

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

Björn Stegnell

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2006
Rapport TVIT--06/5008



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem som ger bra inneklimat i samverkan med byggnaden.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod.

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

Björn Stegnell

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2006
Rapport TVIT--06/5008

© Björn Stegnell, 2006

ISRN LUTVDG/TVIT--06/5008--SE(63)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Förord

Examensarbetet är det sista momentet i min civilingenjörsutbildning inom väg och vattenbyggnad och omfattar 20 poäng. Jag har i min utbildning inriktat mig mot installationsteknik samt fastighetsförvaltning. Då examensarbetet ligger inom installationsteknikens värld har det givit min valda inriktning en extra fin touche. Vidare har examensarbetet lärt mig att projektera klimatsystem.

Jag vill tacka VVS och Processteknik Imetek AB för att jag har fått uppdraget till detta examensarbete. Vidare vill jag tacka dem för att de tillhandahållit mig betydande kontakter, projekteringsinformation, AutoCad mm.

Jag vill även passa på att tacka Lars Jensen och Mats Dahlblom på avdelningen för installationsteknik på Lunds tekniska högskola för genomförandet av detta examensarbete.

Slutligen vill jag tacka min kära flickvän Natalie Filiaeva för värdefulla synpunkter.

Lund januari 2006

Björn

Sammanfattning

Titel: En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

Författare: Björn Stegnell

Handledare: Lars Jensen, institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för installationsteknik, Lunds tekniska högskola

Mats Dahlblom, institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för installationsteknik, Lunds tekniska högskola

Problemställning: Dagens höga krav på inomhusmiljön har gjort det allt mer vanliga med vattenburen komfortkyla. Vattenburen komfortkyla är antingen uppbyggt på våt eller torr kylning. Våt kyla innebär att köldbärarens tilloppstemperatur ligger under rumsluftens daggpunktstemperatur och att rumsluften tillåts att kondensera. Med torr kyla menas att köldbärarens tilloppstemperatur alltid skall vara högre än rumsluftens daggpunktstemperatur. Hur skiljer sig då dessa två system från varandra gällande teknik, komfort och ekonomi? Är torr- eller våt komfortkyla verkligen ekonomiskt försvarbart?

Syfte: Syftet med detta examensarbete är att göra en jämförelse mellan torr och våt komfortkyla. Fokus ligger på teknik, komfort och ekonomi för respektive kylklimatsystemen. Som objekt i detta examensarbete har valts Spendrups huvudkontor i Vårby, Stockholm samt Toyotas huvudkontor i Rissne, Stockholm.

Metod: I examensarbetet har både primärdata och sekundärdata används flitigt till kunskapsinhämtande. Informationsinsamling via primärdata har främst skett genom telefon samt genom diskussioner. Sekundärdata har utgjorts av kurslitteratur, produktkataloger, projekteringspärmar mm. I den tekniska delen av detta examensarbete där målet är att få en förståelse för systemuppbyggnaden av respektive system har informationshämtningen skett från flera olika håll. Den största informationsinhämtningen har skett via flera platsbesök, där apparatrummen studerats i samverkan med flödes-scheman. I den komfortmässiga delen har en mätning av temperatur och relativ fuktighet genomförts under augusti månad 2005. I den ekonomiska delen har installationskostnader för torr och våt komfortkyla i Spendrups huvudkontor beräknats. Kontoret är i verkligheten uppbyggt på torr kyla men för att denna ekonomiska jämförelse skulle vara möjlig har byggnaden projekterats för alternativet våt komfortkyla. Denna projektering utgör ett av de större momenten i examensarbetet

Slutsatser: Denna studie har visat att installationskostnaden för torr respektive våt komfortkyla är 709 respektive 735 kr/m² i en större kontorsfastighet. Av detta kan vi dra slutsatsen att investeringskostnaden ej torde styra systemvalet. Båda kylklimatsystemen är dock relativt kostsamma vilket bör beaktas i ett byggprojekt.

Nyckelord: Våt kyla, torr kyla, fan-coil, kylbafflar, kylmaskin, vattenburna klimatsystem, kylklimatssystem, kyleffekt, rörinstallationskostnad, fuktkompensering, projektering, komfort, temperatur

Abstract

In today's build of offices, bank premises, restaurants and conference premises etc has it become common with installing comfort chill. This in order to pursue away surplus heat from the building so that a predetermined room temperature can be held. Comfort chill in big plants is carried out especially of water carried chill. In system with water carried chill is it cooling coil (cooling device) as takes up heat from its surroundings through circulating cold waters.

When one discusses water carried comfort chill so is used either dry or wet chill. Wet chill means that heat transfermedium intake temperature lies below dew point temperature of the room air and that the room air is permitted to condense. Dry chill means that heat transfermedium intake temperature always must be higher than dew point temperature of the room air, in order to secure this set is it normally installed an active condensing water shield (aqueous corrosion). Condensing water shield is governed of absolute moisture i.e. water content stem 1 kg dry air (kg/kg). Absolute moisture is determined of temperature and relative humidity.

Independently of whether one projecting chill climate system for dry or wet chill so is it certain components that always are needed. One of these components is refrigerating machine, which produces the chill. Normal so is the refrigerating machine of the type air cooled fluid chill units or fluid cooled fluid chill units and works with a intake and return temperature on 7/12°C. It is also possible to connect the building to remote cooling if it's accessible.

Cooling coil in wet and dry comfort cooling is normally designed for a intake and return temperature on 7/12°C respective 14/17°C.

At dry chill is cooling baffle common occurring as cooling devices and at wet chill fan-coils is used exclusively. Cooling baffle gives their refrigerating capacity through natural convection i.e. the room air flow through the cooling battery. A fan-coil unit is provided with a fan that circulates the room air through the unit. In the unit, the room air gets chilled by the cooling battery.

A cooling baffle and thereby dry chill is to advocate then little maintains to be desired. Wet chill requires maintains of fan-coils, filters in the fan-coil unit need to be changed once a year together with some service. The disadvantage with dry chill is that a certain chill capacity goes lost during certain extreme summer days.

The cost of installation for dry and wet comfort cooling is 709 respective 735 SEK/m² in major office real estate. Of this can we draw the conclusion that the investment cost do not master the system choice. The chill climate both systems are however relatively expensive which should be taken into consideration in a construction project.

1. INLEDNING	6
1.1 BAKGRUND.....	6
1.2 SYFTE	6
1.3 METOD	7
1.4 MÅLGRUPP	8
2. VARFÖR KOMFORTKYLA.....	9
2.1 INOMHUSKLIMAT.....	9
2.2 VAD ÄR KOMFORTKYLA	9
3. TEKNISK JÄMFÖRELSE	11
3.1 RUMSREGLERING	15
3.2 TORR KOMFORTKYLA.....	16
3.2.1 Kondensskydd	19
3.2.2 Kylbafflar	22
3.3 VÅT KOMFORTKYLA.....	23
3.3.1 Fan-coils	25
4. KOMFORT JÄMFÖRELSE	27
5. EKONOMISK JÄMFÖRELSE.....	35
5.1 PROJEKTERING VÅT KYLA, SPENDRUPS HUVUDKONTOR	35
5.1.1 Systemlösning.....	35
5.1.2 Dimensionering fläktkonvektorer.....	37
5.1.3 Dimensionering Tilluftsdon.....	43
5.1.4 Ritningar våt kyla.....	44
5.2 EKONOMISK JÄMFÖRELSE	52
5.2.1 Installationskostnad torr kyla	52
5.2.2 Installationskostnad våt kyla.....	55
6. SLUTSATS	57
9. KÄLLFÖRTECKNING	58
BILAGA. Begreppsförklaringar	63

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I dagens byggande av kontor, banklokaler, restauranger och konferenslokaler m.m. har det blivit allt vanligare med att installera komfortkyla. Detta för att föra bort överskottvärme från byggnaden så att en förutbestämd rumstemperatur kan hållas. Värmelaster kan komma från solinstrålning, människor, belysning, datorer samt från andra sorters apparater. En anledning till att intresset för komfortkyla ökat är bland annat att byggnaderna idag byggs allt mer välisolerade, vilket resulterar i höga inomhustemperaturer sommartid. En annan orsak är en större medvetenhet bland hyresgäster och hyresvärdar om hur inomhusmiljön påverkar oss. Hyresvärden har intresse av att erbjuda attraktiva lokaler och hyresgästen i sin tur vet vilka krav som är rimliga att ställa på inomhusmiljön. Så nu är det allt mer vanligt med ett krav om högsta tillåtna inomhustemperatur.

Komfortkyla i större anläggningar utföres företrädesvis av vattenburen kyla. Det finns även system som kombinerar vattenburen kyla med luftburen kyla. När man diskuterar vattenburen komfortkyla så används antingen torr eller våt kyla. Våt kyla innebär att köldbärarens tillloppstemperatur ligger under rumsluftens daggpunktstemperatur och att rumsluften tillåts att kondensera. Med torr kyla menas att köldbärarens tillloppstemperatur alltid skall vara högre än rumsluftens daggpunktstemperatur, förr att förhindra kondens.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att göra en jämförelse mellan torr- och våt komfortkyla.

Fokus ligger på teknik, komfort och ekonomi för respektive kylklimatsystemen. Som objekt i detta examensarbete är Spendrups huvudkontor i Vårby, Stockholm samt Toyotas huvudkontor i Rissne, Stockholm. Spendrups- och Toyotas huvudkontor är uppbyggda på torr respektive våt komfortkyla.

Den tekniska jämförelsen avser systemuppbyggnad för respektive system. Komfort jämförelsen avser att analysera respektive systems prestationsförmåga under sommaren.

Den ekonomiska delen avser installationskostnader för respektive system i Spendrups huvudkontor. För att denna ekonomiska studie ska vara möjlig utföres en projektering av Spendrups huvudkontor med alternativet våt komfortkyla.

1.3 Metod

Denna studie av torr och våt komfortkyla är inriktad på tre delar, teknik, komfort och ekonomi. För att kunna jämföra dessa två system och ge en så rättvisande bild som möjligt har två objekt valts ut ifrån samma ort. Objekten är valda från Sveriges huvudstad Stockholm, en stad med mycket sol vilket är positivt vid en utredning av komfortkyla. Objekt ett är Spendrups huvudkontor och objekt två är Toyotas huvudkontor. I examensarbetet har både primärdata och sekundärdata använts till kunskapsinhämtande. Primärdata har varit löpande telefonkontakter med säljare på Swegon, AQS-produkter och FläktWoods. Primärdata har även insamlats genom diskussioner med konsulter på VVS och processteknik Imetek samt med handledare på avdelningen för installationsteknik på Lunds tekniska högskola. Sekundärdata har utgjorts av kurslitteratur, produktkataloger, projekteringspärmar, m.m.

I den tekniska delen av detta examensarbete, där målet är att få en förståelse för systemuppbyggnaden av respektive system, har informationshämtningen skett från flera olika håll. Den största informationsinhämtningen har skett via flera platsbesök på Spendrups och Toyotas huvudkontor, där fokus varit att studera komfortkylsystemen och alla dess ingående komponenter i apparatrummen. Vidare så används även Spendrups och Toyotas projekteringspärm för informationssökning. I projekteringspärmen återfinns flödesschema för köldbärare, ritningar, tekniska beskrivningar, ingående produkter, m.m. Mycket tid av detta examensarbete har lagts på studier av flödes-scheman i samverkan med studiebesök för att förstå hur kylsystem fungerar.

I den komfortmässiga delen har en mätning av temperatur och relativ fuktighet genomförts under augusti månad 2005. Mätningen gjordes med 6 st HOBO U12 Datalogger, tre vardera för Spendrups respektive Toyota. Inför detta moment skedde ett förarbete med loggrarna, för att förstå dess funktion och hur programvaran till dem fungerar. Även en hel del testmätningar utfördes inför augusti månad. Statistik från SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) gällande temperatur, relativ fuktighet och vädertillstånd för maj-augusti 2002 och 2003 användes för att få en uppfattning om hur många dagar som kan anses som extrema under en sommar.

I den ekonomiska delen, vilken är det sista momentet i denna studie, har installationskostnader för torr och våt komfortkyla beräknats. För att få denna ekonomiska studie trovärdig har båda installationskostnaderna beräknats på Spendrups huvudkontor. Kontoret är i verkligheten uppbyggt på torr komfortkyla men för att denna ekonomiska jämförelse ska vara möjlig har en omfattande projektering av våt komfortkyla genomförts för Spendrups huvudkontor. Denna projektering har varit ett av de större momenten i examensarbetet, här har kunskaper från tidigare kurser i installationsteknik och AutoCad använts men även sekundärdata och primärdata. Vidare så har även kunskaper jag skaffat mig i den tekniska delen av examensarbetet använts. Det viktigaste instrumentet i projekteringen har varit ritningsprogrammet AutoCad 2004 vilket har tillhandahållits av Imetek. Arbetsgången i projekteringen, i sammanfattad form, har varit den att först togs den totala kyleffekten från takbafflar fram för respektive plan, både vattenburen och luftburen kyla. Sedan, utifrån detta kylbehov plus kylbe-

hovet av en höjd tilluftstemperatur, bestämdes antalet fan-coils. I nästkommande steg användes AutoCad. Arkitekturritningar för Spendrups huvudkontor användes som extern referens under ritningsarbetet. De fan-coils som dimensionerats för respektive rum och plan placerades ut i undertak. Sedan projekterades ledningssystem för köldbärare, ventiler och kondensledning samt ett flödesschema för våt komfortkyla. Slutligen dimensionerades rörledningarna.

Efter projekteringen påbörjades den ekonomiska jämförelsen mellan systemen. Här användes både primärdata och sekundärdata samt erfarenheter från ett verkligt VVS projektet där rörinstallationskostnader beräknades. Primärdata bestod av diskussioner med leverantörer samt med konsulter inom VVS och el. Sekundärdata utgjordes av sektionsfakta (teknisk-ekonomisk sammanställning av VVS-installationer).

1.4 Målgrupp

Studien riktar sig till de flesta intressenter inom byggbranschen, men framförallt byggherrar, förvaltare och VVS-projektörer.

2. Varför komfortkyla?

2.1 Inomhusklimat

För att vi människor ska trivas i vår inomhusmiljö och ha en god prestationsförmåga krävs ett bra inomhusklimat. Det som avgör hur vi uppfattar inomhusklimatet är aktivitetsnivån, klädedräktens värmemotstånd, omgivande lufttemperatur, omgivande ytors temperatur, luftens relativa hastighet och luftens relativa fuktighet. Det som uppfattas som ett bra inomhusklimat är dock ofta väldigt individuellt. Hur väl man än lyckas med att skapa ett bra klimat med en klimatanläggning så kommer ändå 5 % att vara missnöjda.¹ Med aktivitetsnivån menas vilka sorts arbetsuppgifter som utförs, det är ofta olämpligt att kombinera flera aktiviteter i en och samma lokal, då respektive aktivitet kan kräva olika temperaturer. Klädseln mellan individer varierar i större utsträckning sommartid än vad den gör vintertid. Detta kan leda till meningsskiljaktigheter i större kontorslandskap där rumtemperaturen väljs kollektivt. Lufttemperaturen är en parameter de flesta känner igen, men så är det inte alltid med den operativa temperaturen som även den har en stor påverkan på oss. Den operativa temperaturen är ett medelvärde av omgivande ytors temperatur och rumslufttemperaturen. Luftens relativa hastighet beror av lufthastighet, turbulensintensitet och lufttemperatur och dessa faktorer tillsammans påverkar hur vi upplever en viss lufthastighet i rummet. Luftens relativa fuktighet är den faktor som normalt har lägst inverkan på komfortupplevelsen, vilket styrks av Fangers komfortkriterium. Fangers komfortkriterium beskriver hur luftens fuktighet påverkar en stillsittande person (60W/m^2) med lätt klädsel (1,0 clo) vid max tillåten lufthastighet. Komfortkriteriet säger att vid luftflödet 0,5 m/s är lufttemperaturen 29°C vid 0%RF och 27°C vid 100%RF, följaktligen påverkas inte temperatur nämnvärt av luftfuktigheten.²

2.2 Vad är komfortkyla

Värmetillförsel till lokaler sker både externt och internt. Interna värmekällor är personer, belysning, datorer, apparater, mm och externa värmekällor är solen och utomhus-temperaturen. Byggnadens konstruktion, fasadorientering, fönsterorientering, fönstertyp, fönsterstorlek och solavskärmning påverkar storleken på den interna och externa värmetillförseln. Det värmeöverskott som måste bortföras från byggnaden för att hålla önskad inomhustemperatur kallas kylbehov. Det finns två typer av kylklimatsystem som används för att kyla rumsluften till önskad temperatur. Det är system uppbyggda på luftburen respektive på vattenburen kyla och dessutom system som är kombinerade (luft och vatten). System med luftburen kyla bygger på att tilluften är undertempererad och på så sätt kyler rumsluften. System med vattenburen kyla bygger på att kyl-element (kylapparater) tar upp värme från sin omgivning genom cirkulerande kylvatten (köldbärare). Vattenburen kylning används främst i lokaler med hög värmebelast-

¹ Swegons produktkatalog, vattenburna klimatsystem 2004

² VVS handboken, tabeller och diagram

ning. Det kan vara lokaler som hotell, kontor, undervisningslokaler, datarum, banklokaler eller restauranger.

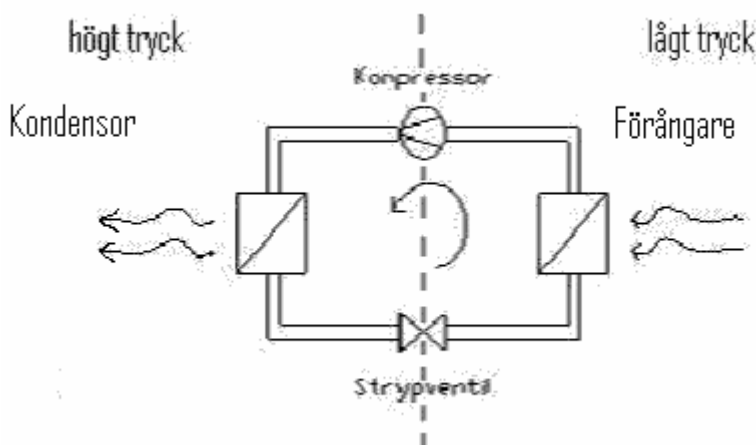
Vattenburen kyla delas in i två områden, torr respektive våt kyla. Våt kyla innebär att köldbärarens tillloppstemperatur ligger under rumsluftens dagpunktstemperatur och att rumsluften tillåts att kondensera. Med torr kyla menas att köldbärarens tillloppstemperatur alltid skall vara högre än rumsluftens dagpunktstemperatur. De kylapparater som normalt används till torr kyla är kylbafflar (passiv kylbaffel), tilluftsafflar (en kylbaffel kombinerad med en tilluftsanslutning för att samtidigt fungera som tilluftsdon, även kallad aktiv kylbaffel), kylpaneler, induktionsapparater (även kallad fönsterapparat) och fan-coils (fläktkonvektor). Till våt kyla används fläktkonvektorer och då krävs också ett dräneringssystem. De flesta kylapparater kan även kombineras för värmning.

Kylbafflar avger sin kyleffekt genom egenkonvektion, dvs rumsluften strömmar genom baffeln och avger sin värme till vattnet (köldbäraren). En tilluftsaffel har högre kyleffekt jämfört med en vanlig kylbaffel, beroende på att rumsluft ”rycks med” tilluftsströmmen, medejekteras. En kylpanel består av flera sammanhängande horisontella ytor som är i kontakt med rör med cirkulerande vatten. En kylpanel fungerar huvudsakligen som en strålningskylare. En fläktkonvektor är försedd med en fläkt som cirkulerar rumsluften genom aggregatet. I aggregatet kyls rumluften av ett kylbatteri. En induktionsapparat fungerar på samma sätt som en tilluftsaffel fast den har en annorlunda konstruktion och placering.³

³ Swegons produktkatalog, vattenburna klimatsystem 2004

3. Teknisk jämförelse

Oberoende av ifall man projekterar ett kylklimatsystem för torr eller våt kyla så är det vissa komponenter som alltid behövs. Först och främst behövs något som producerar kylan, t ex en kylmaskin. Kylmaskinen kyler primärvattnet i systemet. Med köldbärande primär menas den vattenkrets (rörledningar) som är i direkt förbindelse med kylmaskinen. Man kan säga att en kylmaskin är en anläggning för att forsla värme, från en plats där den inte är omtyckt till någonstans där den kan absorberas utan att märkas. Förenklat så är kylmaskinen uppbyggd av förångare, kompressor, kondensor, strypventil, köldmedium och rörledningar samt drivmotor för kompressorn. I figur 1 nedan ses principen för en kylmaskin.



Figur 1, princip för kylmaskin

I förångaren sker värmeupptagningen. Då köldmediet strömmar in i förångaren är det i vätskefas och har en låg temperatur och ett lågt tryck. Väl i förångaren börjar köldmediet att koka för att sedan lotsas vidare till kompressorn, där köldmediets tryck och temperatur ökar. I kondensorn avges sedan värmen. Då köldmediet passerat kondensorn är det i varm vätskefas och fortfarande med ett högt tryck.

Normalt är kylmaskinen av typen luftkyld vätskekylaggregat eller vätskekylt vätskekylaggregat och arbetar på kylsidan med en tillopps- respektive returtemperatur på 7/12°C. Ett alternativ till kylmaskin är att ansluta byggnaden till fjärrkyla om det finns tillgängligt eller använda sig av naturligt förekommande kallvatten ur sjöar eller borrhåll. Kylmaskinen jobbar efter returtemperaturen, detta för att jobba mot hela systemet. Normalt väljs att kylmaskinen startar och stoppar då returtemperaturen är 13,5°C respektive 11°C. Detta för att öka kylmaskinens startintervall och därmed minska slitage.⁴

⁴ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

Ett luftkylt vätskekylaggregat består av en enda stor enhet som placeras utomhus, normalt på tak. I denna enhet brukar det numera ingå pumpmodul (pump, expansionskärl mm) för primärvattnet. Kondensorn lämnar värme till uteluften via fläktar. (Se figur 5, flödesschema köldbärare för Spendrups huvudkontor.)



Figur 2, luftkylt vätskekylaggregat

När man har rörledningar som ligger utomhus krävs alltid ett brinesystem (vatten med fryspunktssänkande medel, vanligtvis glykol eller alkohol). Ett brinesystem fylls normalt med en blandningsvikt på cirka 30% (70% vatten och 30% fryspunktssänkande medel). I ett luftkylt vätskekylaggregat finns fryspunktssänkande medel i primärkretsen. För att undvika fryspunktssänkande medel i kylvattenkretsen inomhus är en värmeväxlare att rekommendera, vilket gör att vi får en köldbärare sekundär krets då luftkylt vätskekylaggregat används. Med köldbärare sekundär menas då den vattenkrets som kyls av köldbärare primär via en värmeväxlare. För att kunna fylla på fryskyddsmedel i ett brinesystem krävs ett blandningskärl som är utrustat med elektriskt blandningspump, växelventil för blandning, bottenventil, avtappningsventil samt avstängningsventil- och backventil på anslutningsledningen.⁵

Det finns två orsaker till varför fryspunktssänkande medel bör undvikas i kylvattenkretsen. Dels ökar tryckfallet i systemet med 15-25 % på grund av brinelösningens sammansättning och dels reduceras värmeöverföringen med cirka 15 %.⁶

⁵ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

⁶ Swegons produktkatalog, vattenburna klimatsystem 2004

I ett vätskekylt vätskekylaggregat däremot har delarna delats upp, kylkompressorn och förångaren är placerade inomhus och kondensorn utgörs av ett helt system bestående av kylmedelskylare och ett brinesystem med pump. Kylmedelskylaren är oftast placerad utomhus på tak och är försedd med fläktar för att öka effektiviteten. (Se figur 9, flödesschema köldbärare för Toyotas huvudkontor.) Nackdelen med ett vätskekylt vätskekylaggregat är att det krävs ett ledningssystem mellan kylmedelskylare och kylkompressor. En annan nackdel är att det är nästan dubbelt så dyrt som ett luftkylt vätskekylaggregat.⁷ Det positiva med ett vätskekylt vätskekylaggregat är att köldbärare primär kan ledas direkt till slutapparaterna (kylapparater), vilket beror på att inga rörledningar för köldbärare behöver placeras utomhus.



Figur 3, kylmedelskylare

För att lagra kylenergi från kylmaskinen används en ackumulatortank, vilket medför att kylmaskinens startintervaller ökar vilket i sin tur förlänger kompressorns livslängd. En ackumulatortank isoleras för att undvika kondens. Den bör även vara utrustad med en avluftningsventil. Då man vill undvika kondens samt samtidigt värmeisolera köldbärarledningar eller andra kylapparater vars temperatur är lägre än omgivande luftens dagpunktstemperatur används normalt cellgummiisolering, som har ett högt diffu-

⁷ Nils-Göran Ström, AQS-produkter, Västra Frölunda

sionsmotstånd (μ) som förhindrar diffusion av vattenånga. Mest känd under namnet Armaflex. μ -värdet från 2000 upp till 10000 beroende vilken produkt som används. Då endast värmeisoleringsbehov föreligger används mineralull eller liknande.⁸

Vatten i rörledningar innehåller luft vars löslighet ökar med sjunkande temperatur och stigande tryck. Luftblåsor som bildas fastnar ofta i systemets höjdpunkter eller i andra delar såsom pumpar, ventiler eller andra apparater, där luften ger upphov till driftstörningar. Ny luft kommer alltid till systemet vid påfyllning av färskt vatten som innehåller mycket luft. För att fånga upp luften monteras antingen manuella eller automatiska avluftare i systemets höjdpunkter. En automatisk avluftningsventil ser kontinuerligt till att luft avleds.⁹ I kylsystem med kallt vatten 7/12 °C är inte avluftningsventiler tillräckligt. Det finns fortfarande en viss mängd luft kvar i systemet som kan förorsaka driftstörningar. Denna luftmängd avskiljs med hjälp av en centralavluftare. En centralavluftare monteras där vattnet har sin varmaste temperatur, för kylsystem således i returledningen i anslutningen till kylmaskinen eller värmeväxlaren. I ett kylsystem behövs även ett smutsfilter för att avlägsna slam ur systemet. Det finns produkter på marknaden som samtidigt fungerar som centralavluftare och smutsfilter. En kombinerad centralavluftare och smutsfilter har en avskiljningskammare (spiro-tub) som sänker vattenhastigheten väsentligt. Fasta partiklar kommer att sjunka till botten och slammet avlägsnas med en utblåsningsventil. Fri och löst luft stiger uppåt och samlas i en luftkammare för att släppas ut genom en automatisk avluftningsventil.¹⁰

Ett kylsystem är, liksom ett tappvattensystem och ett värmesystem, satt under ett visst statiskt tryck (tryck lika i alla riktningar), cirka 2 bar, medan trycket i det allmänna VA-nätet ligger på cirka 6 bar. Trycket är dock inte konstant utan varierar beroende på belastningsvariationer. Trycket i det allmänna VA-nätet erhålls via en högreservoar (vattentorn).¹¹

I ett kylsystem behövs det avstängningsventiler, injusteringsventiler, avtappningsventiler, backventiler, säkerhetsventiler och styrventiler samt expansionskärl. En avstängningsventil används för att man ska kunna stoppa vattenflödet till olika delar av systemet eller till hela systemet vid reparation, rengöring, mm. En injusteringsventil behövs för att erhålla rätt vattenflöde till rätt stamledning, grenledning och kylapparat, mm. Styrventiler används för att kontinuerligt reglera vattenflödet till olika komponenter i systemet. Styrventiler finns som två- och trevägsventiler. Trevägsventiler finns som fördelare där ett huvudflöde delas upp i två vattenströmmar eller blandare där två vattenströmmar blandas till en tredje.¹² Vid reparation eller ledningsbrott finns det risk för att trycket sjunker i en vatteninstallation. För att då förhindra att tappvatten återsugs används ofta en backventil som tillåter vattenflöde endast i en riktning. Det är även vanligt med en kombinerad avstängnings- och backventil. Avtappnings-

⁸ Armacell, produktkatalog, Armaflex Tubolit Oka-Products

⁹ Installationsteknik AK för V, Kompendium

¹⁰ ReTHERM produktkatalog

¹¹ Mikael Wisen, VVS och Processteknik Imetek

¹² Installationsteknik FK för V, Kompendium

ventiler placeras i systemets lågpunkter och helst då i apparatrummet. Som i alla rörledningar som hanterar vatten eller annat medium behövs ett expansionskärl för att ta hand om mediets volymförändring och hålla ett lägsta statiskt tryck. Normalt används endast slutna expansionskärl, där lufttillförsel och korrosion är så gott som uteslutet. Säkerhetsventiler behövs för att lätta på ett eventuellt statiskt övertryck.¹³

I kylsystem behövs även pumpar för att cirkulera vattnet, en pump dimensioneras för det totala tryckfall som uppstår då vattnet cirkulerar i ledningssystemet vid ett visst flöde. Det totala tryckfallet beror av friktionsförluster i ledningar, förluster i böjar, ventiler, dimensionsändringar, etc (sk stötmotstånd) och tryckfall i apparater. En pump arbetar oftast med konstant tryckreglering eller med proportionell tryckreglering. Vid konstant tryck finns en kapacitetreglering inbyggd i pumpen som ständigt skiftar varvtal vid förändrade vattenflöden. Pump med konstant tryck rekommenderas i anläggningar med små tryckförluster. Vid proportionell tryckreglering anpassas pumptrycket kontinuerligt efter erforderligt vattenflöde. Proportionell tryckreglering rekommenderas för anläggningar med relativt stora gemensamma tryckförluster.¹⁴

I ett kylsystem är det även önskvärt att termometrar placeras ut vid intressanta punkter i ledningssystemet, vilka kan vara vid kylmaskinen och värmeväxlaren samt vid kylbatterier i luftbehandlingaggregat. Vidare så behövs en manometer med larmkontakt för lågt systemtryck i ledningssystemet.¹⁵

Rören i ett kylsystem är vanligtvis tillverkade av koppar, elförzinkat stål, rostfritt stål, eller plast. Kopparrör finns exempelvis som SMS 1890 (för hårdlödning) och plusprisol (bøjbar koppar) samt som mapress. Det som har blivit allt vanligare på marknaden är just det sk mapress-systemet som är en patenterad svensk uppfinning som består av formpressade rördelar, som förutom i koppar även finns i elförzinkat stål och i rostfritt stål. Sammanfogningen sker med ett pressverktyg till en bestående och tät rörfog med gummipackning. Montaget är väldigt snabbt och enkelt och har förenklat arbetet betydligt jämfört med sk hårdlödning.¹⁶

3.1 Rumsreglering

Vid reglering av rumstemperaturen finns det flera lösningar att tillgå. Vanligast är dock att varje rum via en rumsregulator (rumstermostat, rumsgivare) styr värme och kyla i sekvens, eller enbart kyla/värme. I stora kontorslandskap är det vanligt att området delas in i zoner som då har sin egen rumsregulator. Med en rumsregulator kan individen själv ställa in den temperatur som önskas. En rumsregulator styr ventilerna för kyla och värme, öppnar och stänger ifall det är en tvåvägsventil och ifall det är en trevägsventil regleras flödet till kylapparaten. En trevägsventil säkerhetsställer att flö-

¹³ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

¹⁴ Grundfos, produktpärm, pärm 1 värme/kyla, 2005

¹⁵ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

¹⁶ Installationsteknik AK för V, Kompendium

det är konstant i köldbärarkretsen. För att inte värme och kyla ska jobba mot varandra finns en neutral zon, som vanligtvis väljs till 2°C. I ett fan-coil-system styr rumsregulatorer fläkthastigheten och kan även stänga av fläkten helt. En rumsregulator kan normalt styra 6-10 st kylapparater. Reglerfunktionen av styrventilerna sker normalt med en P-regulator. Som även kan förses med en I-tillsats vilken känner av storlek och varaktighet på regleravvikelsen i P-regulatorn så att resterande avvikelse avlägsnas.¹⁷¹⁸

3.2 Torr komfortkyla

För att kunna få en större förståelse för hur systemuppbyggnaden kan se ut för torr komfortkyla används Spendrups flödesschema för köldbärare, se figur 5, som exempel.

Spendrups huvudkontor har vad som kallas ett kombinerat system, både vattenburen och luftburen kyla. Den vattenburna kylan består av ett ledningssystem uppbyggt på torr kyla och den luftburna kylan består av undertempererad tilluft. Kylbatterier i luftbehandlingsaggregat ser till att tilluften blir undertempererad, cirka 16-18°C. Det finns 6 st kylbatterier och lika många luftbehandlingsaggregat. Ett kombinerat system är vanligt då torr kyla används vilket till stor del beror på den populära tilluftsbaffeln, som både är ett tilluftsdon och en rums kylare.

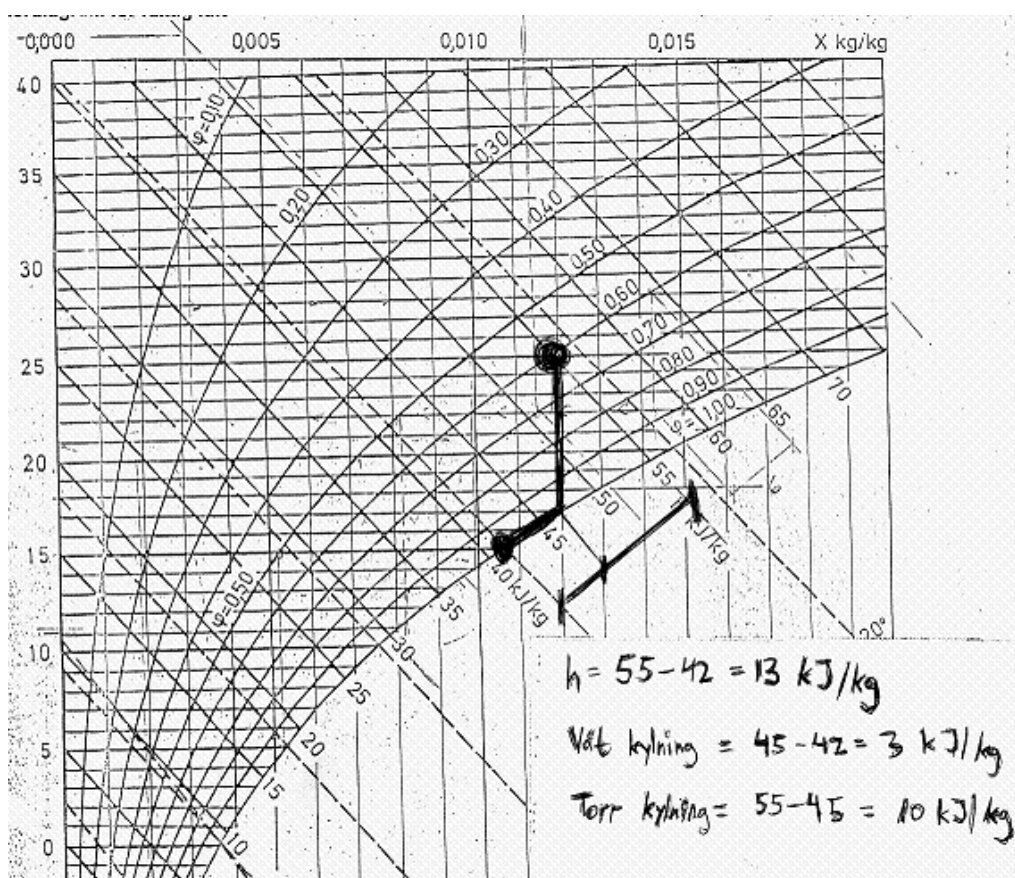
I Spendrups kylsystem används ett luftkylt vätskekylaggregat som kylmaskin. Kylmaskinen är dimensionerad för 7/12°C kylvatten och startar och stoppar då returtemperaturen är 13,5°C respektive 11°C. Rörledningarna från och till kylmaskinen (placerad utomhus på taket) kallas köldbärare primär. Köldbärare primär har blandningsvikten 30% (70% vatten och 30% etylenglykol). Ledningssystemet för köldbärare primär har kondensisolerats med cellgummiisolering, Armaflex. Kylbatterierna är anslutna till ledningssystemet för köldbärare primär. Kylbatterierna är dimensionerade för att få en tilluftstemperatur på 15°C vid uttillståndet 25°C och 60%RF. Från ett Mollierdiagram kan då ses att kyleffekten är 13 kJ/kg (entalpi för 1 kg torr luft, kJ/kg) och att en avfuktning sker på tilluften. Se figur 4 nedan. Det är även väsentligt att tilluften är avfuktad så att dess daggpunktstemperatur är lägre eller lika med tilloppstemperaturen på kylbafflarnas köldbärare. Följaktligen krävs det att tilluften är kyld för att ett kombinerat kylsystem (luftburen och vattenburen kyla) ska fungera.

Då inte frysskyddsmedel bör användas till den torra kylan finns en värmeväxlare mellan köldbärare primär och ledningssystemet för den torra kylan, detta ledningssystem kallas för köldbärare sekundär. Värmeväxlaren är Armaflexisolerad för att förhindra kondens, medan ledningssystemet för köldbärare sekundär har vanlig värmeisolering. Det är den torra kylans ledningssystem som går ut till alla kontor och till vilket tilluftsbafflar ansluts. Tilluftsbafflarna är de slutliga kylapparaterna som kyler rumsluf-

¹⁷ Swegons produktkatalog, vattenburna klimatsystem 2004

¹⁸ Fläktwoods, produktkatalog, teknisk data 2004

ten. Funktionen för tilluftsbufflar, kylbufflar beskrivs senare. Med torr kyla menas att köldbärare sekundärs tillloppstemperatur alltid skall vara högre än rumsluftens daggpunktstemperatur för att undvika kondens på kylapparaterna. Ett ledningssystem uppbyggt på torr kyla är dimensionerat för en tilllopps- och returtemperatur på 14/17°C. För att säkerhetsställa att tillloppstemperaturen alltid är högre än rummets daggpunktstemperatur finns ett aktivt kondenskydd (fuktkompensering) som ständigt ligger och reglerar tillloppstemperaturen på köldbärare sekundär. Tillloppstemperaturen tillåts emellertid aldrig att understiga 14°C. Ifall inte ett kondensskyddssystem används så kan rumsluften kondensera på kylbaffelns ytor. Det går även att ha kondensskydd på inkommande rör till kylbaffeln. Vid risk för kondens stängs kylbaffelns styrventil av reglerande rumsgivare. Positivt med denna variant är att kylning uteblir endast i de rum som har risk för kondens. Nackdelen är att kylningen helt stängs av.¹⁹²⁰

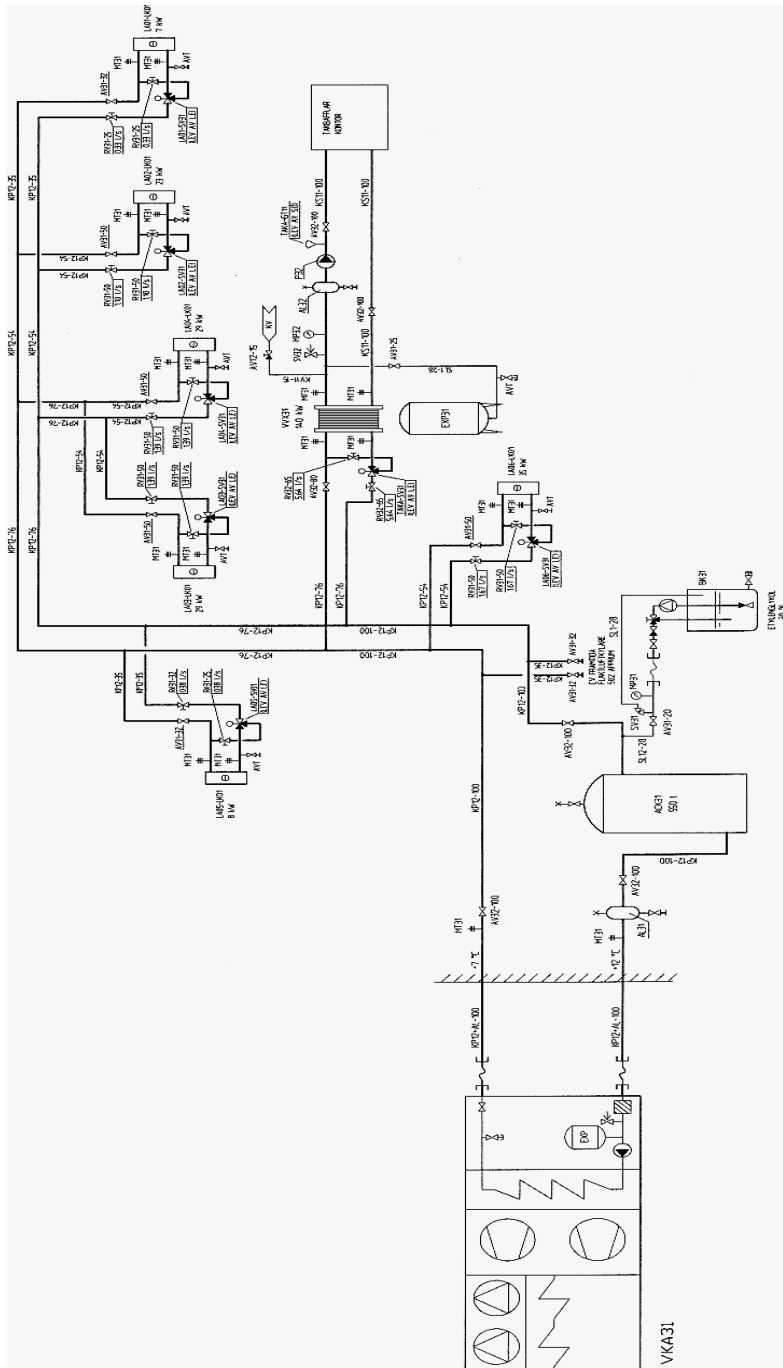


Figur 4, dimensionering kylbatteri

¹⁹ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

²⁰ Fläktwoods, produktkatalog, teknisk data 2004

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



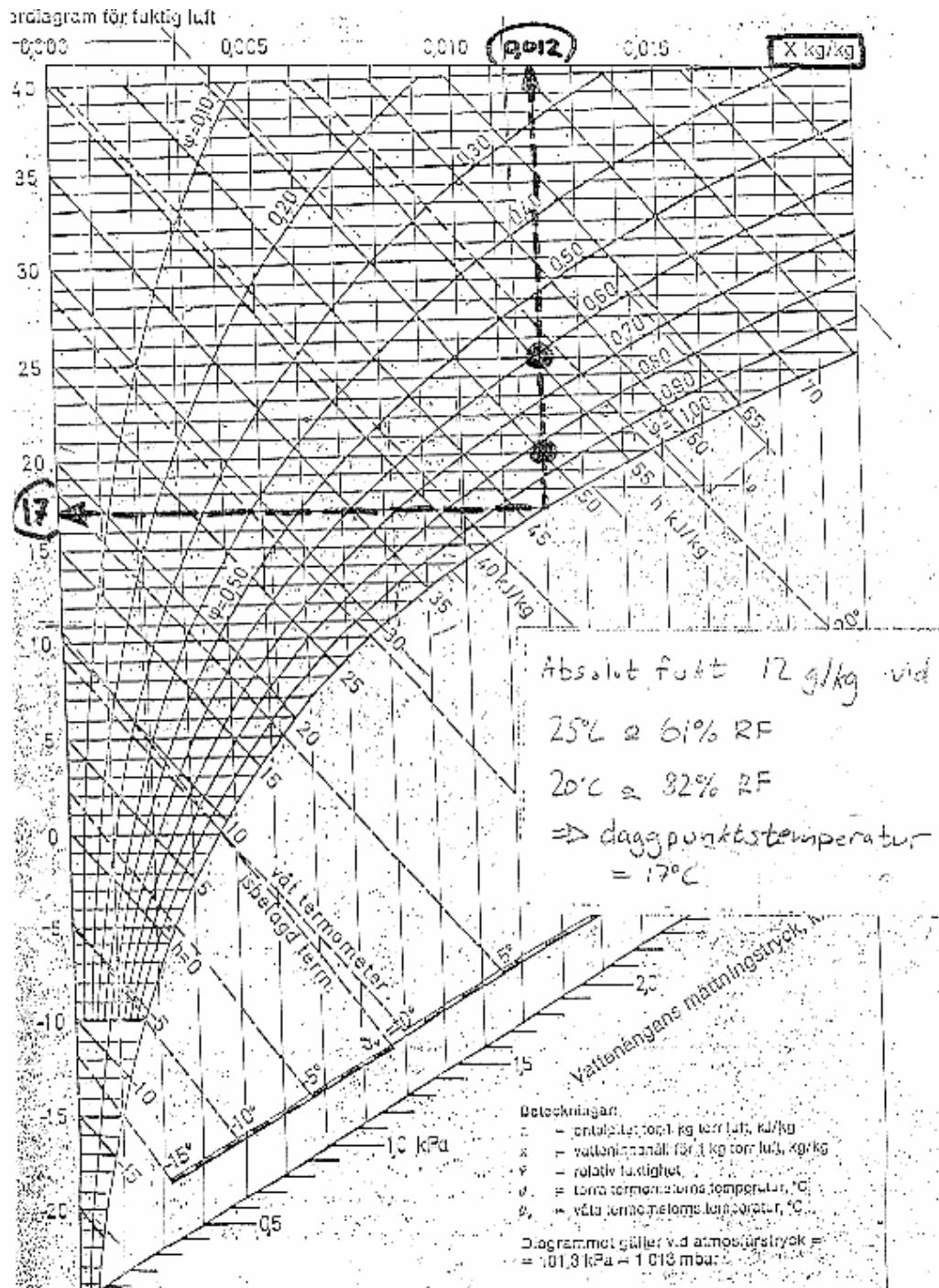
Figur 5, Flödesschema köldbärare Spendrups huvudkontor

3.2.1 Kondensskydd

Vissa sommardagar kan inomhusklimatet kännetecknas av hög temperatur och hög luftfuktighet. Dessa dagar är kritiska för den torra kylan vilket leder till att köldbärens tilloppstemperatur höjs för att förhindra kondens. Regleringen av köldbärens tilloppstemperatur görs via absolut fukt. Med absolut fukt menas vatteninnehåll för 1 kg torr luft, (kg/kg) vilket ses på den vertikala axeln högst upp i ett Mollierdiagram och betecknas x. Från ett givet absolut fuktvärde fås dagpunktstemperaturen genom att i ett Mollierdiagram gå vertikalt ner till mätnadspunktslinjen och sedan gå rakt horisontellt mot temperaturaxeln. Temperatur och relativ fuktighet påverkar absolut fukt, vilket då säger oss att olika temperatur- och relativfuktighetsförhållanden ibland ger samma absoluta fukt.

I ett Mollierdiagram kan man exempelvis (se figur 6 nedan) utläsa att absolut fukt är 12 g/kg vid 25°C och 61%RF samt även vid 20°C och 82%RF. Om absolut fukt är 12 g/kg får alltså inte framledningstemperaturen understiga 17°C, fast vanligtvis brukar temperaturen bli ytterligare lite högre på grund av en viss säkerhetsmarginal. I de flesta fall så eftersträvas att mäta absolut fukt i betjänande lokaler exempelvis i frånluftskanalen. Under vissa omständigheter är detta inte representativt och då får man mäta absolut fukt i uteluften.

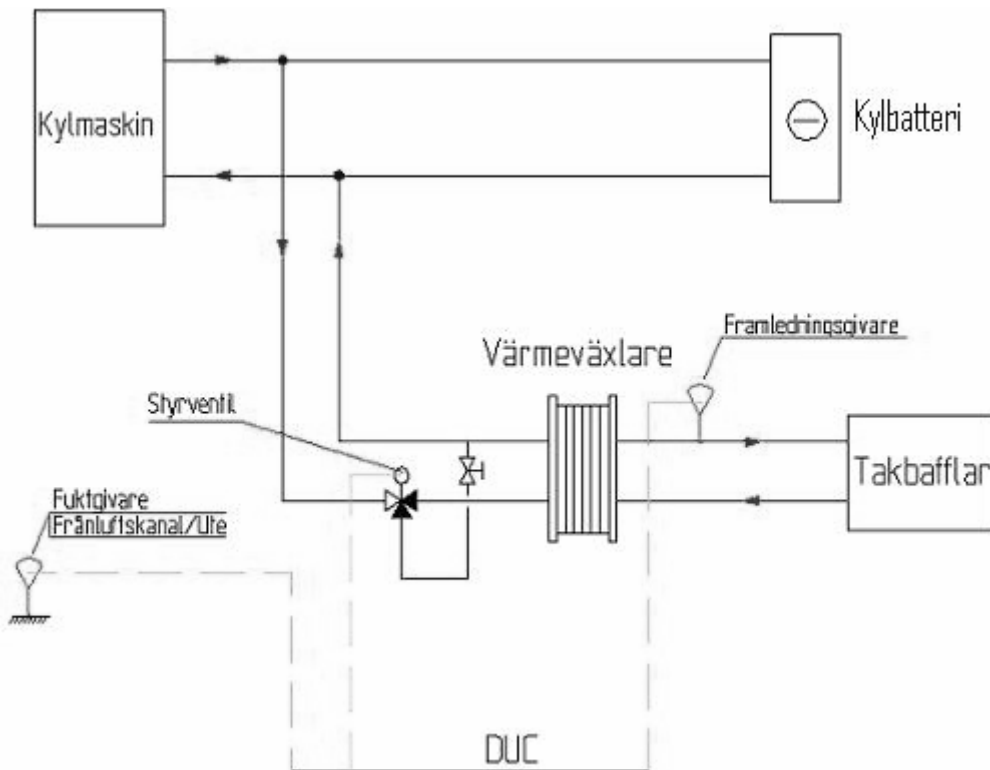
En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



Figur 6, exempel i mollierdiagram

I Spendrups flödesschema för köldbärare kan vi se en framledningsgivare (TAKA-GT11) i tilloppet för köldbärare sekundär som via DUC (el-installation för styrning av komponenter) styr styrventil (TAKA-SV31) så att programmerat börvärde erhålls. Programmerat värde för framledningsgivare (TAKA-GT11) fuktkompenseras via en fuktgivare (temp och RF- absolut fukt) som ej finns med på flödesschemat. I Spendrups fall så är inställningsvärdena för köldbärarens tilloppstemperatur följande:
+14°C vid fukttinnehåll 9 g/kg eller lägre
+22°C vid fukttinnehåll 16 g/kg

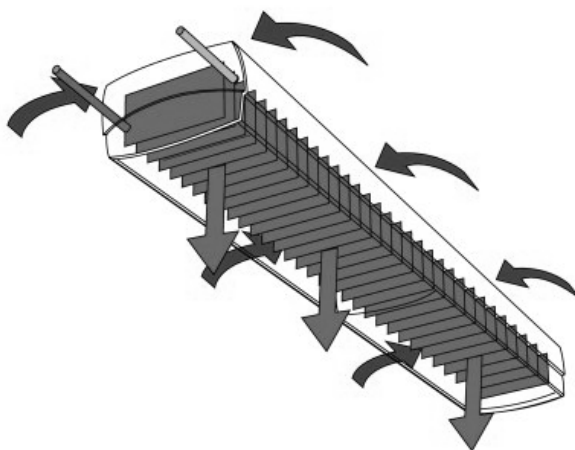
I figur 7 nedan visas en förenklad bild av fuktkompensering.



Figur 7, fuktkompensering

3.2.2 Kylbafflar

Tidigare har det nämnts olika sorters kylapparater som används till vattenburna kylsystem. Nu sker en lite djupare studie av den populära kylbaffeln som även brukar kallas takapparat. En kylbaffel fungerar som en värmeväxlare, överför värme i rumsluften till en kylvattenkrets. Kyleffekten avges genom egenkonvektion, cirkulerade rumsluft strömmar genom kylbatteriet. Se princip för kylbaffel i figur 8 nedan.



Figur 8, princip för kylbaffel

Konvektion är lufrörelser som beror av skillnader i densitet, varm luft har lägre densitet än kall luft. Så i en kylbaffel finns det alltså inga rörliga delar utan naturens lagar styr kylprocessen. En kylbaffel kan även kombineras med ett tilluftsdon och kallas då för tillufts-baffel. En tillufts-baffel har en högre kyleffekt vilket beror på att tilluftströmmen medejekterar rumsluften in i baffeln. Då tilluften far igenom baffeln så kyles även den av kylbatteriet. Kylbafflar finns som frihängande i tak, infällda i undertak och monterade i undertak. Ifall kylbaffeln är infälld är det viktigt att cirkulationsöppningar ordnas i undertaket. Kylbafflar som är monterade i undertak är slutna men med en inbyggd cirkulationsöppning i underdelen. Den slutna konstruktionen hindrar cirkulationsluften att komma i kontakt med undertaksutrymmet.

En takbaffel ansluts med en flexibel slang och i ledningssystemet till respektive takbaffel monteras en styrventil. Det går även att ha en styrventil till flera takbafflar fast då blir det svårare vid eventuella framtida ombyggnader.

Styrventilen är nästan alltid en tvåvägsventil. I ledningssystem till respektive takbaffel bör även en avstängningsventil och en injusteringsventil monteras. En kylbaffel innehåller inga rörliga delar som exempelvis fläkt och behöver därför inget annat underhåll än rengöring. Batteriet kan enkelt rengöras med ett dammsugarmunstycke som

förs över batteriets utvändiga ytor. Rengöring bör ske med ett intervall av högst 5 år, mycket beror av hur tätt lamellerna sitter.

Fördelen för takbaffeln är enkelheten och den låga ljudnivå. Nackdelen är att kylkapaciteten blir lägre vid fuktkompensering.

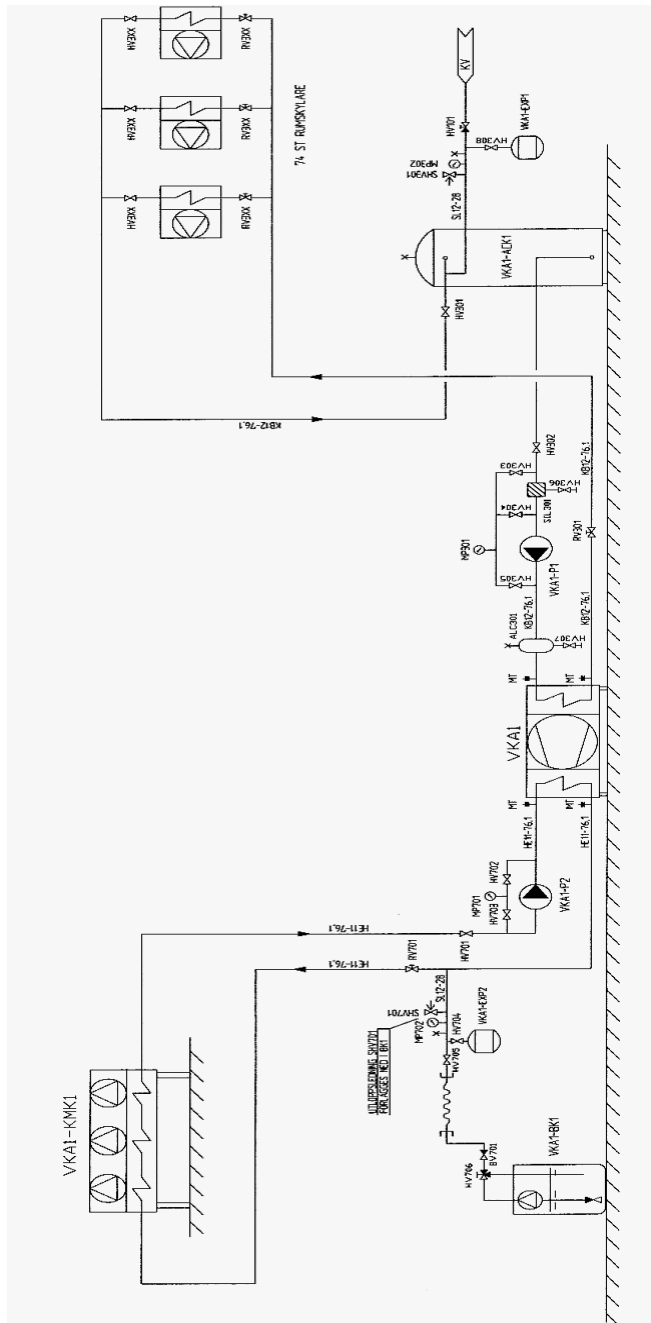
3.3 Våt komfortkyla

Som exempel på hur systemuppbyggnaden kan se ut för våt komfortkyla används Toyotas flödesschema för köldbärare, se figur 9.

Toyotas huvudkontor har vad som kallas ett vattenburet system. Den vattenburna kylan består av ett ledningssystem uppbyggt på våt kyla vars uppgift är att skapa ett tillfredsställande inomhusklimat. Ventilationssystemets enda uppgift är att föra bort föroreningar och tillföra ny luft. Toyotas huvudkontor hade tidigare ingen vattenburen kyla utan det har kommit till vid en ombyggnad. Just våt komfortkyla är vanligt att installera vid om- och tillbyggnader. Detta beror till stor del på att ett luftsystem redan existerar och att det inte finns så gott om utrymme för kylapparater. Kylapparaterna behöver då en hög kyleffekt vilket då exempelvis en fan-coil (i våt kyla) har, så att de blir få till antalet. Då man projekterar för våt komfortkyla antar man ofta att fan-coil-enheterna ska klara hela kylbehovet, vilket leder till att ingen kyld tilluft används. Men vid ombyggnad kan situationen se annorlunda ut.

I Toyotas kylsystem används ett vätskekyllt vätskekyllaggregat som kylmaskin. Kylmaskinen är dimensionerad för 7/12°C vatten och startar och stoppar då returtemperaturen är 13,5°C respektive 11°C. Kylkompressorn och förångare placeras inomhus. Förångaren kyler vattnet i den våta kylans ledningssystem, köldbärare primär. Kondensorn utgörs av en kylmedelskylare och kylmedel (är av typ brinesystem då kylmedlet cirkulerar i ledningar utomhus). Kylmedelskylaren är placerad på taket och kyler kylmedlet via uteluften. För ökad effekt är den utrustad med fläktar. Ledningssystemet för köldbärare primär, som är Armaflexisolerat, går ut till alla kontor och till vilket fan-coils är anslutna. Fan-coils är de slutliga kylapparaterna som kyler rumsluften (dess funktion beskrivs senare). Våt kyla innebär att köldbärarens tilloppstemperatur ligger under rumsluftens daggpunktstemperatur och att rumsluften tillåts att kondensera. Ett kylsystem uppbyggt på våt kyla är dimensionerat för en tillopps- och returtemperatur på 7/12°C, alltså samma temperaturer en kylmaskin normalt är dimensionerad för. Vid våt kyla behövs även ett ledningssystem som tar hand om kondenserat vatten, dvs ett dräneringssystem. Ledningssystemet kan vara utfört i exempelvis plast och ansluts till avloppsledningen vid tvättställ, utslagsback eller liknande. Då vi alltid vill ha konstant flöde till kylmaskinen används trevägsventiler som styrventiler till fläktkonvektorerna.²¹

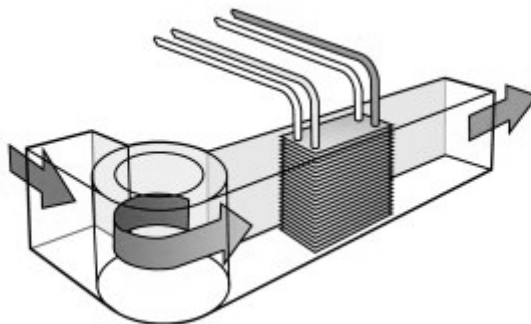
²¹ Projekteringspärm, Toyotas huvudkontor



Figur 9, flödesschema köldbärare Toyotas huvudkontor

3.3.1 Fan-coils

Fan-coil är den typ av kylapparat som har störst kyleffekt i förhållande till sin storlek och kan åstadkomma en snabb kylning. Det som utmärker fan-coilen från andra kylapparater är att den är utrustad med en fläkt som cirkulerar rumsluften genom dess aggregat. I aggregatet kyls luften av ett kylbatteri. En fan-coil kan även användas för att värma rumsluften om den ansluts till värmesystemet. Utöver kylbatteri och fläkt är fan-coilen även utrustad med luftfilter, droppfat och kondensavlopp. Principen för fan-coil redovisas i figur 10 nedan.



Figur 10, princip fan-coil (4-rör, värme respektive kyla)

Vid våt komfortkyla dimensioneras fan-coilen för en tilllopps- och returtemperatur på 7/12°C, men den kan även användas vid torr kyla och får då dimensioneras för en tilllopps- och returtemperatur på 14/17°C. Då man dimensionerar fan-coils för våt kyla ska man titta på den sensibla kyleffekten, dvs den kyleffekt som kan tillgodoräknas rummet. Men det är total kyleffekt som dimensionerar kylmaskin och rörsystem. Det totala kyleffektbehovet består av latent kyleffekt (den kyleffekt som åtgår att kyla luften vid mätnadslinjen, kondens) samt sensibel kyleffekt. Det krävs alltså mer energi för att kyla luft vid mätnadslinjen än vad det krävs vid torr kylning. Ibland nämns netto sensibel kyleffekt eller temperatursänkningseffekt vilket är sensibel kyleffekt minus fläktvärme (cirka 50-250W). Ifall fan-coils används vid torr kyla så är den sensibla kylan lika med den totala kyleffekten.²²

Som standard används tre fläkthastigheter, där den lägsta hastigheten ger en betydligt lägre ljudnivå än de andra. Vid dimensionering av fan-coils väljs därför ofta kyleffekten utifrån fläkthastighet ett eller två. Fan-coils finns i ett flertal olika varianter, för undertak, tak, vägg och golv.

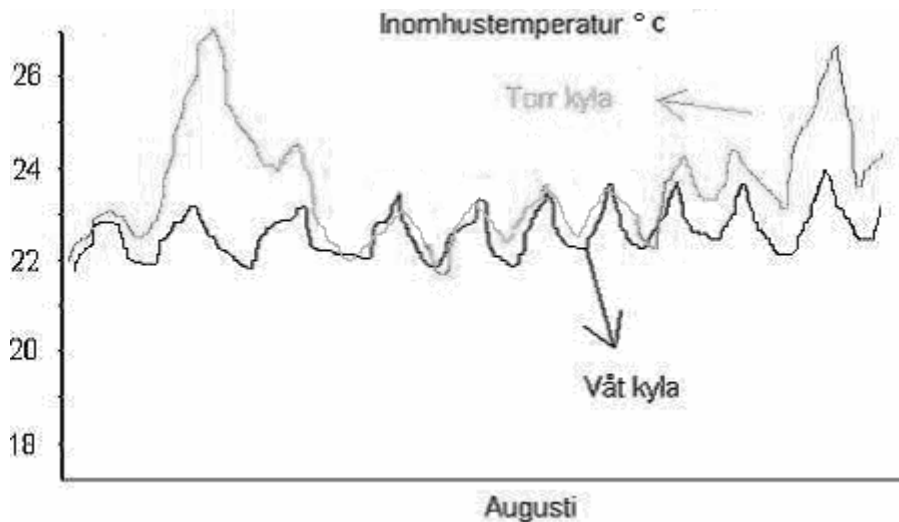
En fan-coil ansluts med en flexibel slang eller liknande. Styrventil kan levereras färdigmonterad på aggregatet av leverantör eller så får den anslutas på plats. I ledningssystem till respektive fan-coil bör även en avstängningsventil och en injusteringsventil

²² Nils-Göran Ström, AQS-produkter, Västra Frölunda

monteras. Fördelen med fan-coil är den höga kyleffekten och nackdelen är den relativt höga ljudnivån (vid hög fläkthastighet) samt drift- och underhållsbehov. Filter bör bytas eller rengöras en gång per år och underhåll behövs för rörliga delar i aggregatet.

4. Komfortjämförelse

Som tidigare nämnts är fan-coilen den kylapparat som har allra högst kyleffekt. Så ett rätt dimensionerat fan-coil system kan alltid skapa ett kylt inomhusklimat. Det intressanta är då ifall kylbafflar som fuktkompenseras också klarar att skapa ett trivsamt inomhusklimat under extrema sommar dagar. Ifall kylbafflarna inte skulle klara av att kyla inomhuslokalerna till tillfredsställande temperaturer skulle detta kunna se ut som figur nedan visar.



Figur 11, hypotes om inomhustemperatur, torr kyla respektive våt kyla

För att få reda på hur kylbafflar klarar sig under en sommar gjordes mätningar av temperatur och relativ fuktighet under augusti 2005. Mätningar utfördes med loggrar (små mätinstrument med möjlighet till datalagring). Loggrarna registrerade temperatur och relativ fuktighet varje kvart under hela augusti. Mätningar utfördes i Toyotas huvudkontor och i Spendrups huvudkontor. 3 st loggrar var placerade i respektive byggnad.

Placering av loggers i Spendrups huvudkontor:

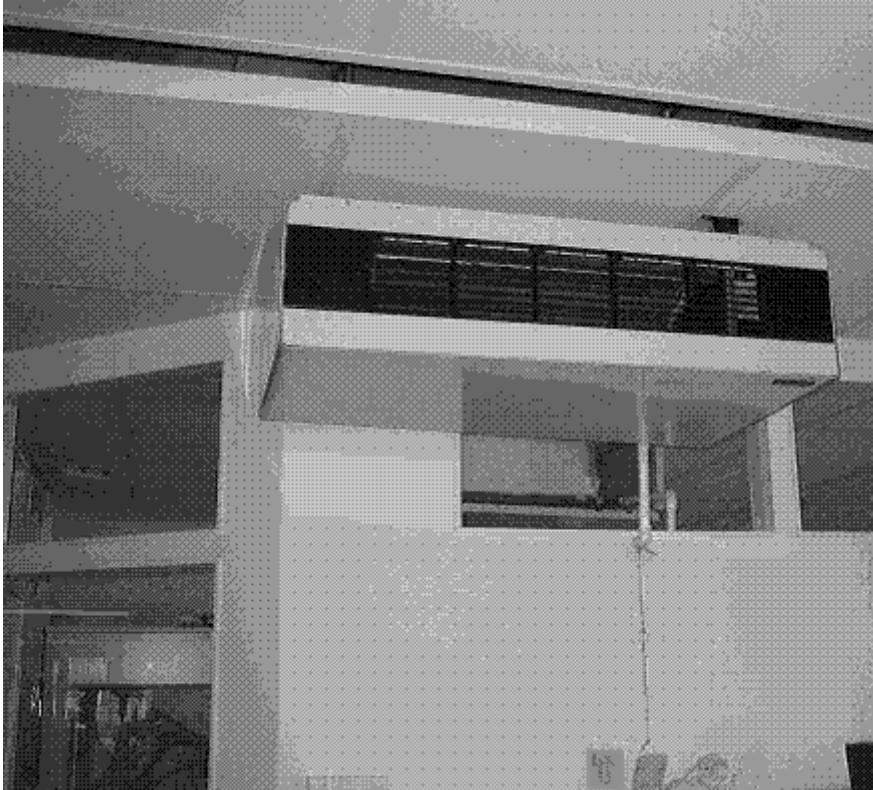
- Logger 1- Plan 2, rum 222, höjd=2,3 m
- Logger 2- Plan 4, rum 412, höjd=2,3 m
- Logger 3- uteluftskanal i apparatrum, utetillstånd



Figur 12, placering logger 1 i rum 222

Placering av loggers i Toyotas huvudkontor:

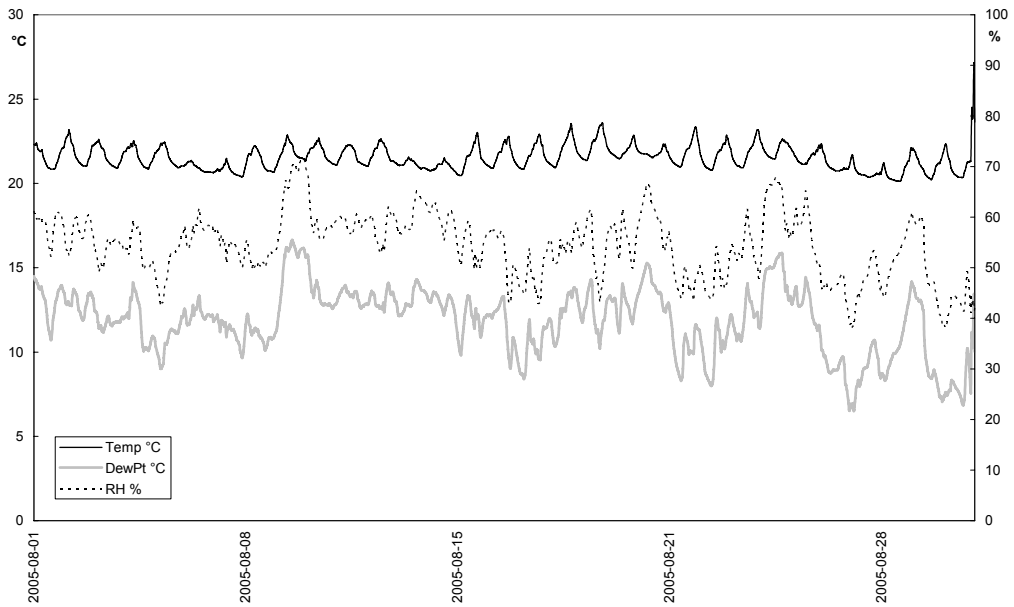
- Logger 4- Plan 2, rum 231, höjd=1,8 m
- Logger 5- Plan 2, rum 271, höjd=1,6 m
- Logger 6- uteluftskanal i apparatrum, utetillstånd



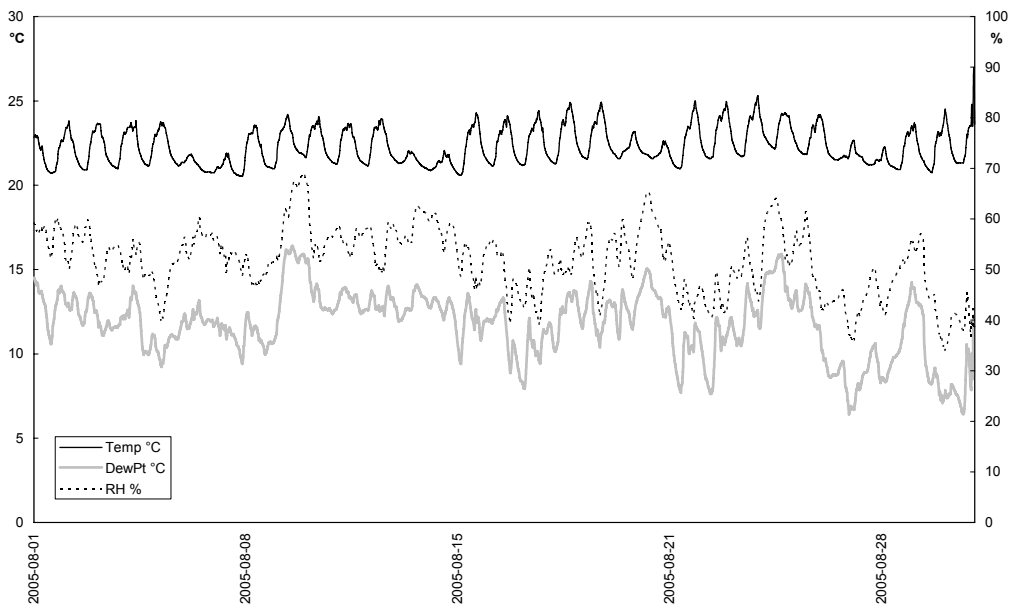
Figur 13, placering logger 5 i rum 271

Resultatet av dessa mätningar visas nedan i sex diagram. Temperaturer, relativ fuktighet samt daggpunktstemperatur redovisas.

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

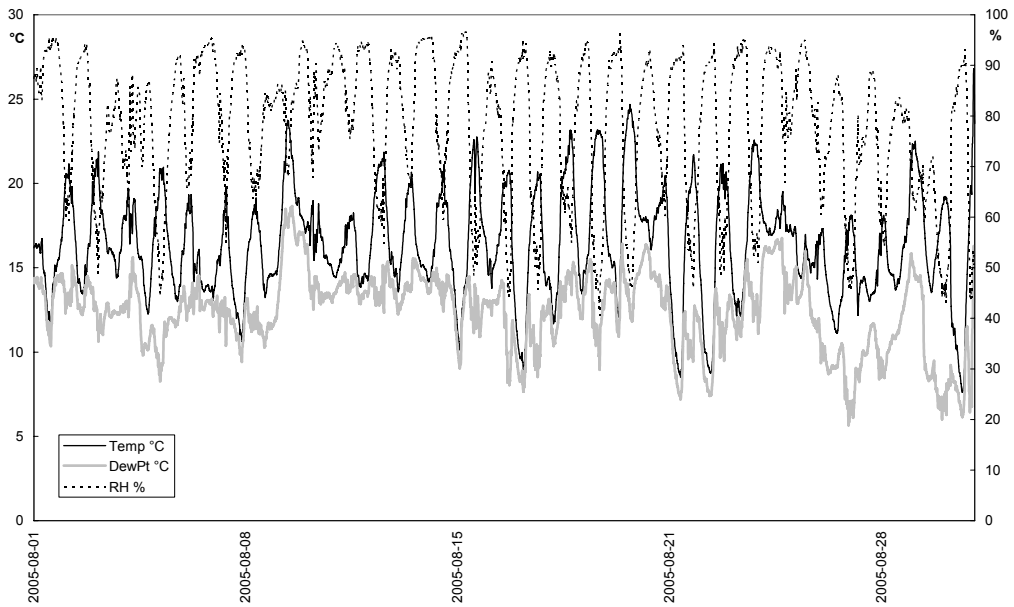


Figur 14, Diagram Logger 1_Spendrups_Rum 222

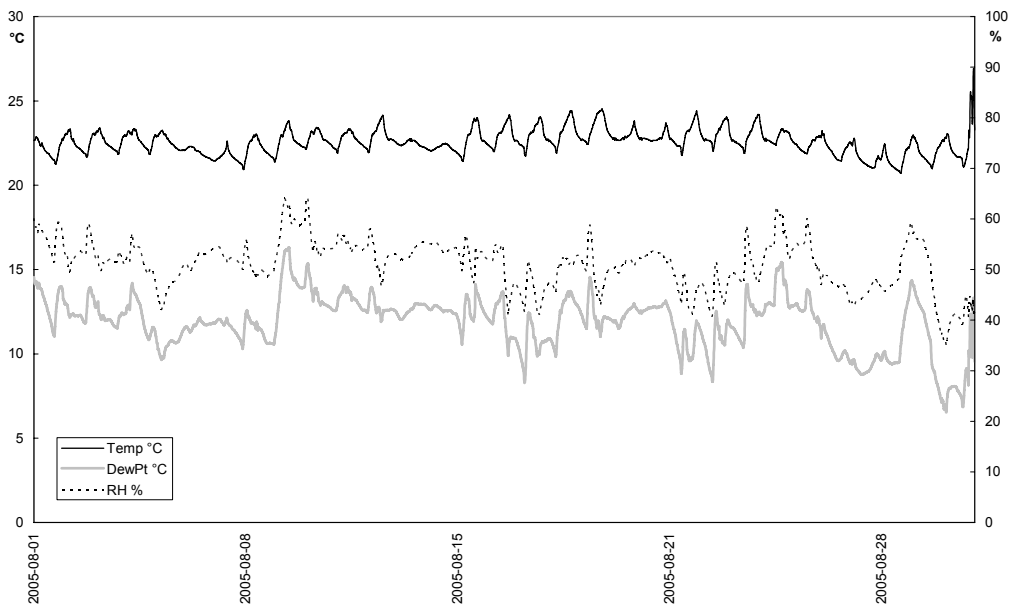


Figur 15, Diagram Logger 2_Spendrups_Rum 412

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

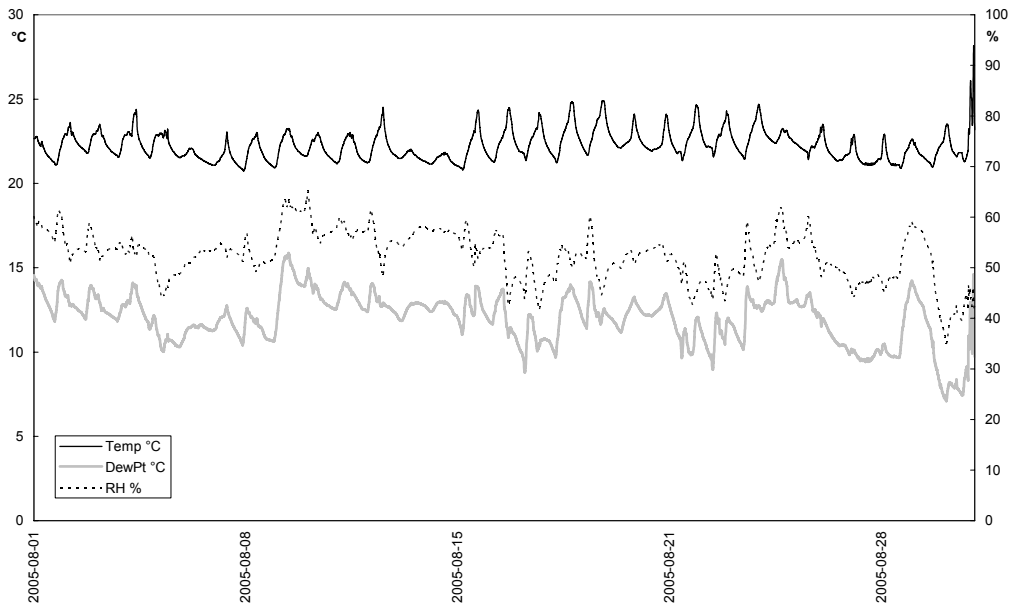


Figur 16, Diagram Logger 3_Spendrups_Utetillstånd

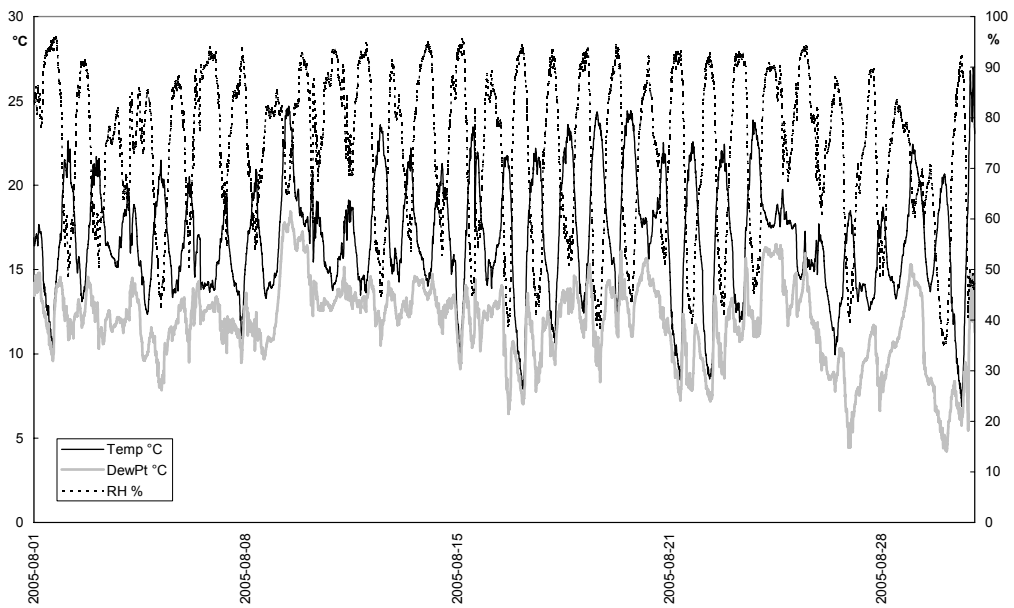


Figur 17, Diagram Logger 4_Toyota_Rum 231

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



Figur 18, Diagram Logger 5_Toyota_Rum 271



Figur 19, Diagram Logger 6_Toyota_Utetillstånd

I både Toyotas och Spendrups huvudkontor har rumregulatorer varit inställda på komfortläge (22°C). Kylbafflarna i Spendrups huvudkontor styrs via tvåvägsventiler. PI-reglerfunktion med kylsteg 1K.²³ Fan-coils i Toyotas huvudkontor styrs via trevägsventiler. Rumsregulatorn har tre fläkthastigheter att välja på (hastighet 2 vald). Styrventiler öppnas då temperaturen överstiger 22,0°C (kopplingsdifferens 0,5°C).²⁴

Av mätningarna att döma så var temperaturerna relativt konstanta i både Spendrups och Toyotas huvudkontor. Den högsta inomhustemperaturen under dagarna inträffar ungefär kl 17.00. Temperaturen under helgerna är dock lite lägre, vilket inträffade den 6, 7; 13, 14; 20, 21 och 27, 28. I Spendrups kan vi se att rum 222 har haft cirka 23°C medan rum 412 haft 24°C till största delen men med temperaturer upp till 25°C stundtals. Mätningarna från Toyota visar att rum 231 har haft cirka 23,5°C och rum 271 haft antingen cirka 23,5°C eller 25°C.

Den värsta dagen inträffade den 9 augusti. Utetillståndet var då cirka 25°C och 62%RF. Detta utetillstånd är ungefär vad ett klimatsystem i Stockholm dimensioneras för och av resultatet kan vi se att det inte sker någon temperaturstigning i vare sig Spendrups eller Toyotas lokaler. Framledningstemperaturen för köldbärare sekundär (torr kyla Spendrups) fuktkompenseras utifrån uteluften och från resultatet av logger 3 kan vi se att dagpunktstemperaturen har legat vid drygt 18,5°C den 9 augusti. Trots denna höga framledningstemperatur har det ändå inte skett någon temperaturstigning i Spendrups lokaler. Den 25 augusti är en annan dag när fuktkompensering behövs för att undvika kondens. Framledningstemperaturen är då cirka 17°C, vilket vi kan se från Figur 16 (Diagram Logger 3) och ändå sker det inte någon temperaturstigning.

Under augusti bjöd tyvärr inte naturen på någon extrem sommardag med hög temperatur och hög relativ fuktighet, vilket hade varit intressant för mätningarna. Det hade även varit intressant ifall mätningarna kunnat visa vilka dagar som haft solsken, regn och regnskurar. Trots att temperaturen är hög behöver det inte vara starkt solsken utomhus. Av tidigare kunskaper vet vi att solsken är en starkt bidragande orsak till höga inomhustemperaturer. Ifall då framledningstemperaturen för köldbäraren är hög på grund av fuktkompensering samtidigt som det är solsken en varm sommardag är det risk för att kylkapaciteten reduceras när den behövs som mest.

För att få reda på hur många dagar under en sommar som torr kyla eventuellt behöver fuktkompenseras beställdes statistik från SMHI för sommaren 2002 samt sommaren 2003. Statistiken omfattade temperatur och relativ fuktigheten för Stockholm maj-augusti och är en sk månadstabell där mätningar redovisas kl 07:00, 13:00 och 19:00 varje dag. I månadstabellen redovisas även vilka andra förhållande det varit exempelvis regn, dimma, moln, åska, sol etc.

²³ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

²⁴ AQS produkter, produktpärm, Processklimat, vätskekylning, värmepumpar, 2002

Målet med statistiken är att få fram hur många dagar under sommaren som anses vara riskdagar. En riskdag har klassats som en dag då temperaturen är 27°C eller högre och att samtidigt dagpunktstemperaturen är 16°C eller högre (beror av temperatur och relativ fuktighet) samt att det samtidigt är klart väder. Dagar som har en hög relativ fuktighet (över 50%RF) och med temperaturer upp till 25°C har tidigare mätningar visat att det inte finns någon större risk för höjda inomhustemperaturer pga höjd framledningstemperatur på köldbärare. Därutav klassas en riskdag enligt ovan nämnda beskrivning.

Sommaren 2002 hade följande antal riskdagar:

Maj:	0 dagar
Juni:	0 dagar
Juli:	2 dagar
Augusti:	2 dagar

Sommaren 2003 hade följande antal riskdagar:

Maj:	0 dagar
Juni:	1 dag
Juli:	8 dagar
Augusti:	1 dag

Mellan första maj och sista augusti finns det 123 dagar, vilket ger att den torra kylans kapacitet reduceras 3,3% av tiden 2002 och 8,1% av tiden 2003.

5. Ekonomisk jämförelse

I detta sista moment av studien av torr och våt komfortkyla beräknas installationskostnaderna, som objekt används Spendrups huvudkontor. Kontoret har i verkligheten ett kylklimatsystem uppbyggt på torr kyla, så för att även kunna beräkna kostnaderna för våt kyla projekteras Spendrups för detta kylklimatsystem.

5.1 Projektering våt kyla, Spendrups huvudkontor

Projektering våt kyla, förutsättningar:

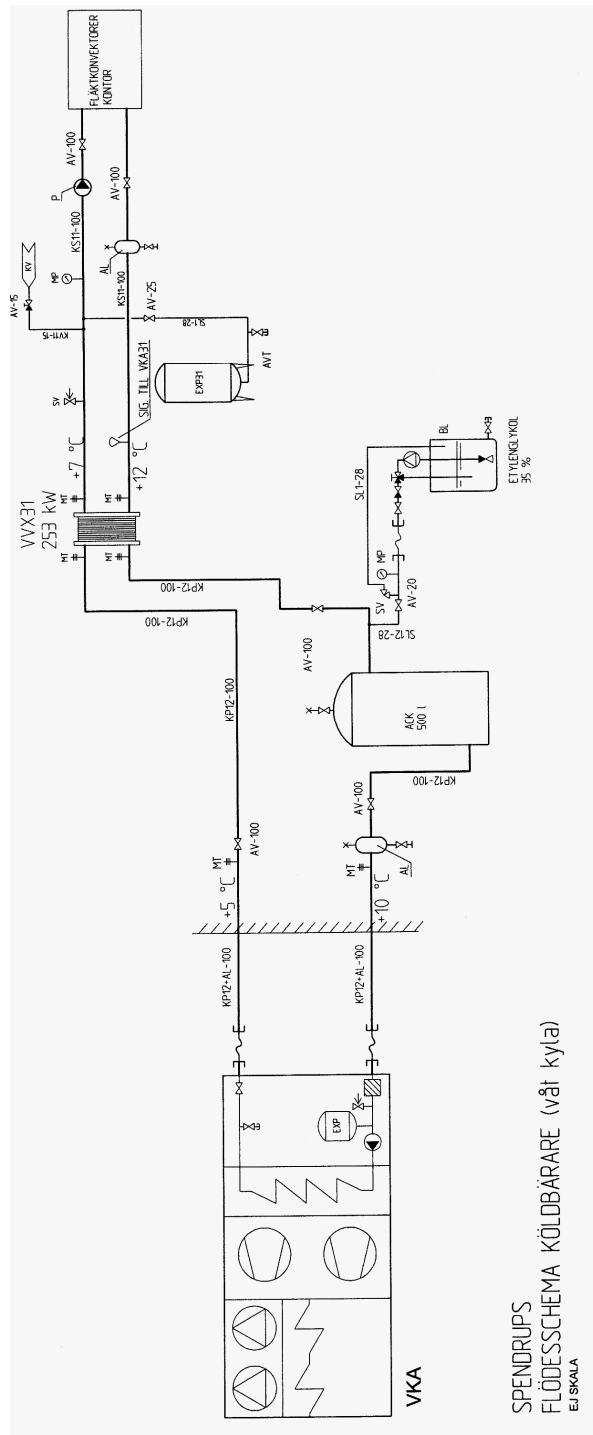
- Samma kylmaskin
- Tilluftsbaflar ersätts av fan-coils
- Tilluft via konventionella tilluftsdon
- Tilluftskanal oisolerad
- Armaflexisolering av köldbärare primär och sekundär
- Rörledningssystem av samma typ som det befintliga, koppar SMS 1890-hårdlödning.
- Ledningssystem köldbärare primär bibehålls i apparatrum.
- Kondensledning i plast

5.1.1 Systemlösning

Det första steget i projekteringen är att bearbeta en systemlösning för den våta kylan. Denna lösning redovisas i flödesschema för köldbärare, se figur 20.

För den våta kylan används den befintliga kylmaskinen (luftkylt vätskekylaggregat) med kyleffekten 270 kW.²⁵ Skillnaden nu är att kylmaskinen dimensioneras för en tilllopps- och returtemperatur på 5/10°C. Detta för att vi ska kunna dimensionera fläktkonvektorerna för 7/12°C, i värmeväxlaren förloras nämligen en del av kyleffekten. Ifall kylmaskinen fortfarande skulle jobba efter en tilllopps- och returtemperatur på 7/12°C så skulle temperaturen på andra sidan värmeväxlaren bli cirka 9/14°C. Värmeväxlaren dimensioneras för 90% av kylklimatsystemets totala kyleffekt, detta för att det troligtvis aldrig är fullt kylbehov på alla platser samtidigt. En givare sätts på returledningen till köldbärare sekundär, vilken ger signal till kylmaskinen att starta då 13,5°C överskrids och stoppa då temperaturen är 11,5°C. Köldbärare primärs ledningssystem är det samma som har använts vid torr kyla.

²⁵ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor



Figur 20, Spendrups flödesschema köldbärare (alt. våt kyla)

FÖRKLARINGAR

RÖRBETECKNINGAR MEDIA

KP: KÖLDBÄRARE PRIMÄR
KS : KÖLDBÄRARE SEKUNDÄR
KV: TAPPKALLVATTEN
SL: EXPANSIONSLEDNING
T: VATTENKONDENSLEDNING

RÖRBETECKNINGAR MATERIAL (FÖRSTA SIFFRAN)

xx1: KOPPARRÖR SMS 1890 - HÅRDLÖDNING
xx4: PLASTRÖR PVC-U

RÖRBETECKNINGAR ISOLERING (ANDRA SIFFRAN)

xxx1: YTBEKLÄDNAD MINERALULL
xxx2: YTBEKLÄDNAD ARMAFLEX

APPARATER, VENTILER MM.

ACK ACKUMULATORTANK
AL KOMBINERAD AVLUFRTARE/SMUTSFILTER
AV AVSTÄNGNINGSVENTIL
AVT AVTAPPNINGSVENTIL
BL BLANDARE
EXP EXPANSIONSKÄRL
MP TRYCKMÄTARE
MT TERMOMETER
P CIRKULATIONSPUMP
RV INJUSTERINGSVENTIL
SV STYRVENTIL
FC FAN-COIL FÖR VENT & KYLA
VKA LUFTKYLT VÄTSKEKYLAGGREGAT
VXX VÄRMEVÄXLARE

ANSL FAN-COILS

FAN-COIL ANSL. TILL HUVUDSTAM MED KS11-15
FAN-COIL ANSLUTES MED FLEXIBEL SLANG
VENTILER = AV-15, RV-15

VÄRDE ANGIVET UNDER FAN-COIL TYP AVSER FLÖDE I LITER/SEK

Figur 21, förklaringar till flödesschema

5.1.2 Dimensionering av fläktkonvektorer

Nästa steg i projekteringen är att få fram kyleffekten från alla tilluftsafflar i undertak i plan 1, 2, 3 och 4. Totalt finns det 228 st takbafflar med fyra olika varianter: TB1 (3.0 m, luftflöde = 20 l/s, vattenflöde = 0.045 l/s), TB2 (3.4 m, luftflöde = 40 l/s, vattenflöde = 0.060 l/s), TB3 (3.0 m, luftflöde = 50 l/s, vattenflöde = 0.042 l/s) och TB4 (2.4 m, luftflöde = 40 l/s, vattenflöde = 0.035 l/s). Kyleffekten är dimensionerad utifrån inomhustemperaturen 22.5°C, tilluftstemperatur på 16°C och köldbärare vatten-temperatur 14 /17°C.²⁶ Se nedan i tabell 1 takbafflarnas kyleffekt i respektive plan och rum.

²⁶ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

Tabell 1. Kyleffekt takbafflar (torr kyla)

Baffeltyp	Luftflöde	Kyleffekt luftburen (W)	Kyleffekt vattenburen (W)	Tot kyleffekt (W)
TB1	20	168	545	713
TB2	40	314	747	1061
TB2	30	235	747	982
TB3	50	392	991	1383
TB4	40	314	400	714
TB4-2	20	157	400	557

Plan 1			
Rum	Typ	Antal	Tot kyleffekt rum (W)
104	TB2	3	2946
105	TB2	2	1964
106	TB4	2	1428
		7	<u>6338</u>

Plan 2			
Rum	Typ	Antal	Tot kyleffekt rum (W)
202	TB1	4	2852
209	TB1	2	1426
210	TB3	1	1383
212	TB4	2	1428
213	TB4	2	1428
215	TB2	3	2946
222	TB1	10	7130
223	TB1	6	4278
224	TB4	2	1428
231	TB1	14	9982
233	TB3	1	1383
241	TB3	1	1383
242	TB1	10	7130
243	TB3	12	16596
244	TB3	2	2766
248	TB3	1	1383
		73	<u>64922</u>

Plan 3			
Rum	Typ	Antal	Tot kyleffekt rum (W)
302	TB1	2	1426
303	TB1	8	5704
312	TB1	12	8556
313	TB1	8	5704
321	TB1	15	10695
323	TB3	1	1383
330	TB3	1	1383
331	TB1	12	8556
337	TB3	1	1383
338	TB1	13	9269
339	TB4	2	1428
		75	<u>55487</u>

Plan 4			
Rum	Typ	Antal	Tot kyleffekt rum (W)
403	TB1	8	5704
402	TB1	2	1426
412	TB1	13	9269
420	TB2	3	
	TB4-2	2	4297
422	TB1	15	10695
424	TB3	1	1383
431	TB3	1	1383
432	TB1	12	8556
438	TB3	1	1383
439	TB1	12	8556
440	TB4	3	1671
		73	<u>54323</u>

Sammanfattningsvis så är kylbafflarnas totala kyleffekt 181 kW och totalt köldbärarflöde är 10 l/s. Total kyleffekt för hela kylklimatsystemet (takbafflar plus kylbatteri) är 271 kW.²⁷

²⁷ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

I denna projektering av våt kyla ska fan-coils stå för all kylning, kyld tilluft används inte. Utöver den kyleffekt som krävs för att motsvara takbafflarna behövs således även en extra kyleffekt för att kyla varm tilluft. Detta extra kylbehov dimensioneras för utetillståndet 25°C, 50%RF och inomhustemperaturen 23°C. Storleken på detta extra kylbehov kommer att variera med tilluftens flöde. De takbafflar som använts i Spendrups kontor har 4 olika tilluftsflöden, extra kylbehov för respektive flöde redovisas i tabell 2 nedan.

Tabell 2. Extra kylbehov.

Luftflöde (l/s)	Innetemp (°C)	Ute/ Tillufttemp. (°C)	Extra kylbehov (W)
20	23	25	48
30	23	25	72
40	23	25	96
50	23	25	120

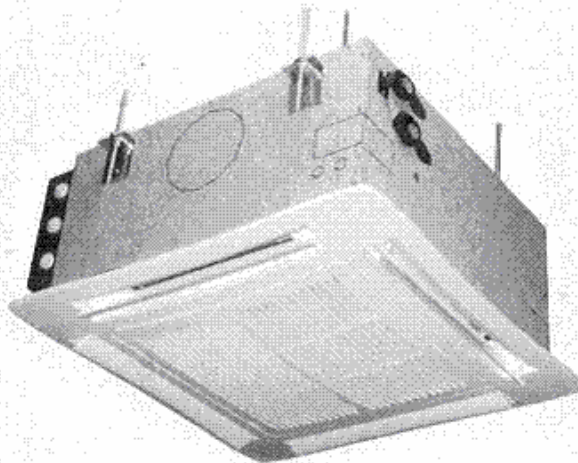
För att likna de takbafflar som är monterade i undertak (är av modulen 600 mm) väljs även en fan-coil anpassad för detta undertak. Den fan-coil som valts är av AQS-fabrikat, typ XHDU602/2T. Effektdata för XHDU602/2T vid 23°C, 50%RF redovisas nedan i tabell 3.²⁸

Tabell 3. Effektdata för fan-coil.

	fläktvarvtal 1	fläktvarvtal 2	fläktvarvtal 3
Total kyleffekt (kW)	1,56	1,97	2,66
Netto sensibel kyleffekt (kW)	1,34	1,61	2,2
Luftflöde-fläkt (m ³ /s)	0,089	0,139	0,197
Köldbärarflöde (l/s)	0,058	0,094	0,127
Ljudtrycksnivå (dBA)	30	41	49

Angiven ljuddata gäller i efterklangsfältet vid 10 m² ekvivalent ljudabsorptionsarea (10 m² Sabine)

²⁸ AQS produkter, produktpärm, Processklimat, vätskekyllning, värmepumpar, 2002



Figur 22, Fan-coil XHDU602/2T.

Dimensioneringen utifrån totalt kylbehov har skett med utgångspunkt från netto sensibelkyleffekt vid fläktvarvtal 2, högre ljudnivå är svår att acceptera. Tabell 4 nedan visar resultatet av dimensioneringen, här ses hur många fan-coils som behövs i respektive rum och plan.

Tabell 4. Dimensionering Fan-Coils.

Plan 1				
Rum	Kylbehov mots. takbafflar (W)	Extra kylbehov (W)	Tot kyleffektsbehov rum (W)	Antal fan-coils (1,61 kW/st)
104	2946	216	3162	2
105	1964	144	2108	2
106	1428	192	1620	1
			6890	5

Plan 2				
Rum	Kylbehov mots. takbafflar (W)	Extra kylbehov (W)	Tot kyleffektsbehov rum (W)	Antal fan-coils (1,61 kW/st)
202	2852	192	3044	2
209	1426	96	1522	1
210	1383	120	1503	1
212	1428	192	1620	1
213	1428	192	1620	1
215	2946	216	3162	2
222	7130	480	7610	5

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

223	4278	288	4566	3
224	1428	192	1620	1
231	9982	672	10654	7
233	1383	120	1503	1
241	1383	120	1503	1
242	7130	480	7610	5
243	16596	1440	18036	12
244	2766	240	3006	2
248	1383	120	1503	1
			70082	46

Plan 3

Rum	Kylbehov mots. takbafflar (W)	Extra kylbehov (W)	Tot kyleffektsbehov rum (W)	Antal fan-coils (1,61 kW/st)
302	1426	96	1522	1
303	5704	384	6088	4
312	8556	576	9132	6
313	5704	384	6088	4
321	10695	720	11415	7
323	1383	120	1503	1
330	1383	120	1503	1
331	8556	576	9132	6
337	1383	120	1503	1
338	9269	48	9317	6
339	1428	192	1620	1
			58823	38

Plan 4

Rum	Kylbehov mots. takbafflar (W)	Extra kylbehov (W)	Tot kyleffektsbehov rum (W)	Antal fan-coils (1,61 kW/st)
403	5704	384	6088	4
402a	1426	96	1522	1
412	9269	624	9893	7
420	4297	456	4753	3
422	10695	720	11415	7
424	1383	120	1503	1
431	1383	120	1503	1
432	8556	576	9132	6
438	1383	120	1503	1
439	8556	576	9132	6
440	1671	288	1959	2
			58403	39

Sammanfattningsvis så är det totalt 128 st fan-coils och totalt köldbärarflöde är 12 l/s. Summa netto sensibel kyleffekt är 206 kW och total kyleffekt är 252 kW vilket också är hela kylklimatsystemets kyleffekt.

5.1.3 Dimensionering av tilluftsdon

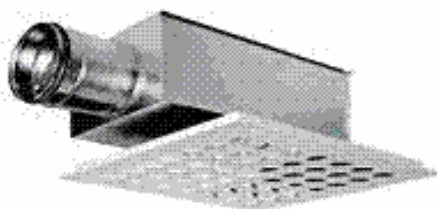
För att denna ekonomiska jämförelse ska vara rättvisande medräknas även kostnaden för tilluftsdon i installationskostnaden för våt kyla. I den torra kylan används tilluftsbafflar.

Som tilluftsdon har Swegons TDYc använts, storlek 200 med anslutningslåda. Varje tilluftsdon ska ge ett luftflöde om 50 l/s.²⁹ Från detta beräknas sedan det totala antalet tilluftsdon utifrån total luftmängd från tilluftsbafflar. Se tabell 5 nedan

Tabell 5. Bestämning av antal tilluftsdon.

Luftflöde från takbafflar

Tot luftflöde takapp plan 1:	230	l/s
Tot luftflöde takapp plan 2:	2150	l/s
Tot luftflöde takapp plan 3:	1630	l/s
Tot luftflöde takapp plan 4:	1670	l/s
SUMMA Luftflöde	5680	l/s
ANTAL TDYc	$5680/50=114$	st

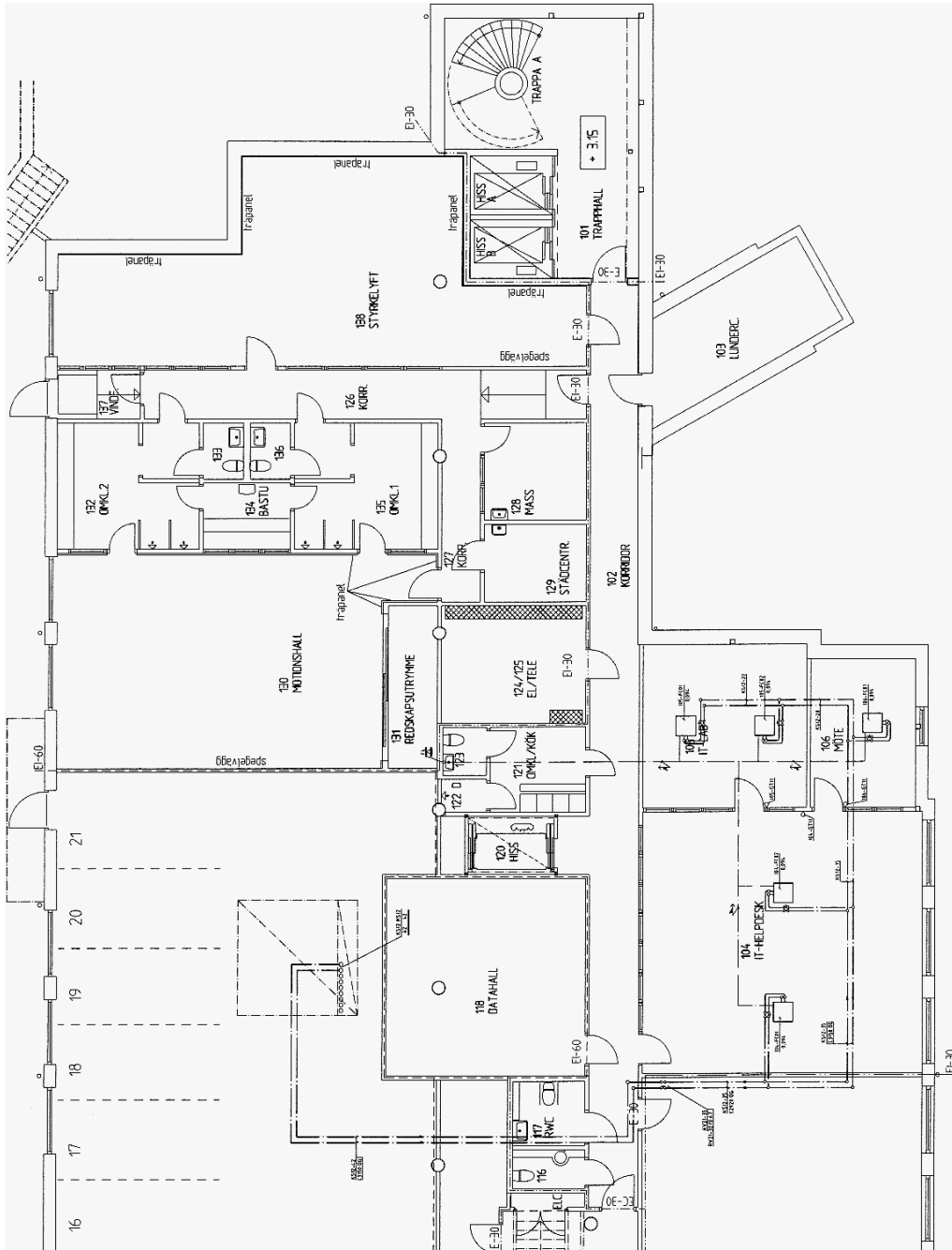


Figur 23, Tilluftsdon Swegon TDYc.

²⁹ Carina Cehlin, Swegon, Örebro

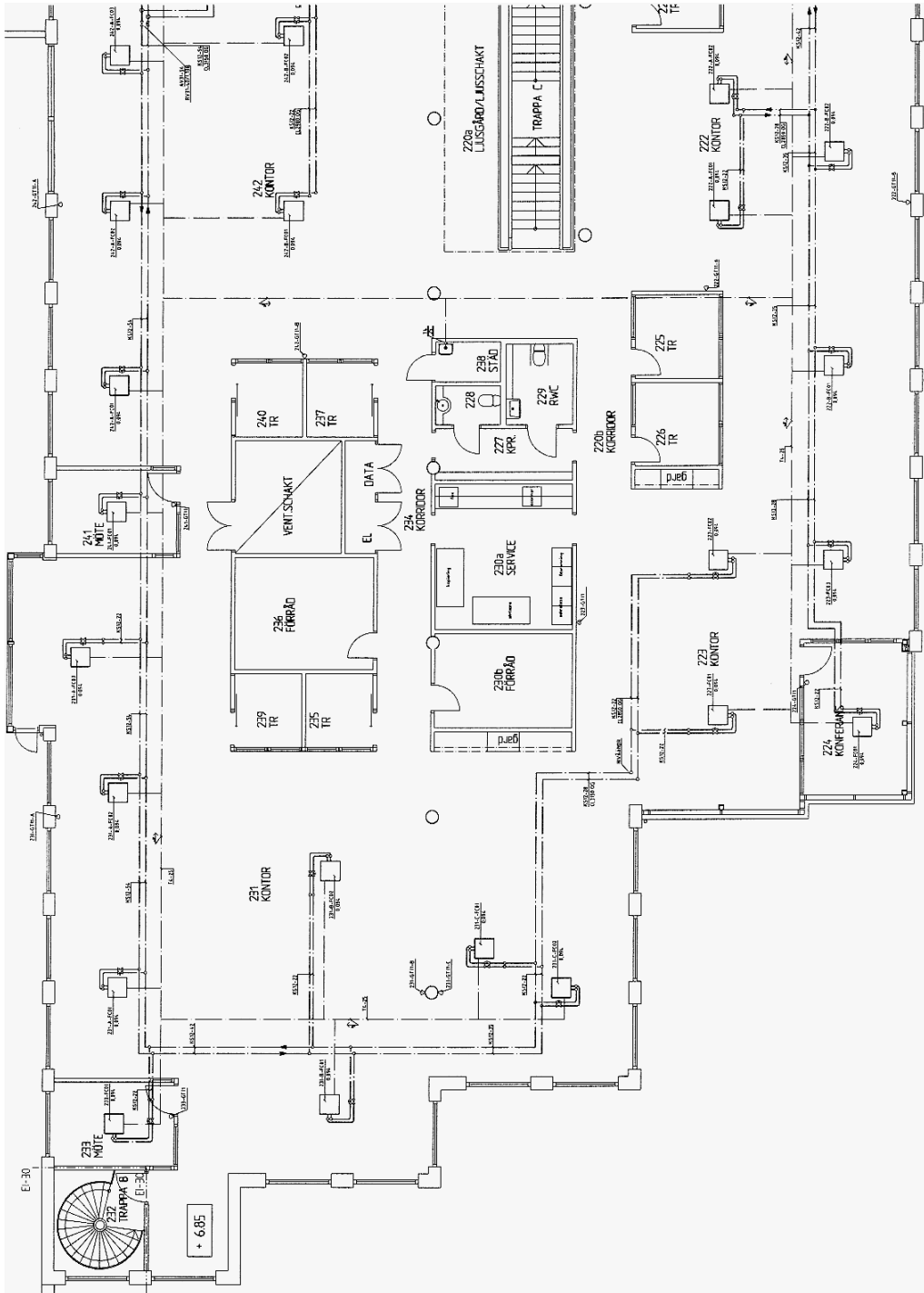
5.1.4 Ritningar våt kyla

Det sista steget i denna projektering är att rita upp den våta komfortkylan, vilket görs i AutoCad. Ritningarna över plan 1, 2, 3 och 4 redovisas nedan, observera ej skalenslita.



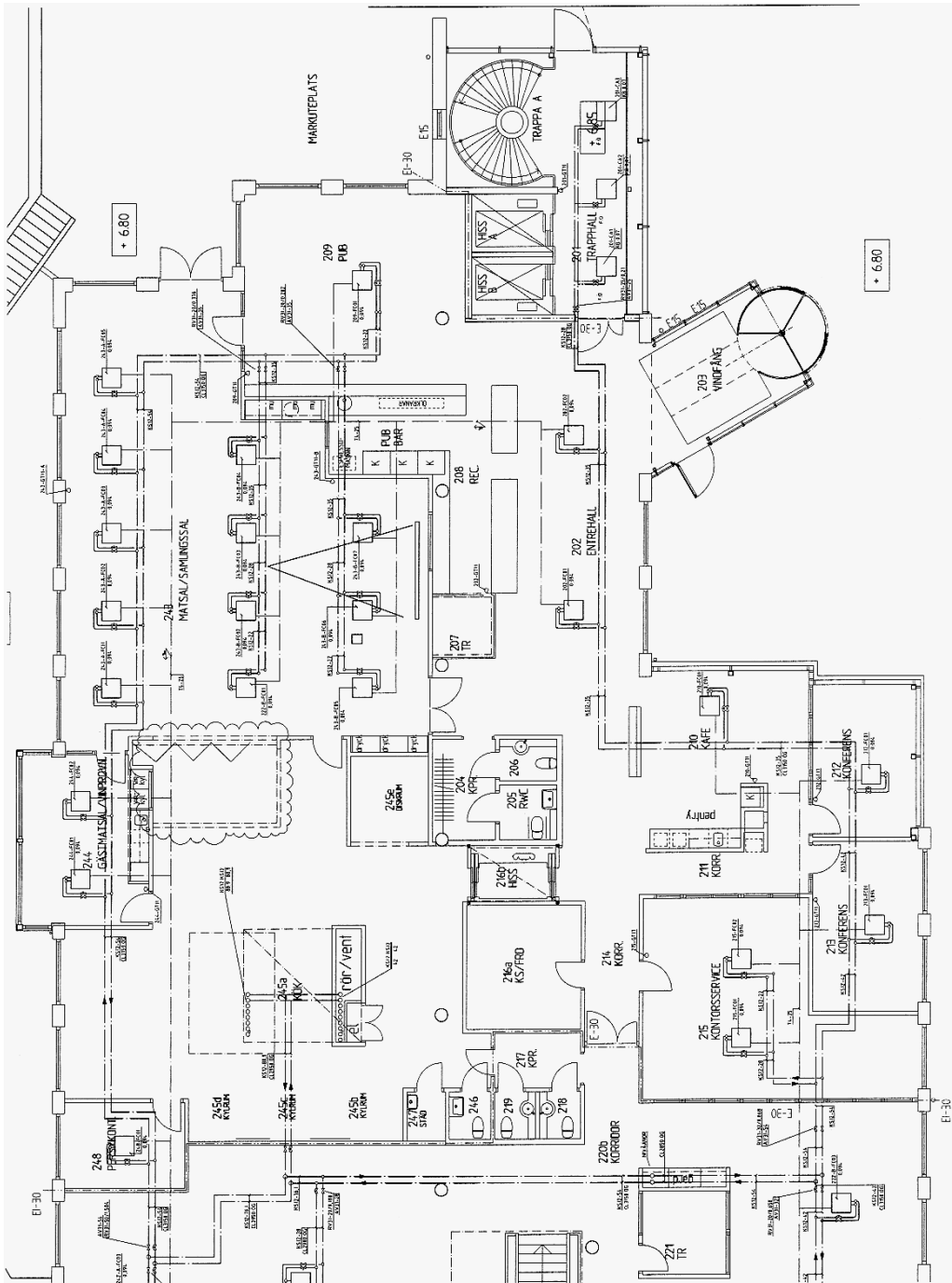
Figur 24, plan 1 (södra delen).

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



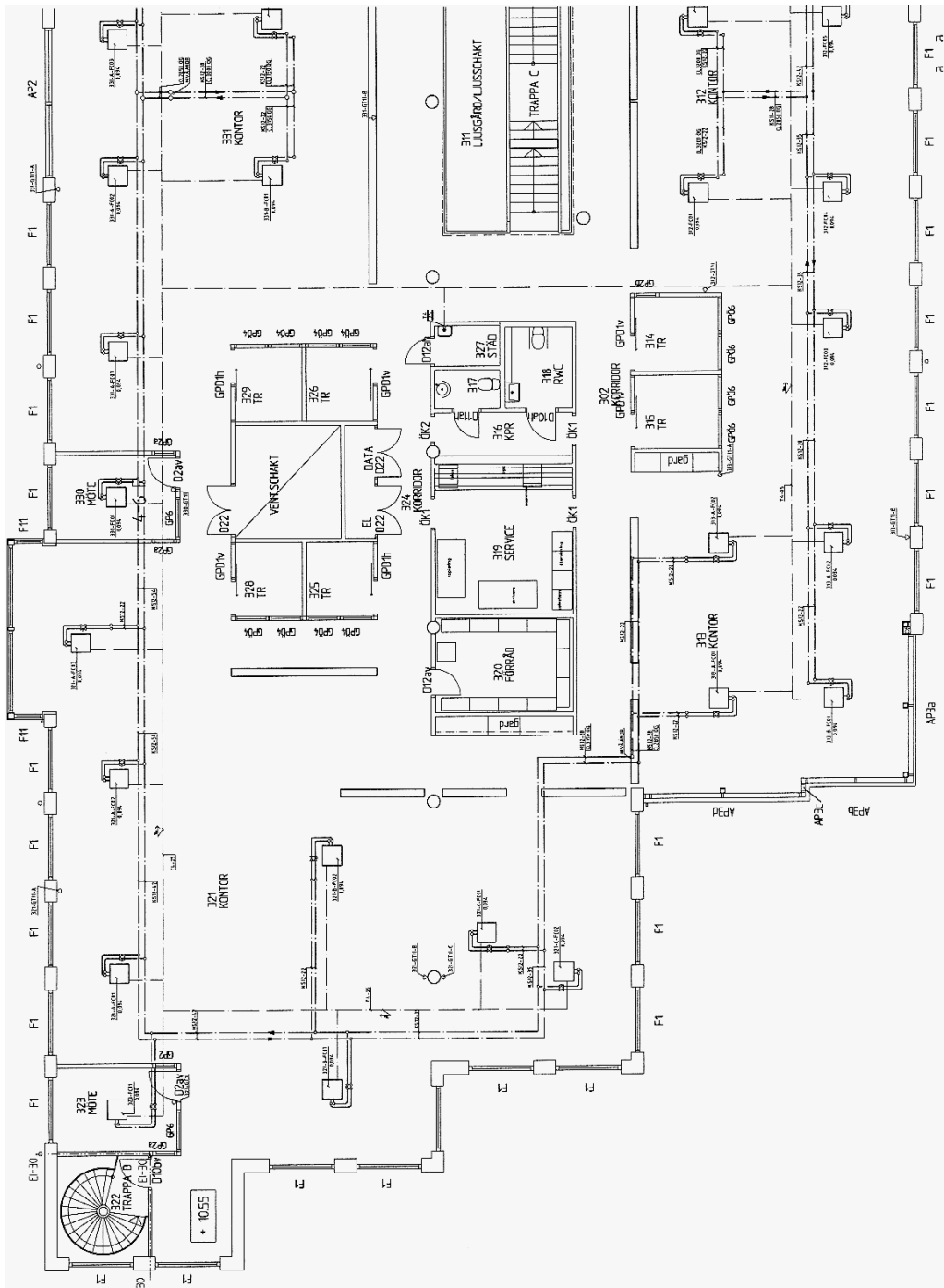
Figur 25, plan 2 (norra delen).

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



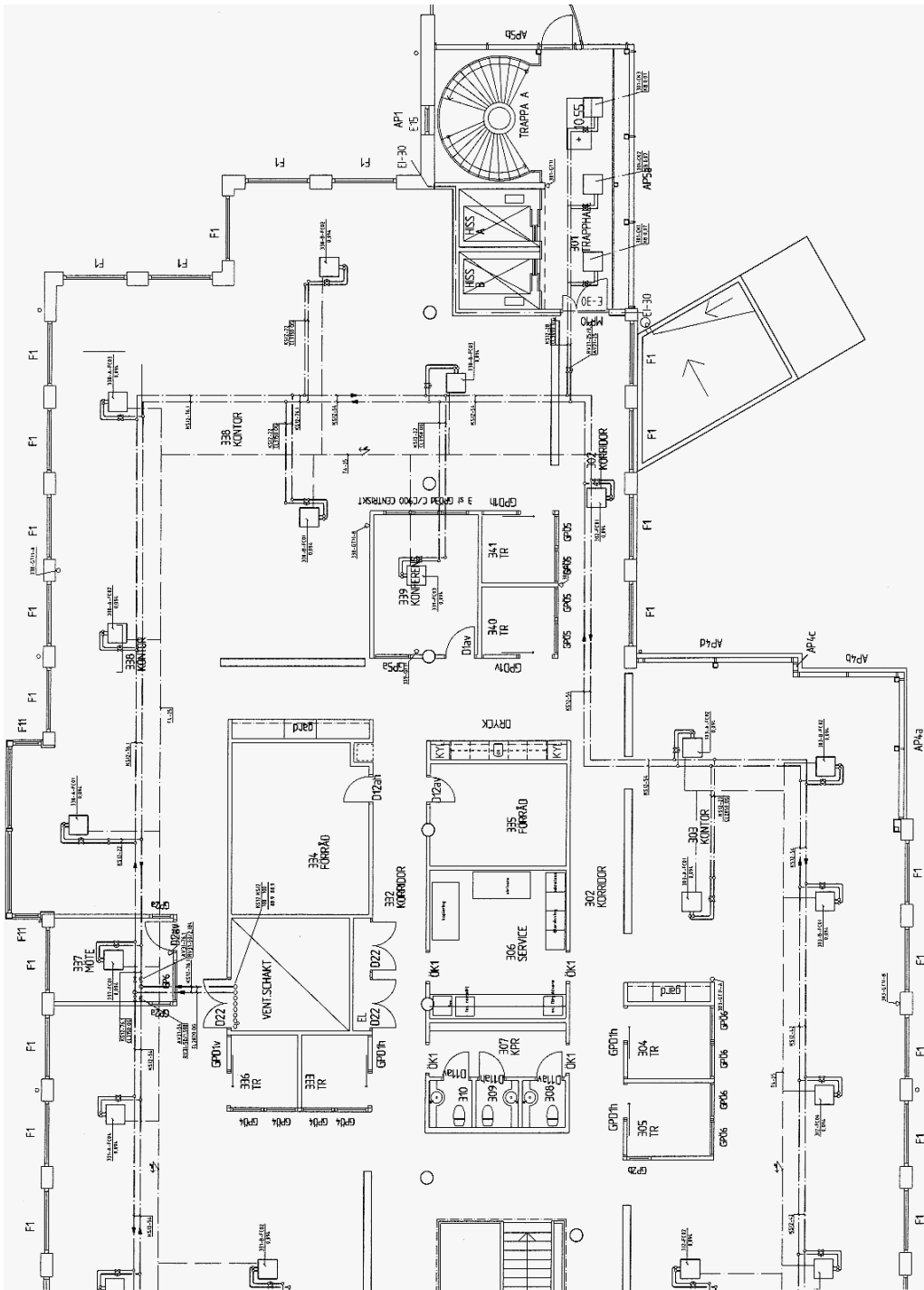
Figur 26, plan 2 (södra delen).

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



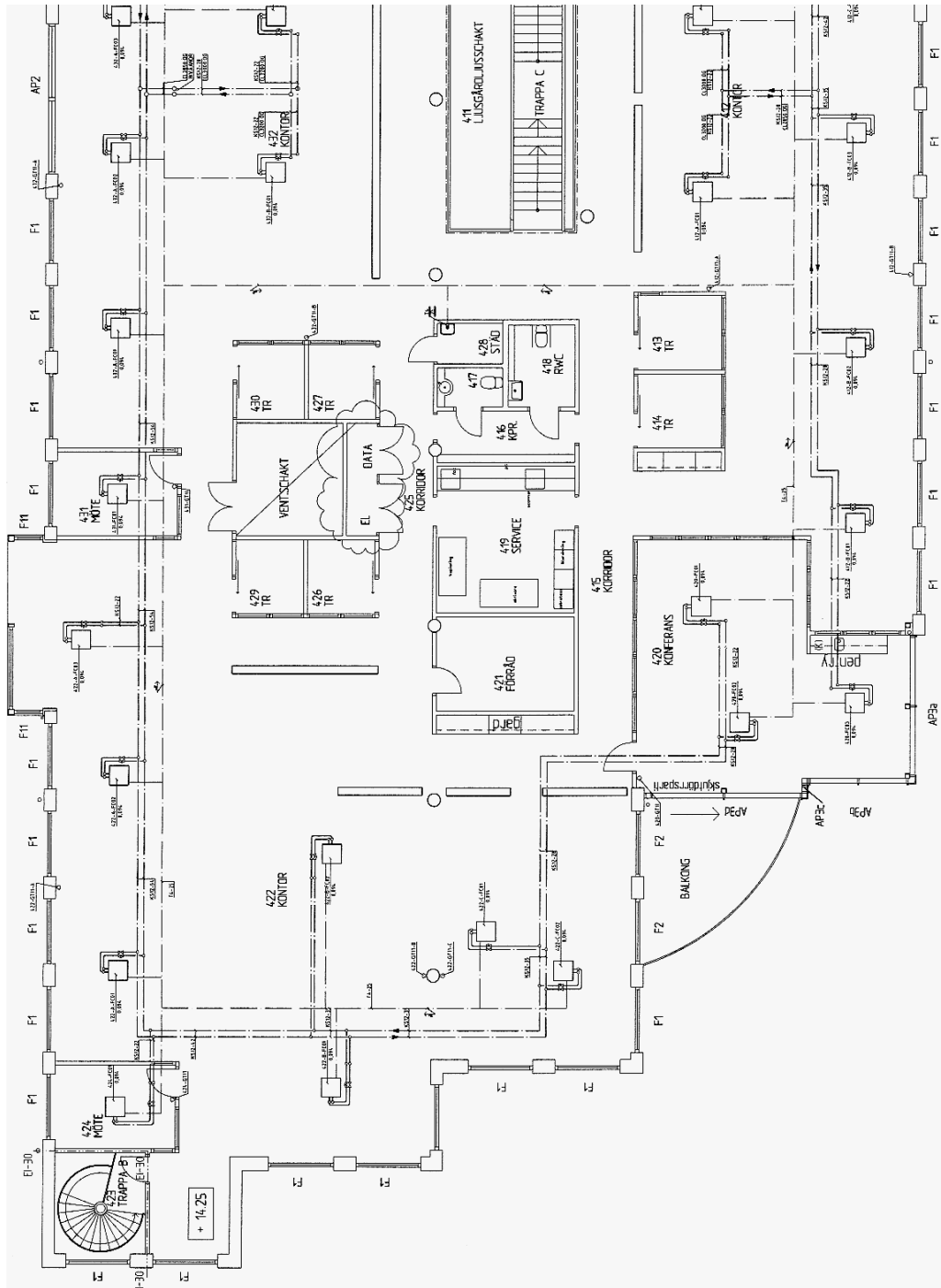
Figur 27, plan 3 (norra delen).

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



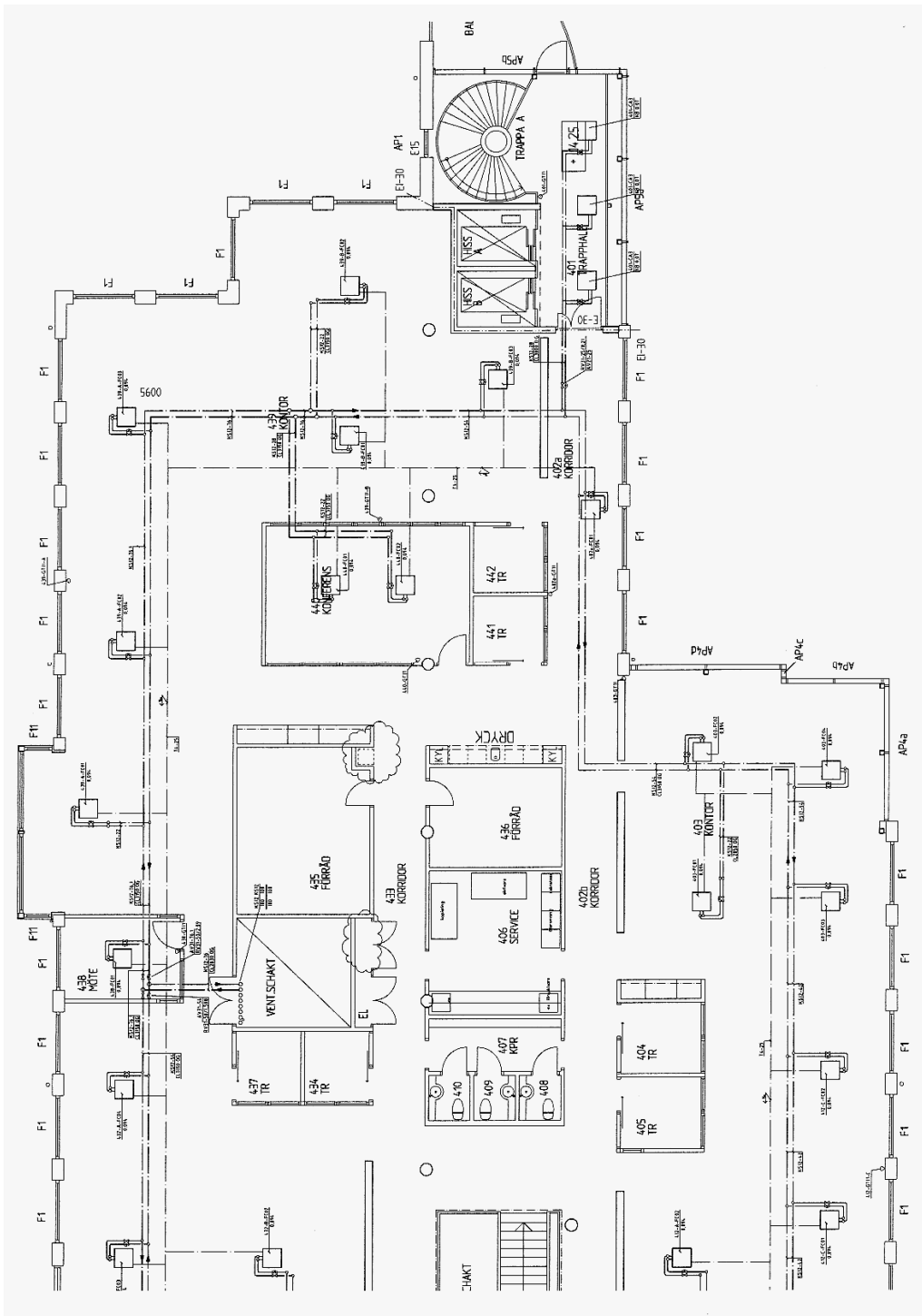
Figur 28, plan 3 (södra delen).

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



Figur 29, plan 4 (norra delen).

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem



Figur 30, plan 4 (södra delen).

Fan-coil är placerade för att passa in i undertak modul 600 mm. Från tidigare dimensionering av fan-coils placeras rätt antal ut i respektive rum. Fan-coils har trevägsventiler som styrs via rumsgivare. I öppna kontorslandskap är fan-coils uppdelade i zoner och var zon styr fan-coils via rumsgivare. Köldbärare sekundärs ledningssystem är till viss del likt det som har använts till den torra kylan. På flera platser i kontoren har rördragningarna förändrats men huvudstråken är fortfarande densamma och schakten är fortfarande kvar på samma plats. I ritningarna i respektive plan ses även kondensledningar som är anslutna till avloppsledningen från våtenheterna. Rörledningarnas dimensioner redovisas i ritningarna.

5.2 Ekonomisk jämförelse

Priserna i installationskostnaderna är försäljningspriser (budgetpriser) dvs det pris beställaren får betala till entreprenören. Installationskostnaderna utgörs av sakvaror/enheter och rördragningar. De flesta sakvaror/enheter redovisas enligt AMA 98. AMA 98, en allmän material- och arbetsbeskrivning, är av byggsektorn gemensamt överenskomna och allmänt accepterade krav på material och utförande för bygg-, anläggnings- och installationsarbeten. VVS AMA 98 är referensdokument vid upprättande av beskrivningar och vid utförande av avtalade VVS-tekniska arbeten. Beräknad kostnad för rördragning beror av isoleringsmaterial samt storleken på rören.

Armaflexisolering används som ytbeklädnad till alla rörledningar i våt kyla samt som ytbeklädnad till köldbärare primärs rörledning i den torra kylan. Till alla andra rörledningar i den torra kylan används ytbeklädd isolering av mineralull. Priset för rörledningar köldbärare sekundär (plan 1, 2, 3 och 4) är baserat på kopparrör SMS 1890-hårldödning, rördimensionerna 42 och 54. Priset för rörledningar köldbärare sekundär i apparatrum och schakt är baserat på kopparrör SMS 1890-hårldödning, rördimension 100.

Priset för rörledningar köldbärare primär i apparatrum och utomhus är baserat på kopparrör SMS 1890-hårldödning, rördimension 100. Pris för kondensrör i våt kyla är baserat på PVC-U-rör för limbidning, dimensionen 25 mm samt håltagning i vägg mm. Alla priser för rörledningar är inklusive arbetslön.

Då installationskostnaderna per m² för torr respektive våt kyla beräknas används Spendrups totala kylbehovsarea vilken är 5 400 m².³⁰

5.2.1 Installationskostnad torr kyla

Den beräknade installationskostnaden för torr kyla sakvaror/enheter redovisas i tabell 6. I bilagan ses att totalt pris för sakvaror/enheter är 2 973 875 kr.

Nedan i tabell 7 redovisas förklaringar till sakvaror/enheter.

³⁰ Projekteringspärm, Spendrups huvudkontor

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

Tabell 6. Sakvaror torr kyla.

Ama- kod	Enhet/Sakvara	Bet	(st)	(kr/st)	(kr)	(kr/h)	(kr)	(kr)	
			à	Pris	Material kostnad	h	à	Mont. kostnad	Total kostnad
PAK	Kylmaskin	VKA						370000	
-	Elinstallation kylmaskin	Inst1	1	100 000				100 000	
PJB	Värmeväxlare	VVX	1	22 000	22 000	8	350	2 800	24 800
PKB	Torrloppande enkelpump	P	1	40 000	40 000	16	350	5 600	45 600
PL	Blandn. kärl för frysskyddsm.	BK	1	16 000	16 000	10	350	3 500	19 500
PL	Akkumulatortank	ACK	1	15 000	15 000	5	350	1 750	16 750
PL	Slutet expansionskärl	EXP	1	2 500	2 500	2	350	700	3 200
PPC. 61	Röranslutning Takbaffel	TB-ans	223	1 400	312 200	156	350	54 635	366 835
PPC. 61	Röranslutning vätskekylagg.	VKA	1	2 600	2 600	4	350	1 400	4 000
PPC. 61	Rörans. luftbehandlingsagg.	LA	6	8 500	17 000	96	350	33 600	28 200
PPC. 61	Styrinstallation för torr kylan	inst2							50 000
PPC. 651	Avtapp.anordn. på rörledn.	AVT	20	350	7 000	10	350	3 500	10 500
PPC. 652	Automatavluftare	AU	12	325	3 900	10	350	3 500	7 400
PPC. 652	Centralavluftare	AL	1	15 000	15 000	5	350	1 750	16 750
PPC. 652	Centralavluftare	AL	1	20 000	20 000	5	350	1 750	21 750
PPD. 25	Rengöring av rörledningar					8	350	2 800	2 800
PS	Påfyllningsventil	AV	1	300	300	0,5	350	175	475
PS	Avstäng. ventil typ kulventil	AV	24	700	16 800	7,2	350	2 520	19 320
PS	Avstäng. ventil. typ vridspjäll	AV	6	1 500	9 000	1,8	350	630	9 630
PS	Injusteringventil	RV	29	1 435	41 615	3	350	1 050	42 665
QM	Takapparat	TB	223	5 800	1 293 400	446	350	156 100	1 449 500
-	Elinst. för styr till takbaff.	inst3	223	700	156 100				156 100
QFC	Kylbatteri inkl styrventil		6	15 000	90 000				90 000
-	Kyldel i luftvärmare	CA	9	3 000	27 000				27 000
UG	Mätare	MT	20	200	4 000	6	350	2 100	6 100
YT	Märkning								30 000
YT	Provning, injustering								30 000
YU	Teknisk dokumentation								25 000
								800	2 973 875

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

Tabell 7. Förklaringar till sakvaror torr kyla.

VKA	Luftkylt vätskekylaggregat med kyleffekt 270kW, ljudnivå 60 dB(A) (10m), vatten med 30 vikt-% etylenglykol
VVX	Plattvärmeväxlare med effekt 230 kW(cirka 90% av tot kyleffektbehov)
P	Torrloppande enkelpump med inbyggd kapacitetreglering för konstant tryck, pumpplare, vibrationsdämpare
BK	Med elektriskt bladningspump, växelventil för blandning, bottenventil, avtappningsventil, avstängningsventil, backventil på ansl.ledn.
BK	I entreprenaden ingår uppfyllning av mediasystem för köldbärarsys. med vatten och etylenglykol. Blandningsförhåll. på 30-vikt%
ACK	Med avluftningsventil, armaflexisolering, volym 550 liter
EXP	Med förtryck 0,5 liter, säkerhetsventil, volym 100 liter
TB-ans	Takapparater anslutes med flexibel slang och i ledningssys. till resp. takapparat monteras styrventil, injusteringventil och avstängningsventil
LA	Vid anslutning till kylbatteri monteras styrventil (tillhandahålls av agg.leverantören)
AVT	På lågpunkter i köldbärarsystemet monteras avtappningsarnordning
AL	Kombinerad centralavluftare och smutsfilter med avtappningsventil och automatavluftare
inst2	Datoriserad styr- och övervakning (underentreprenör)
AU	Placeras av entreprenören i högpunkter
MT	Termometer, Manometer
TB	Takapparat med flexibel slang (monteras av rör-entreprenören), injusteringsspjäll och rumskontroll

Beräknad installationskostnad för rörledningssystemet i torr kyla redovisas i tabell 8 nedan.

Tabell 8. Installationskostnad rör, torr kyla

		(m)	(kr/m)	(kr/m)	(h/m)	(h)	(kr)
Ama-kod	Mediasystem	Längd	å (dubbel längd)	å (enkel längd)	Mont. tid	Tot. Mont. tid	Tot. Kostnad
PN,RB	KS plan 1	39	750		0,7	27,3	29 250
PN,RB	KS plan 2	258	750		0,7	180,6	193 500
PN,RB	KS plan 3	231	750		0,7	161,7	173 250
PN,RB	KS plan 4	229	750		0,7	160,3	171 750
PN,RB	KS schakt, app.	40		1 300	1,5	60	52 000
PN,RB	KP app. + utomhus	108		2 200	1,5	162	237 600
						752	857 350

Summa total rörinstallationskostnad för torr kyla visas nedan:

Total rörinstallationskostnad = 2 973 875kr + 857 350kr = 3 831 225 kr
 Total rörinstallationskostnad/m² = 3 831 225kr / 5 400m² = **709 kr/m²**

5.2.2 Installationskostnad för våt kyla

Den beräknade installationskostnaden för våt kyla sakvaror/enheter redovisas i tabell 9 nedan. I tabell 10 redovisas förklaringar till sakvaror/enheter.

Tabell 9. Sakvaror våt kyla

Ama-kod	Enhet/Sakvara	Bet	(st)	(kr/st)	(kr)	(kr/h)	(kr)	(kr)	
			à	Pris	Material kostnad	h	à	Mont. kostnad	Total kostnad
-	Kylmaskin							370 000	
-	Elinstallation kylmaskin	inst1	1	100 000	100 000			100 000	
PJB	Värmeväxlare	VVX	1	40 000	40 000	8	350	2 800	42 800
PKB	Torrlöpande enkel pump	P	1	45 000	45 000	16	350	5 600	50 600
PL	Blandn. kärl för frysskyddsm.	BK	1	16 000	16 000	10	350	3 500	19 500
PL	Akkumulatortank	ACK	1	15 000	15 000	5	350	1 750	16 750
PL	Slutet expansionskärl	EXP	1	2 000	2 500	2	350	700	3 200
PPC. 61	Röranslutning fan-coil	FC-ans	128	1 400	179 200	90	350	31 360	210 560
PPC. 61	Röranslutning vätskekyllagg.	VKA	1	2 600	2 600	4	350	1 400	4 000
PPC. 61	Styrinstallation för våt kyla	inst2							20 000
PPC. 651	Avtapp.anordn. på rörledn.	AVT	20	350	7 000	10	350	3 500	10 500
PPC. 652	Automatavluftare	AU	12	325	3 900	10	350	3 500	7 400
PPC. 652	Centralavluftare	AL	1	15 000	15 000	5	350	1 750	16 750
PPC. 652	Centralavluftare	AL	1	20 000	20 000	5	350	1 750	21 750
PPD. 25	Rengöring av rörledn.					8	350	2 800	2 800
PS	Påfyllningsventil	AV	1	300	300	0,5	350	175	475
PS	Avstäng. ventil typ kulventil	AV	24	700	16 800	7,2	350	2 520	19 320
PS	Avstäng. ventil typ vridspjäll	AV	6	1 500	9 000	1,8	350	630	9 630
PS	Injusteringventil	RV	29	1 435	41 615	3	350	1 050	42 665
PT	Fan-coil	FC	128	10 900	1 395 200	282	350	98 560	1 493 760
-	Elinst. för styr till fan-coils	inst3	128	1 500	192 000				192 000
-	Kyldel i luftvärmare	CA	9	3 000	27 000				27 000
QMC	Tilluftsdon	TD	114	1 100	125 400	228	350	79 800	205 200
UG	Mätare	MT	20	200	4 000	6	350	2 100	6 100
YT	Märkning								30 000
YT	Provning, injustering								30 000
YU	Teknisk dokumentation								25 000
								701	2 977 760

En jämförelse mellan torr och våt kyla i klimatsystem

Tabell 10. Förklaringar till sakvaror våt kyla.

VKA	Luftkylt vätskekylaggregat med kyleffekt 270kW, ljudnivå 60 dB(A) (10m), vatten med 30 vikt-% etylenglykol
VVX	Plattvärmeväxlare med effekt 230 kW (cirka 90% av tot kyleffektbehov)
P	Torrlöpande pump med inbyggd kapacitetreglering för konstant tryck, pumpellare, vibrationsdämpare
BK	Med elektriskt bladningspump, växelventil för blandning, bottenventil, avtappningsventil, avstängningsventil, backventil på ansl.ledn.
BK	I entreprenaden ingår uppfyllning av mediasystem för köldbärarsys. med vatten och etylenglykol. Blandningsförhåll. på 30-vikt%
AC	Med avluftningsventil, armaflexisolering, volym 550 liter
EXP	Med förtryck 0,5 liter, säkerhetsventil, volym 100 liter
FC-ans	Fan-coils anslutes med flexibel slang och i ledningssys. till resp. takapparat monteras injusteringsventil och avstängningsventil
AVT	På lågpunkter i köldbärarsystemet monteras avtappningsanordning
AL	Kombinerad centralavluftare och smutsfilter med avtappningsventil och automatavluftare
inst2	Datoriserad styr- och övervakning (underentreprenör)
AU	Placeras av entreprenören i högpunkter
MT	Termometer, Manometer
FC	Fan-coil med flexibel slang, 3-vägs styrventil och rumskontroll

Beräknad installationskostnad för rörledningssystemet i våt kyla redovisas nedan i tabell 11.

Tabell 11. Installationskostnad rör, våt kyla.

		(m)	(kr/m)	(kr/m)	(h/m)	(h)	(kr)
Ama-kod	Mediasystem	Längd	å (dubbel längd)	å (enkel längd)	Mont. tid	Tot. Mont. tid	Tot. Kostnad
PN,RB	KS plan 1	44	1 100		0,7	30,8	48 400
PN,RB	KS plan 2	245	1 100		0,7	171,5	269 500
PN,RB	KS plan 3	216	1 100		0,7	151,2	237 600
PN,RB	KS plan 4	210	1 100		0,7	147	231 000
PN,RB	Kondensrör plan 1,2,3, 4	705		50	0,4	282	35 250
PN,RB	KS schakt, app.	40		1 700	1,5	60	68 000
PN,RB	KP app. + utomhus	42		2 400	1,5	63	100 800
						906	990 550

Summa total rörinstallationskostnad för våt kyla visas nedan:

$$\begin{aligned} \text{Total rörinstallationskostnad} &= 2\,977\,760\text{kr} + 990\,550\text{kr} = 3\,968\,310\text{kr} \\ \text{Total rörinstallationskostnad/m}^2 &= 3\,968\,310\text{kr} / 5\,400\text{m}^2 = 735\text{kr/m}^2 \end{aligned}$$

6. Slutsats

Denna studie har visat att installationskostnaden för torr respektive våt komfortkyla är 709 respektive 735 kr/m² i en större kontorsfastighet. Av detta kan vi dra slutsatsen att investeringskostnaden ej torde styra systemvalet. Båda kylklimatsystemen är dock relativt kostsamma vilket bör beaktas i ett byggprojekt.

Vid nybyggnation kan även luftburen kyla vara ett alternativ. Denna installation är i regel mindre kostsam, under förutsättning att lägre kylkapacitet kan accepteras och krav på individuell rumsreglering utgår.

Beräknade kostnader för torr respektive våt komfortkyla kan vara ett bra hjälpmedel för byggherrar (beställare) och VVS-projektörer. Det är viktigt att kunna uppskatta kostnaderna inför ett byggprojekt. Att kunna gå in i detalj och se hur mycket ett visst kylklimatsystem kostar är då en stor fördel. För VVS-projektören kan även värdena vara av egenintresse.

Torr kyla är att rekommendera då det kräver minst underhåll. Våt kyla kräver underhåll av fan-coils, filterbyte 1 gång/år samt service av fläktar. Nackdelen med torr kyla är att en viss kylkapacitet går förlorad under vissa extrema sommardagar. Under en normal sommar minskar kylkapaciteten under i storleksordningen max 5% av arbetstiden. Under en mer extrem sommar är det max 10% av arbetstiden som en del av kylkapaciteten går förlorad.

9. Källförteckning

Sekundärdata:

Internet:

<http://www.sigab.com/index1.htm> 2005-09-30

<http://www.swegon.se> 050615-0501030

<http://www.flaktwoods.se> 050915-051030

<http://www.aqsprodukter.se> 050901-051003

<http://www.beulcoarmatur.se> 051010

<http://www.swep.net/?lang=se> 051027

Litteratur:

VVS handboken, tabeller och diagram, Ljungberg Tryckeri AB, Södertälje 1974

Swegon, produktkatalog, vattenburna klimatsystem 2004, Elanders Tofters, 2003

Swegon, produktkatalog, luftburna klimatsystem 2005, Elanders Tofters, 2005

Georg Fischer, produktkatalog, industri och VA 1998

Fläktwoods, produktkatalog, kylbafflar-fläktkonvektorer-luftvärmare-värmeväxlare, teknisk data 2004

AQS produkter, produktkatalog, Processklimat, vätskekyllning, värmepumpar, 2002

Armatec, produktkatalog, teknik för värme, kyla och process, Elanders Infologistics Väst AB, Mölnlycke 2004

Armaturljonnsson, produktkatalog, 1993

Alfa Laval Industri, produktkatalog, Värmeväxling, 1996

Armacell, produktkatalog, Armaflex Tubolit Oka-Products, 2003/2004

ReTherm, produktkatalog, 2003

Flamco Flexcon, produktkatalog, 2001

Grundfos, produktpärm, pärm 1 värme/kyla, 2005

Spendrups, Projekteringspärm VVS, ritningar, flödesschema, teknisk beskrivning rörinstallation, info takapparater, VVS- och processteknik Imetek AB, 2003-2004

Toyota, Projekteringspärm VVS, ritningar, flödesschema, materialförteckning, VVS- och processteknik Imetek AB, 2000

Wikells sektionsfakta-VVS 05/06, Teknisk-ekonomisk sammanställning av VVS-installationer, , Elanders Infologistics Väst AB, Mölnlycke 2005

Installationsteknik AK för V, Kompendium, Lunds tekniska högskola, Mats Dahlblom, Catarina Warfvinge , Lund 2003

Installationsteknik FK för V, Kompendium, Lunds tekniska högskola, kurspärm, Lars Jensen, Lund 2004

Primärdata:

Diskussioner:

Lars Jensen, professor, institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för installationsteknik, Lunds tekniska högskola, 050515-060115, tel 046-222 73 51

Mats Dahlblom, universitetsadjunkt, institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för installationsteknik, Lunds tekniska högskola, 050515-060115, tel 046-222 96 52

Mikael Wisen, VVS och processteknik Imetek AB, Strängnäs, 050715-051206, 0152-17011

Bo Stegnell, VVS och processteknik Imetek AB, Strängnäs, 050701-051206, 0152-17011

Telefon:

Nils-Göran Ström, AQS-produkter, Västra Frölunda, 051003-051012, tel 031-746 40 24

Krister Eklund, Mälardalens Elteknik AB, Strängnäs, 051025 ,tel 0152-170 80

Nils Fristedt Fläktwoods, Västerås, 0510001-051014 , tel 021-831003

Carina Cehlin, Swegon, Örebro, 050916-051030, tel 019-603 02 03

Mikael Grönqvist, Swegon, Örebro, 050927, tel 019-603 02 02

Fredrik Ljungkvist, Swegon, Örebro, 050713, tel 011-32 15 22

Produktinformation:

Axel Lindberg, Grundfos, Stockholm, 08-742 00 91, 050830

Övrigt:

Logg-mätningar, Onset GreenLine, software for HOBO U-family data loggers & devices, 2003

Studiebesök Spendrups huvudkontor, Vårby Allé 72, Vårby, Stockholm, 050701-050831

Studiebesök Toyotas huvudkontor, Madenvägen 7, Sundbyberg, Stockholm, 050701-050831

Lathund rördimensioner, VVS- och processteknik Imetek AB, 2005

AutoCad 2005

SMHI, Månadstabell, temperatur och relativ fuktighet Stockholm perioden 030501-030831, 011-495 80 00

SMHI, Månadstabell, temperatur och relativ fuktighet Stockholm perioden 020501-020831, 011-495 80 00

Begreppsförklaringar

Akkumulator tank- lagrar kylenergi från kylmaskinen. Medför att kylmaskinens startintervaller minskar.

Blandningsvikt- Hur stor andel av köldbärare som utgörs av fryspunktssänkande medel (vanligtvis glykol eller alkohol)

Brine- Vatten med fryspunktssänkande medel, krävs då rörledningar är placerade utomhus.

Kompressor- Höjer köldmediumets tryck varvid även temperaturen höjs.

Konstant tryckreglering- En kapacitetreglering inbyggd i pumpen som ständigt skiftar varvtal vid förändrade vattenflöden så att ett konstant tryck hålls. (Pumptryck följer en horisontell kurva)

Kylmaskin- Anläggning för att forsla värme, från en plats där den inte är omtyckt till någonstans där den kan absorberas utan att märkas.

Kylvattenkrets- Annan benämning för köldbärare.

Köldbärare- Ledningssystem som vanligen innehåller vatten och har som avsikt att bortföra överskottsvärme från en byggnad.

Köldbärare primär- Den vattenkrets (rörledningar) som är i direkt förbindelse med kylmaskinen.

Köldbärare sekundär- Den vattenkrets som kyls av köldbärare primär via en värmewäxlare.

Köldmedium- Den vätska som cirkulerar i en kylmaskin. Fångar upp värme i förångaren och avger värme i kondensorn.

Latent kyleffekt- Kyleffekt som åtgår att kyla luften vid mätnadslinjen (kondensutfällning). Kallas även våt kylning.

Luftkyld vätskylaggregat- Kylmaskin som har en kondensor som är luftkyld och en förångare som kyler en köldbärarkrets som består av vätska (vatten eller brinesystem).

Proportionell tryckreglering- Pumptrycket anpassas kontinuerligt efter erforderligt vattenflöde. (Pumptrycket följer i princip en linjär kurva)

Sensibel kyleffekt- Den kyleffekt som kan tillgodoräknas rummet. (torr kyla)

Vätskekyld vätskylaggregat- Kylmaskin som har en kondensor som är vätskekyld och en förångare som kyler en köldbärarkrets som består av vätska (vatten eller brinesystem).

μ -faktor- difusionskoefficient (enhetslös). Värdet är baserat på att luft har värdet 1 och ju högre värde desto större diffusionsmotstånd.