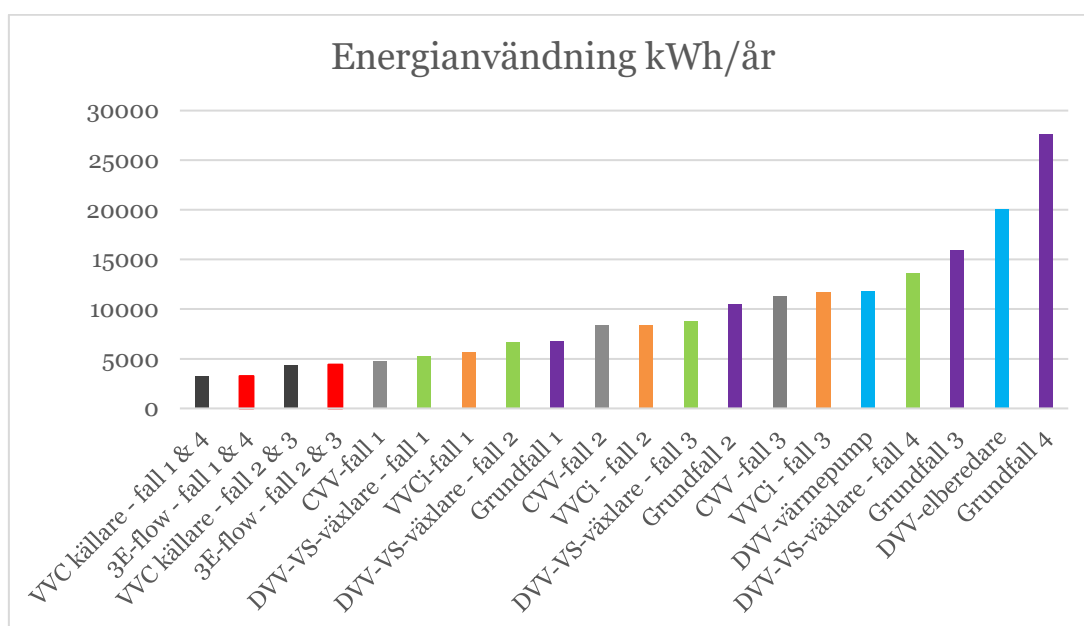
Rör i betonggolv	Oisolerat rör	20 mm isolering på rör
Ökad energianvändning [kWh/år]	191 230	3 590
Procentuell ökning mot grundfall	692 %	13 %
Ny energianvändning per m ² A _{temp} [kWh/m ² ,år]	37,0	5,3

4.9 Sammanställning av resultat

Nedan visas diagram för resultat av energianvändning för samtliga ovan beskrivna systemuppbyggnader för tappvarmvatten.



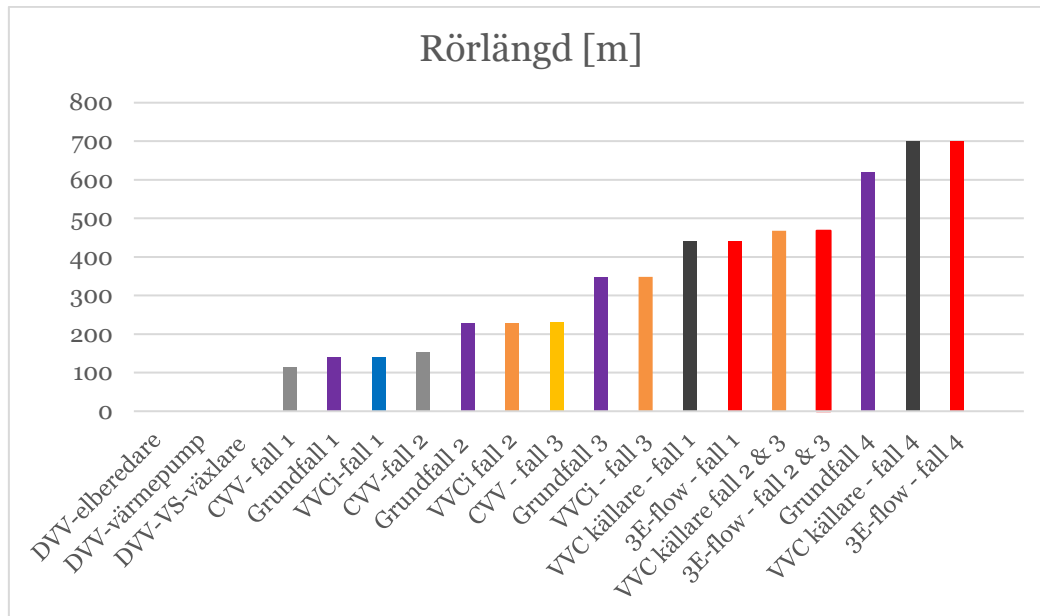
Figur 5. Energianvändning per m² A_{temp} för de analyserade systemuppbyggnaderna.



Figur 6. Total energianvändning för tappvarmvattensystem (exkl. tappning och pumpenergi)

Som Figur 5 och Figur 6 visar är VVC i källare och 3E-flow de tappvarmvattensystem som har lägst energianvändning och grundfall 4 har den högsta energianvändningen. I samtliga grundfall ger installation av VVCi, CVV och DVV (med värmewäxling mot värmesystem) en minskad energianvändning.

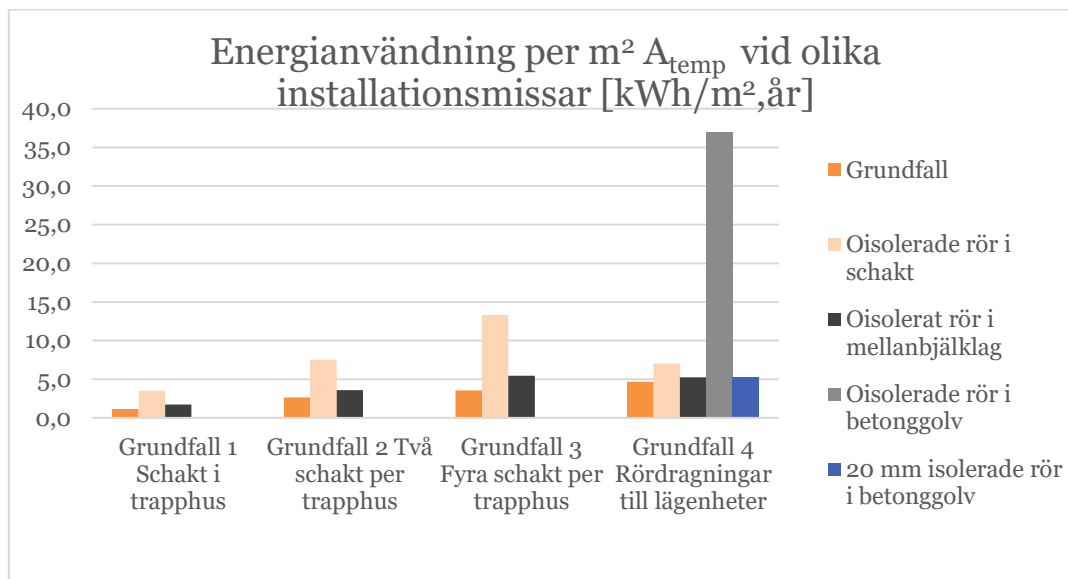
Figur 7 redovisar beräknad rördragning för varmvatten och VVC för respektive systemuppbyggnad.



Figur 7. Rörsträcka för varmvatten och VVC för respektive systemuppbyggnad.

3E-flow, VVC i källare och grundfall 4 får den längsta rördragningen medan decentraliserad tappvarmvattenberedning inte får någon rördragning alls (inom denna rapport's gränsdragning. Rördragningar i lägenheter räknas inte med i figur 7 förutom i fall 4 där VVC-rör dras in i lägenhet, dock ej till varje tappställe.

Figur 8 redovisar förändrad energianvändning vid olika isoleringsmisstag jämfört mot grundfall.



Figur 8. Ny energianvändning per m² A_{temp} vid olika installationsmissar.

Det isoleringsmisstag som ger störst påverkan är om VVC-rör installeras oisolerade i betonggolv. Även oisolerade rör i schakt ger en stor ökning jämfört med grundfall.

5. Intervjuer

5.1 VVCi

Intervjuer har genomförts med förvaltare av flera byggnader som bytte ut sina VVC-stammar mot VVCi. Befintliga stigarledningar för varmvatten behölls. Byggnaderna tillhör fastighetsbolaget Willhem och är placerade i Fittja. Husen är från 1970 talet.

Anledningen till att VVCi installerades var att de befintliga VVC-stammarna hade börjat läcka, främst högst upp i huset där varmvatten och VVC ansluts. För att undvika den ombyggnad som utbyte av VVC-rör mot nya likvärdiga skulle ha inneburit anlitate Willhem en firma som både levererar och installerar VVCi.

Willhems representant uppger att både installationen av VVCi och injusteringen av systemet gick smidigt. Efter installation av VVCi kunde varmvattentemperaturen sänkas och ändå behålla en temperatur över 50°C på VVC:n. Väntetiden på varmvatten bedöms vara oförändrad efter installationen. Problematiken med läckage i tappvattenstammar har minskat sedan installationen.

Ett problem som har uppstått efter installation av VVCi är att när anslutningar av varmvattenrör till lägenheter behöver bytas (standardunderhåll i äldre system) går det

inte att ansluta ett nytt varmvattenrör till stammen med ett VVCi rör i varmvattenröret. För inkoppling av varmvattenrör behöver först VVC-rör dras ut ur varmvattenstammen och sedan installeras ett nytt. Det är en faktor som Willhem hade velat få kännedom om innan installationen av VVCi, eftersom hade de först bytt ut samtliga T-kopplingar på varmvattenstammen mot lägenhetsrör för att minimera risken att behöva göra om VVCi installationer i stammar.

I samband med installation av VVCi fick samtliga handdukstorkar och radiatorer i badrum som var anslutna till varmvattensystemet tas bort och ersättas med elvärme. En bra åtgärd för att minimera risken för legionella. Dock innebar det att Willhem fick införa en hyresreduktion för hyresgäster som har uppvärmningsbehov i badrummen.

5.2 CVV

Intervju har genomförts med bostadsrättsföreningens projektledare för renoveringen av deras tappvarmvattensystem. Projektledaren är själv boende i huset där renoveringen har genomförts och är styrelsemedlem i bostadsrättsföreningen.

Den främsta orsaken till att tappvattensystemet behövde renoveras var att tappkallvattnet inte höll tillräckligt låg temperatur och risken för legionella var hög. En utredning visade att det vattensystem som hade installerats var dåligt oisolerat i schakt och oisolerat i betongplatta. Detta innebar att det gav ett varmt kallvatten. Vidare så påverkade det inneklimatet i byggnaden negativt. Uppskattad VVC-förlust var 55 kWh/m² A_{temp} och år.

Eftersom varmvattenrören var ingjutna i plattan så var en normal renovering svår att utföra utan att stor påverkan för de boende.

För att komma till rätta med problemen installerades rör i det näst översta planet som sammanband de befintliga tappvarmvattenrören, där tappvarmvattnet i ena stammen steg upp i huset och i den andra stammen leddes tillbaka ner till undercentral och fjärrvärmeväxlare, dessutom tilläggsisolerades varmvattenstammen i schakt.

Problem som uppstått i drift med den nya lösningen var lågt vattentryck i slutet på returledningen om tappning skedde på flera tappställen samtidigt, detta löstes relativt enkelt med en backventil.

I övrigt har driften med det nya systemet fungerat mycket bra, tappvattnet håller rätt temperatur och väntetiderna har på tappkallvatten förbättrats avsevärt.

Det aktuella huset har även långa tappvattendragningar inom lägenheterna utan cirkulerande vatten, för att undvika stillastående vatten i dessa rör med risk för

legionellatillväxt dumpas vattnet två till tre gånger i månaden. Dumpningen sker genom det ursprungliga VVC-röret som inte längre används i tappvattensystemet.

Uppskattad kostnadsbesparing tack vare lägre fjärrvärmeanvändning uppgick år 2017 till 100 k SEK/år.

5.3 DVV – värmeväxlare mot värmesystem

Vid tidpunkten för genomförandet av denna förstudie fanns inte någon byggnad med detta system installerat i Sverige. Därför har en intervju genomförts med Uponor, den enda leverantören av detta system på den svenska marknaden som projektgruppen har identifierat.

Uponor uppger att de har ett helhetstänk gällande värme och tappvarmvattensystemen där deras lägenhetsplacerade enhet, kallad Uponor Combi Port, hanterar både tappvarmvattenproduktion, värme och individuell mätning av dessa system. Systemlösningen kommer att officiellt lanseras på den svenska marknaden i början av 2022.

Genom att systemet säljs som ett helhetskoncept tar Uponor ansvar för projektering och dimensionering av hela systemet. Gränsdragning sker direkt efter den centrala fjärrvärmeväxlaren eller värmepumpen fram till växlingen av värme till tappvarmvatten och fördelningen av värmesystemet till radiatorer eller golvvärme.

Enligt Uponor lämpar sig systemet, förutom i flerbostadshus, även för småhusområden med ett gemensamt närvärmeverk, t.ex. en i småhusområdet centralt placerad bergvärmeanläggning.

För flerbostadshus ligger investeringskostnaden enligt Uponor i nivå med ett konventionellt system för tappvarmvatten och värme.

6. Analyser och diskussion

6.1 Grundfall 1, 2, 3 och 4.

Anledningen till att beräkningarna är utförda för fyra grundfall är att variationen av förutsättningarna vid ett renoveringsprojekt eller en nyprojekterad byggnad är stor.

De fyra grundfallen som har beräknats i denna rapport har utformats för att i möjligaste mån motsvara de vanligaste systemvalen för tappvarmvattensystem både i befintliga hus och nybyggnadsprojekt. Detta betyder inte att de motsvarar alla möjliga utformningar som finns.

Ett intressant resultat av beräkningsutfallen för grundfallen är att de motsvarar eller har lägre energianvändning än den allmänt vedertagna schablonen om 4–5 kWh/m² A_{temp} och år. En rapport som har tagits fram av NCC och Skanska (S. Burke et al. 2021) visar att nybyggda hus (2016–2019) har en genomsnittlig energianvändning på ca 5 kWh/m² A_{temp} och år för VVC.

En anledning till att de beräknade förlusterna i ett VVC-system skiljer sig från uppmätta värden kan vara att det vid beräkning av effektförluster genom VVC-rör inte alltid tas hänsyn till köldbryggor vid upphängningar och andra delar som bryter isoleringsskiktet. Normalt motsvarar detta minst 15 % av de termiska förlusterna, och bör adderas vid beräkning av effektförluster. De extra förlusterna är adderade i denna förstudies beräkningar.

Vid en konventionell VVC-systemuppbyggnad kan en schablon om 4–5 kWh/m² A_{temp} och år fortsatt användas i tidiga skeden vid energiberäkningar för nybyggnadsprojekt, den bör dock alltid beräknas mer noggrant så fort tappvarmvattensystemet är projekterat för en mer korrekt energiprestanda på VVC-systemet.

I de fall där energianvändningen för VVC i nybyggda hus med konventionella VVC-lösningar är hög och avviker från en beräknad energianvändning bör i första hand misstag vid installation utredas, se avsnitt 6.7.

I befintliga hus med hög energianvändning på VVC-systemet krävs normalt en något större utredning. Beroende på när huset är byggt gällde olika krav gällande teknisk isolering och hantering av risk för legionella.

6.2 VVCi

Beräkningarna för VVCi visar att de har en energianvändning som är mellan 15-30 % lägre än konventionella system. Denna systemlösning anses vara tekniskt enkel och

tröskeln för en fastighetsägare från att gå från ett konventionellt system till VVCi är inte stor eftersom de i praktiken har samma funktionalitet.

De genomförda beräkningarna har utgått från att tappvarmvattenröret är en dimension större än i grundfallen. Vid ombyggnad av befintliga tappvarmvattensystem brukar tappvarmvattenröret i stammen behållas, och därmed blir det ingen ökning av varmvattenrörets storlek.

Eventuella problem med läckage på VVC-ledningen har för VVCi en mycket mindre påverkan än om VVC-röret går fritt i schaktet eftersom allt läckage sker till varmvattenröret.

Viktigt att tänka på vid installation av VVCi är att vid eventuellt underhållsarbete eller byte av till exempel T-stycken krävs det att VVC-röret plockas ut ur varmvattenröret. Vid en renovering är det alltså en bra idé att även byta de rör som matar lägenheterna med tappvarmvatten.

Kostnadsmässigt blir installation av VVCi billigare än ett konventionellt system eftersom VVCi kräver färre håltagningar, har lägre materialkostnad och en snabbare installation. Eftersom VVCi inte erfordrar ett frigående VVC-rör krävs det mindre plats för i schakt i nyproduktion, och i befintliga hus blir det mer utrymme över i schaktet som kan användas för isolering av varm- och kallvattenrör.

VVCi-systemet passar bra för renoveringar där det inte är något behov av horisontella VVC-rör ända in till lägenheter från schakt. Systemet passar också bra i nybyggnadsprojekt eftersom den enda förändringen är att VVC-röret placeras inuti varmvattenröret istället för separat i lodräta schakt och rörstråk i källare. Det finns leverantörer av VVCi system vars lösningar även hanterar böjar relativt bra, detta innebär att rörstråk i t.ex. källare skulle kunna använda VVCi-tekniken och ytterligare förbättra energiprestandan.

VVCi ger även utrymme för en bättre isolering på tappvarmvattenröret vilket förbättrar energiprestandan ytterligare.

Det kan finnas svårigheter med att mäta effektförlusterna över ett VVCi-system då det invändiga VVC-röret längs med hela systemet värmeväxlar mot framledningen, således blir temperaturdifferensen i närheten av undercentralen mycket jämn.

6.3 CVV

CVV har stor potential att bidra till låg energianvändning på tappvarmvattensystemet, med en beräknad besparing på ca 30–60 % jämfört med ett konventionellt VVC-

system. För CVV är ett alternativ till placering av anslutning mellan tappvattenrör att dra röret på byggnadens näst översta våningsplan. Då minskas behovet av rördragning med ca sex meter samtidigt som rör förläggs i utrymmen med rumstemperatur och inte på en kallare vind.

En fördel med CVV som inte redovisas i beräkningen är att tryckfallen för denna typ av system blir betydligt lägre än i ett konventionellt VVC-system. Detta eftersom tappvarmvattnet cirkuleras en kortare sträcka som dessutom har större rördimensioner än normala VVC-rör.

CVV är en lösning som är relativt obeprövad med bara en installation i Sverige. Projektgruppen har inte heller hittat någon redovisning som beskriver denna lösning i någon annan byggnad inom Europa. Teorin är relativt enkel, där framledningsröret även används för VVC. Eftersom det är en obeprövad teknik innebär det att om denna metod appliceras krävs det att projektören tänker igenom till exempel pumphusplacering, som gärna ska placeras så den suger mediet igenom pumpen, samt ventilplaceringar som till exempel backventiler.

Eftersom lösningen är så pass obeprövad bör eventuellt fastighetsägare som vill testa denna lösning lägga en något större andel av budgeten på projekteringen. Installationen bör sedan vara relativt enkel.

För att kunna använda denna lösning med korta väntetider och utan onödig spolning krävs det att tappställen är placerade relativt nära schaktet eftersom det inte finns någon möjlighet att på ett enkelt sätt dra in cirkulationen i lägenheterna.

CVV är en metod som passar utmärkt för renoveringar om den befintliga tappvarmvattenledningen är i gott skick eftersom det enda som krävs är ett rör högt placerat i byggnaden som binder samman de horisontella tappvarmvattenstammarna.

Det är även en lösning som bör utredas vid nyproduktion eftersom systemlösningen är utrymmessparande på våningsplanen och ger mer BOA i förhållande till konventionella system men minskat schaktbehov, det finns inte heller några hinder med denna lösning att installera IMD för tappvarmvatten.

Komponenterna i systemet är leverantörsberoende och det går att använda produkter som finns hos VVS-grossister.

Materialåtgången för CVV-system är lägre än ett konventionellt system och vanliga komponenter går att använda. Således blir totala investeringskostnaden lägre än ett konventionellt system.

6.4 3E Flow

3E Flow är en systemlösning som finns installerad som testanläggningar på ett fåtal byggnader i Sverige. Alla dessa byggnader är relativt nybyggda och analyser av långtidseffekter och funktionalitet över tid har inte funnits tillgängligt vid tillfället för denna förstudie. Representanter från det företag som har fått 3E-flow installerat i sina byggnader har inte varit anträffbara under projektiden för förstudien, således har ingen intervju kunnat genomföras, leverantören har dock genomfört en granskning av beräkningarna.

3E Flow är den metod som enligt beräkningarna ger bäst energiprestanda för tappvarmvattensystemet. I denna förstudie utgår beräkningsfallet från en flödesventil per lägenhet. Ventilen placeras förslagsvis i ett fördelarskåp, varifrån tappvarmvattnet sedan fördelas ut till respektive tappställe. Detta innebär att det blir ett rör per tappställe efter flödesventil i lägenheten. I denna studie har endast rörlängd fram till flödesventil redovisats. Om kortare väntetider och lägre spolförluster önskas kan varje tappställe förses med en egen flödesventil i direkt anslutning till tappstället.

I de genomförda beräkningarna antas pumpeffekter och aktiv pumptid per tömning i rören. El energin till pumpen blir så låg att den inte är märkbar i diagrammen med de andra alternativens energianvändning. Det innebär att även om dessa antaganden skulle vara fel med en faktor på 100 % blir pumparnas energianvändning inte en faktor som påverkar beräkningar nämnvärt. Effektförlusterna i källaren från det cirkulerande systemet beräknas utifrån att samma rördimensioner och isolerings tjocklek används som i grundfallen.

Ytterligare ett alternativ vid systemuppbyggnaden av 3E Flow är att istället för cirkulerande varmvatten i källarplan kan separata rör dras mellan undercentral och respektive flödesventil. Den lösningen har inte utretts i denna förstudie, men den ökar mängden rör i källarplan samtidigt som effektförlusterna för varmvattencirkulering blir noll. Den lösningen används dock normalt inte.

Även tappkallvattnet kan anslutas till ett 3E Flow system. Det eliminerar även risken för legionella eftersom tappkallvattnet ej utsätts för någon risk för oavsiktlig uppvärmning i schakt och rörstråk. I 3E-flow ingår individuell mätning i systemutförandet.

Systemlösningen passar bäst för nybyggnadsprojekt där placering och storlek av schakt kan planeras i tidigt skede.

I den litteraturstudie som har genomförts har ingen kostnadsanalys för 3E Flow hittats. Men enligt beräkningar enligt avsnitt 4.5 ökar rörmängden uppemot 450 %, mycket beroende på vilket grundfall det jämförs mot. Enligt 3E-flow finns beräkningar på att

kostnaden för rörinstallationen (arbetstid och material) minskade med ca 50% med enkla rör för 3E flow jämfört med traditionell varmvattencirkulation. Det går även snabbare att installera rör för 3E flow än konventionell rördragning.

Rören är oisolerade och kan installeras på mindre yta än konventionellt isolerade rör. Däremot tillkommer en kostnad för flödesventiler pumpar och ackumulatortank.

6.5 DVV

6.5.1 DVV - Elektrisk genomströmningsvärmare

Att installera en elektrisk genomströmningsvärmare ger en mycket låga förluster i tappvarmvattensystemet. Det beror på att ingen varmvattenledning går igenom huset vid DVV, utan all tappvarmvattenproduktion sker lokalt och momentant efter behov, utan stillaståndsförluster i till exempel en varmvattenberedare eller ackumulatortank.

Även investeringskostnaden är låg eftersom separata tappvarmvattenrör inte behöver dras genom huset och ingen central tappvarmvattenproduktion behöver ske (t.ex. via fjärrvärmeväxlare). Tillkommande kostnad är istället själva genomströmningsberedarna. Även individuell mätning av tappvarmvatten förenklas vid DVV eftersom det enda som krävs för mätning är en elmätare som mäter elanvändningen till genomströmningsvärmarna.

Det som talar emot elektrisk genomströmningsberedare är främst den höga effekten som krävs för att uppnå rätt temperatur efter värmaren, vilket energikraven i BBR (BBR29) krävställer, dels så räknas denna typ av varmvattenberedning som elektriskt vilket påverkar primärenergitalet i mycket hög utsträckning.

En alternativ lösning för DVV som går att applicera är att en tappvarmvattenledning installeras med förvärrt tappvarmvatten genom att utnyttja överskottsvärme från värmesystemet. Om värmesystemskurvan har en lägsta returtemperatur vid dimensionerande vinterfall på 30 °C bör tappkallvattnet kunna förvärras till ca 27 °C. Detta skulle minska effektbehovet men samtidigt öka värmeförlusterna från tappvarmvattensystemet, men genom att den förvärmda tappvarmvattenledningen skulle hålla en lägre temperatur än ett konventionellt tappvarmvattensystem blir transmissionen mellan tappvarmvattenrör och omgivande ytor betydligt lägre. Inga beräkningar har genomförts för den lösningen inom ramen för denna förstudie, men det förslås utredas vidare om kravet på installerad el-effekt och viktningsfaktorn för el i framtida BBR-versioner sänks.

I lokalbyggnader med låg tappvarmvattenanvändning, till exempel tvättställ i WC-grupper, rekommenderas denna systemlösning.

6.5.1 DVV – Elektrisk tappvarmvattenberedare

En decentraliserad elektrisk tappvarmvattenberedare har i stort sett samma fördelar som en elektrisk genomströmningsberedare eftersom det inte kräver någon separat tappvarmvattenstam och individuell mätning är enkel. En fördel för en elektrisk tappvarmvattenberedare gentemot en elektrisk genomströmningsberedare är att den installerade effekten är avsevärt lägre och i ett i övrigt fjärrvärmewärmt hus bör den kunna rymmas inom dagens BBR-krav på installerad el-effekt. En elektrisk tappvarmvattenberedare öppnar även upp möjligheten att välja när tappvarmvattnet ska produceras eftersom vattnet ackumuleras i beredaren. Beredaren skulle t.ex. kunna styras på att prioritera ackumulering vid överskott av solcells-el eller att ackumulera värmen under nattetid, när belastningen på elnätet är låg. Detta är inget som utretts inom ramen för denna förstudie, men förslås att utredas vidare om det i framtida BBR blir en förändring av viktningsfaktorn för el beroende på när på dygnet elen används.

På samma sätt som för elektrisk genomströmningsberedare är metoden med förvämt tappvarmvatten applicerbar vid elektrisk tappvarmvattenberedare. Det minskar effektbehovet, men försämrar den totala energiprestandan på grund av transmissionsförluster genom tappvarmvattenröret i schakt och rörstråk.

Beräkningarna enligt avsnitt 4.6.1 visar att förlusterna från en tappvarmvattenberedare är relativt omfattande, och om man endast kollar på effektförlusterna så är detta system inte bättre än ett konventionellt system. Effektförlusterna kan visserligen utnyttjas bättre om de sker i lägenheterna istället för i schakt eller rörstråk i källare, men det finns samtidigt risk för övertemperaturer under de perioder när det inte är uppvärmningssäsong.

Notera att denna typ av installation behöver mer yta än grundfallen inom lägenheter eftersom utrymme för ackumulatortank krävs.

6.5.1 Frånluftvärmepump

En frånluftvärmepump placerad i lägenhet påverkar även de övriga tekniska installationerna i huset. I stället för ett centralt placerat ventilationsaggregat, alternativt ett lägenhetsaggregat, sker ventilationen via värmepumpen. Värmepumpen suger ut frånluft från lägenheten och tilluft tillförs via ventiler i fasad eller fönster. Värmepumpen producerar sedan värme och tappvarmvatten av energin i frånluften. De enda effektförlusterna som sker i tappvarmvattensystemet sker alltså i värmepumpens värmeberedare. Boverkets rekommenderade årsvärmefaktor för en frånluftvärmepumps tappvarmvattenproduktion är 1,7 enligt BBR (BBR29), vilket innebär att total energianvändning för tappvarmvatten är lägre än fallet med varmvattenberedare och genomströmningsberedare men förlusterna från varmvattenberedaren i värmepumpen antas vara densamma.

Övriga fördelar med en frånluftvärmepump i ett flerbostadshus är att de boende får större möjlighet att påverka inneklimatet efter egna preferenser.

En viktig aspekt att ta hänsyn till för denna systemlösning är att installationen behöver mer yta än grundfallen inom lägenheter eftersom utrymme för frånluftvärmepump inom lägenheten krävs.

Eftersom dagens energikrav (BBR29) har en hög viktningsfaktor på el och effektiviteten för återvinning av frånluftens energi i en frånluftvärmepump i dagsläget inte kan mätas sig med ett luftbehandlingsaggregat blir denna lösning i praktiken svår att applicera. Om framtida teknikutveckling på frånluftvärmepumpar förbättrar årsvärmefaktorn i värmepumpen kan det bli aktuellt att utreda denna lösning vidare.

6.5.1 DVV – Värmeväxlare mot värmesystem

Att producera tappvarmvatten med hjälp av värmeväxling mot värmesystemet är i Sverige en ovanlig systemlösning och kan ses som ett sätt flytta delar av undercentralen (tappvarmvattenväxlaren) från mörk BTA till lägenhetsplan. Flera fördelar har identifierats jämfört med ett konventionellt tappvarmvatten och VVC-system. Dels blir det väldigt få rör i schakt och rörstråk, vilket även innebär att legionellarisken på tappkallvatten minskar eftersom eventuell uppvärmning av tappkallvattnet från tappvarmvattenrör och VVC försvinner dels ett minskat behov av schakt.

Eftersom det blir ett totalt sett högre effektuttag på värmesystemet blir returtemperaturen lägre, vilket är positivt för både fjärrvärmvärmda och värmepumpsvärmda hus.

Med denna systemlösning finns det inte något tappvarmvattensystem att injustera, det blir dessutom färre rör att installera vilket förkortar installationstiden. Den leverantör projektgruppen har pratat med har ett helhetskoncept för sin lösning för decentraliserad tappvarmvattenproduktion. De hanterar både projektering och dimensionering, vilket underlättar projekteringen och byggskedet för projekt som väljer denna typ av tappvarmvatten- och värmesystem.

I fördelarskåpet finns utrymme för individuell mätning av tappvarmvattnet (och värmen).

Beräkningarna visar att energieffektiviteten, som i fallet med denna typ av lösning belastar värmesystemet istället för tappvarmvattensystemet, ger en besparing mellan 20–50 % beroende på vilken systemuppbyggnad som används.

Investeringskostnaden för denna typ av system ligger enligt leverantören något under eller i nivå med ett konventionellt tappvatten- och värmesystem.

Systemtypen lämpar sig i svenska förhållanden i första hand för nybyggnadsprojekt eftersom utrymme för fördelarskåp med värmeväxlare måste hanteras inom eller i direkt anslutning till lägenheter.

Notera att uppvärmningssäsongen i beräkningsfallet är 6000 h/år. Ett modernare hus har troligen en kortare uppvärmningssäsong och således ökar förlusterna från den ökade drifttiden i värmesystemet för nybyggda hus.

6.6 Ingen VVC och ingen VVC i schakt

Beräkningarna visar tydlig att det vid ett konventionellt tappvarmvattensystem inte är möjligt att på ett enkelt sätt frånga någon form av returledning.

Om istället separata rör installeras ifrån UC till fördelarskåp och rören dimensioneras för att klara de allmänna rekommendationerna visar beräkningarna att typhuset i denna förstudie, som är ett relativt stort hus, krävs en inre rördimension på max 8 mm, där ett tryckfall om 8 bar uppnås och en hastighet på 4 m/s krävs. Dessa tryckfall och denna hastighet är för höga för dagens utbud på komponenter, men är teoretiskt möjliga om det går att bygga ett system som klarar dessa specifikationer. Denna lösning saknar VVC-rör och har således ingen VVC-förlust, dock relativt höga spolmängder.

En annan variant som beräknats är hybridversionen av ett konventionellt VVC-system i källaren och ingen VVC i schakt. Beräkningarna visar att energianvändningen vid denna typ av system blir lägst av alla alternativ. Dessutom behålls tryckfall och hastigheter inom rimliga värden.

Extra viktigt att tänka på vid denna typ av lösning är byggnadens utformning och schaktplacering eftersom rördimensionen i större utformning påverkas av längd från tappställe till undercentral alternativt VVC-slinga. Även förväntat tappvarmvattenflöde med hänsyn till snålspolande blandare och antal tappställen i respektive lägenhet måste beaktas.

Kostnaden för att dra separata rör till respektive lägenhet från en VVC-slinga i källaren blir totalt sett något dyrare än ett konventionellt VVC-system genom att det blir en större materialkostnad i form av rör.

Eftersom detta system ger en bra energiprestanda bör fortsatta utredningar på denna systemlösning genomföras, förslagsvis med avsteg från de allmänna råden om 10 sekunders väntetid och 2 liter spolning, samt hur legionerisk hanteras om vattnet i något av de lodräta rören blir stillastående.

6.7 Misstag vid installation

Denna förstudie bekräftar att det inte är den allmänt vedertagna schablonen om 4-5 kWh/m² A_{temp} och år som används i energiberäkningar som är felaktig (för nybyggnadsprojekt) eftersom beräkningarna för grundfallen hamnar i den storleksordningen eller lägre. Det som visar sig ha störst påverkan är isoleringsmisstag, som t.ex. oisolerade rör i schakt eller genom byggnadskomponenter av betong. Det viktigaste för ett energieffektivt tappvarmvattensystem är alltså att isolering av rör utförs på ett korrekt sätt där även synliga kopplingsledningar, injusteringsventiler och flänsförband bör isoleras. Oavsett hur bra de lösningar är (som har någon form av cirkulerande tappvarmvatten) som beskrivs i denna förstudie, använder de stora mängder energi om isoleringen är bristfällig. Tjockleken på isoleringen har mindre betydelse än att tappvarmvattensystemet isoleras i hela sin längd. Förutom att korrekt monterad isolering bidrar till en låg energianvändning, minskar risken för uppvärmt tappkallvatten och legionellatillväxt.

7. Slutsats och rekommendationer

I följande avsnitt sammanfattas slutsatser och rekommendationer både med generella rekommendationer och rekommendationer baserat på vilken typ av projekt som ett tappvattensystem ska installeras.

7.1 Generellt

Bristfällig isolering är den största faktorn vid dåligt fungerande tappvarmvattensystem. De ger risk för hög energianvändning, långa väntetider på både tappkallvatten och tappvarmvatten, övertemperaturer i byggnader och ökad risk för legionella. Den första prioriteringen bör alltså vara att alla system som har en cirkulerande tappvarmvattenkrets isoleras korrekt. Vid beräkning av VVC-förlusterna bör hänsyn tas till köldbryggor i isoleringen, och som en följd av det minst 15 % adderas till transmissionen. Även tappkallvattnet bör isoleras rätt eftersom det minskar risken för varmt tappkallvatten och legionella.

Undvik långa horisontella dragningar från schakt. Dessa behöver inte påverka VVC-förlusterna men påverkar tappvarmvattenanvändningen, väntetider och risk för legionella negativt då det tar längre tid för rätt tempererat vatten att nå tappstället och risken för oavsiktlig temperaturökning eller minskning ökar.

Under byggskedet är det av avgörande betydelse att tappvatteninstallationerna besiktas innan de byggs in i stängda schakt eller gjuts in i betong.

Verifiering av energianvändningen för VVC-systemet utförs med fördel enligt Lågan rapporten Stegvis verifiering av delsystem – exempel VVC-system. 2020. P. Kempe.

7.2 Nybyggnad

Vid nybyggnad finns stora möjligheter att bygga ett energieffektivt tappvarmvattensystem med låg risk för legionella och med korta väntetider.

Ett sätt att helt eliminera VVC-systemets energianvändning är att inte ha något VVC-system. Därför rekommenderas nybyggnadsprojekt med ambitiösa energimål att använda sig av behovsstyrda tomrörssystem, typ 3E Flow. Eftersom detta är en relativt ny typ av systemlösning utan långtidsstudier finns viss osäkerhet kring energianvändning och driftsäkerhet på sikt.

Även de övriga systemen som VVCi, decentraliserad tappvarmvattenberedning med värmeväxling mot värmesystem och cirkulerande tappvarmvatten har en stor potential

att minska energianvändningen med bibehållet väl fungerande tappvarmvattensystem, och lägre eller likvärdig investeringskostnad.

Det är också viktigt att tidigt i projekteringen planera schaktlägen, placering av eventuellt fördelarskåp och tappställen så att schakt och horisontella dragningar kan hållas så lågt som möjligt. Detta ger förutom ett energieffektivt och bra tappvattensystem även bättre utnyttjande av ytorna i byggnaden.

7.3 Renoveringar

Vid ett stambyte finns det stora möjligheter att installera ett effektivt och säkert tappvarmvattensystem. Om varmvattenrören är i gott skick och avståndet från schakt till tappställen är relativt korta rekommenderas installation av ett VVCi-system eftersom det är mycket enkelt både i sin uppbyggnad och installation.

Även CVV har stor potential att förbättra tappvarmvattensystemets energiprestanda. Är det befintliga tappvarmvattensystemet i gott skick men uppbyggt med mycket böjar, vilket kan försvåra en installation av VVCi, kan CVV vara rätt lösning.

Både CVV och VVCi är ekonomiska och driftsäkra system som påverkar de boende endast i liten utsträckning och kräver lite material. I samband med stambyte rekommenderas att det säkerställs att isolering av tappvarmvattenrör sker på ett korrekt sätt och med erforderlig isolertjocklek för att minimera effektförluster från rören.

Vid långa horisontella dragningar mellan schakt och tappställen, i t.ex. mellanbjälklag av betong, föreslås utredningar för kompletterande schaktlägen.

7.4 Förslag på fortsatta studier

- Det system som är förknippat med bäst potential när det gäller ett enkelt och robust system med mycket bra energiprestanda är att inte installera någon VVC alternativt att VVC endast installeras i en liten del av byggnaden (t.ex. källare om det finns). Systemet ger korta väntetider och liten spolmängd av tappvarmvatten. Vi föreslår en vidare analys av denna systemlösning för att utreda om den är möjlig att genomföra med dagens regelverk även i lite större byggnader som t.ex. typhuset i denna förstudie. Utredningen bör innefatta hur höga hastigheter i tappvarmvattenrör kan accepteras utan att skadliga tryckslag uppstår i rören.
- Fördjupade ekonomiska och miljömässiga studier, som LCC- och LCA-kalkyler bör genomföras för samtliga analyserade system i denna förstudie.

- Fördjupade beräkningar av hur väntetider inverkar på energi- och vattenanvändningen bör studeras med ingående.

8. Referenser

BeBo, Bengt Bergqvist (Bengt Bergqvist Energianalys AB). 2015, Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus – mätningar i 12 fastigheter

Belok, Bengt Bergqvist (Bengt Bergqvist Energianalys AB). 2015, Kartläggning av VVC-förluster i kontor och lokaler – mätningar i 11 byggnader

Belok, Josep Termens (CIT Energy Management). 2017, Energieffektiva tappvarmvattensystem i lokaler

Isoleringsfirmornas förening, Johan Gustafsson, Johan Sjölund. 2020, Branchstandard Teknisk Isolering Utg 1.01

KTH, Malin Alros. 2015, Energikartläggning av VVC-system i flerbostadshus

LÅGAN, Per Kempe. 2021, Stegvis verifiering av delsystem – exempel VVC-system

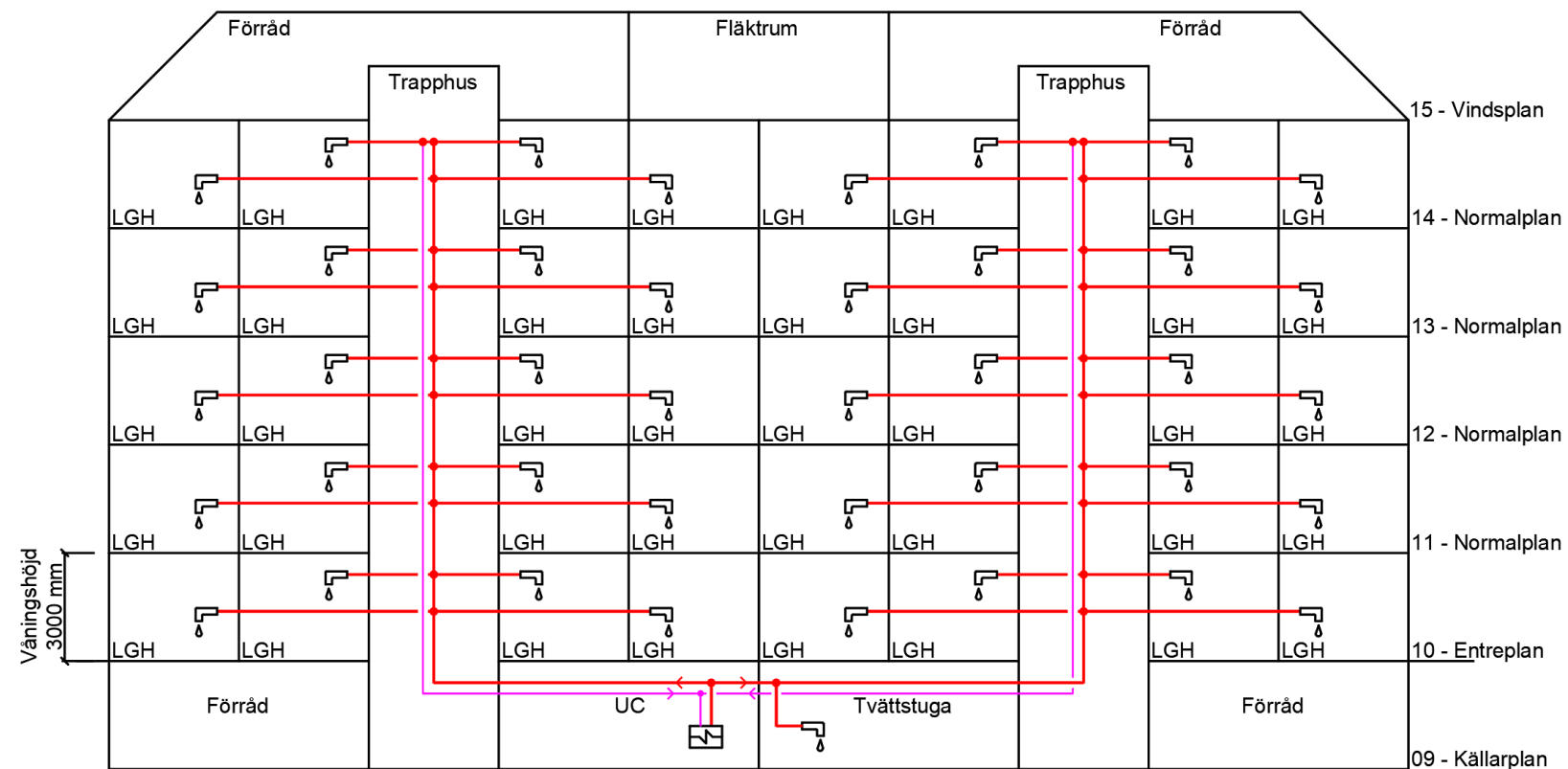
SBUF, Stephen Burke (NCC), Jonatan von Seth (GK), Magnus Wiktorsson (LTH), Tomas Ekström (NCC), Christoffer Maljanovski (NCC). 2021, Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus'

SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, Åsa Wahlström, Roger Nordman, Ulrik Pettersson, 2008, Mätning av kall- och varmvatten i tio hushåll.

Svensk Byggtjänst, Dan Öhman. 2017, Jämförelse av värmeförluster från VVC lösning respektive varmvattenberedare

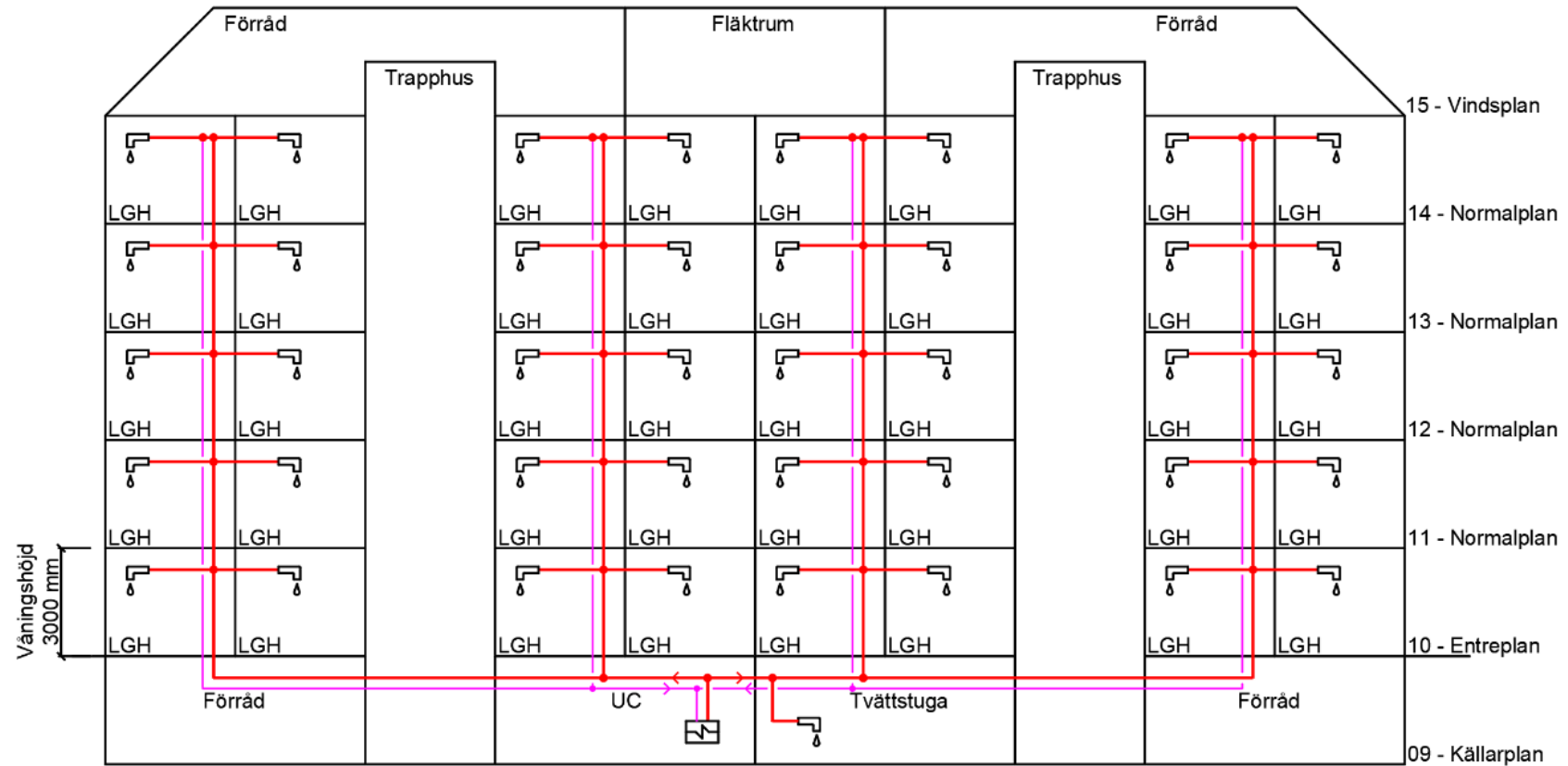
Bilaga 1 - Flödesbilder

Grundfall 1, schakt i trapphus



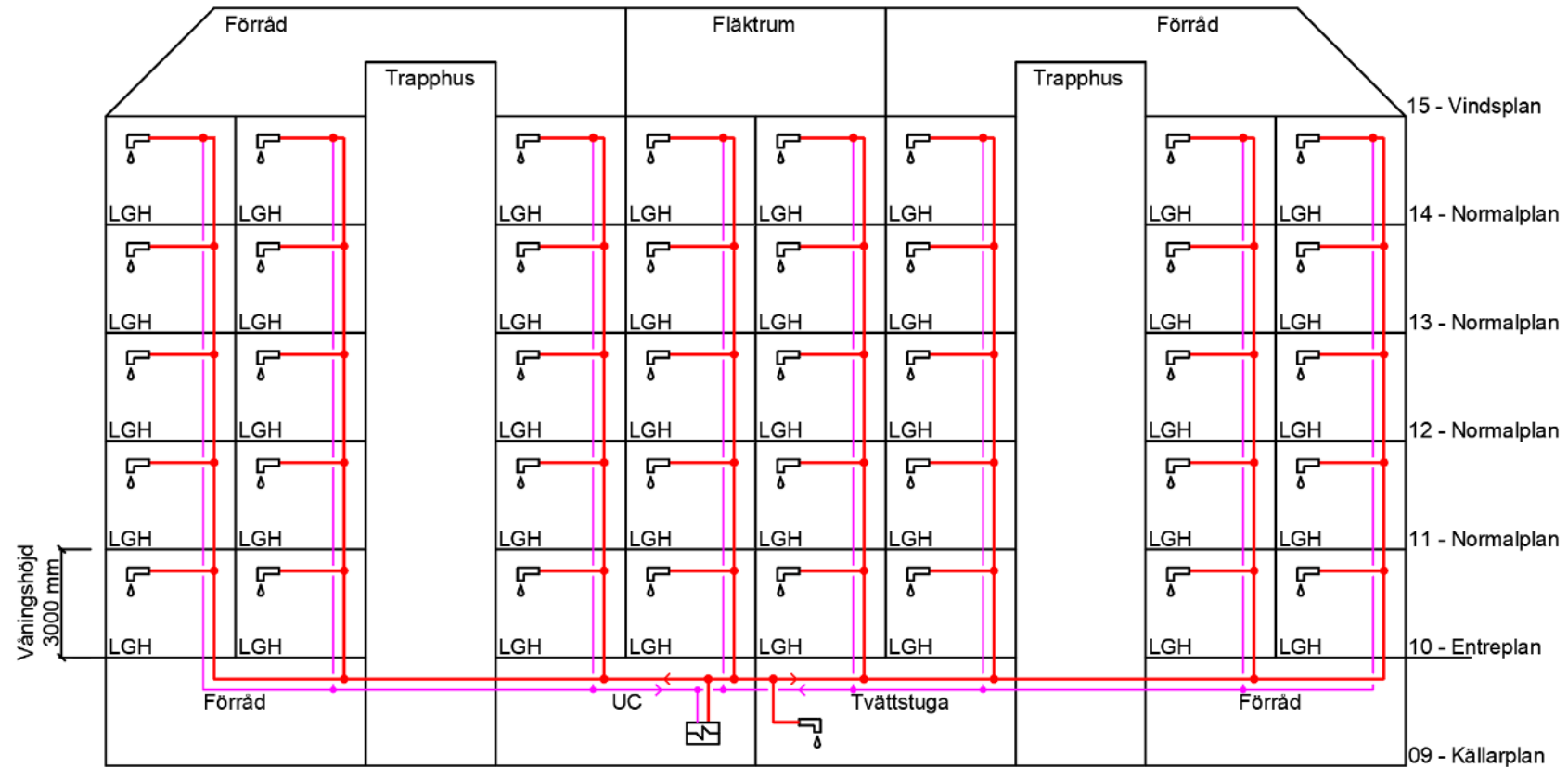
Figur 9, flödesbild grundfall 1 - schakt i trapphus

Grundfall 2, två lägenhetsschakt per trapphus



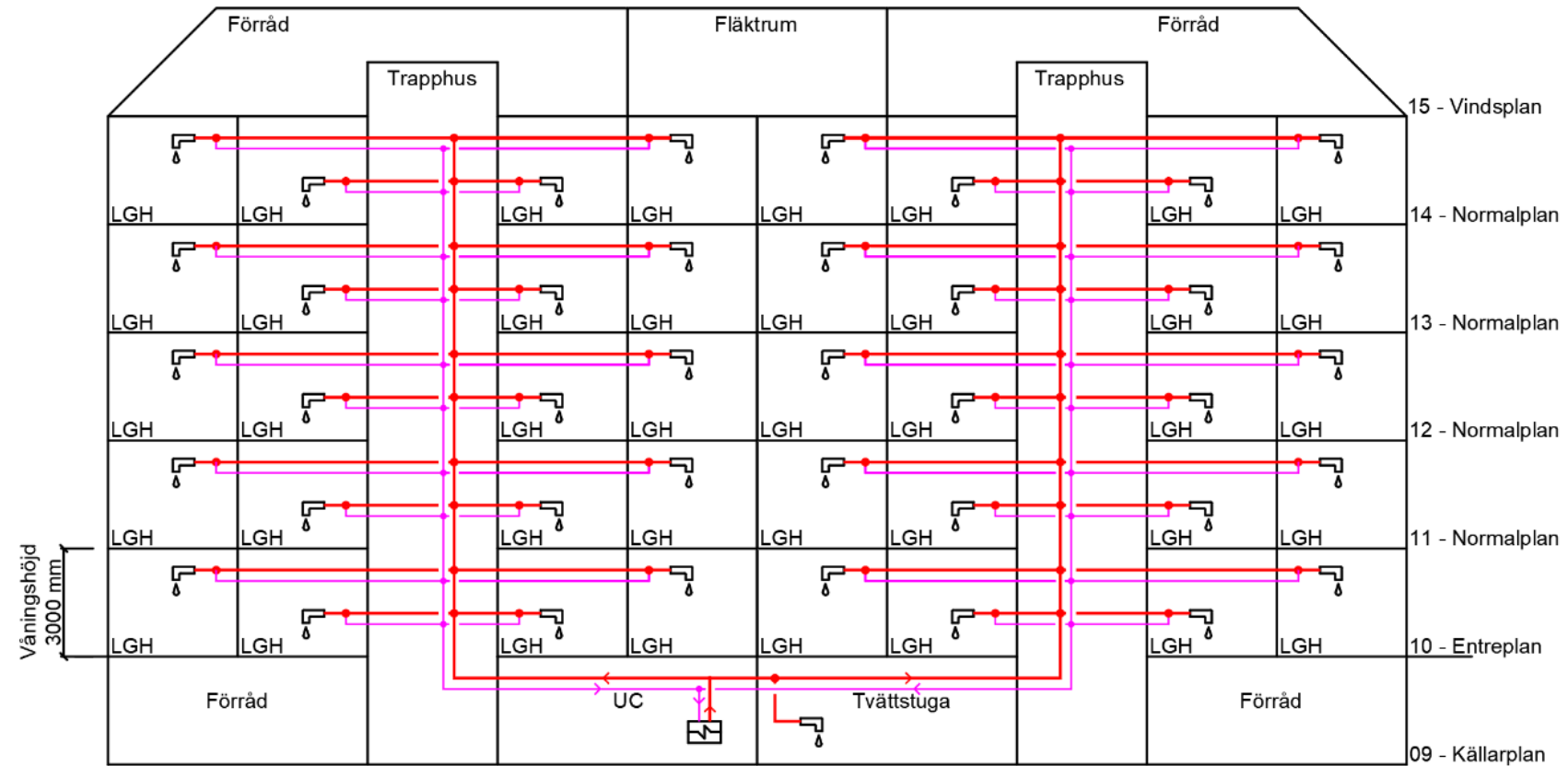
Figur 10, flödesbild grundfall 2 - två lägenhetsschakt per trapphus

Grundfall 3, fyra lägenhetsschakt per trapphus



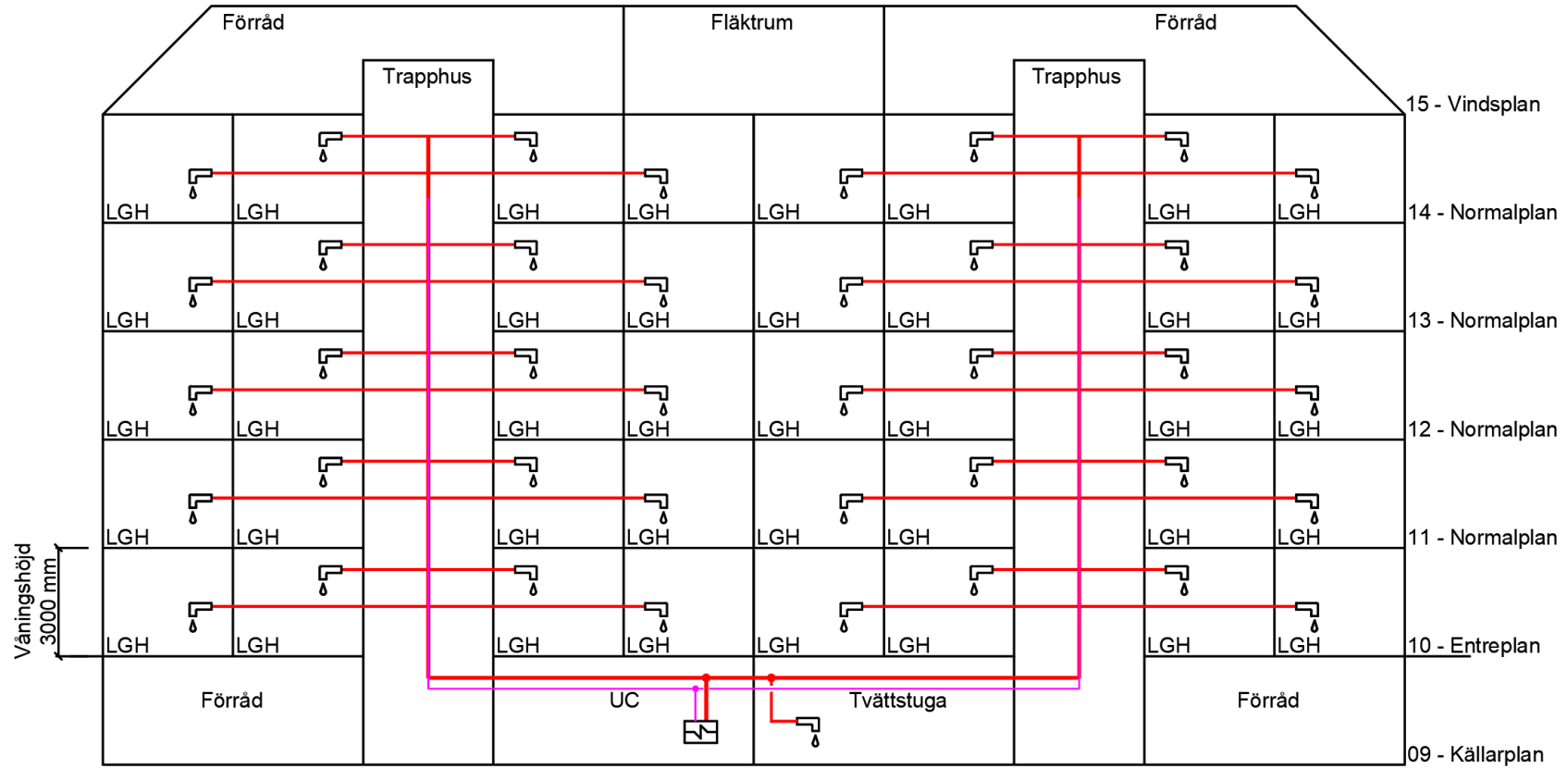
Figur 11, flödesbild grundfall 3 – fyra lägenhetsschakt per trapphus

Grundfall 4, schakt i trapphus med horisontell VVC till respektive lägenhet



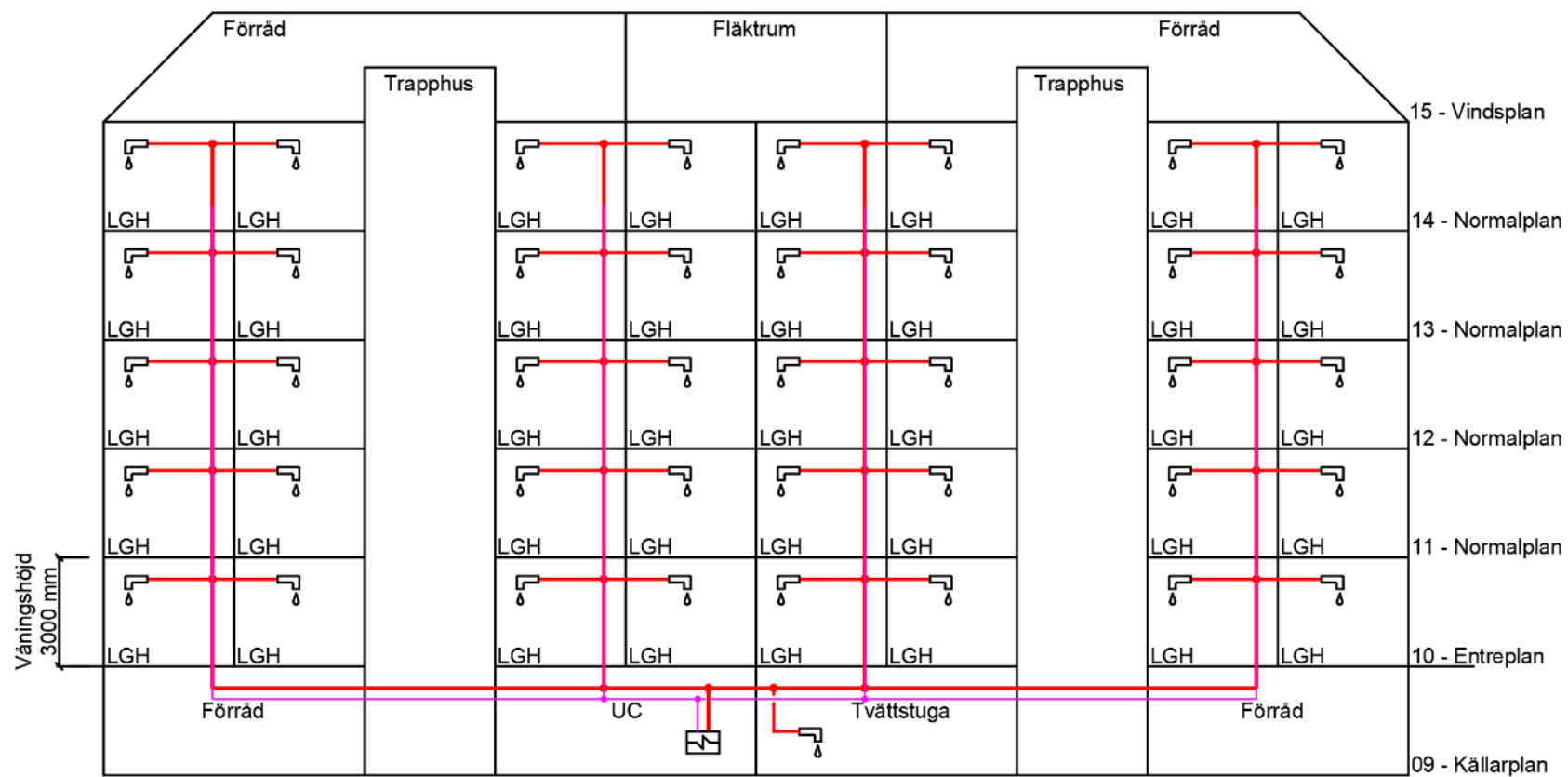
Figur 12, flödesbild grundfall 4 - schakt i trapphus med horisontell VVC till respektive lägenhet.

VVCi fall 1, schakt i trapphus



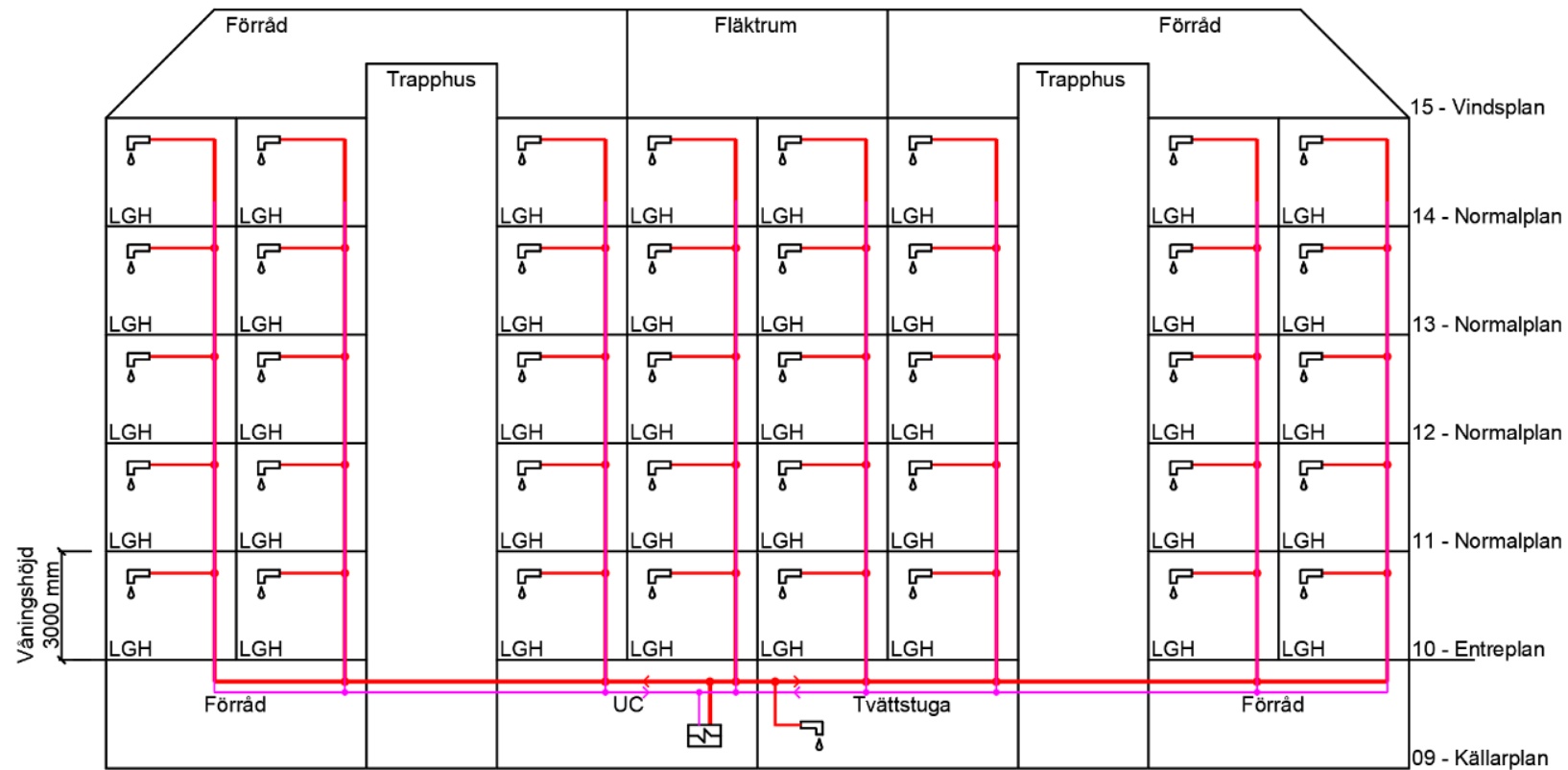
Figur 13, flödesbild VVCi - schakt i trapphus.

VVCi fall 2, två lägenhetsschakt per trapphus



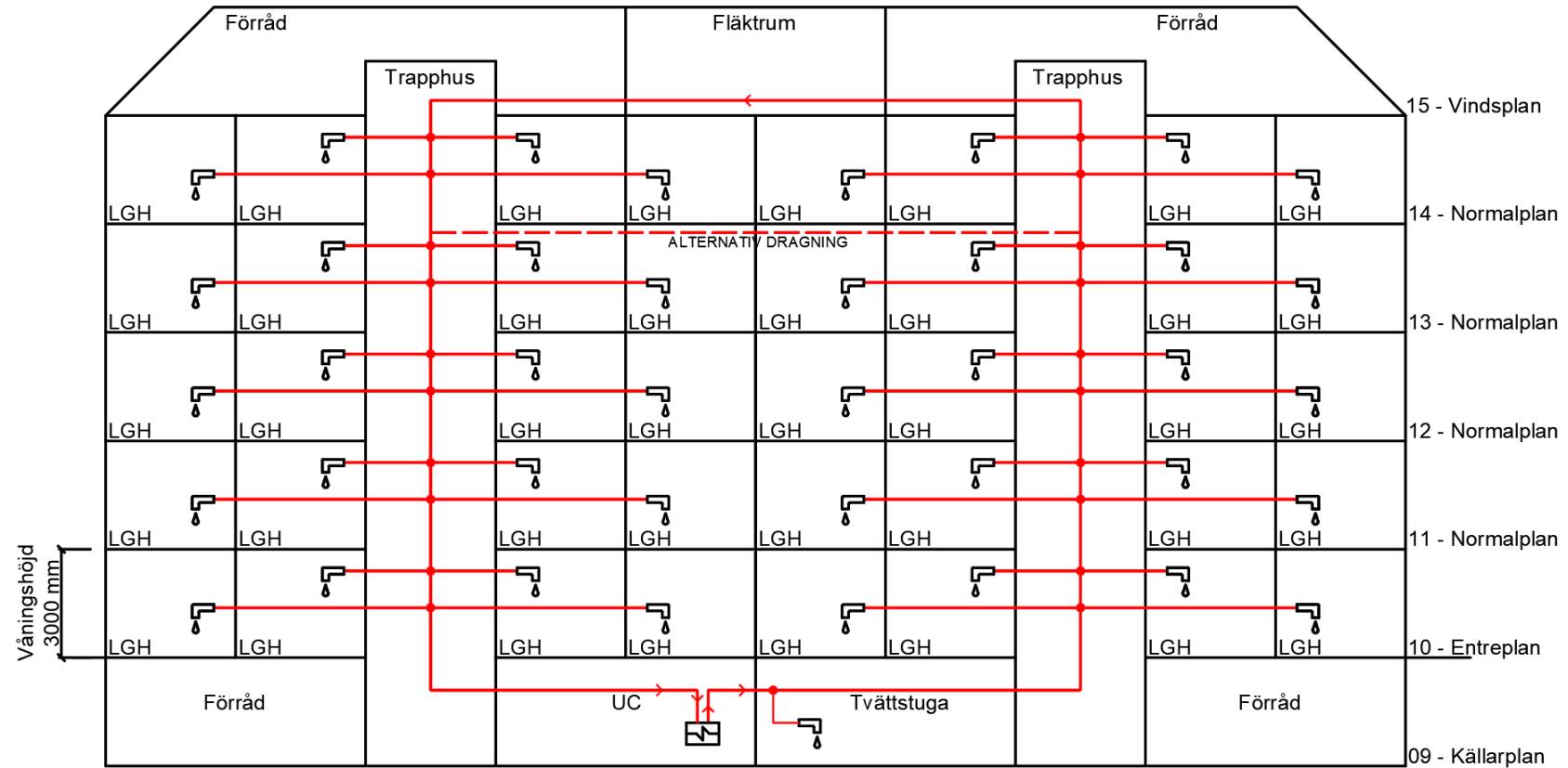
Figur 14, flödesbild VVCi - två lägenhetsschakt per trapphus

VVCi fall 3, fyra lägehetsschakt per trapphus



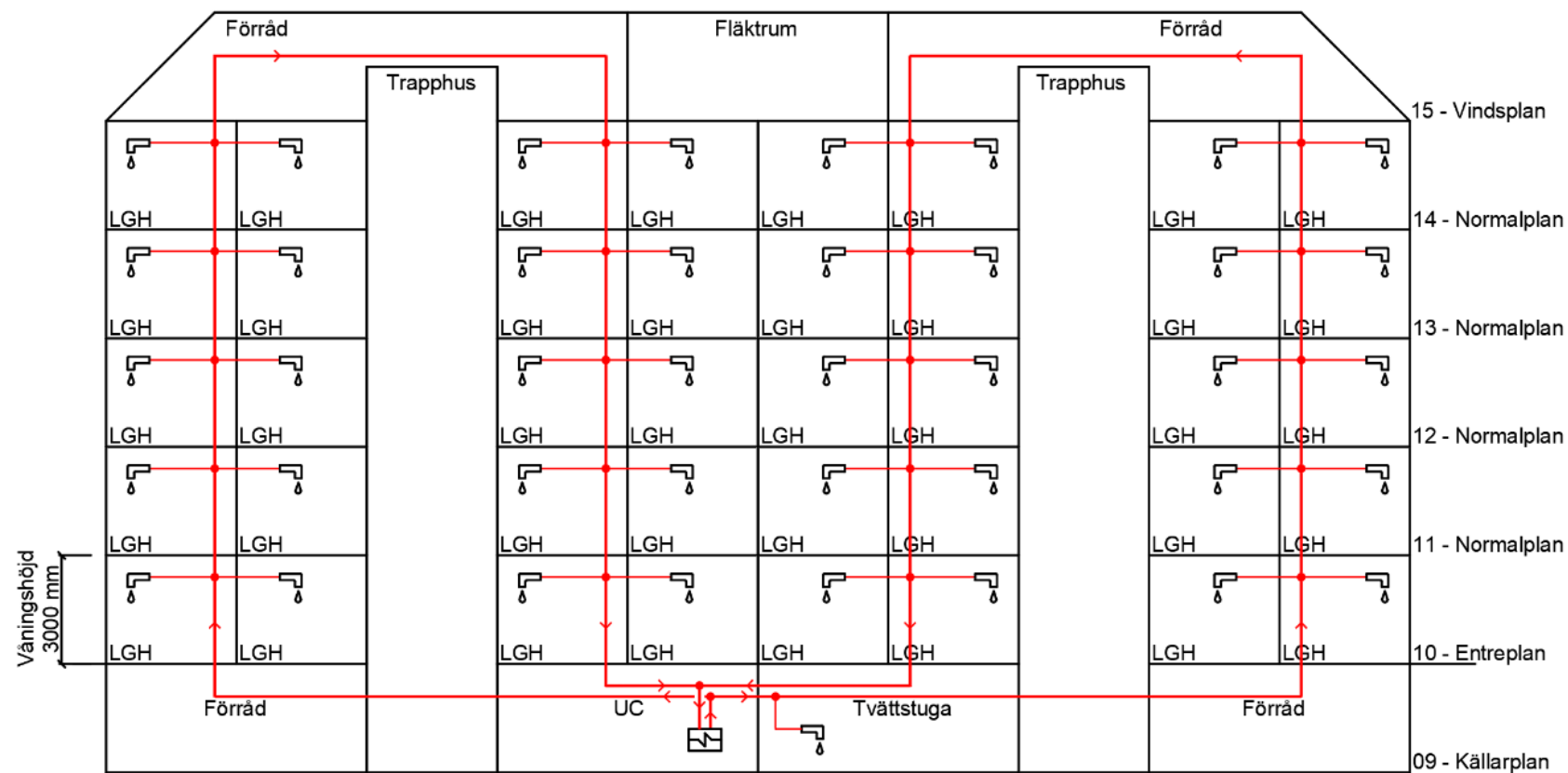
Figur 15, flödesbild VVCi - fyra lägenhetsschakt per trapphus.

CVV fall 1, schakt i trapphus



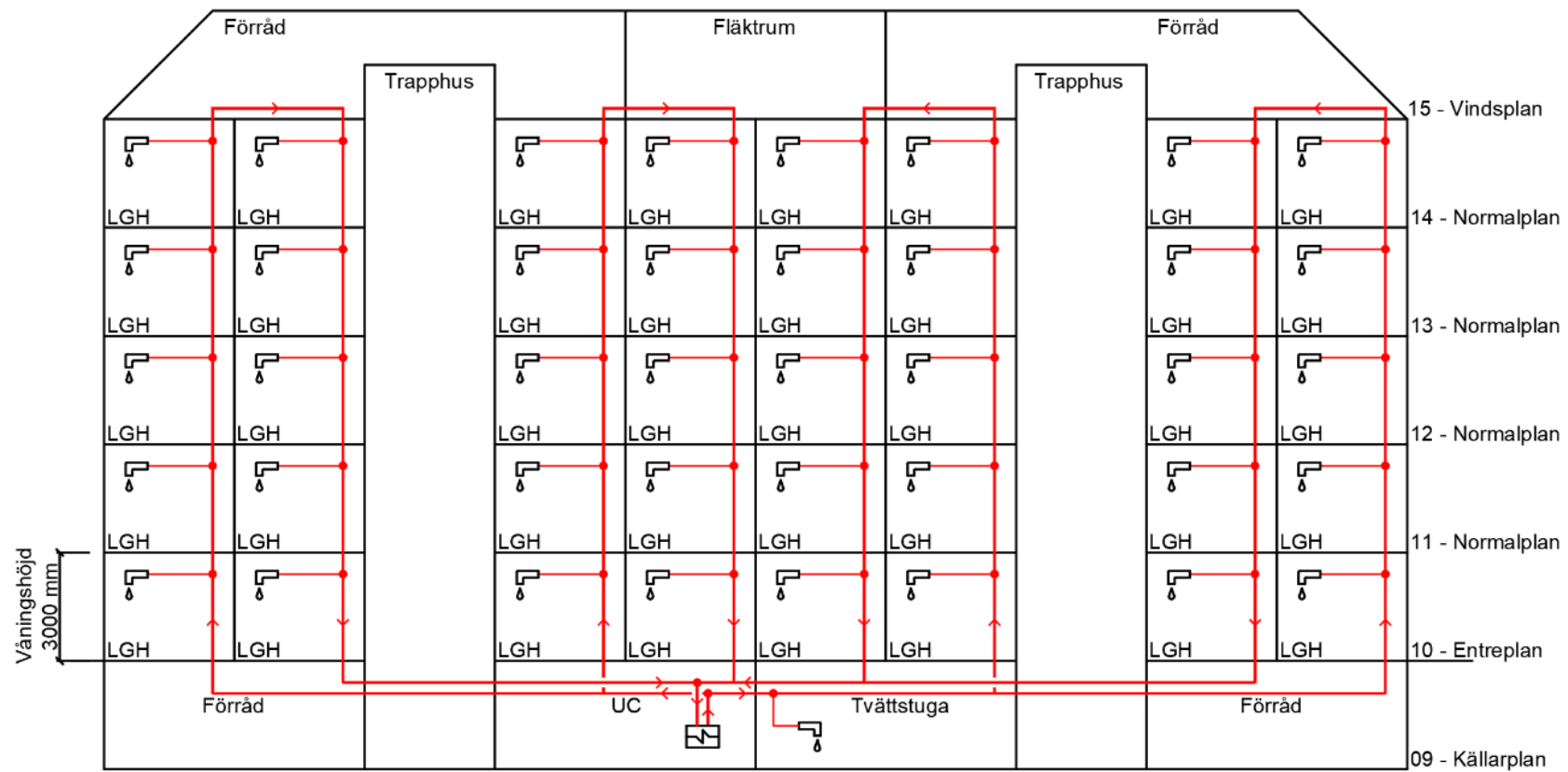
Figur 16, flödesbild CVV - schakt i trapphus.

CVV fall 2, två lägenhetsschakt per trapphus



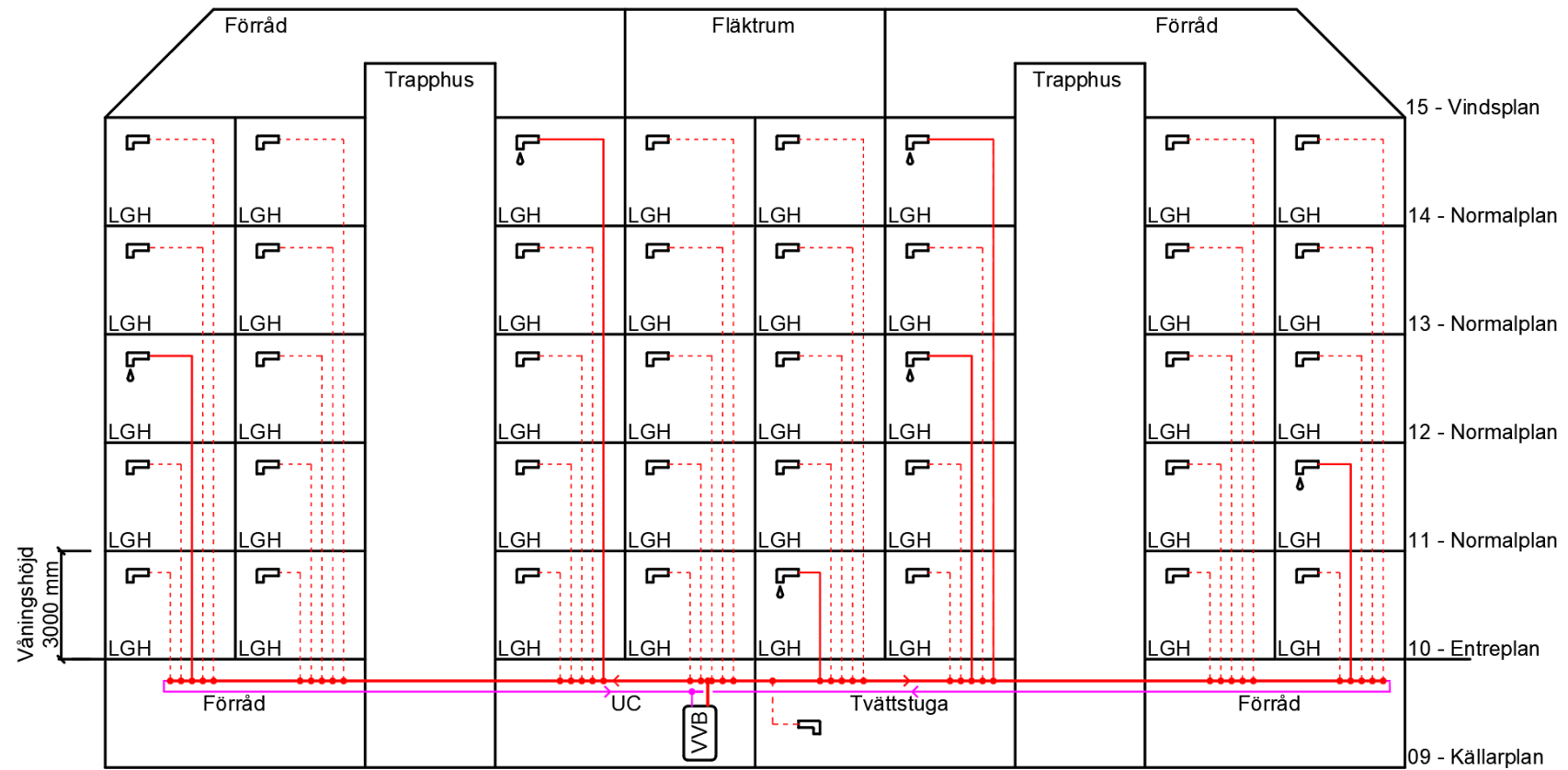
Figur 17, flödesbild CVV - två lägenhetsschakt per trapphus

CVV fall 3, fyra lägenhetsschakt per trapphus



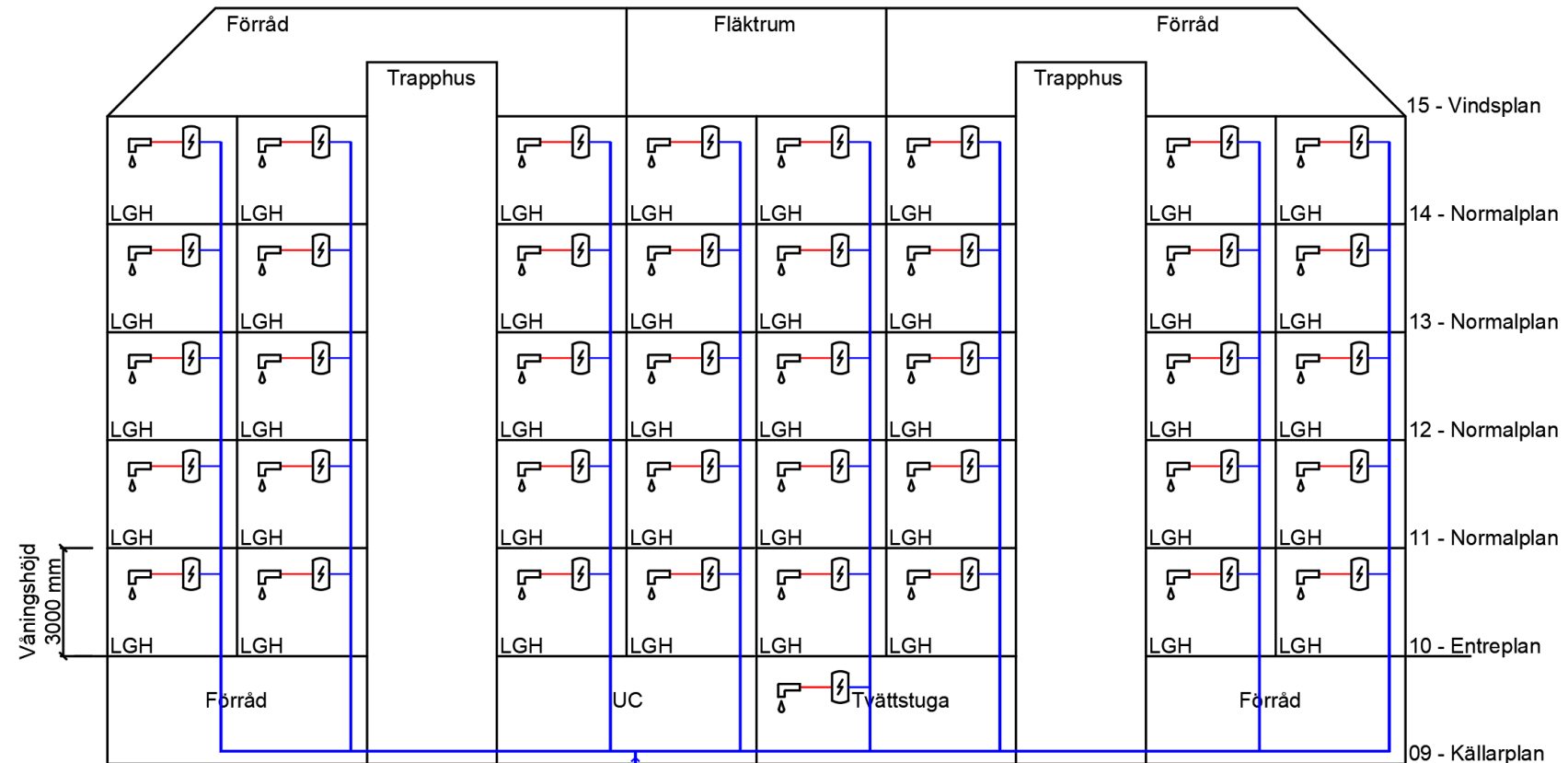
Figur 18, flödesbild CVV - fyra lägenhetsschakt per trapphus

3E Flow



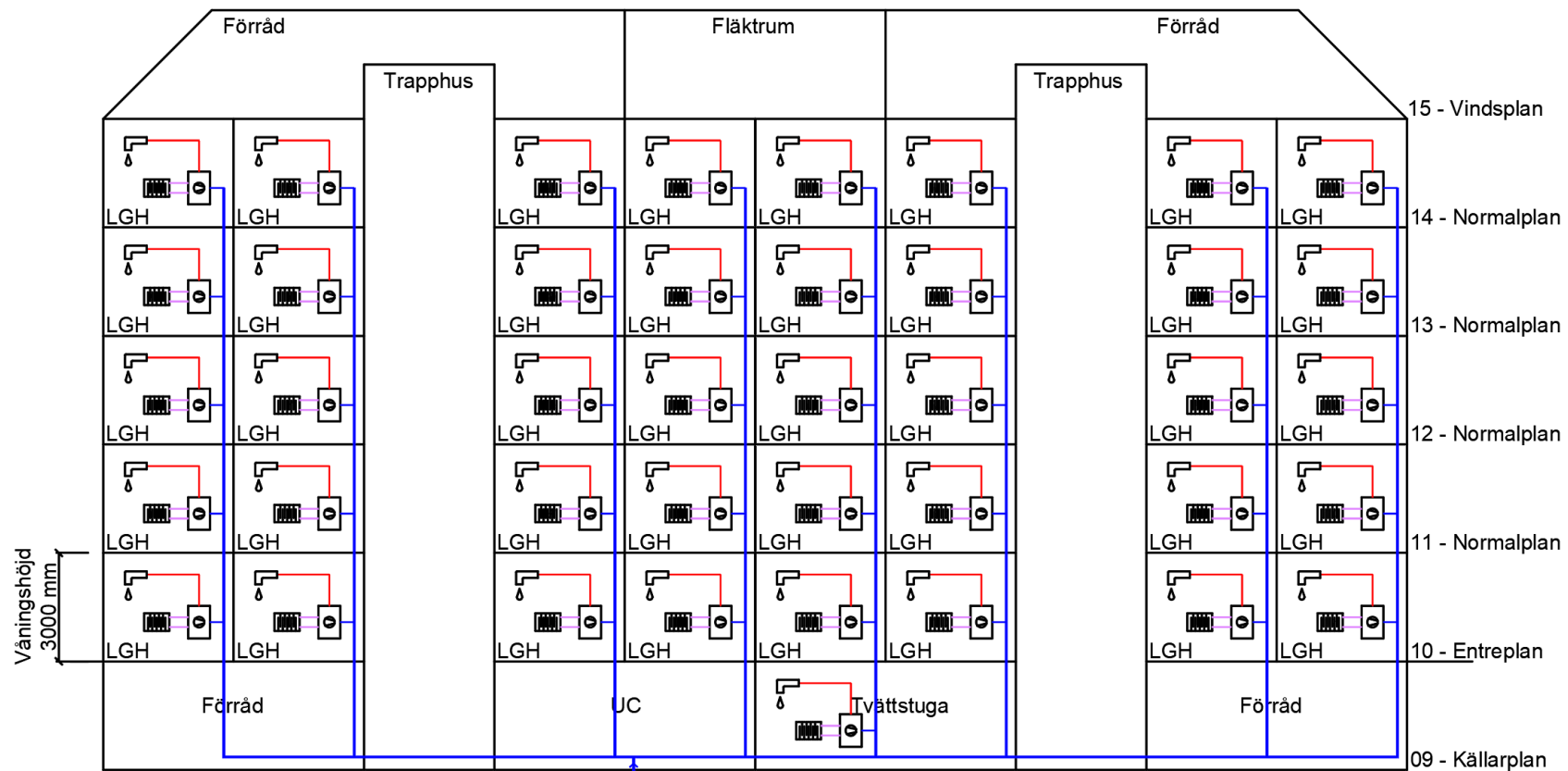
Figur 19, flödesbild 3E Flow

DVV, elektrisk tappvarmvattenberedare alternativt elektrisk genomströmningvärmare



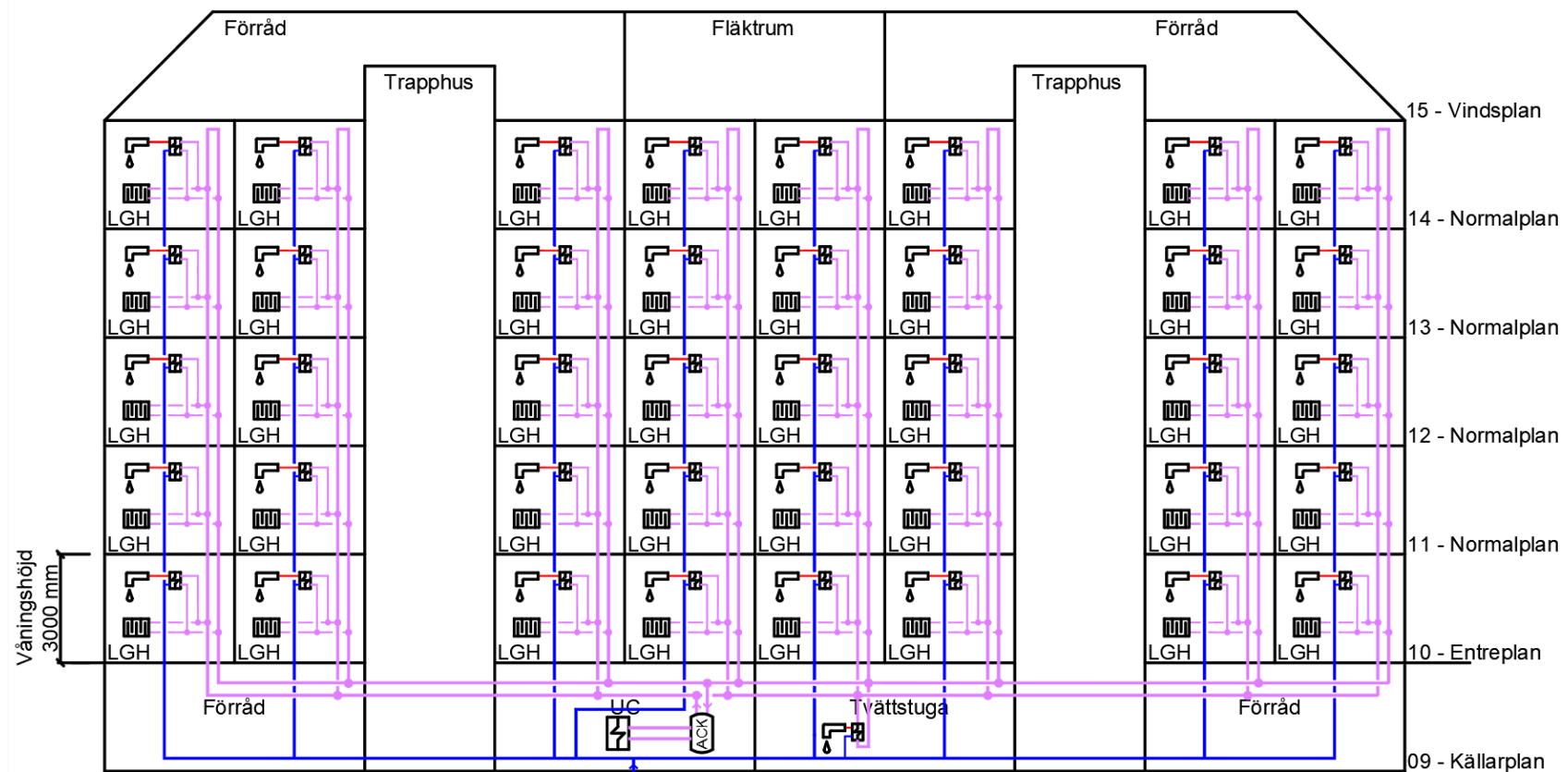
Figur 20, flödesbild DVV - elektrisk tappvarmvattenberedare alternativt elektrisk genomströmningvärmare.

DVV, frånluftvärmepump



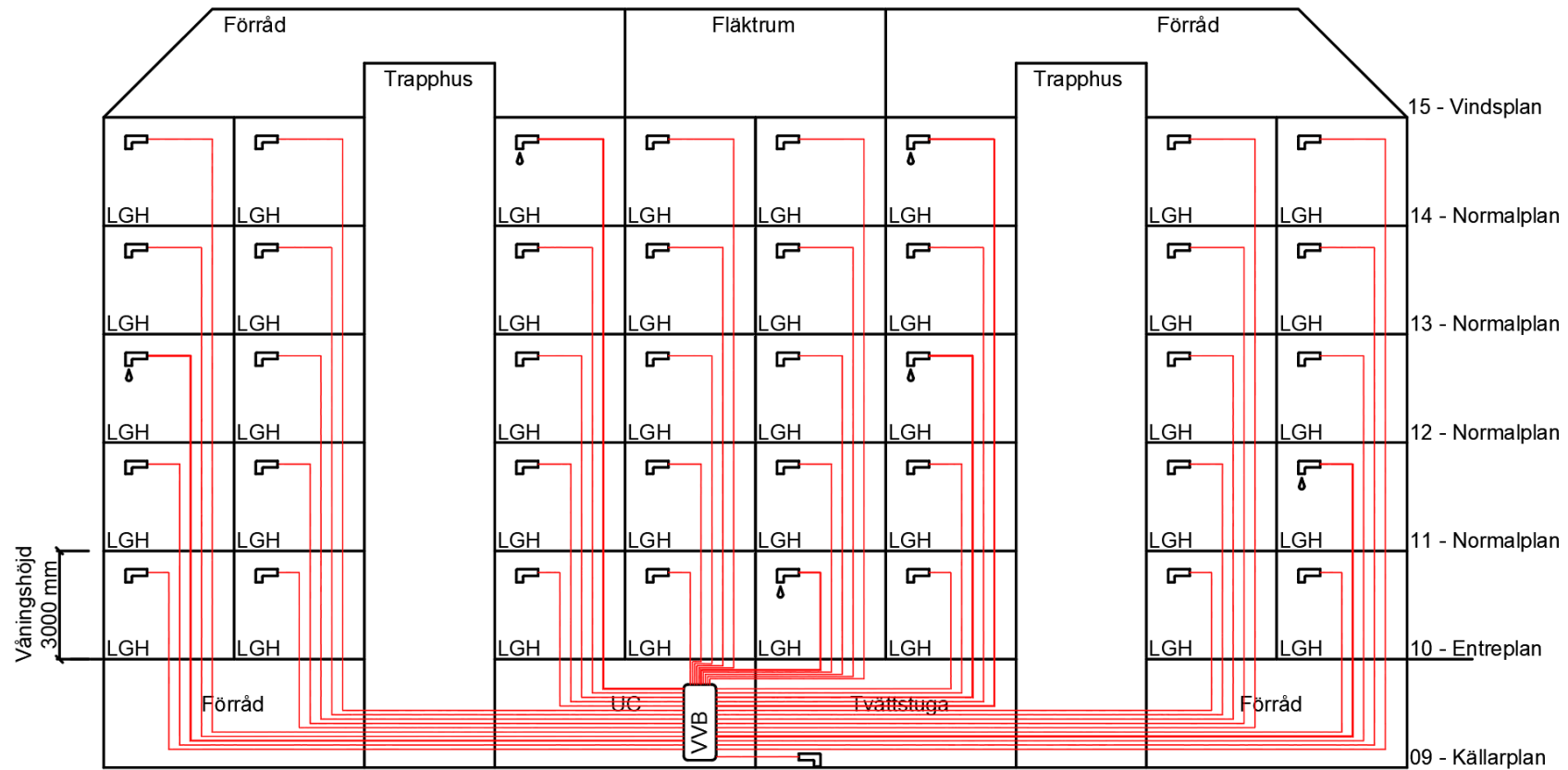
Figur 21, flödesbild DVV – frånluftvärmepump.

DVV fall 3, värmeväxlare mot VS-system



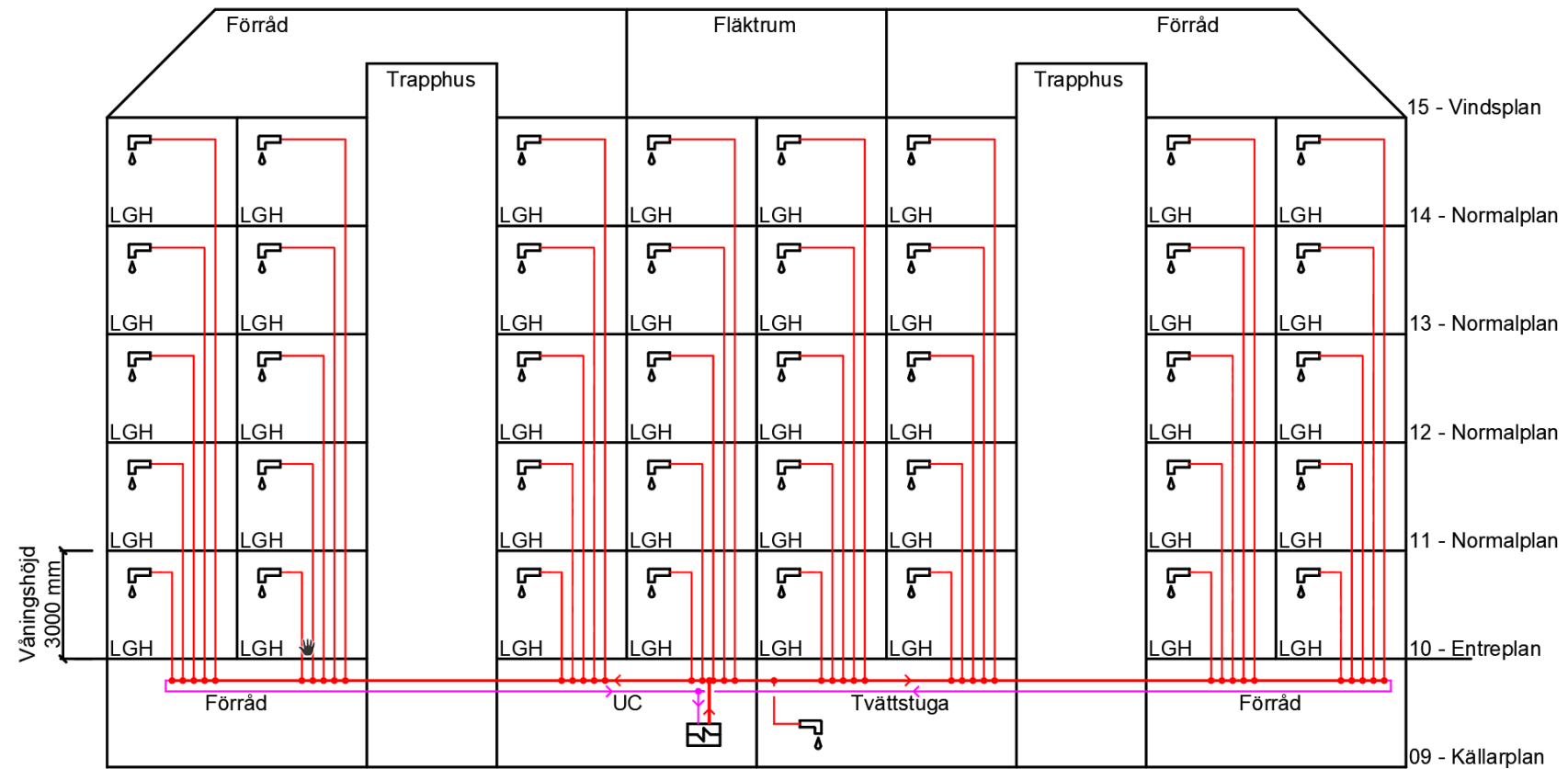
Figur 22, flödesbild DVV - värmeväxlare mot VS-system.

Ingen VVC – tappvarmvattensystem med hög hastighet utan returledning



Figur 23, följedesbild ingen VVC – tappvarmvattensystem med hög hastighet utan returledning

Ingen VVC i schakt, fall 3



Figur 24, flödesbild ingen VVC i schakt

Bilaga 2 - Beräkningar

I denna bilaga redovisas hur beräkningar för de olika systemalternativen har genomförts.

Grundfall

För beräkning av effektförluster har rördimensioner enligt Tabell 30 använts för grundfallen.

Tabell 30. Rördimensioner för de olika grundfallen.

Rördimensioner Plaströr	Grundfall 1 Schakt i trapphus		Grundfall 2 & 3 Två/Fyra schakt per trapphus		Grundfall 4 Schakt i trapphus med horisontell VVC till resp. lägenhet	
	VV	VVC	VV	VVC	VV	VVC
Plan 0 tr	32 x 2,9	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5	32 x 2,9	22 x 3,0
Plan 1 tr	32 x 2,9	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5	32 x 2,9	18 x 2,5
Plan 2 tr	32 x 2,9	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5	32 x 2,9	18 x 2,5
Plan 3 tr	25 x 2,3	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5
Plan 4 tr	25 x 2,3	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5	25 x 2,3	15 x 2,5
Källarplan						
Schakt till schakt	-	-	25 x 2,3	15 x 2,5	-	-
Schakt till undercentral	32 x 2,9	15 x 2,5	32 x 2,9	15 x 2,5	32 x 2,9	22 x 3,0

Att rördimensionen på VVC-rören i grundfall 4 är större än de andra grundfallen beror på att det antas sitta en reglerventil till varje lägenhet med minsta flöde på 16 l/h. För grundfall 1, 2 och 3 finns endast en reglerventil per stam.

Effektförluster tas fram från Parocs beräkningsprogram calculus för olika isoleringstjocklekar, rördimensioner och medietemperaturer. Omgivande temperatur är satt till 20°C på våningsplan och källarplan samt 18°C på vinden. Paroc Hvac Selection AluCoat T används som isolering. Beräkningsprogrammet anger effektförlust per meter rör. Effektförluster anges i tabell nedan.

Tabell 31. Effektförlust per meter rör vid omgivande lufttemperatur på 20 °C (18°C)

Rördimension	Effektförlust [W/m]		Isoleringstjocklek [mm]
	Varmvatten [55 °C]	VVC [52 °C]	
PE/PEX-rör			
32 (rörtjocklek 2,9)	5,5 (5,8)	4,7	40
25 (rörtjocklek 2,3)	4,8 (5,1)	4,1	40
22 (rörtjocklek 3,0)	4,5	3,8	40
18 (rörtjocklek 2,5)	5,4	4,6	20
15 (rörtjocklek 2,5)	4,9	4,2	20

För framtagande av rörlängd mättes avstånd upp i plan och sektionsritning.

Avstånd våningsplan:	3 m	(samtliga grundfall)
Avstånd schakt till schakt:	15 m	(grundfall 2 och 3)
Avstånd schakt-undercentral:	12 m	(grundfall 2 och 3)
Avstånd schakt-undercentral:	20 m	(grundfall 1 och 4)
Avstånd schakt-vändpunkt lägenhet:	6 m	(grundfall 4)

Energianvändningen beräknas utifrån systemets totala effektförlust och antalet timmar på ett år (8760 timmar/år). För beräkning av energianvändning per m² A_{temp} [kWh/m²,år] används huset uppmätta uppvärmda area på 5922 m². Totalt finns 40 lägenheter i huset.

VVCi

Effektförlust beräknas endast på varmvattenrör i stammar eftersom VVC-rör ligger i varmvattenröret. Stammen dimensioneras en storlek större än grundfall. I källarplan är rördragningar och förluster samma som i grundfall.

CVV

Effektförlust beräknas endast på varmvattenrör i stammar eftersom det inte finns VVC-rör. Stammen dimensioneras en storlek större än grundfall. I källarplan är rördimensioner samma som i grundfall. CVV-varmvattenrör får rördimensioner enligt tabellen nedan.

Tabell 32: rördimensioner vid CVV

Rördimensioner Plaströr	Grundfall 1 Schakt i trapphus	Grundfall 2 Två schakt per trapphus	Grundfall 3 Fyra schakt per trapphus
	VV	VV	VV
Plan 0 - 3tr	32 x 2,9	25 x 2,3	32 x 2,9
Plan 4 tr-vind -4 tr	32 x 2,9	25 x 2,3	25 x 2,3
Plan 4 tr – 2 tr	32 x 2,9	25 x 2,3	25 x 2,3
Plan 1 tr – 0 tr	25 x 2,3	25 x 2,3	25 x 2,3
Källarplan	25 x 2,3		32 x 2,9
Schakt till schakt	-	25 x 2,3	-
Schakt till undercentral	32 x 2,9	32 x 2,9	32 x 2,9

Sträckan mellan schakten (rördragning upp på vindsplan för anslutning) är:

Grundfall 1 40 meter

Grundfall 2 15 meter

Grundfall 3 3 meter

3E Flow

3E-Flow har ingen varmvattencirkulation och därmed ingen effektförlust från varmvattencirkulation. Däremot behöver varmvatten pumpas tillbaka ner i källarplan efter tappvattenarmatur stängts av. Indata på pumpkraft eller drifttid per tömning har ej erhållits men antagits enligt värdena i nedanstående tabell i beräkningarna.

Tabell 33:indata på pumpkraft som använts i beräkningar.

Pumpeffekt	30 W
Tappningar per lägenhet och dygn	31 st
Drifttid pump/tappning	20 sek

I källarplan finns det cirkulation på varmvatten. Effektförlusterna i källarplan beräknas bli desamma som för grundfallen.

Beräkning av rörmängd utgår ifrån att varje lägenhet har ett eget rör från källarplan. Tabellen nedan visar uppställning av rörsträckor per lägenhet, våningsplan och i källarplan.

Tabell 34: Antal rörmetrar till respektive lägenhet

		Grundfall 1 & 4		Grundfall 2 & 3	
Rörlängd till lgh	Antal lägenheter	Meter rör/lägenhet	Meter rör totalt	Meter rör/lägenhet	Meter rör totalt
0 tr	8	9	72	3	24
1 tr	8	12	96	6	48
2 tr	8	15	120	9	72
3 tr	8	18	144	12	96
4 tr	8	21	168	15	120
Källarplan		VV	VVC	VV	VVC
Schakt - UC		40	40	54	54
Schakt mittlägenhet till UC					
Schakt hörnlägenhet till UC					
Totalt			680		468

DVV - Effekter

För beräkning på el-effekt vid installering av olika typer av decentraliserad varmvattenproduktion med el togs indata in på märkeffekt för några produkter för de olika typerna. Följande produkter valdes:

Genomströmningberedare:	Clage DBX 18 Next
Elberedare	Atlantic Steatit Cube V 100
Frånluftsvärmepump	Nibe 750

DVV - Elberedare

För varje lägenhet behövs en varmvattenberedare med en ackumulatortank för att klara större tappningar. Energimyndighetens jämförelse av olika ackumulatortankar används som beräkningsunderlag för förluster från ackumulatortanken. Där ett medelvärde av förluster tas fram för ackumulatortankar som levererar mellan 100-200 liter 40°C varmvatten. Medelvärdet blir 456 kWh/år, lägenhet. I typhuset finns totalt 40 lägenheter.

DVV - Värmepump

För varje lägenhet finns en frånluftsvärmepump med ett COP på 1,7 för varmvattenproduktion. I övrigt är beräkningsförutsättningarna samma som för DVV-Elberedare.

DVV – Värmeväxlare mot VS-system

I beräkning används en växlare i varje lägenhet som växlar om ett hetvattensystem som är husets VS-system (värmesystem). Effektförluster i själva varmvattensystemet anses bli noll i denna beräkning men total energianvändning i värmesystem kommer öka jämfört med om det endast används för uppvärmning. Förutsättningar och förändringar i VS-systemet när varmvattenberedning inkluderas är:

- Beräkningsförutsättning: VS-schakten är placerade på liknande vis som för respektive grundfall men att rördimensioner är en storlek större.
- Beräkningsförutsättning: Förluster från ackumulatortank i undercentral läggs på tappvarmvattenförluster.
- Beräkningsförutsättning: uppvärmningssäsong är 6 000 timmar/år.
- Beräkningsförutsättning: rördimensionerna antas vara en dimension större än i grundfallen.
- Förändring: ökade värmeförluster i rörsystem sker enbart på tilloppsrikt.
- Förändring: VS-systemets genomsnittstemperatur på framledningen ökas från 40 °C till 58 °C.
- Förändring: Värmesystemet behöver vara i gång även när det inte är uppvärmningssäsong.

Skillnader av effektförlust på VS-systemet när värmeväxlare för uppvärmning av varmvatten installeras beräknas tillfalla varmvattensystemet.

Rörstammarna placeras i trapphus och beräknas ha en dimension större än i grundfall vara 40x3,7, från stam in i lägenheterna beräknas en rördimension på 32x2,9.

Indata för beräkningar anges i tabell nedan.

Tabell 35: Indata för beräkning av DVV- växlare mot värmesystem.

Effektförlust	
Plaströr 40x3,7 mm (ersätter 32 rör), medietemp 40 °C / 58 °C	3,4 / 6,8 W/m
Plaströr 32 mm, medietemp 40 °C / 58 °C	3,0 / 6,0 W/m
Förluster ackumulatortank	300 W
Drifttid uppvärmningssäsong	6 000 timmar/år
Drifttid efter uppvärmningssäsong	2 760 timmar/år

Effektförlusterna i ackumulatortank beräknades utifrån en cirkulärbehållare med samma dimensioner som ett 300 liters kärl från Armatec,

BERÄKNINGAR

☒ Beräkna värmeförlust
☐ Beräkna energianvändning
☐ Beräkna tid till sluttemperatur

MATERIAL

Vägg material
 Stål
 Tjocklek
 2 mm

DIMENSIONER

Höjd
 2120 mm
 Ytterdiameter
 1180 mm

MEDIA

Vägg media
 Vatten
 Medietemperatur
 58 °C

OMGIVNING

Omgivning
 Inomhus
 Omgivande temperatur
 20 °C
 Vindhastighet
 0 m/s
 Relativ fuktighet
 50 %
 Isoleringsklass (RTi)
 R 1

VAL AV ISOLERING

Redigera tak Redigera sida Redigera botten

+ LÄGG TILL ISOLERSKIKT

PAROC Pro Wired Mat (WR) 80 Comfort 100 mm 22.1 °C

☐ Ingen isolering

RESULTAT

Resultat för behållare		Resultat för tak	
Värmeförlust isolerad	24.5 W/m²	Värmeförlust isolerad	13.8 W/m²
Värmeförlust oisolerad	301 W/m²	Värmeförlust oisolerad	396 W/m²
Summa värmeförlust isolerad	291 W	U-värde	0.36 W/m²K
Summa värmeförlust oisolerad	3024 W	Med U-värde	1.17 W/m²K
		Yttre temperatur isolerad	22.1 °C
		Daggpunkt	9.3 °C

Figur 25: Bild från Parocs beräkningsprogram som används för beräkning av ackumulatortank

Beräkningar ej VVC

Väntetiden beräknas med förutsättning är att endast ett tappställe är öppet i systemet och att det är ett varmvattenflöde på 0,2 l/s. Vattnets hastighet beroende på rördimension tas fram för att beräkna väntetid. Via väntetid och vattenflöde fås mängden vatten som spolas ut i väntan på varmvatten.

Vid dimensionering av rördiameter för klara av maximalt 10 sek väntetid tas rörlängden till tappställena längst ut i systemet, ca 40 meter, dividerat med 10 sekundet. Därefter plockas en innerdiameter fram för den hastigheten vid en tappning på 0,2 l/s. ÖNs Datas¹ beräkningsprogram VVS-Win används för att ta fram hastigheter och tryckfall.

¹ ÖN Data tillhandahåller beräkningsprogram av VVS-installationer.

På motsvarande vis räknas väntetiderna, mängd vatten och rördimensioner ut för fallet med ingen VVC i stammarna. Effektförlusten i cirkulationen i källarplan är desamma som i Grundfallens förluster i källarplan.

Beräkningar avseende misstag vid installation

Effektförluster i grundfall jämförs mot olika installationsmissar. För beräkningar används effektförluster enligt tabeller nedan. Rörsträckor och dimensioner är desamma som i grundfallen. Mellanbjälklaget beräknas vara 0,3 m.

Tabell 36: Indata på effektförluster från rör förlagda i luft

Effektförlust i luft	VV	VVC	Isoleringstjocklek	Oisolerat
Rördim	55 [°C]	52 [°C]		55
32x2,9	5,5	4,7	40	40,8
25x2,3	4,8	4,1	40	33,2
22x3,0	4,5	3,8	40	29,9
18x2,5	5,4	4,6	20	25,3
15x2,5	4,9	4,2	20	21,8

Effektförlust i Betong	VV	VVC	Isoleringstjocklek	Oisolerat
Rördim	55 [°C]	52 [°C]		55
32x2,9	6,6	5,6	20	85,9
25x2,3	5,7	4,9	20	69,9
22x3,0	5,4	4,5	20	62,9
18x2,5	6,4	5,5	20	53,3
15x2,5	5,9	5,0	20	45,9

Effektförluster i betong beräknades med procentsats mot skillnad i luft framtagna från IF – Branschföreningen inom teknisk isolering.

Tabell 37 Indata på effektförluster från rör förlagda i betong. :

maj 6, 2020

av Johan Sjölund

Vilken värmeförlust?

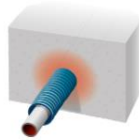
Medietemperatur: 55°C
Omgivandetemperatur: 20°C
Rörtyrerdiameter: 25mm (PEX)



Ingen isolering
Värmeförlust
ca 38W per meter



60mm isolering (R6)
Värmeförlust
ca 4,5W per meter



Oisolerat ingjutet i betong
Värmeförlust
ca 80W per meter



20mm isolering (R3)
ingjutet i betong
Värmeförlust
ca 8W per meter



Betong ökar den utstrålande ytan, vilket innebär att man i princip byggt sig en rejäl fläns om man gluter in isolerade rör. Med 20 millimeter isolering på rören som gluts in minskar värmeförlusterna avsevärt!