

# **STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEM FÖR EN UTELUFTSVENTILERAD KRYPGRUND**

Johan Westö

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2011



## EXAMENSARBETE

Författare: Johan Westö  
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Automationsteknik  
Handledare: Erik Englund & Kristian Blomqvist

Titel: *Styr- och övervakningssystem för en uteluftsventilerad krypgrund*

---

Datum	Sidantal	Bilagor
7.4.2011	87	4

---

### Abstrakt

Detta examensarbete behandlar planeringen och förverkligandet av ett styr- och övervakningssystem för en uteluftsventilerad krypgrund. Den här konstruktionstypen har länge varit känd för att dras med fuktproblem som också i längden lett till biologisk påväxt. Arbetet inleds med en introduktion till krypgrundens uppbyggnad och fuktmekaniken, varefter teorin kring styr- och övervakningssystem SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) följer.

Det förverkligade styr- och övervakningssystemet har installerats vid ett egnahemshus lokaliserat i Brändö, Vasa (Finland). Krypgrunden till detta hus har försetts med givare, styrdon och en programmerbar styrenhet för att möjliggöra styrning och övervakning av förhållandena inne i krypgrunden. De styråtgärder som installerats är värmetillförsel via en värmekabel samt reglering av ventilationen via styrbara ventilationsluckor och frånluftsfläktar. Den programmerbara styrenheten är ansluten till Internet och all loggning av data sker till en databas vid Yrkeshögskolan Novia. Styrning och övervakning i realtid förverkligas via ett människa/maskingränssnitt som via Internet förser operatören med mätdata från givare och förverkligar önskade styråtgärder.

---

Språk:	svenska
Nyckelord:	uteluftsventilerad krypgrund, krypgrund, SCADA, styr- och övervakningssystem

---

Tillgängligt: I Theseus.fi eller vid Tritonia, Vasa vetenskapliga bibliotek.

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Johan Westö  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka  
Ohjaajat: Erik Englund & Kristian Blomqvist

Nimike: *Ohjaus- ja valvontajärjestelmä tuulettuvaan ryömintätilaan*

Päivämäärä	Sivumäärä	Liitteet
7.4.2011	87	4

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittää suunnittelun ja toteutuksen tuulettuvan ryömintätilan ohjaus- ja valvontajärjestelmästä. Näissä rakenteissa on jo kauan ollut kosteusongelmia, mikä joskus on johtanut biologiseen likaantumiseen. Opinnäytetyö antaa lukijalle ensin esittelyn tuulettuvan ryömintätilan osista ja kosteusmekaniikasta, jonka jälkeen esitellään teoriaa ohjaus- ja valvontajärjestelmä SCADAsta (Supervisory Control And Data Acquisition).

Toteutettu ohjaus- ja valvontajärjestelmä on asennettu omakotitaloon, joka sijaitsee Palosaarella, Vaasa (Suomi). Talon ryömintätilaan on asennettu antureita, ohjauslaitteita ja ohjelmoitava ohjausyksikkö, jotta ryömintätilan olosuhteita voidaan ohjata ja valvoa. Asennetut toimilaitteet ovat lämmityskaapeli lämmitykseen ja poistoilmahuuhtimet ilmanvaihdon säätelyyn sekä ohjattavia luukkuja ilmastointikanavilla. Ohjelmoitava ohjausyksikkö on kytketty Internetiin ja kerätty tieto tallennetaan tietokantaan Yrkeshögskolan Noviassa. Ohjaus ja valvonta on käytännössä toteutettu graafisen käyttöliittymän kautta. Tämä systeemi on kytketty Internetiin ja pystyy lukemaan antureiden mittaustiedot sekä toteuttaa valitut ohjaustoiminnot reaaliajassa.

Kieli:	ruotsi
Avainsanat:	tuulettuva ryömintätila, ryömintätila, SCADA, ohjaus- ja valvontajärjestelmät

Arkistoidaan: Verkkokirjastossa Theseus.fi tai Tritoniassa, Vaasan tiedekirjasto.

## BACHELOR'S THESIS

Author: Johan Westö  
Degree program: Electrical engineering, Vasa  
Specialization: Automation technology  
Supervisors: Erik Englund & Kristian Blomqvist

Title: *Supervisory control system for an outdoor ventilated crawl space*

---

Date	Number of pages	Appendices
7.4.2011	87	4

---

### Abstract

This thesis covers the planning and realization of a supervisory control system for an outdoor ventilated crawl space. For a long time the outdoor ventilated crawl space as a type of construction has been known to have moisture problems which in time has also led to biological growth. The thesis first introduces the reader to the subject by giving an introduction of the outdoor ventilated crawl space as a type of construction and the moisture mechanics. After that the theory about supervisory control systems SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) follows.

The realized supervisory control system has been installed in a detached house located in Palosaari, Vaasa (Finland). The crawl space in this house has been equipped with sensors, actuators and a programmable controller to enable supervisory control of the conditions in the crawl space. The control measures installed are: heating by a heat cable and adjustable ventilation with the help of adjustable vents, and fans. Further the programmable controller is connected to the Internet, which enables logging of data directly to a database at Novia University of Applied Sciences. Supervisory control is performed through a human machine interface which connects to the programmable controller over the Internet. This enables the operator to read measurement values and give control signals in real time.

---

Language:	Swedish
Key-words:	outdoor ventilated crawl space, crawl space, SCADA, control and surveillance system

---

Filed at: Theseus.fi or Tritonia, Academic library of Vaasa.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

## FÖRORD

<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 UPPLÄGG .....	1
1.2 KLUCK2 .....	1
1.3 UPPGIFT OCH MÅLSÄTTNING.....	2
<b>2. UTELUFTSVENTILERAD KRYPGRUND .....</b>	<b>3</b>
2.1 UPPBYGGNAD .....	3
2.2 PROBLEMOMRÅDEN.....	4
2.2.1 EXISTERANDE TEKNISKA ÅTGÄRDER .....	5
2.3 BYGGNADSDIREKTIV .....	6
<b>3. FYSIKALISKA GRUNDER FÖR FUKT.....</b>	<b>8</b>
3.1 FUKTIG LUFT .....	8
3.2 FUKT I MATERIAL .....	9
3.3 FUKTTRANSPORT .....	11
3.4 FUKTKÄLLOR.....	12
3.5 EFFEKTER AV FUKT.....	13
3.5.1 KRITISKA TILLSTÅND.....	14
3.5.2 ORSAKSSAMBAND FÖR DÅLIG LUKT I BOSTAD .....	15
<b>4. STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEM .....</b>	<b>16</b>
4.1 PROCESSGRÄNSSNITT .....	17
4.1.1 GIVARE.....	17
4.1.2 STYRDON.....	21
4.2 LOKALA SYSTEM (PROGRAMMERBARA STYRENHETER) .....	23
4.2.1 FUNKTION FÖR I/O-MODULER .....	25
4.3 KOMMUNIKATIONSSYSTEM .....	26
4.3.1 DATAKOMMUNIKATION .....	27
4.4 CENTRALA SYSTEM .....	30
4.5 MÄNNISKA/MASKINGRÄNSSNITT .....	31
4.6 REGLERTEKNIK.....	32
4.6.1 PROCESSEGENSKAPER .....	33
4.6.2 KLASSISKA REGLERPRINCIPER .....	34

<b>5. FORSKNINGSOBJEKT .....</b>	<b>36</b>
5.1 KLIMAT .....	36
5.2 KRYPGRUNDENS UPPBYGGNAD .....	38
5.3 FUKTKÄLLOR.....	38
5.4 VENTILERING .....	39
5.5 TIDIGARE PROBLEM .....	39
<b>6. FUNKTIONSSPECIFIKATION .....</b>	<b>40</b>
6.1 INTRODUKTION.....	40
6.2 ANVÄNDARBESKRIVNING .....	42
6.3 SYSTEMKRAV .....	42
6.4 FUNKTIONALITETSSPECIFIKATION .....	43
6.4.1 STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEMET .....	43
6.4.2 STYRDON.....	44
6.4.3 GIVARE.....	45
6.4.4 ALARM .....	45
6.4.5 I/O-LISTA.....	46
<b>7. REALISERAT STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEM .....</b>	<b>47</b>
7.1 PROCESSGRÄNSSNITT .....	47
7.1.1 GIVARE.....	47
7.1.2 MÄTPUNKTER.....	49
7.1.3 STYRDON.....	52
7.1.4 PLACERING AV STYRDON .....	55
7.2 LOKALT SYSTEM.....	56
7.2.1 EXOFLEX .....	57
7.2.2 I/O-LISTA.....	58
7.3 KOMMUNIKATIONSSYSTEM .....	59
7.4 CENTRALA SYSTEM .....	60
7.4.1 DATABASSTRUKTUR.....	62
7.5 MÄNNISKA/MASKINGRÄNSSNITT .....	63
7.6 FJÄRRÅTKOMST.....	66
7.6.1 VPN .....	66
7.6.2 ODBC-ANSLUTNING .....	67
7.7 HELHETSLÖSNING.....	67

<b>8. DRIFTSRESULTAT.....</b>	<b>69</b>
8.1 ÖVERVAKNING .....	69
8.1.1 TEMPERATUR, RF OCH ÅNGHALT .....	70
8.1.2 DIFFERENSTRYCK.....	72
8.1.3 ENERGIFÖRBRUKNING .....	73
8.2 STYRNING.....	74
8.2.1 UPPVÄRMNING .....	74
8.2.2 YTTTERLIGARE STÖRNINGAR.....	75
8.2.3 REGLERSTRUKTUR.....	76
8.3 HYPOTES FÖR FORTSATT FORSKNING.....	77
8.3.1 VARIATIONER I ÅNGHALT .....	78
8.3.2 TEMPERATURVARIATIONER .....	79
8.3.3 EVALUERING .....	79
<b>9. UTVÄRDERING OCH DISKUSSION .....</b>	<b>80</b>
9.1 SLUTRESULTAT.....	80
9.2 ANALYS AV ARBETET .....	81
9.3 FORTSATT FORSKNING.....	82
9.4 DISKUSSION.....	83
<b>REFERENSER .....</b>	<b>84</b>
<b>BILAGOR .....</b>	<b>87</b>

## FÖRORD

Examensarbetet bygger på arbete utfört inom projektet KLUCK2 vid FoU-enheten vid Yrkeshögskolan Novia och har pågått från sensommaren 2010 fram till februari 2011. Under sensommaren valdes ett lämpligt byggnadsobjekt ut i Brändö, Vasa, Finland som även ligger i närheten av skolan. Installationen av utrustningen har skett etappvis under hösten och vintern med installation av de sista givarna så sent som i februari.

Jag skulle speciellt vilja tacka mina handledare Erik Englund och Kristian Blomqvist som hjälpt mig oerhört mycket och med framförallt ett stort tålamod. Englund var min handledare på utbildningsenheten och bidrog med svar på otaliga frågor kring styr- och övervakningssystem. Blomqvist fungerade som handledare från FoU:s sida och har både hjälpt till med installationen av utrustningen samt fungerat som ett stort stöd vid planering och problemlösning. Utöver vill jag även tacka KLUCK2:s projektledare Annika Glader för möjligheten att utföra examensarbetet.

Som avslutning vill jag även rikta ett tack till familjen som bor i byggnaden där systemet installerats, dels för att de möjliggjort arbetet och dels för att de haft tålamod med det extra spring arbetet inneburit.

Vasa, 7.4.2011

Johan Westö



# STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEM FÖR EN UTELUFTSVENTILERAD KRYPGRUND

## 1. INLEDNING

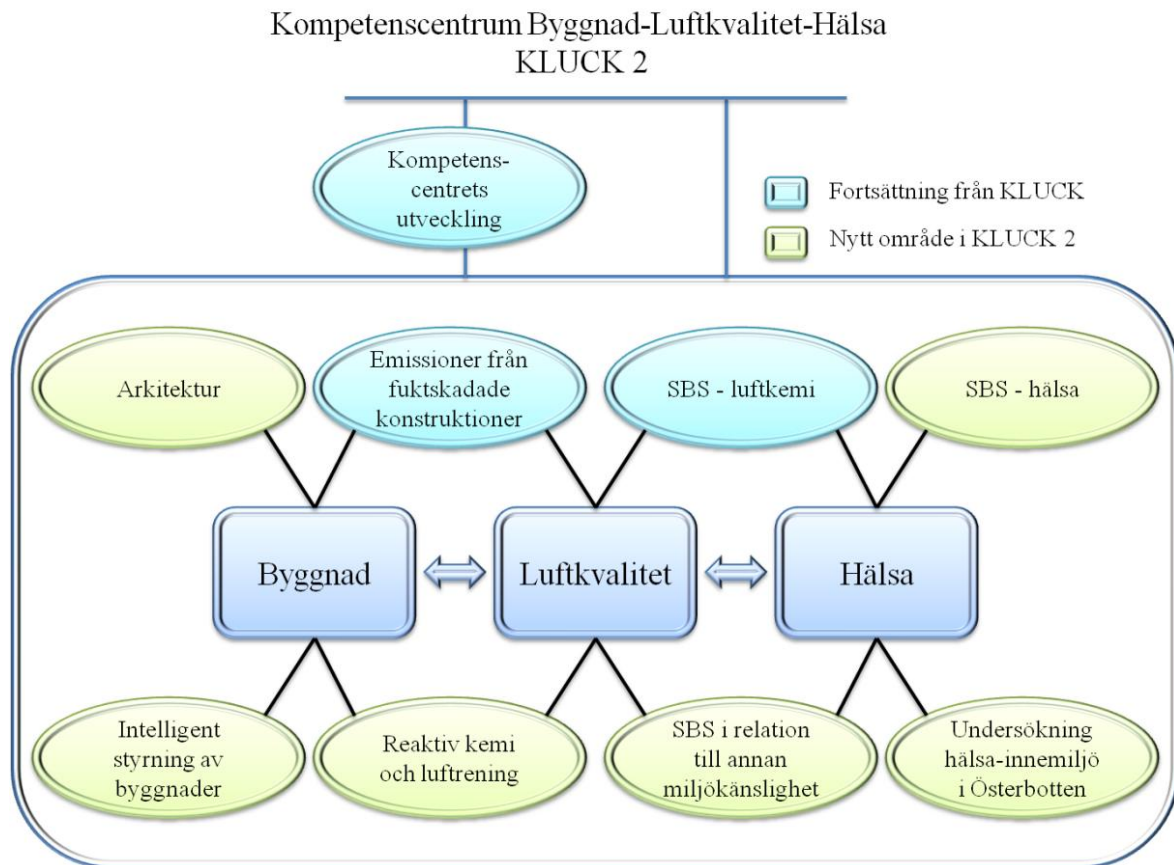
### 1.1 UPPLÄGG

Detta lärdomsprov bygger på forskningsarbete i projektet KLUCK2 vid Yrkeshögskolan Novias forskning och utvecklings enhet. Lärdomsprovet behandlar planeringen och uppbyggnaden av ett SCADA-system för styrning och övervakning av en uteluftsventilerad krypgrund.

### 1.2 KLUCK2

KLUCK är ett arbetsnamn för ”Kompetenscentrum Byggnad – Luftkvalitet – Hälsa” och är ett projekt finansierat av EU:s Botnia-Atlantica program, Umeå universitet, Yrkeshögskolan Novia, Österbottens förbund samt Länsstyrelsen i Västerbottens län. Projektet har som mål att förbättra kunskapen kring inomhusmiljöfrågor i Kvarkenregionen och bygger vidare på ett tidigare projekt vid namn KLUCK (2004–2007).

KLUCK 2 är uppstartat 2008 och är tänkt att pågå fram till 2011. Projektet består av nio olika aktiviteter som alla strävar till att utveckla kunskapen inom området inomhusmiljö och hälsa. Det huvudsakliga målet är att skapa ett kompetenscentrum som vidare kan informera allmänheten och näringslivet i problem relaterade till inomhusmiljön. (KLUCK2)



Figur 1. KLUCK 2 uppbyggnad.

### 1.3 UPPGIFT OCH MÅLSÄTTNING

Lärdomsprovet baserar sig på delprojektet "Intelligent styrning av byggnader" vars mål är att koppla samman energieffektivitet via intelligent styrning till inomhusluftens kvalitet. Detta lärdomsprov är ett första steg i ett större arbete var inomhusluftens kvalitet skall förbättras genom att även inkludera husgrunden inom ramarna för den intelligenta styrningen. Arbetet är dock begränsat till konstruktioner med uteluftsventilerade krypgrunder. Denna typ av grund har under en längre tid varit känd för att kunna belastas med fuktproblem och olika metoder har genom årens lopp framförts för att råda bot på problemen, trots detta drabbas fortsättningsvis även nya byggnader av problem i dagens läge. Fuktproblem i grunden är förknippat med en elak lukt som följd som även kan nå inomhusluften varvid kvaliteten på denna försämras.

Målsättningen med lärdomsprovet är att planera och installera ett styr- och övervakningssystem som är möjligt att använda vid fortsatt forskning kring reglering av förhållandena i en krypgrund.

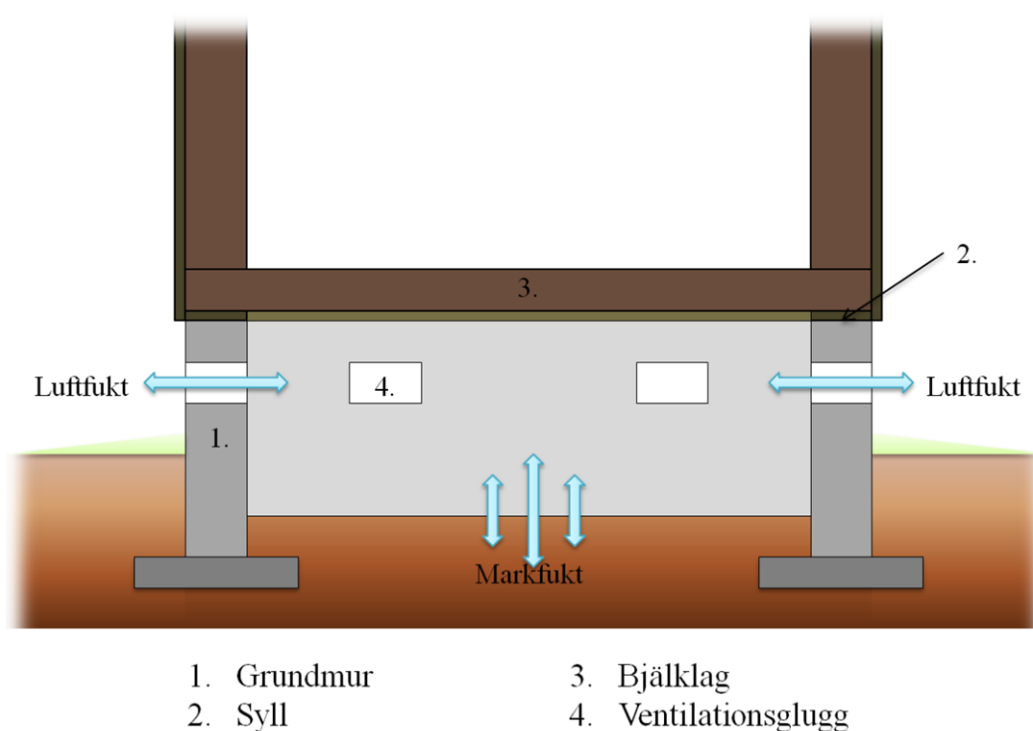
## 2. UTELUFTSVENTILERAD KRYPGRUND

Krypgrunden är en vidareutveckling av den tidigare torpargrunden. I dagens läge existerar ett antal olika varianter av krypgrunder, men av dessa är den uteluftsventilerade den vanligaste. Fuktproblemen med denna typ av grund har varit kända sedan 70-talet men trots detta är den ett vanligt alternativ ännu idag. Orsakerna till detta är att det även existerar fördelar med en uteluftsventilerad krypgrund av vilka följande är några: (Trygghetsvakten.se)

- Radonsäker
- Förenklar installation av avloppsrör och liknande då utrymmet under huset är åtkomligt.
- Relativt enkel att inspektera.
- Relativt enkelt att reparera en vattenskada då trossbotten är tillgänglig underifrån.

### 2.1 UPPBYGGNAD

Den vanliga uteluftsventilerade krypgrunden består av en grundmur som bär upp huset. Ovanpå grundmuren placeras en syll som i sin tur bär upp bjälklaget. För att möjliggöra ventilation av krypgrunden förses grundmuren med ett antal ventilationsventiler. (Åberg, 1995)



Figur 2. Illustration över uteluftsventilerad krypgrund.

## 2.2 PROBLEMOMRÅDEN

Den uteluftsventilerade krypgrunden är och har under en längre tid varit förknippad med fuktproblem. Orsaken till dessa problem ligger i den höga relativa luftfuktigheten som kryputrymmet ofta dras med sommartid. (Kurnitski, o.a., 2000)

De huvudsakliga fuktkällorna är som Figur 2 illustrerar markfukt och luftfukt. Markfukten medför att en viss ventilation behövs då denna annars inte har någonstans att ta vägen. På samma gång kan dock ventilationen även vara orsaken till ytterligare en fuktkälla, om den inkommande luften bär med sig ytterligare fukt. För höga fuktnivåer banar väg för biologisk påväxt, bl.a. mögel, som i sin tur har en negativ inverkan på luftkvaliteten inne kryprummet, dålig lukt samt mögelsporer. Detta i sig är inte något problem så länge den dåliga lukten och mögelsporerna inte kan nå inomhusluften, men då detta oftast är fallet så lider även inomhusluftens kvalitet.

Förutom ovan nämnda fuktkällor bidrar även krypgrundens termiska tröghet till problemen. Vintertid är utrymmet i grunden varmare än utomhusluften på grund av värmeflöden från marken och bottenbjälklaget, medan den sommartid är svalare än utomhusluften då marken nu har en kylande effekt. Med hjälp av ventilation åstadkoms en ånghaltsjämvikt mellan luften i krypgrunden och luften utomhus. Det här orsakar tillsammans med en svalare temperatur i krypgrunden en hög relativ luftfuktighet. Problemet kan inte lösas endast genom ventilation och det här är orsaken till varför den uteluftsventilerade krypgrunden i Sverige klassas som en riskkonstruktion. (Tampereen teknillinen yliopisto, 2008); (Burke, 2007)

Problemet i sig är inte på något vis nytt och ett antal lösningar har förts fram genom årens lopp. Byggnadstekniskt så kan markfuktens påverkan minskas genom att lägga ut byggplast på marken. Plasten hindrar vattenånga från marken att nå krypgrundsluften och den här fuktkällan kan då kraftigt reduceras. Plasten får dock inte placeras ut på matjord då detta med största sannolikhet leder till mögelproblem direkt under plasten (Svensson, 2001). Ett alternativt till plast kan vara att marken även förses med isolering som förutom att minska fukttillskottet från marken även minskar kryputrymmets termiska tröghet. I Finland har en del undersökningar gjorts var effekterna av marktäckning med plast, markisolering och ventilationens inverkan undersökts. I de här undersökningarna har marken isolerats med antingen cellplast (Expanded Polystyrene EPS) eller lättklinkers (Lightweight Expanded Clay Aggregate LECA). Resultaten antyder att det bästa sättet att kontrollera relativa fuktigheten i kryputrymmet nås genom att förse marken med en kraftig

isolering och en ventilation på endast 0.5 ach (Air Changes per Hour). Utöver detta bör även noteras att en ökad ventilation endast hade en negativ inverkan på välisolerade kryputrymmen, utan marktäckning hade ventilationen en positiv inverkan. (Kurnitski, o.a., 2000); (Matilainen, o.a., 2003)

Marktäckning eliminerar dock inte problemet helt och hållet varför även mer aktiva lösningar har tagits fram i form av luftavfuktare, värmestillsättning och luftkuddar. Dessa aktiva metoder presenteras närmare nedan. (Deling, o.a., 2004); (Padt, 2004)

### **2.2.1 EXISTERANDE TEKNISKA ÅTGÄRDER**

Av åtgärderna som presenteras här kräver både avfuktning och uppvärmning inkoppling till husets elsystem för att fungera. Dessa dras då med kontinuerliga driftskostnader som enligt simuleringar gjorda vid KTH i Sverige är kraftigt beroende av fuktbelastningen i grunden. Det här medför då att även de byggtekniska metoderna ovan bör utnyttjas om möjligt för att minska på energibehovet. (Padt, 2004)

- **Avfuktning**

Avfuktning har åtminstone tidigare varit den vanligaste åtgärden och den har visat sig vara väldigt effektiv. Problematiken ligger snarast i en relativt hög installationskostnad samt kontinuerliga driftskostnader. För att underlätta avfuktarens arbete och spara energi är det nödvändigt att minimera alla fuktkällor efter bästa förmåga. Plast skall läggas ut på marken och alla ventilationsgluggar måste tätas igen ordentligt. Därtill måste någon typ av övervakningsutrustning installeras, vilken kan alarmera ifall avfuktaren av någon anledning slutat fungera. (Deling, o.a., 2004)

- **Uppvärmning**

Uppvärmning kan skötas med en varmluftsfläkt, radiatorer eller en värmekabel. Installationen är inte lika krävande som för en avfuktare, men värmeenergin som behövs är återigen starkt beroende av fuktbelastningen som helhet. Tidigare forskning tyder på att en energitillsättning med effekten  $2.5\text{--}10\text{ W/m}^2$  endast skulle förbruka  $1.4\text{--}3.6\text{ kWh/m}^2/\text{år}$  (Matilainen, o.a., 2003). Tillverkaren av den existerande produkten trygghetsvakten anger dock en högre siffra ca  $5\text{ kWh/m}^2/\text{år}$ . För att hålla nere förbrukningen används i båda fallen en riskfunktion vid regleringen i stället för endast ett gränsvärde. Funktionen baserar sig då på kraven som ställs för biologisk påväxt. Precis som avfuktaren bör uppvärmningen också förses med någon form av övervakningsutrustning. I detta fall stiger relativa fuktigheten inte lika snabbt vid driftsstopp som med en avfuktare, men husägaren borde alltid varnas ifall utrustningen inte fungerar som den skall.

- **Luftkuddar**

Luftkuddar är en nyare tillämpning där målet är att få hela konstruktionen att mera efterlikna konceptet platta på mark med underliggande isolering. Luftkuddar finns i två olika utformningar, dels som en stor kudde och dels som många små (Deling, o.a., 2004). Kuddarna måste dock tas bort för en inspektion av krypgrunden kan göras, vilket kan vara ett stort projekt med många små kuddar. En stor kudde förenklar proceduren men är fortfarande främst att föredra för nya konstruktioner. I annat fall riskerar kudden att stänga inne redan dålig luft i grunden. (Ljunby fuktkontroll & sanering, 2010)

## **2.3 BYGGNADSDIREKTIV**

Miljöministeriet ger även ut byggnadsdirektiv för hur grunden skall planeras. Dessa grundar sig på att minimera fukttillskottet som fuktkällorna levererar samt till att minska på grundens termiska tröghet.

De finska byggnadsdirektiven är från 1998 och ger följande direktiv och råd: (Miljöministeriet, 2010)

- Dränering måste planeras så att inget regn- eller ytvatten kan tränga in i krypgrunden.
- Ett dränerande och kapillärbrytande skikt bör placeras på grundbotten för att förhindra att krypgrundsluften kommer i direkt kontakt med vatten.
- Grundbotten kan värmeisoleras lite för att minska på krypgrundens termiska tröghet.
- Ventilation bör säkerställas genom antingen ventilationsgluggar eller med fläktar.
- Ventilationsgluggarnas sammanlagda area bör vara minst 4 ‰ av krypgrundens area.
- Ventilationsgluggarna bör placeras minst 150 mm ovanför marken och med maximalt 6 m avstånd ifrån varandra. Därtill bör gluggarnas enskilda areor vara minst 150 cm<sup>2</sup>.
- Eventuella grundmurar inne i krypgrunden skall förses med ventilationsgluggar som är minst dubbelt så stora som de som är placerade i yttermuren.
- Höjden i krypgrundsutrymmet bör vara minst 0,8 m.
- För att minska risken för biologisk påväxt bör krypgrunden tömmas på allt onödigt organiskt material. Inga organiska rester från byggnadsskedet får lämnas kvar i grunden.

RT (Rakennustieto) erbjuder även anvisningar om dagslägets bästa tillvägagångssätt för att hålla kryputrymmet i gott skick. Anvisning RT 81-100 är från 2010 och innehållet behandlar hur dränering för grund och tomt borde skötas. Dränering kan precis som marktäckning inne i kryputrymmet minska fuktbelastningen med följden att mindre energi behövs för att hålla grunden torr. Det är därför väsentligt att regnvatten tas om hand på ett ordentligt sätt och att marken har en lutning på minst 1:20 ut från huset.

### 3. FYSIKALISKA GRUNDER FÖR FUKT

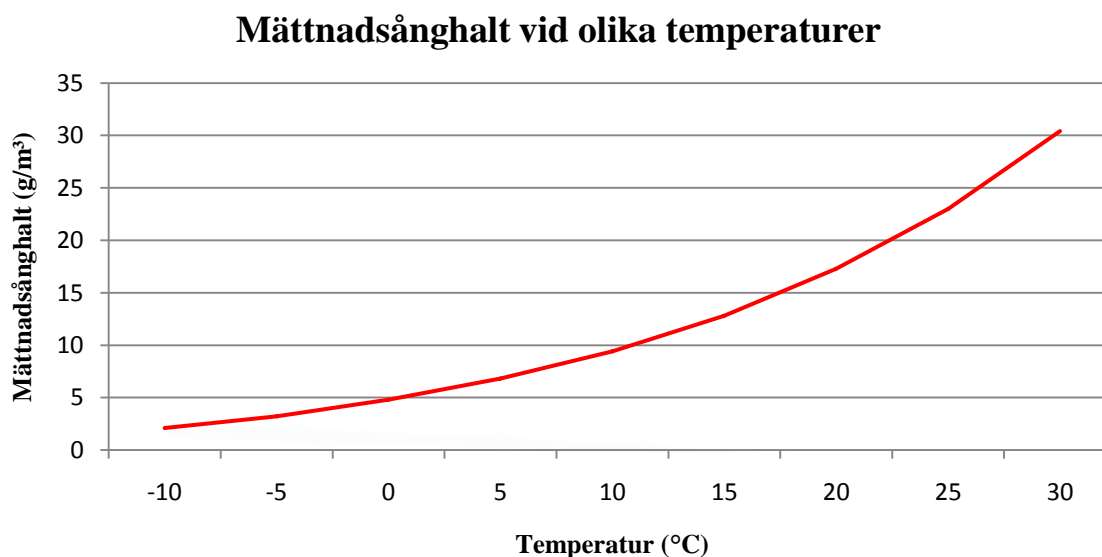
#### 3.1 FUKTIG LUFT

Luft består normalt huvudsakligen av gaserna kväve 78 %, syre 21 % och argon 1 %, utöver dessa förekommer även flertalet spårgaser samt vattenånga. Mängden vattenånga som luften kan innehålla varierar med temperaturer och anges av mättnadsånghalten. Denna beskriver jämviktsläget för vattenångan i ett slutet utrymme med konstant temperatur och tillgång till vatten i vätskefas. Vid mättnadsånghalten kondenserar vattenånga med samma hastighet som ny vattenånga bildas genom avdunstning. En höjning av temperaturen medför mer energi, vilket i sin tur ökar hastigheten för avdunstning. Då hastigheten för kondenseringen är beroende av ånghalten i luften leder detta till att ånghalten stiger tills ett nytt jämviktsläge uppnåts. Resultatet blir då att mättnadsånghalten stiger med ökad temperatur. Det exakta sambandet erhålls dock enklast ur tabeller och grafer, vilket illustreras nedan. (Fay, 2008); (Giancoli, 2008)

Tabell 1. Luftens mättnadsånghalt vid olika temperaturer

Temperatur (°C)	- 10	- 5	0	5	10	15	20	25	30
Mättnadsånghalt (g/m <sup>3</sup> )	2,1	3,2	4,8	6,8	9,4	12,8	17,3	23,0	30,4

(Hagentoft, 2002)



Figur 3. Luftens mättnadsånghalt vid olika temperaturer.  
(Hagentoft, 2002)



För att möjliggöra beräkningar finns även funktioner anpassade för att beskriva sambandet mellan mätnadsånghalt och temperatur. Nedan ses ett exempel på en sådan. (Nevander, o.a., 1994)

$$p_s(T) = a * (b + T/100)^n$$

Tabell 2. Konstanter för beräkning av mätnadsångtryck

$0 \leq T \leq 30$	$a = 288,68 \text{ Pa}$	$b = 1,098$	$n = 8,02$
$-20 \leq T < 0$	$a = 4,689 \text{ Pa}$	$b = 1,486$	$n = 12,3$

(Nevander, o.a., 1994)

$$v_s(T) = p_s(T) * M_v / R * (273,15 + T)$$

$v_s(T)$  = Mätnadsånghalten vid en given temperatur

$p_s(T)$  = Mätnadsångtrycket vid en given temperatur

$T$  = Temperaturen i grader Celcius

$M_v$  = Molekylmassan för vatten 18,02 g/mol

$R$  = Allmänna gaskonstanten 8,314 J/(mol\*K)

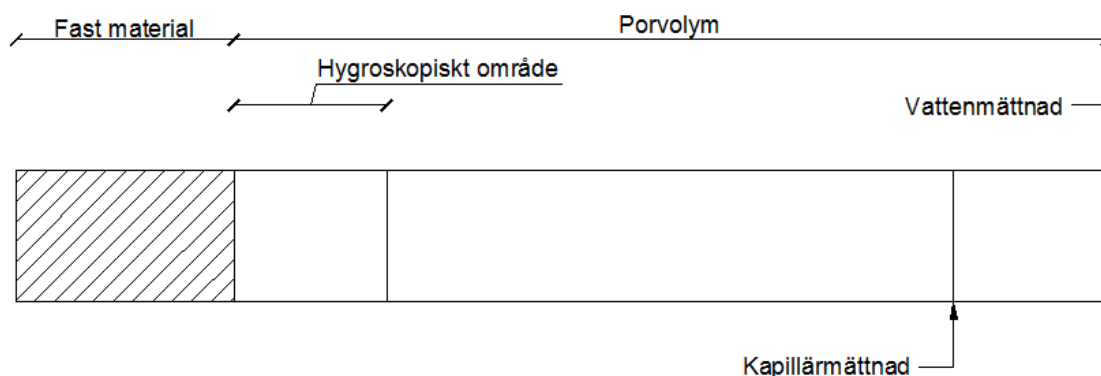
Luftens relativa fuktighet (RF) vilken oftast är av intresse definieras som kvoten mellan luftens aktuella ånghalt och mätnadsånghalten vid gällande temperatur. Utgående från detta kan då relativa fuktigheten påverkas på två sätt. Antingen genom att höja temperaturen för att öka mätnadsånghalten eller genom att transportera bort en del av vattenångan. Alternativen har betydelse vid val av åtgärder för att sänka relativa fuktigheten i en krypgrund. Utöver bör här noteras att avdunstning har en kylande effekt i och med att det går åt energi för att förångas vattenmolekyler, denna energi frigörs dock i takt med att vattenångan kondenserar.

### 3.2 FUKT I MATERIAL

Vatten anses normalt kunna förekomma som antingen kemiskt eller fysikaliskt bundet i olika material. Det kemiskt bundna vattnet är fast fixerat och är på så vis inte av intresse i detta fall. Fysiskt bundet vatten är det som anses med fukt och är den vattenmängd som förångas ur materialet vid en bestämd temperatur, oftast 100 °C. För mätning av fukten i olika material används oftast fukthalten eller fuktkvoten, vilka definieras på följande vis:

- a) Fukthalt: mängden förångningsbart vatten per volym material ( $\text{kg/m}^3$ )
- b) Fuktkvot: mängden förångningsbart vatten per mängd torrt material (%)

Materialens förmåga att absorbera vatten är bundet till porositeten, då det fysikaliskt bundna vattnet endast kan lagras i dessa hålrum. Figur 4 ger en generell överblick av situationen.



Figur 4. Fukt i material.  
(Nevander, o.a., 1994)

Fast material:	Andelen kompakt material var fukt ej kan lagras.
Porvolym:	Totala porvolymen var fukt kan lagras.
Hygroskopiskt område:	Porvolymen som kan fyllas på grund av luftens relativa fuktighet.
Kapillärmättnad:	Maximala andelen av porvolymen som kan fyllas via kapillärsugning.
Vattenmättnad:	Motsvarar situationen där hela porvolymen är fylld med vatten. För att detta skall ske måste dock luften i porerna först drivas ut.

Porvolymen och porstorleken varierar naturligtvis kraftigt mellan olika material och detta resulterar då i att porvolymen och hygroskopiska området även skiljer för materialen. Hur stor del av hygroskopiska området som är fyllt är beroende av luftens RF. Det existerar med andra ord även här ett jämviktsläge mellan luftens relativa fuktighet och andelen fukt i materialet, exakta sambandet erhålls ur materialens sorptionskurvor. (Nevander, o.a., 1994)

### 3.3 FUKTTRANSPORT

Fukt kan transporteras i antingen vätske- eller ångfas, beroende på vilken gäller i huvudsak följande drivkrafter för transporten.

Transport i ångfas:

- a) Diffusion, vattenmolekylerna i luften rör sig då i den riktning där koncentrationen minskar.
- b) Fuktkonvektion, innebär att vattenmolekylerna förflyttar sig tillsammans med strömmande luft. Ventilationen är ett exempel på detta.

Transport i vätskefas:

- a) Tyngdkraften, som ser till att regnet faller ned mot jorden.
- b) Vindtryck, vinden kan t.ex. förorsaka att regnet faller snett in mot en husfasad.
- c) Kapillära krafter, har förmågan att höja vätskenivån i t.ex. ett glaskärl nedstoppat i vatten.

För ändamålet i detta projekt är det främst fuktkonvektion och kapillära krafter som är av intresse. Ventilation kan på ett kontrollerat sätt styra fuktkonvektionen i önskad riktning, vilket medför ett sätt att sänka relativa fuktigheten förutsatt att den inkommande luften har en lägre ånghalt.

Beroende på porernas storlek i olika material erhåller dessa olika kapillära stighöjder, höjden över vattennivån till vilken fukten kan transporteras. För byggmaterial är denna normalt betydligt högre än vad själva konstruktionen är varför intresset i stället är riktat på stighöjden för materialet i marken under huset. Nedan presenteras stighöjden för olika jordarter.

*Tabell 3. Kapillär stighöjd för olika jordarter*

Jordart	Kornstorlek (mm)	Kapillär stighöjd (m)
Lera	mindre än 0,002	8–10
Mellansilt-finsilt	0,002–0,02	4–12
Grovsilt	0,02–0,06	1,5–8
Finsand	0,06–0,2	0,3–3,5
Mellansand	0,2–0,6	0,1–0,5
Grovsand	0,6–2	0,03–0,15

*(Hagentoft, 2002)*

För äldre huskonstruktioner där kapillärbrytande skikt kan saknas, finns det en överhängande risk att jorden under huset kan transportera stora mängder fukt uppåt vilken sedan måste ventileras bort.

### 3.4 FUKTKÄLLOR

Fukt kan härstamma från flertalet källor varav följande är de vanligaste:

- regn, snö eller slagregn
- luftfukt
- byggfukt
- vatten i och på mark
- läckage från installationer.

Av de ovannämnda är det främst vatten i och på mark samt luftfukt som är aktuella i detta arbete. Markens fuktighet bör beaktas vara 100 % vid dimensionering, vilket medför att fuktbelastningen kan bli väldigt stor ifall kapillärbrytande och ångtäta skikt saknas. På grund av ventilationen bör man även anta att jämvikt råder för ånghalten mellan luften utomhus och den i krypgrunden. Detta medför att krypgrunden kan få en väldigt hög ånghalt sommartid då utomhustemperaturen är hög.

Uteluftens ånghalt varierar kraftigt över hela året, dels på grund av variationer i relativa luftfuktigheten och dels på grund av temperaturvariationen mellan årstiderna. Enligt svenska undersökningar varierar ånghalten inom intervallet 2–12 g/m<sup>3</sup>.

För att illustrera ånghaltens inverkan på förhållandena i krypgrunden kan följande exempel användas. Värdena är hämtade ur ett forskningsprojekt vid Tammerfors tekniska universitet och antas vara typiska värden för en modern krypgrund. I exemplet antas det att luftfukt är den enda fuktkällan, samt att jämvikt råder mellan ånghalten i kryprummet och utomhusluften. Tabellerna nedan illustrerar vilken inverkan en höjning av RF i utomhusluften har på RF i krypgrunden.

Tabell 4. Förhållande mellan RF i krypgrunden och utomhusluften

	Temperatur (°C)	Ånghalt (g/m <sup>3</sup> )	RF (%)
Utomhus	17	10	70
Krypgrund	15	10	78

Tabell 5. Förhållande mellan RF i krypgrunden och utomhusluften då ånghalten ökar

	Temperatur (°C)	Ånghalt (g/m <sup>3</sup> )	RF (%)
Utomhus	17	11,6	80
Krypgrund	15	11,6	89

Tabellerna ovan klargör det som redan sades i krypgrundens problemområde. Nämligen att klimatförhållandena utomhus kan leda till ogynnsamma förhållanden i en krypgrund oberoende av ventilation. Om krypgrunden även antas utsättas för ett fukttillskott från marken blir verkligheten ännu dystrare, då det i detta fall kan existera en högre ånghalt i krypgrunden än i utomhusluften.

Isoleringen på grundbotten är till för att minska temperaturskillnaden mellan krypgrunden och utomhusluften, i exemplet ovan skulle det då motsvara en mindre skillnad i RF mellan områdena. Isoleringen får dock inte vara för tjock då det endast är sommartid som det är önskvärt att temperaturskillnaden är så liten som möjligt.

### 3.5 EFFEKTER AV FUKT

Byggnadsmaterial är konstant utsatta för olika nedbrytningsprocesser som kan delas in i följande tre delområden. Gemensamt för alla tre är att fukten spelar en viktig roll i flertalet av processerna.

- Biologiska
- Fysikaliska
- Kemiska

Detta projekt strävar till att förbättra inomhusluften kvalitet varför det främst är den biologiska nedbrytningen som är av intresse. Denna process drivs främst av olika svampar, av vilka följande klasser är de viktigaste:

- blånadssvampar
- rötsvampar
- mögelsvampar
- actinomyceter.

*Blånadssvamparna* orsakar endast en missfärgning av träet (grönt, blått eller svart) och är på så vis inget större hot inne i en krypgrund.

*Rötsvampar* bryter ned vedceller vilket på sikt kan ge konstruktionen en sämre hållfasthet.

*Mögelsvampar* försämrar inte träets hållfasthet men tros i stället sprida sporer som kan förorsaka allergier och andra medicinska reaktioner hos människor. Svampen upptäcks ofta på grund av att den även ger ifrån sig en dålig lukt ”mögelldukt”.

*Actinomyces* är svampliknande bakterier som även de ger ifrån sig en stark ”mögelldukt”

Utav de ovannämnda är det främst mögelsvampar och till viss mån actinomyces som kan påverka inomhusluften negativt. Detta på grund av att svampsporer och den dåliga lukten kan spridas till inomhusluften via antingen konvektion eller diffusion. För att kunna förbättra inomhusluften måste då tillväxtnöjligheten för dessa elimineras. Alternativt se till att husets klimatskal är så tätt att det inte finns någon möjlighet för varken lukten eller sporer att nå inomhusluften.

### 3.5.1 KRITISKA TILLSTÄND

Ovannämnda svampar och bakterier har precis som alla andra organismer krav på sin omgivning för att de skall leva och frodas. De trivs som bäst vid temperaturer omkring 20-30 °C, vid både högre och lägre temperaturer än detta avtar tillväxtförmågan. Vidare behövs näring, syre, bakterier kan även växa anaerobt, samt tillgång till vatten både i luften och inne i växtmaterialet. Näringen utgörs av trä eller andra organiska material och vattnet kan erhållas ur både luft och material ifall relativa luftfuktigheten är tillräckligt hög.

Svampar sprider sig vanligtvis med hjälp av stora mängder luftburna sporer. Normalt innehåller uteluften ca 10 000 sporer per kubikmeter, vilket medför att allt byggmaterial kan antas ha kommit i kontakt med svampsporer i något skede. Man bör även anta att sporer någon gång under materialets livstid fått förutsättning att gro och på så vis finns alltid möjlighet för tillväxt ifall de yttre omständigheterna är gynnsamma. Det är dock svårt att ge en exakta gränsvärden för när tillväxt sker varför risken för tillväxt i stället anges vid olika förutsättningar. Förutom luftens relativa fuktighet påverkar även temperatur, lufthastighet, ljus och varaktighet tillväxtnöjligheterna.

Mögelsvamparna är de som i huvudsak kräver den lägsta relativa luftfuktigheten varför deras krav oftast används som riktgivande. Nedan illustreras en tabell där risken för mögelpåväxt anges vid olika värden för träets fuktkvot och luftens relativa fuktighet.

Tabell 6. Risk för tillväxt av mögelsvamp vid gynnsam temperatur

Risk	Ingen	Liten - måttlig	Stor
Fuktkvot (%)	< 15	15-20	> 20
RF (%)	< 70	70-85	> 85

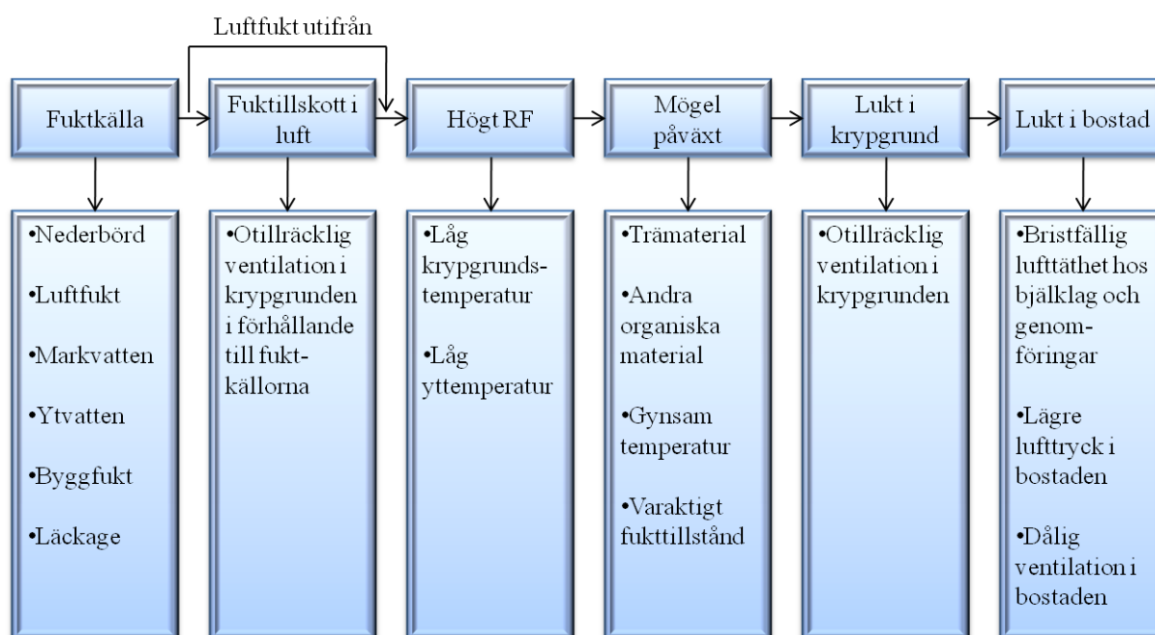
(Hagentoft, 2002)

Gränsvärdena i Tabell 6 gäller vid gynnsamma temperaturförhållanden dvs. vid 20–30 °C.

Tabell 6 tar inte hänsyn till varken varaktighet eller material och fungerar därför bara som riktgivande. Bättre riskfunktioner som baserar sig på temperatur, RF, material och tid finns tillgängliga och forskning på dessa områden har gjorts i bl.a. både Tyskland och Finland. (Sedbauer, o.a., 2001)

### 3.5.2 ORSAKSSAMBAND FÖR DÅLIG LUKT I BOSTAD

Ovannämnda information kan bindas samma till ett orsakssamband för mögelproblem med krypgrunder, vilket beskrivs i figuren nedan.



Figur 5. Orsakssamband för dålig lukt i bostad.  
(Svensson, 2001 s. 25)

I Figur 5 framgår klart och tydligt att problem med inomhusluftens kvalitet till följd av problem med krypgrunden är en process som är beroende av flertalet steg. Trots detta är det väldigt svårt att lyckas stoppa processen helt i något skede. RF kan nå för höga nivåer trots ventilation och bottenbjälklaget är väldigt svårt att få helt tätt. Med hjälp av att avfukta luften på maskinell väg eller genom att värma upp luften närmast bjälklaget kan RF sänkas och det borde då finnas möjligheter att skapa ett avbrott i processen.

#### 4. STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEM

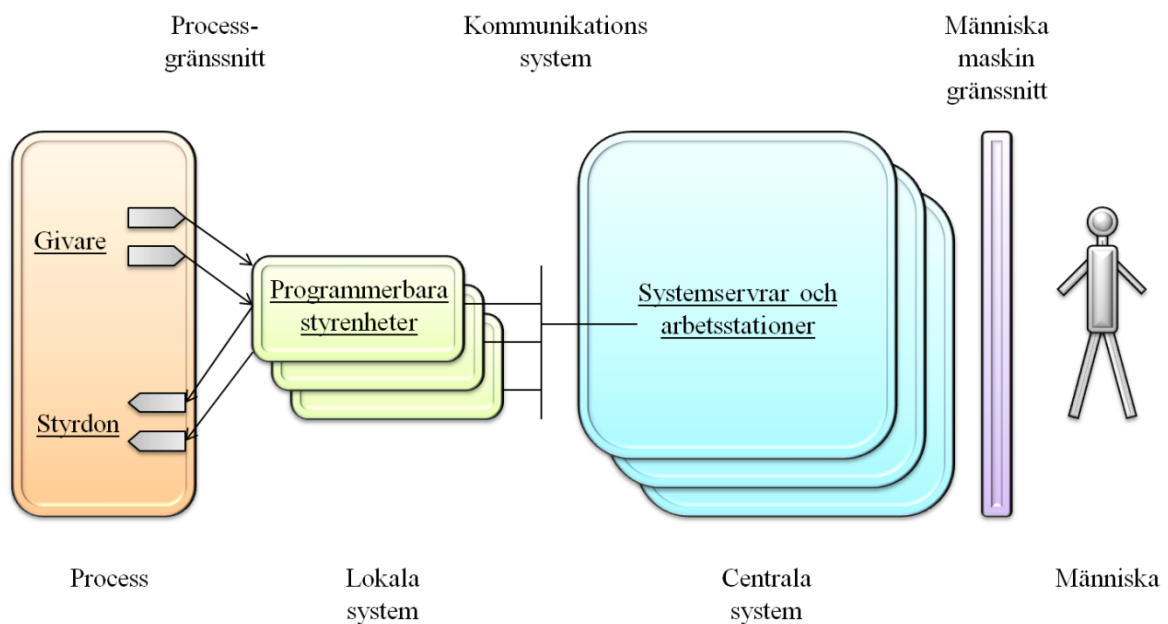
Styr- och övervakningssystem består från processen sett av fyra delar:

- process
- lokala system
- centrala system
- människa.

Samspelet mellan dessa delar utgörs av processgränssnitt, kommunikationssystem och människa/maskin gränssnitt. Vidare byggs delarna upp av följande maskinvara:

- givare
- styrdon
- programmerbara styrenheter
- systemservrar och arbetsstationer.

Hur dessa komponenter kopplas samman och samarbetar förklaras med bilden nedan.



Figur 6. Styr- och övervakningssystem.  
(Cegrell, o.a., 1994 s. 144)

Denna uppbyggnad kallas även för SCADA-system. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) är teknologin som möjliggör insamling av data och sändande av begränsade styrsignaler till en eller flera avlägsna processer. Att styrsignalerna är begränsade innebär att SCADA-systemet inte är tänkt för att reglera processer utan endast för att kunna sända kommandon till de lokala styrenheterna. Det kan då röra sig om nya



referensvärden för en regulator eller om kommandon för att öppna eller stänga en specifik ventil. Det är då termen SC (Supervisory Control) som specificerar denna uppgift medan DA (Data Acquisition) specificerar insamlingen av data. (Boyer, 2004)

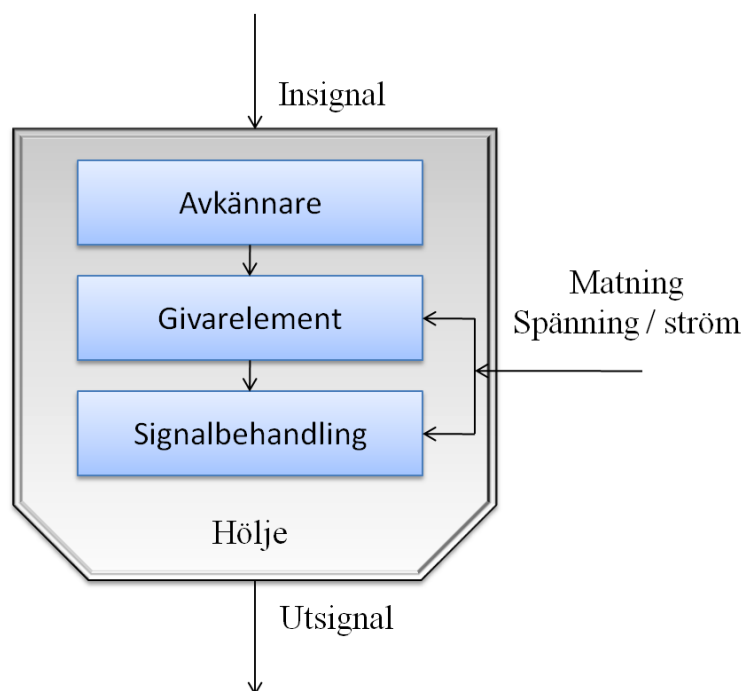
Nedan presenteras styr- och övervakningssystemets olika delar tillsammans med en introduktion till reglertekniken.

## 4.1 PROCESSGRÄNSSNITT

Processgränssnittet utgör mötesplatsen mellan processen och styr- och övervakningssystemet. Det är här som data samlas in via givare och som styrsignaler förverkligas via styrdon.

### 4.1.1 GIVARE

Givare (sensorer) definieras som komponenter vars elektriska egenskaper påverkas av den fysikaliska storhet som skall mätas. De elektriska egenskaperna som kan variera är t.ex. resistans, kapacitans eller induktans. För en noggrannare funktionsbeskrivning kan givaren delas in i följande tre funktionsblock. (Bengtsson, 2008)



Figur 7. Generell funktion för givare.  
(Lindahl, o.a., 2009 s. 2)

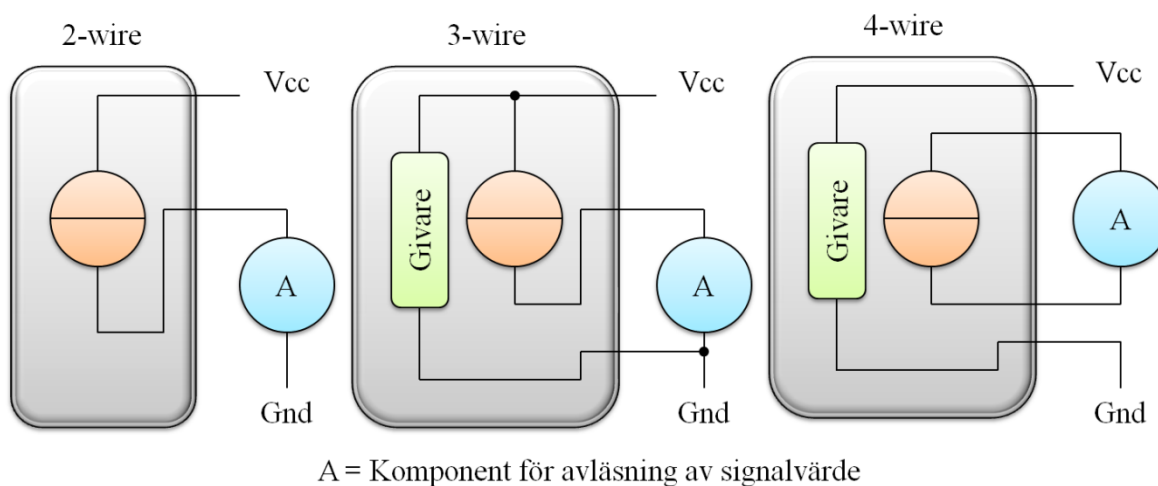
Avkännaren påverkas direkt av den fysikaliska storheten och denna har till uppgift att omvandla insignalen så att den kan användas som en elektrisk signal. I tryckgivare kan t.ex. ett membran som deformeras fungera som avkännare. Givarelementet kunde i detta samma exempel bestå av en töjningsgivare vars resistans varierar i takt med att membranet

deformeras. I detta skede är kopplingen mellan fysikalisk och elektrisk storhet klar, men signalen kan vara väldigt svag eller olinjär med följden att det krävs ytterligare signalbehandling innan en användbar utsignal erhålls. Denna signalbehandling kräver energi och givaren blir därför beroende av en matningskälla.

Givare med inbyggda signalomformare kallas ofta för transmittar. Dessa har en standardiserad utsignal i form av en spännings- eller strömsignal som kan variera inom bestämda gränser. De vanligaste alternativen är 0–10 V, 0–20 mA eller 4–20 mA. Strömsignalerna har här några fördelar gentemot spänningssignalerna av några presenteras nedan. (Thomas, 2008)

- Möjlighet att ansluta flera mottagare i serie.
- Mindre störningskänslighet vid längre avstånd.
- 4–20 mA signalomfång medför att 0 mA direkt kan tolkas som ett avbrott.

För inkoppling av 4–20 mA transmittar existerar även tre olika alternativ som presenteras nedan. De olika alternativen benämns oftast med de engelska beteckningarna 2-wire, 3-wire och 4-wire som direkt hänvisar till hur många ledare givaren är försedd med. 4-wire har en fördel över de andra två då dessa även kan konstrueras för att tåla växelspanning som matning. (Harrold, 1998)



Figur 8. Inkopplingsalternativ 4-20 mA.  
(Harrold, 1998)

Sambandet mellan förändringen hos den fysikaliska och elektriska storheten anges av givarkonstanten. Denna beräknas som kvoten mellan förändringen hos den elektriska storheten jämfört med förändringen hos den fysikaliska. För transmittar är sambandet

normalt linjärt och kan beskrivas med givarkonstanten samt en offset. Dessa bestäms enligt följande: (Bengtsson, 2008)

- Skalning:  $\text{Mätområde} / \text{signalomfång}$
- Offset:  $\text{Högsta mätvärde} - (\text{Skalning} * \text{högsta signalvärde})$

”Smarta givare” förekommer också vilka har en mikroprocessor inkluderad, det här medför att dessa kan förses med kommunikationsprotokoll för inkoppling till någon typ av fältbuss. En fältbuss kan drastisk minska på kablaget då alla givare inklusive styrenhet kan anslutas till samma databuss. Den inkluderade mikrokontroller och programmet får dock priset att stiga och metoden är därför inte lönsam för små system. (Thomas, 2008)

### • Temperatur

Temperatur kan mätas på flertalet olika sätt och nedan listas några:

- motståndstermometrar
- termoelement
- halvledare (termistorer).

Motståndstermometrar utnyttjar det faktum att resistansen i metaller är temperaturberoende. Sambandet är positivt dvs. en ökning i temperatur orsakar en högre resistans i metallen. Olika metaller används för ändamålet men platina är den absolut vanligaste då denna metall uppvisar ett väldigt linjärt samband mellan temperatur och resistans. Vanliga modeller är Pt100 eller Pt1000. Pt anger här metallen och beloppet efter anger resistansen vid noll grader Celsius. Denna typ av givare används normalt inom intervallet  $-260...+800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En nackdel är dock att styrenheten måste kompensera för resistansen i ledarna till givaren. (Bengtsson, 2008)

Termoelement klarar högre temperaturer än Pt100 och kan till och med användas för temperaturmätningar upp till  $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Funktionen bygger på Seebeckeffekten som säger att en ”termo-emk” skapas över en ledare i en temperaturgradient. Denna emk (Elektromotoriska kraft) är endast beroende av ledarens material och temperaturskillnaden. Ett termoelement fås genom att sammanfoga två ledare av olika material i ena ändan och sedan mäta spänningen mellan ledarna i den andra ändan. Spänningen som uppstår är då endast beroende av ledarnas material och temperaturskillnaden. Termoelement finns av flera typer och skillnaden dessa emellan består endast av vilka två material som används. T.ex. typ J består av järn och konstantan och används inom intervallet  $-200...+900\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Förhållande mellan temperatur och spänning är dock inte linjärt och det behövs någon form av signalbehandling för att linjärisera utsignalen. (Bengtsson, 2008)

Termistorer är det billigaste alternativet men dessa har också de sämsta egenskaperna vad gäller linjäritet, intervall och noggrannhet. I och med att de är just halvledare kan de dock integreras på en kiselbricka tillsammans med linjäriseringselektronik. Mätintervallet ligger normalt inom  $-200...+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (Bengtsson, 2008)

- **Relativ luftfuktighet**

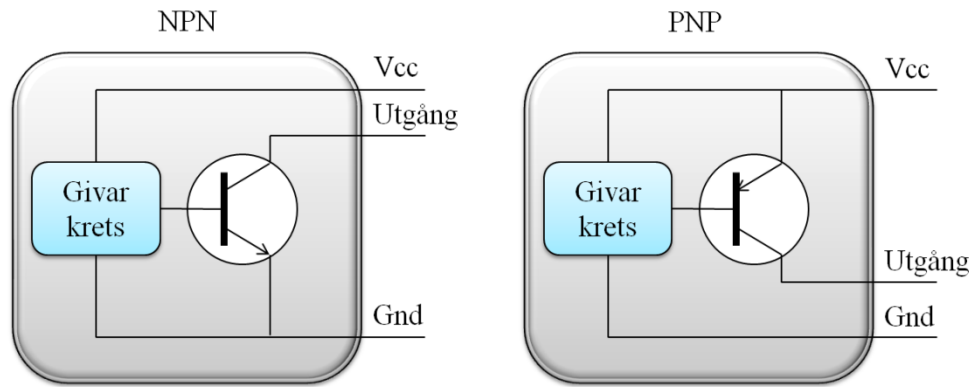
Luftens relativa fuktighet mäts normalt med någon typ av kapacitiv givare. Dessa fungerar genom att kondensatorns plattor skiljs åt med en folie vars dielektricitetskonstant varierar när folien tar upp fukt ur luften. Tidigare har förts fram att material har ett hygroskopiskt område inom vilket fuktinnehållet endast är beroende av den omgivande luftens relativa luftfuktighet. Om dielektricitetskonstanten varierar tillräckligt mycket och tillräckligt snabbt inom detta område kan givaren användas för att registrera relativa luftfuktigheten. (Bengtsson, 2008)

- **Tryck**

Tryckgivare kan basera sig på antingen resistans-, induktans- eller kapacitansförändringar. En vanlig metod är att avskilja två tryck med ett deformerbart membran. Den ena sidan av membranet används som referens och deformationen varierar beroende på hur det yttre trycket förhåller sig till referensen. För att detektera skillnader kan membranet förses med töjningsgivare vars resistans varierar då membranet deformeras. Alternativt kan membranet fungera som en platta till en kondensator vars kapacitans ändras i takt med att deformation sker. Membranet kan även kopplas ihop med en järnkärna som får röra sig i en spole. I detta fall kommer spolens induktans att variera då järnkärnan flyttar sig. (Bengtsson, 2008)

- **Detektorer och vakter**

Givare med en digital utsignal kallas normalt för detektorer eller vakter lite beroende av sammanhang (Lindahl, o.a., 2009). Dessa givare finns i två olika typer NPN och PNP.



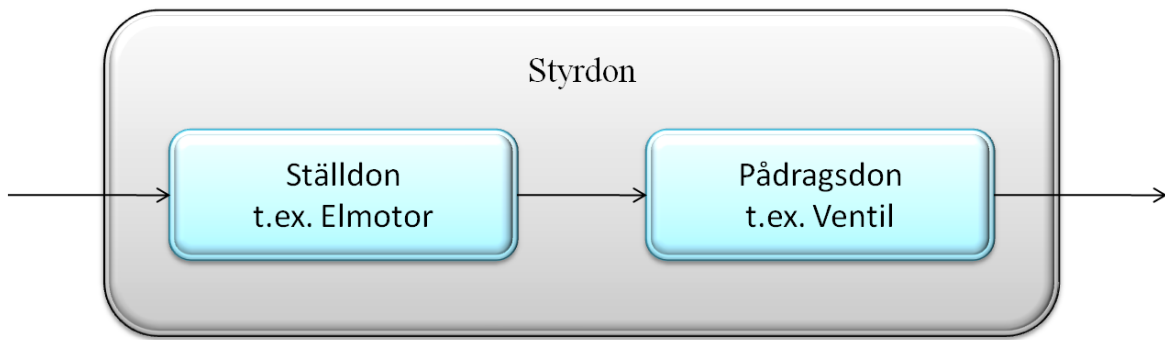
Figur 9. NPN/PNP  
(Hackworth, o.a., 2004 ss. 152-153)

Typbeteckningen anger hur givaren skall anslutas till en styrenhet och detta medför då att givarna dikterar kraven för styrenheten eller tvärtom. Som figuren ovan illustrerar kräver givare av NPN-typ att ingången på styrenheten matar ström till givaren medan den i PNP-fallet skall ta emot en ström från givaren. Utöver typbeteckningen förekommer även beteckningen NO/NC (normally open/normally closed) som berättar om givaren ger ut en etta eller nolla i det icke exciterade läget. NO motsvarar för normalt tillstånd en nolla medan NC motsvarar en etta. (Hackworth, o.a., 2004)

I styr- och övervakningssystem finns normalt behov av att kunna fastställa ifall en mekanisk del är närvarande eller inte. För detta ändamål används olika närvarodetektorer. Dessa grupperas på basis av funktionalitet varav de vanligaste är induktiva, kapacitiva, ultraljuds eller optiska närvarodetektorer. Både induktiva och kapacitiva givare har relativt korta funktionsområden, endast upp till några cm. De induktiva givarna begränsas ytterligare av att de endast reagerar på metallobjekt. Ultraljudsgivarna fungera efter eko-principen och klarar av att detektera objekt på upp till 6 m avstånd. Objektet skall dock helst vara gjort av något hårt material som inte absorberar ljudvågor. För detektering på längre avstånd används olika optiska givare. Dessa fungerar genom att detektera ljussignaler via reflektion eller via en skild mottagare. (Hackworth, o.a., 2004)

#### 4.1.2 STYRDON

Styrdon är de komponenter som är tänkta att styra och reglera en process. Dessa består normalt av ett ställdon som vidare påverkar ett pådragsdon. Ställdonet kan som bilden nedan visar t.ex. vara en elmotor medan pådragsdonet t.ex. kan vara en ventil. Ställdonen kan antingen vara elektriska, pneumatiska eller hydrauliska beroende på hur de styrs. I fallet för elektriska styrdon är funktionen den motsatta jämfört med givaren då ställdonet via pådragsdonet skall omvandla en elektrisk signal till en önskad styråtgärd. (Haag, 1998)



Figur 10. Styrdon  
(Haag, 1998 s. 400)

### • Elektriska anslutningar

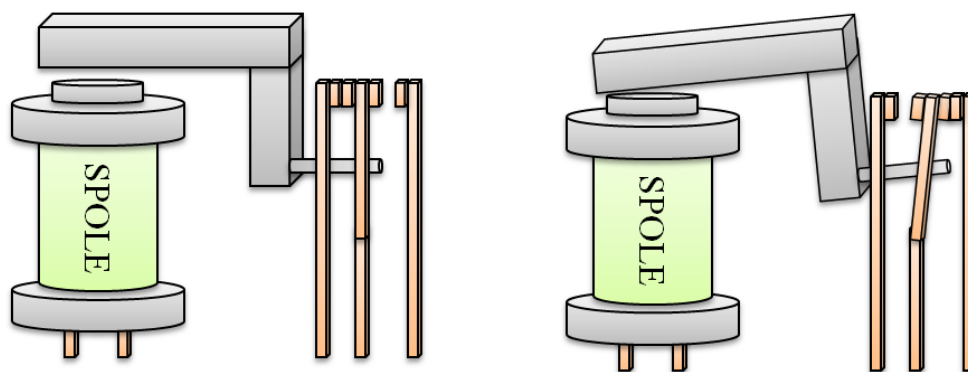
Styrdon kräver en eller alla av följande anslutningar:

- Matning för att driva ställdonet (230 VAC eller 24 VDC).
- Styrsignaler för att ange önskat läge (0-10 VDC eller 2-10 VDC analogt, 0/24 VDC digitalt).
- Lägessignal för att indikera nuvarande position eller hastighet (Potentiometer eller 0-10 VDC analogt, gränslägesbrytare 0/24 VDC digitalt).

Lägessignalen utgör en viktig del av styr- och övervakningssystemet då denna indikerar för operatören att styråtgärden utförs eller har utförts inne i processen. Om styrdonet saknar lägessignal måste då denna bit kompletteras med skilda givare. Styrdon som antingen är till- eller fränkopplade har sällan någon anslutning för inkoppling av styrsignaler. I stället används hjälpkretsar via vilka styrdonens matning kopplas till eller från. (CIBSE, 2000)

### • Hjälpkretsar

Strömmarna som styrdonen kräver är oftast större än vad de lokala systemen både klarar av att mata och bryta. Som en följd av detta kopplas hjälpkretsar in mellan de lokala systemen och styrdonen. Vanliga hjälpkretsar är reläer och kontaktorer som använder en reglerström för att styra en brytare som i sin tur bryter eller sluter en större ström. Funktionen för ett elektromekaniskt relä beskrivs med Figur 11. (Cegrell, o.a., 1994)



Figur 11. Elektromagnetiskt relä.  
(Relay, 2011)

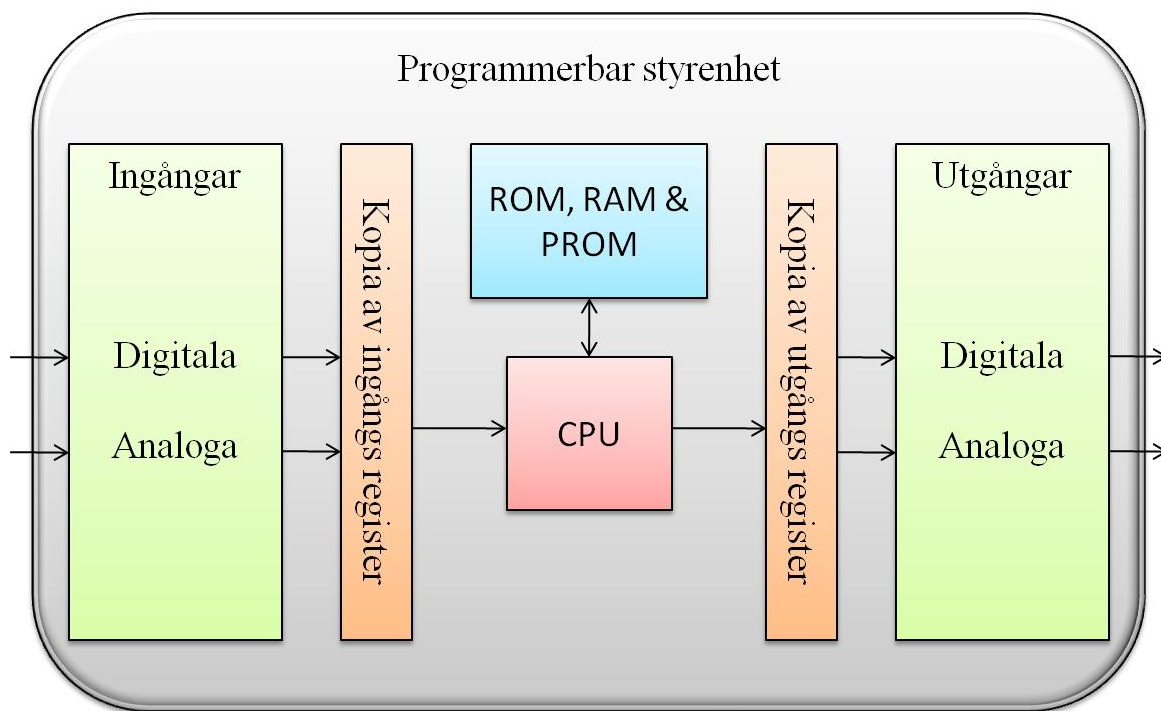
Det elektromekaniska reläet låter reglerströmmen driva en elektromagnetisk spole som påverkar ett drivankare som vidare bryter en kontakt och sluter en annan. Reläet gör det då möjligt för en liten likspänning att bryta eller sluta en 230 VAC last. Därtill åstadkoms en galvanisk isolering mellan lokala systemen och styrdonet. Kontaktorer utför samma funktion som reläer men de är bättre lämpade för att styra stora strömmar. (Relay, 2011)

#### 4.2 LOKALA SYSTEM (PROGRAMMERBARA STYRENHETER)

I ett SCADA-system är de programmerbara styrenheterna underordnade till de centrala systemen. Det innebär att de skall rapportera datavärden, händelser och alarm från processen till de centrala systemen samt utföra styrkommandon som de centrala systemen utfärdar. Kommunikation upprätthålls av kommunikationssystemet men vid eventuella kommunikationsavbrott måste processövervakningen och styrningen fortfarande fungera. Det här medför att styrenheterna även måste klara av att kontrollera processen autonomt samt kunna buffra insamlad data. (Cegrell, o.a., 1994)

I SCADA-sammanhang nämns i litteraturen ytterligare namn på programmerbara styrenheter med ovannämnda uppgifter, varav några är fjärrkontrollterminaler och lokalterminaler. Motsvarande benämningar på engelska är Remote Terminal Units (RTUs) och local system units. Den verkliga enheten kan i praktiken sedan utgöras av en PLC (Programmable Logic Controller) eller liknande styrsystem som uppfyller kraven ovan.

Gemensamt för alla programmerbara styrenhet är dock att de i grund och botten består av följande komponenter: CPU, minne samt in- och utgångar (CIBSE, 2000). I Figur 12 ges en noggrannare bild över funktionaliteten för en PLC.



Figur 12. Funktionsbeskrivning för en PLC.  
(Hackworth, o.a., 2004 s. 42)

Enhetens operativsystem sparas i ROM- (Read Only Memory) minnet medan det program som skall utföras sparas i PROM- (Programmable Read Only Memory) minnet. RAM- (Random Access Memory) minnet utgör en tillfällig lagringsplats vart värden kan sparas under programkörning. Vid uppstart körs en startrutin ur ROM-minnet som är transparent för användaren och då denna är avklarad börjar PLC:n arbeta cyklist med följande två steg.

1. Läs av ingångsregister och skriva till utgångsregister.
2. Exekvera program.

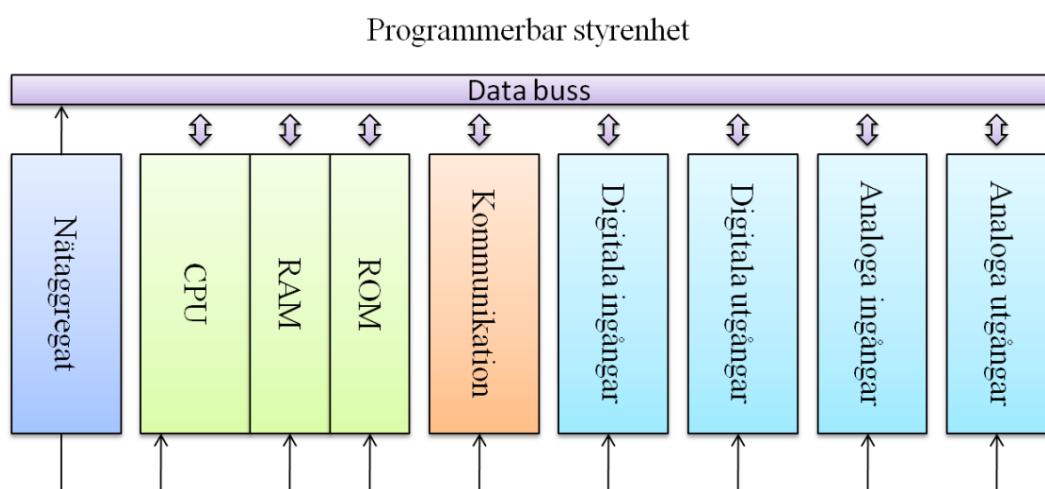
I steg ett uppdateras kopian av ingångsregistren så att denna överensstämmer med nuvarande värden på insignalerna. För utsignalerna är processen den motsatta och utsignalerna ställs efter kopian för utsignalsregistren. Då programmet sedan exekveras i steg två så arbetar processorn endast med kopiorna av I/O-registren. Kopian av insignalernas register förblir hela tiden oförändrad medan kopian för utsignalernas register uppdateras med nya värden vartefter programkoden evalueras. Vid starten av nästa cykel upprepas steg ett och först i detta skede får utsignalerna nya värden. Tiden mellan två cykler kan antingen vara förbestämd till specifika värden eller så börjar nästa cykel så fort föregående är klar. I och med att nya värden på ingångarna inte når processorn före steg ett har upprepats så begränsas responstiden kraftigt. Detta är inte alltid acceptabelt och i dessa fall används avbrottsrutiner. Vid avbrott avbryter processorn den pågående cykeln för att i



stället direkt hantera en avbrottsrutin som svar på en inträffad händelse. (Hackworth, o.a., 2004)

Styrenheternas struktur samt det faktum att de är lokala system placerade i närheten av processen medför att dessa har betydligt kortare responstider än vad de centrala systemen har. Det här är av högsta betydelse då processreglering normalt inte tillåter de fördröjningar som kommunikation till och från de centrala systemen medför. Speciellt vid specifika händelser eller alarm kan kraven på responstiden för styrsystemet bli väldigt stränga med följden att dessa krav även bör beaktas vid valet av styrenhet.

Mer sofistikerade styrenheter är normalt modulbaserade. Det här möjliggör större valmöjligheter vad gäller antal och typer av in- och utgångar, samtidigt som möjligheterna för eventuell utbyggnad i framtiden förbättras. Funktionaliteten är samma eller liknande som den för PLC:n ovan och hårdvarustrukturen kan beskrivas med bilden nedan.



*Figur 13. Hårdvarustruktur  
(Cegrell, o.a., 1994 s. 193)*

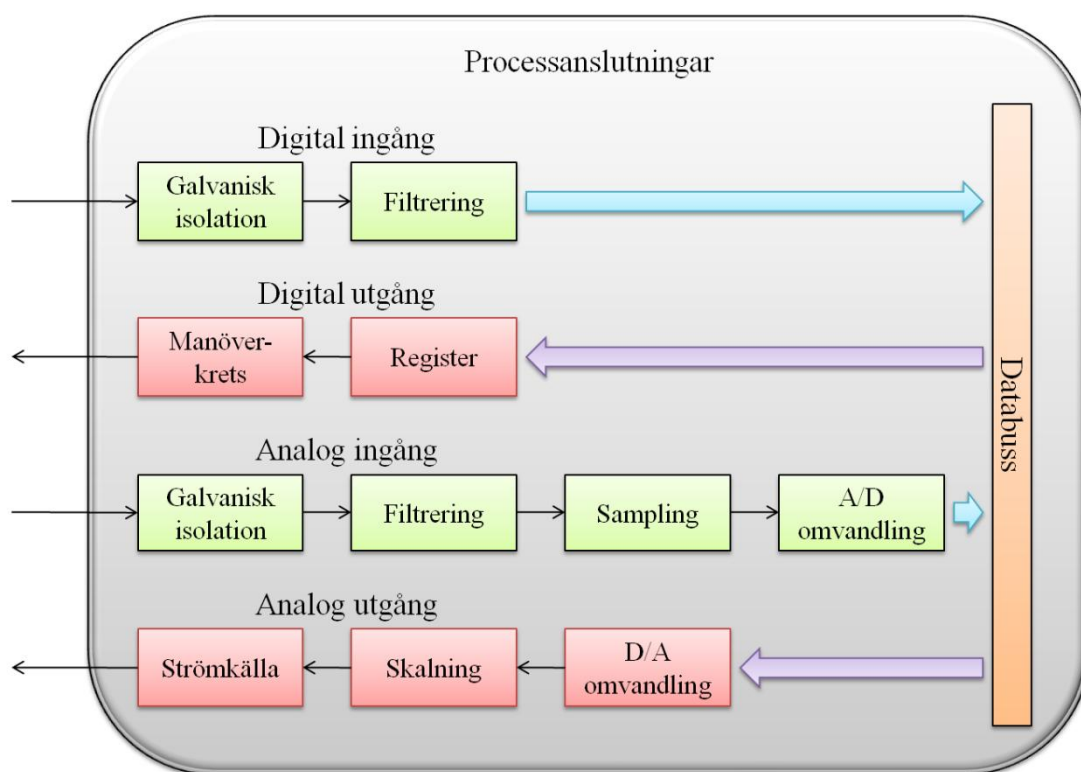
De förbättrade valmöjligheterna uppkommer av att användaren enligt önskemål kan välja I/O-moduler, processortyp och kommunikationsalternativ. De valda modulerna placeras i en grundstomme genom vilken de förses med ström och blir inkopplade till databussen.

#### 4.2.1 FUNKTION FÖR I/O-MODULER

För att skydda styrenheten från höga spänningstoppar så är både in- och utgångsmodulerna alltid internt galvaniskt isolerade. Det här betyder att ingångarna inte är direkt sammankopplade med resten av elektroniken i styrenheten. Ljussignaler eller någon annan signaltyp av icke-elektrisk karaktär används då som informationsbärare på någon bit av vägen. Ytterligare filtreras även insignalerna för att ta bort högfrekventa störningar. (Hackworth, o.a., 2004)

A/D- (analog/digital) omvandlaren gör om en spänning till binärkod som processorn kan använda. Omvandling tar dock lite tid och insignalen samplas därför med jämna tidsintervall. Antalet bitar som A/D-omvandlaren använder anger hur många olika spänningsnivåer den kan detektera och blir då även ett mått på hur noggranna mätdata som kan anges. T.ex. 8 bitar motsvarar  $2^8$  olika nivåer som för en RF-mätning där skalan är 0...100 % procent motsvarar en noggrannhet på ungefär 0.4 %. Vid D/A-omvandling är principen den samma och bit antalet för omvandlaren anger på noggrannheten på utsignalen. (Hackworth, o.a., 2004)

Både de digitala och analoga utgångarna kräver en manöverkrets eller strömkälla för att driva utgången, utöver kan även den analoga utsignalen behöva någon typ av skalning. Funktionen för de olika in- och utgångarna sammanfattas med bilden nedan.



Figur 14. Processanslutningar.  
(Cegrell, o.a., 1994 ss. 185-187)

### 4.3 KOMMUNIKATIONSSYSTEM

Datakommunikation är förflyttning av data från en plats till en annan. Om en tillbakablick görs till Figur 6 så noteras att denna typ av dataförflyttning kan behövas på minst två ställen i ett SCADA-system.

- Processgränssnitt → Lokala system
- Lokala system → Centrala system

Utöver kan kommunikation även vara nödvändig internt inom de lokala och centrala systemen. Vid planering och dimensionering av SCADA-systemets kommunikation är de viktigaste faktorerna hastighet och säkerhet. D.v.s. att kommunikationssystemet måste klara av att förflytta nödvändig information inom bestämda tidsintervall samt säkerställa att data som når fram inte är korrupt.

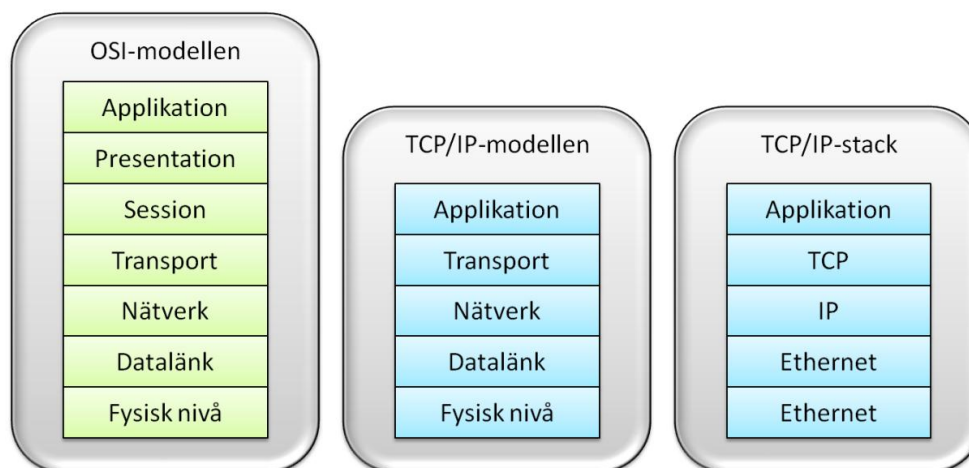
Styr- och övervakningssystemet som detta arbetar omfattar är relativt litet och den interna kommunikationen mellan lokala och centrala system kommer därför inte att behandlas. Nedan följer i stället en introduktion till datakommunikation med fokus på Internet och lokala nätverk som kommunikationslänk mellan de lokala och centrala systemen.

#### **4.3.1 DATAKOMMUNIKATION**

Datakommunikation grundar sig på att två enheter skall kunna förmedla data till och från varandra på ett sådant sätt att båda förstår vad den andra säger. Detta är inte helt trivialt och följande är några av de problem som måste lösas.

- Gemensamt språk (mottagaren måste kunna läsa det som sändaren sänder).
- Hur skall data meddelanden hitta fram till rätt mottagare?
- Säkerställning av att mottagna data faktiskt är det som sänts.

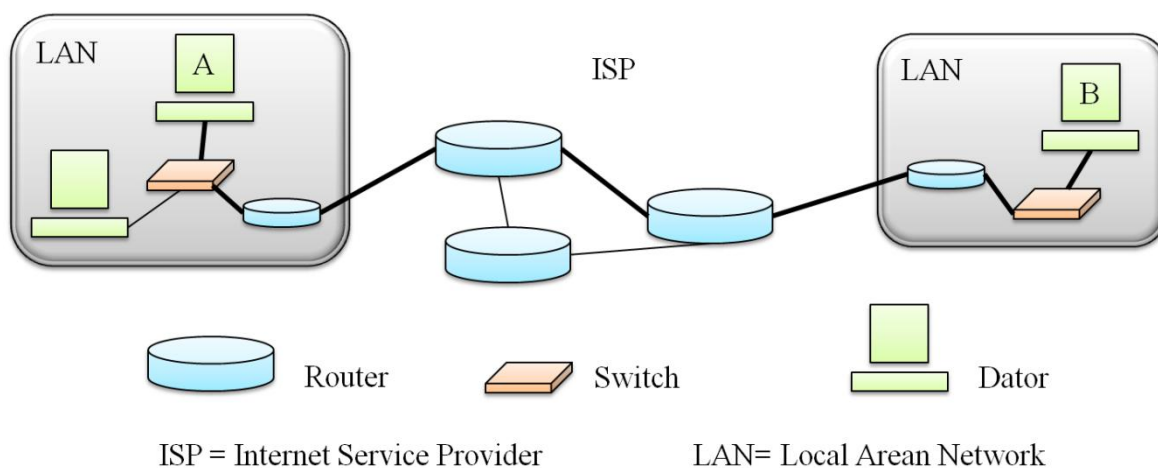
Praktiskt betyder detta att det krävs gemensamma regler för hur kommunikationen skall gå till. Reglerna utgörs av olika kommunikationsprotokoll som specificerar hur kommunikationen skall utföras. En kommunikationslänk består dock av flertalet olika steg och därför används sällan enskilda protokoll utan i stället protokollstackar bestående av flertalet protokoll för olika uppgifter. För att kunna jämföra och specificera datakommunikationssystem har ISO (International Standards Organisation) tagit fram en referensmodell som kallas OSI-modellen (Open System Interconnection). Vid sidan om denna existerar även TCP/IP- (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) modellen som används inom Internet och andra liknande nätverk. Båda dessa referensstackar är uppbyggda med ett applikationslager högst upp och de lager som följer undertill utför i tur och ordning en specifik uppgift åt lagren ovanför. Detta medför också att varje lager lägger till extra data till det ursprungliga meddelandet med information om uppgiften som lagret utfört. Nedan presenteras strukturen för de två nämnda referensstackarna tillsammans med en exempelstack för internetkommunikation.



Figur 15. Referensprotokollstackar  
(Kurose, o.a., 2010 s. 77)

Internet består av noder (datorer, routrar eller switchar) som är sammankopplade till ett stort nätverk. Företag och hushåll har ofta egna lokala nätverk (LAN) som ansluts till Internet via en internetleverantör (ISP) t.ex. det lokala telefonbolaget. För att skapa en kommunikationslänk mellan två ändnoder i olika LAN krävs två skilda adresser. En för att identifiera nästa nod på vägen (MAC-adress) och en annan för att identifiera destinationsnoden (IP-adress).

De enskilda protokollens uppgift i TCP/IP-exempelstacken ovan förklaras genom exemplet nedan var data skickas från nod A till nod B via den utmärkta vägen.



Figur 16. Internet  
(Kurose, o.a., 2010 ss. 45-52)

## • TCP

Normalt sänder eller mottar flera applikationer data samtidigt med följden att det måste finnas ett internt system för att sortera inkommande data till rätt applikation. TCP gör detta genom att förse varje applikation med en egen portnummer. Portnumrorna fungerar sedan

som identifieringstaggar på all inkommande eller utgående data. Ytterligare delar TCP upp all data i datapaketer med en sekvensnumrering för att möjliggöra flödeskontroll och en pålitlig dataöverföring. Flödeskontroll upprättas genom att mottagaren alltid måste kvittera mottagna datapaketer samtidigt som sändaren endast får ha ett begränsat antal sända men obekräftade datapaketer åt gången. Vidare kan mottagaren också granska att alla paket anlänt via sekvensnumreringen och begära återsändning av eventuellt bortappade datapaketer. (Kurose, o.a., 2010)

- **IP**

IP förser ett datapaketer med både sändarens och mottagarens egna specifika IP-adresser på nätverket. Med hjälp av dessa kan en router dirigera datapaketen vidare mot deras respektive ändnoder. Det råder dock brist på IP-adresser och LAN använder sig ofta NAT (Network Address Translation) som innebär att noder inom det lokala nätverket samsas om att använda ett begränsat antal IP-adresser för kommunikation ut till Internet. Inom det lokala nätverket används i stället så kallade svarta IP-adresser som inte är synliga från Internet. (Kurose, o.a., 2010)

- **Ethernet**

Ethernet omfattar flera protokoll varav flertalet specificerar standarder för det fysiska lagret, t.ex. vilket transportmedium som används och hur data skall sändas över detta. Ett steg högre upp i datalänk lagret sköter ethernet om att sända datapaketer erhållna från nätverkslagret till nästa nod längs vägen. För ändamålet används inom datalänk lagret egna MAC-adresser som all hårdvara förses med redan av tillverkaren. Inom LAN används switchar för att koppla ihop flera noder, dessa har en tabell med alla inkopplade enheters MAC-adresser och klarar då av att dirigera datapaketer dessa emellan. Datapaketer som inte har sin änddestination inom det lokala nätverket måste dock skickas via en router varifrån datapaketen dirigeras vidare baserat på destinationsnodens IP-adress.

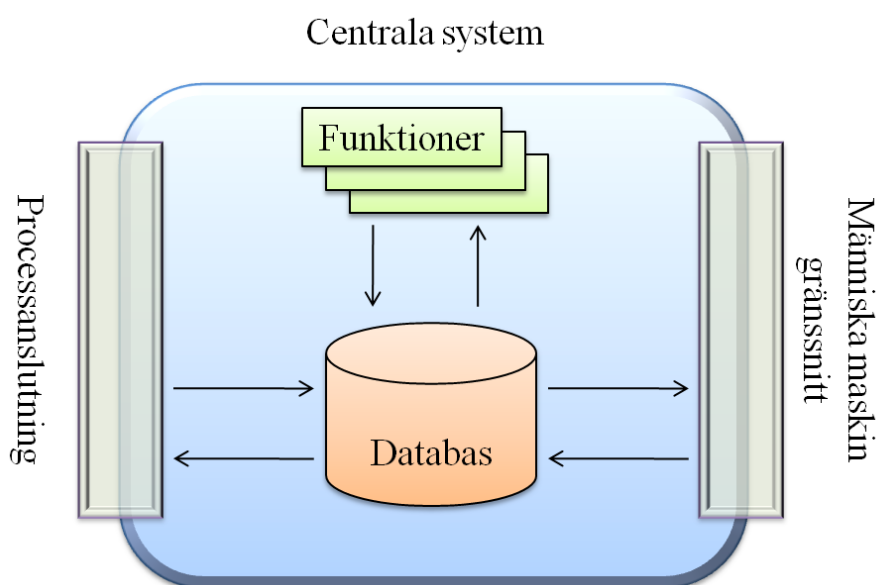
Förutom sändarens och mottagarens MAC-adresser förser också ethernet datapaketer med en CRC (Cyclic Redundancy Check) kontrollsumma. Utgående från kontrollsumman kan den mottagande noden med stor säkerhet avgöra ifall bitfel inträffat under sändning. Ifall detta skett förkastas datapaketet och TCP begär i stället återsändning av det korrupta datapaketer. På detta vis garanterar systemet att mottagaren inte mottar felaktig data. (Kurose, o.a., 2010)

#### 4.4 CENTRALA SYSTEM

De centrala systemen utgör stommen på vilken SCADA-programvaran körs. Denna mjukvara kan vidare delas in i följande fyra moduler: (Bailey;ym., 2003)

- insamling av data
- styrning
- arkivering eller databashantering
- människa/maskingränssnittet.

Nedan illustreras dessa modulers plats i de centrala systemen.



Figur 17. Centrala system.  
(Cegrell, o.a., 1994 ss. 246-247)

Insamlingen av data görs via processgränssnittet med hjälp av kommunikationssystemet. SCADA-mjukvaran arbetar då på applikationslagret i Figur 15 med ett eget protokoll som både centrala och lokala system förstår. Leverantörer av SCADA-system har ofta egna protokoll som endast är kompatibla med just deras lokala system. Detta kan då ställa till problem då kunden fort blir väldigt beroende av en enda leverantör. Det existerar dock även olika standarder för att möjliggöra kommunikation mellan olika leverantörers komponenter.

För arkivering är de centrala systemen försedda med en databashanterare som sparar vald data till en databas. Funktioner och människa maskin gränssnittet kan båda använda databasen för realisering av funktioner eller presentation av data. I båda fallen ställs dock krav på innehållet i databasen. Presentation av historik är endast möjligt ifall mätvärden

även är försedda med tidsmärkning och en indikator som berättar från vilken givare mätvärdet härstammar, utöver detta kan även mätvärden från en specifik givare vara förknippade med ytterligare tilläggsdata som t.ex. gränsvärden eller skalor. Mätvärden bör därför lagras i databasen tillsammans med bl.a. följande information tidpunkt, skalor, gränsvärden, namn, ID och mätstorhet.

Händelsedata skiljer sig från mätdata då denna typ av data representerar händelser som inträffat vid en bestämd tidpunkt medan mätdata representerar mätvärden under ett visst samplingsintervall. Kraven på vad som skall lagras i databasen skiljer därför och typisk tilläggsinformation för händelser är bl.a. typ, tidpunkt, ID och namn.

Centralsystemet kan vara koncentrerat till en eller flera stationer beroende på styr- och övervakningssystemets storlek och prestanda krav. För mindre anläggningar kan systemet även direkt utgöra en resurs som människa maskin gränssnittet byggs upp på medan större system i sin tur även kan innehålla redundans. D.v.s. för styrning av processer var avbrott inte kan tolereras är delar av centralsystemet duplicerade för att undvika driftsavbrott även i fall där en vital station går sönder. (Cegrell, o.a., 1994)

#### **4.5 MÄNNISKA/MASKINGRÄNSSNITT**

Avståndet mellan operatör och process kan vara allt från tiotals meter upp till tusentals km och precis som Figur 6 visar så skiljs dessa åt av både lokala och centrala system. Kännetecknande för goda styr- och övervakningssystem är att de delar som skiljer operatören från processen är transparenta, d.v.s. operatören skall inte notera dessa. Människa maskin gränssnittet skall via informativa bilder och dialoger få operatören att tro att denna arbetar direkt med processen.

Människa/maskingränssnittet (eng. Man Machine Interface MMI) består för uppgiften i fråga av utrustning för både inmatning och utmatning av information. Vid utmatning används bildskärmar och printrar medan tangentbord och pekdon är vanliga för inmatning. De både delarna sammanfogas också numera vartefter pekskärmar blir bättre och vanligare.

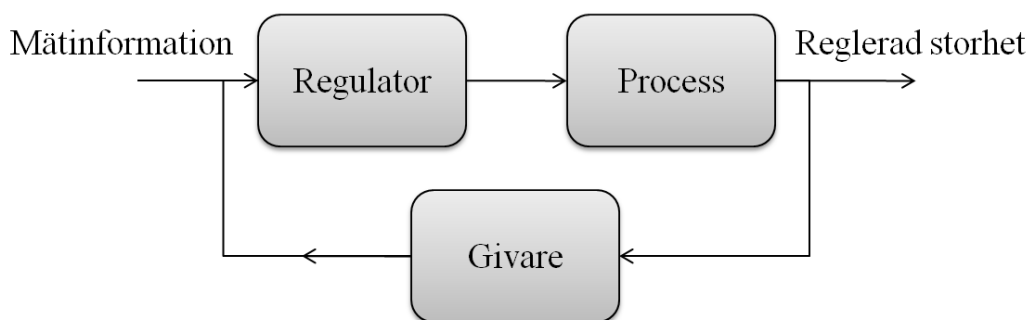
För presentation av nuvarande processförhållanden används ofta processlika bilder var givare och styrdons utplacering framkommer. Oftast är det inte möjligt att beskriva processens alla givare och styrdon med en processbild utan detta görs i stället med flera bilder placerade i en hierarkisk ordningsföljd. Operatören erhåller då först en överblicksbild av processen från vilken det är möjligt att zooma in på specifika

processdelar. Ytterligare förstärks kommunikationen mellan operatör och process av fönster och dialoger. Fönster är informativa och kan innehålla extra information om olika delar av processbilden, t.ex. en noggrannare förklaring över en givares position och värden. Dialoger syftar till att som namnet antyder skapa en dialog mellan operatör och system, och via dialogen erbjuds operatören olika metoder för att mata in data till systemet samt utföra åtgärder i processen. (Cegrell, o.a., 1994)

Vid utformningen av människa/maskingränssnittet måste hänsyn tas till systemets användare. Dessa är normalt vanliga människor med följden att systemet måste beakta människans begränsningar. Människor gör misstag och systemet bör därför vara utformat så att misstag inte kan leda till katastrofala följder. Detta erhålls genom att göra bilder, fönster samt dialoger så enkla och klara som möjligt. Systemet skall därutöver erbjuda hjälp texter och återkoppling. Återkoppling betyder i detta fall att systemet skall svara och bekräfta utförda åtgärder. Därtill bör systemet även fråga före mer betydande operationer utförs. I somliga fall kan det även vara nödvändigt att kräva identifiering av operatören för att säkerställa att denna förstår vad som kommer att utföras.

#### 4.6 REGLERTEKNIK

Reglerteknik är läran om återkopplade system. Dessa system är vanligt förekommande och bygger normalt på följande princip.



*Figur 18. Återkopplat system.  
(Thomas, 2008 s. 5)*

Som figuren ovan illustrerar känns ett återkopplat system igen på den återkopplade loopen från processen till regulatorn. Detta medför att regulatorn kan jämföra de rådande förhållandena i processen med önskade värden (börvärden) inställda av operatören. Utgående från denna jämförelse kan sedan lämplig åtgärd tas för att förändra förhållandena i önskad riktning. Som exempel på detta fungerar människokroppens temperaturreglering som ser till att en jämn temperatur runt 37 °C hålls. Stiger temperaturen utsöndras svett för att utnyttja avdunstningen kylande effekt. Sjunger temperaturen i stället så kopplas andra

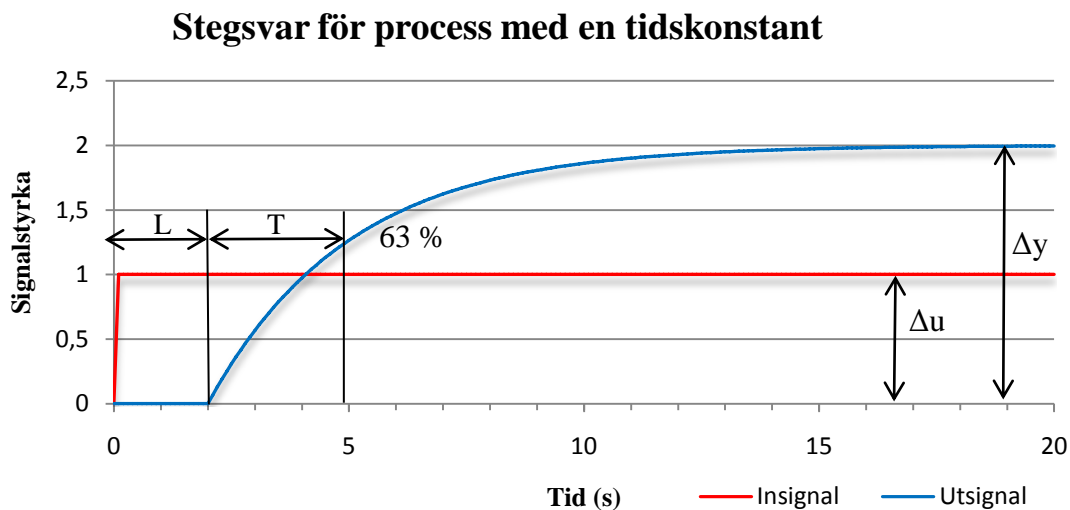


funktioner in för att värma kroppen, som t.ex. en ökad förbränning i cellerna, skakningar samt hårresning på armar och ben. Alla dessa responser strävar till att antingen alstra värme eller minska på kroppens värmeförluster. Slutresultatet är då att kroppen klarar av att hålla temperaturen relativt bra så länge de yttre störningarna inte är allt för stora.

#### 4.6.1 PROCESSEGENSKAPER

För att kunna reglera en process på ett önskvärt och effektivt sätt krävs information om hur processen reagerar på variationer i dess insignaler. Denna information kan erhållas ur processens statiska och dynamiska egenskaper. De statiska egenskaperna beskriver sambandet mellan processens insignal och utsignal i statiskt tillstånd, t.ex. vilken rumstemperatur ett visst effektläge på ett element ger upphov till i det långa loppet. De dynamiska egenskaperna i sin tur beskriver dynamiken, t.ex. hur den slutgiltiga temperaturen nås i exemplet ovan.

För att undersöka processens egenskaper utförs normalt ett eller flera stegsvar där processen utsätts för en stegformad ökning på någondera insignalen medan övriga hålls konstanta. Nedan ses ett exempel på ett dynamiskt stegsvar för en stabil process med en tidskonstant.



Figur 19. Dynamiskt stegsvar för process med en tidskonstant.

Processen i exemplet ovan är stabil på grund av att en stegvis ökning av insignalen resulterar i ändlig ökning av utsignalen. För en instabil process skulle resultatet i stället vara en exponentiellt växande utsignal. Detta illustreras enklast genom att jämföra en vanlig pendel med en inverterad pendel. En vanlig pendel återgår till sitt ursprungsläge efter en störning medan en inverterad pendel saknar denna egenskap och är på så vis

instabil. Den kräver med andra ord ständig korrigering för att pendeln skall hållas inverterad. (Thomas, 2008)

Exempelprocessen ovan har egenskaper med följande värden:

L (dödtid):	Tiden det tar innan processen börjar reagera på en variation hos insignalen.
T (tidskonstanter):	Beskriver hur fort processen uppnår ett statiskt tillstånd. I fallet med en tidskonstant anger tidskonstanten tiden det tar för utsignalen att nå ca 63 % av det statiska värdet.
K (förstärkning):	Anger den statiska förstärkningen, dvs. hur mycket utsignalen totalt varierar i förhållande till insignalen.

I exemplet ovan är dessa värden följande:  $L=2$ ,  $T=3$  och  $K=2$ .

Förutom egenskaperna som L,T och K hänvisar till kan en process även ha följande grundegenskaper: (Thomas, 2008)

- Integrerande: Utsignalen är integralen av insignalen.
- Översväng: Utsignalen oscillerar.
- Omvänt stegsvar: Utsignalen rör sig först åt ”fel håll”.

#### 4.6.2 KLASSISKA REGLERPRINCIPER

Som Figur 18 ovan illustrerar är regulatorns uppgift att vidta önskade åtgärder för att hålla utsignalen så nära börvärdet som möjligt. Skillnaden mellan börvärdet och utsignal kallas reglerfel och är det värde som används för att styra regleringen. Traditionellt används ofta följande allmänna reglermetoder. (CIBSE, 2000)

- Tvåstegsreglering (On/Off)
- Flerstegsreglering
- Proportionell reglering (P)
- Integrerande reglering (I)
- Deriverande verkan (D)

Tvåstegsreglering innebär att regulatorn antingen kopplar till eller från ett styrdon beroende av ett funktionsvärde. Funktionen kan t.ex. bestå av endast ett gränsvärde (börvärde) och ta in nuvarande utsignal som variabel. Flerstegsreglering fungerar enligt

samma princip men i detta fall kompletteras styrningen med ytterligare mellanlägen t.ex. ett halveffektsläge.

Vid proportionell reglering (P) är regulatorns styrsignal proportionellt beroende av reglerfelet. Ett större fel ger då upphov till en kraftigare styrsignal. Integrerande reglering (I) reglerar styrsignalen efter integralen på reglerfelet, det här är ofta en viktig egenskap för att eliminera kvarstående reglerfel. För att förbättra snabbheten eller stabiliteten i regleringen kan även en deriverande verkan användas (D). Då styrsignalen från denna del styrs av förändringen hos utsignalen så kan styrsignalen ökas ifall reglerfelet skenar och tvärtom minskas ifall reglerfelet minskar kraftigt. P-, I- och D- delen kombineras ofta för att tillsammans bilda en PI- eller PID-regulator, vilken då erhåller de olika delarnas egenskaper. (Thomas, 2008)

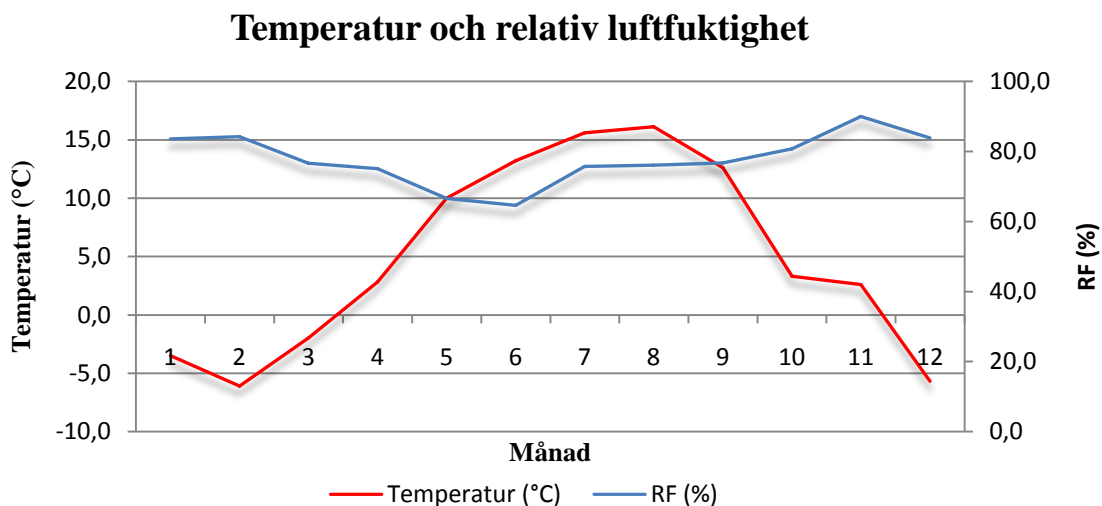
Som tidigare nämnts så är SCADA-systemets styrsignaler begränsade och regulatorer som t.ex. PID-regulatorn tillämpas därför av de lokala systemen som är i direkt kontakt med processen.

## 5. FORSKNINGSOBJEKT

Som loggningsobjekt för arbetet används ett äldre trähus från 1930-talet. Huset är lokaliserat i Brändö i Vasa (Finland) och har tidigare haft fuktproblem i kryppgrunden. År 1997 byggdes huset ut med följderna att det i dagens läge består av både en nyare och en äldre del. Byggnadsdirektiven vid de båda byggtillfällena har inte varit desamma med följderna att förutsättningarna för fuktproblem skiljer mellan båda delarna. Nedan ges en noggrannare beskrivning av rådande förhållanden.

### 5.1 KLIMAT

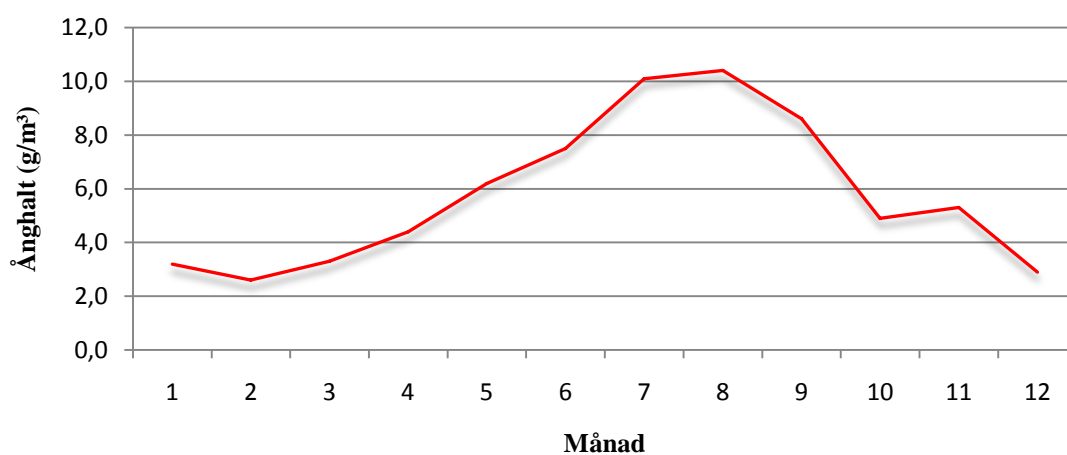
Närmaste väderstation är lokaliserad vid vetenskapsbiblioteket Tritonia (Elev: 23 m Lat: 63° 06' 16'' N Long: 21° 35' 34'' E) ca 400 m från loggningsobjektet. Nedan presenteras Mätdata för 2009 månadsvis.



Figur 20. Variationer i temperatur och RF 2009 (månadsmedelvärden).

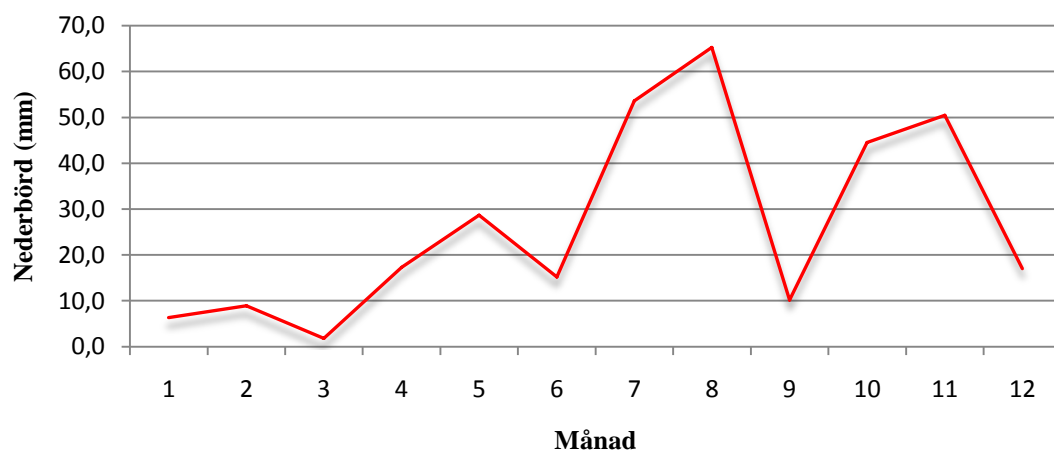
Utgående från temperaturen och den relativa luftfuktigheten kan även ånghalten bestämmas genom metoden beskriven i kapitel 3.1.

### Ånghalt



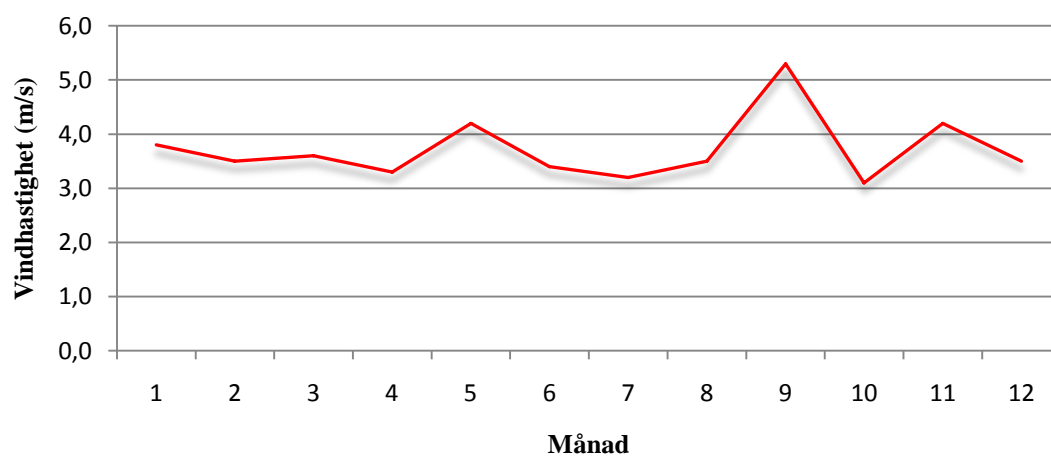
Figur 21. Variationer i ånghalt 2009 (månadsmedelvärden).

### Nederbörd



Figur 22. Variationer i nederbörd 2009.

### Vindhastighet



Figur 23. Variationer i vindhastighet 2009 (månadsmedelvärden).

## 5.2 KRYPGRUNDENS UPPBYGGNAD

Huset består som tidigare nämnts av en nyare och en äldre del, vilket också medför att det under huset finns rester kvar av den ursprungliga grundmuren. En ritning över grunden hittas i bilaga B var dessa detaljer framkommer. I och med att direktiven vid byggtillfällena varit olika så finns det ett par skillnader mellan dessa båda delar som lyfts fram i tabellen nedan.

*Tabell 7. Jämförelse mellan utbyggnad och original konstruktion*

	Utbyggnad	Original konstruktion
Isolering*	5 cm styrox	ingen
Grundbotten	Krossgrus	Matjord/lera
Höjd**	60 cm	40-80 cm

\*Isoleringen är i detta fall placerad på insidan av grundmuren.

\*\*Höjden mäts mellan grundbotten och bottenbjälklaget.

Här kan också nämnas att vatten- och avloppsrören inne i krypgrunden saknar isolering och temperaturen därför hela tiden borde hållas högre än noll grader. Detta borde inte vara ett problem men troligtvis omöjliggörs ventilation under vinterhalvåret då den kalla utomhusluften annars kyler krypgrunden för mycket.

## 5.3 FUKTKÄLLOR

Grundbotten saknar helt marktäckning och består därtill till största delen av något som liknar en blandning av matjord och lera. Som tidigare påpekats har sådana här jordarter höga kapillära stighöjder och vatten kan då transporteras uppåt från flera meters djup. Effekterna tillsammans kan orsaka en stor fuktbelastning ifall marken innehåller rikligt med vatten. För att undvika det här gjordes dränering kring huset i samband med att det byggdes ut. Hängrännor saknas dock på den nya delen och avrinning sker även in mot huset längs ett par sidor. Risken är då överhängande att marken kring och under huset innehåller stora mängder vatten och att markfukt kommer att bli en utmaning vid reglering.

## 5.4 VENTILERING

Ventileringen av krypgrunden sker genom fem ventilationsgluggar på den äldre delen och fem på den nya. Dimensioneringen av dessa är enligt följande:

Tabell 8. Nuvarande ventilations dimensionering

Krypgrundens area:						103,2	m <sup>2</sup>
4 ‰:						0,41	m <sup>2</sup>
Modell	Antal		Höjd		Bredd		Area
A	5	st.	30	cm	30	cm	900 cm <sup>2</sup>
B	5	st.	20	cm	15	cm	300 cm <sup>2</sup>
Tot.						0,60	m <sup>2</sup>
						5,8	‰

Kraven i byggnadsdirektiven på att ventilationsöppningarna borde vara minst 150 cm<sup>2</sup>, samt att öppningarna tillsammans borde utgöra minst fyra promille av krypgrundens area uppfylls till fullo. Hålet i den ursprungliga grundmuren mellan den nya och gamla delen är 120 cm brett, vilket också är mer än tillräckligt enligt gällande föreskrifter.

## 5.5 TIDIGARE PROBLEM

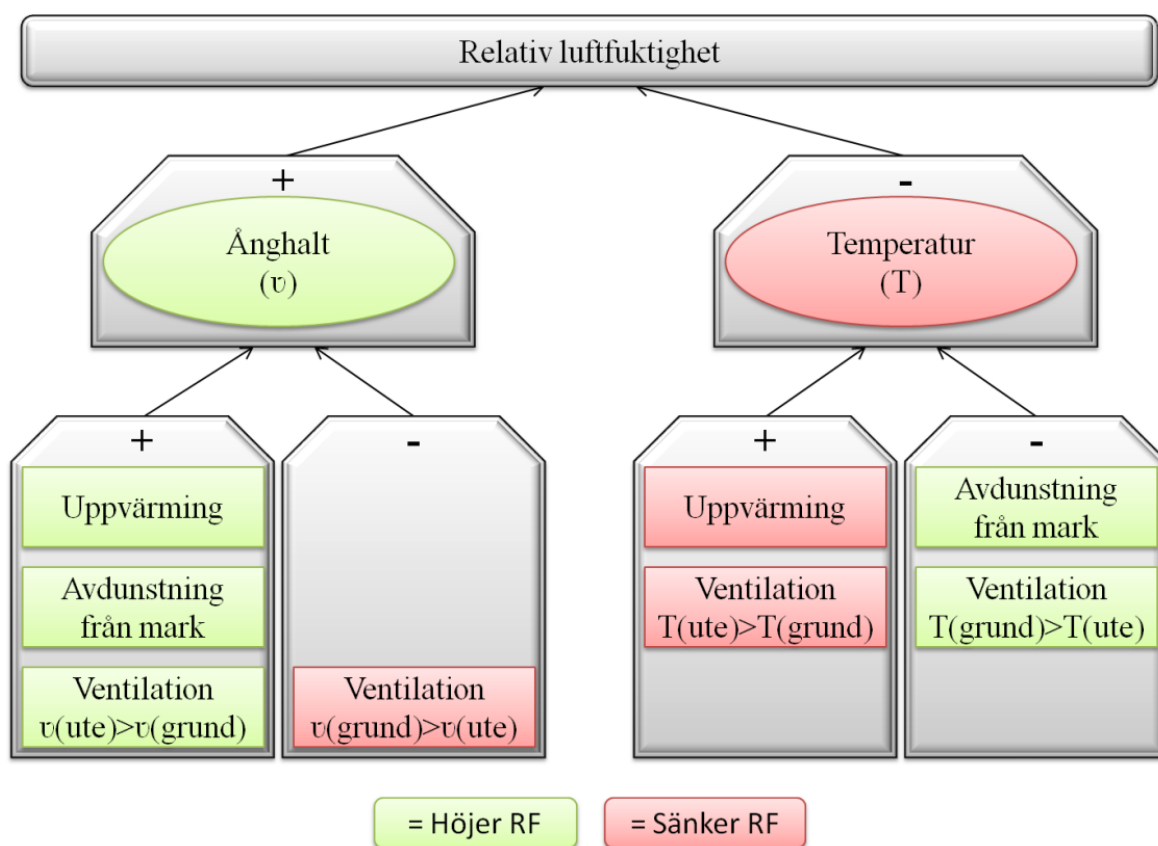
I samband med att bostaden byggdes ut 1997 så restaurerades även en del som blivit fuktskadad. Det här omfattade ett område runt det tekniska utrymmet som på bilden över krypgrundens uppbyggnad är lokaliserad ovanför verandan. Trämaterialet i detta område ansågs rötskadad och det fanns även tecken på någon typ av insektangrepp. Följaktligen byttes det lägsta skiktet med stockar i väggarna ut i detta område samt ett antal golvbalkar.

## 6. FUNKTIONSSPECIFIKATION

Detta kapitel definierar funktionalitetskraven för det styr- och övervakningssystem som skall konstrueras.

### 6.1 INTRODUKTION

Processen består av en uteluftsventilerad krypgrund där luftens relativa fuktighet skall regleras för att undvika problem med biologisk påväxt. Enligt de samband som beskrivits tidigare kan följande figur användas för att beskriva processen.



Figur 24. Processbeskrivning

Krypgrundsluftens relativa luftfuktighet påverkas av luftens temperatur och ånghalt. Dessa påverkas i sin tur främst av faktorerna: ventilation, uppvärmning och avdunstning från mark. Faktorerna kan påverka både temperatur och ånghalt, positivt eller negativt.

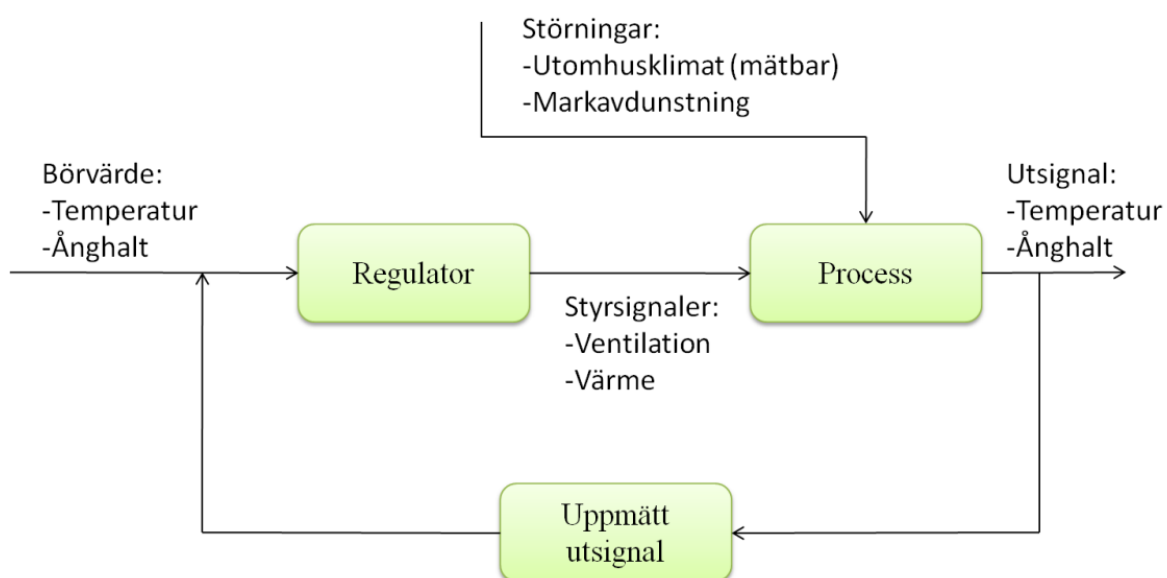
De faktorer som skall kunna styras är uppvärmning och ventilation. Uppvärmningen ur styrsystemets synvinkel är styrning av styrdon för tillförsel av värmeenergi. Bottenbjälklaget är den del av grunden var störst mängd trämaterial finns tillgänglig och den styrbara värmertilförseln skall då koncentreras till detta område. Storleksordningen på värmertilförseln skall vara i intervallet 4–6 W/m<sup>2</sup>.



Grundkonstruktionen omfattar 10 st. ventilationsgluggar som kan användas för styrning av ventilation. För att effektivt kunna ta till vara på de tillfällen då det finns goda förutsättningar för ventilation så skall styrsystemet klara av att leverera ventilationshastigheter på minst 2–3 ach. Av samma orsak skall det även vara möjligt att stänga av ventilationen helt ifall förutsättningar är väldigt dåliga.

Störningar för styrningen utgörs av markavdunstning inne i krypgrunden och av utomhusklimatet. Av dessa måste temperatur och ånghalt utomhus kunna mätas för att klargöra huruvida ventilationen har en positiv eller negativ inverkan.

Ingendera av styråtgärderna påverkar RF direkt utan all verkan sker via antingen temperatur- eller ånghaltsförändringar. Av denna orsak skall både temperatur och ånghalt ses som utsignaler vid reglering av processen, vilket ger följande modell för reglerstrukturen.



Figur 25. Reglerstruktur

Krypgrunden är ca 100 m<sup>2</sup> vilket medför att lokala variationer hos utsignalen kan förekomma. För att detektera dessa bör utsignalen mätas på flertalet ställen inne i krypgrunden.

Processen skall styras och övervakas med ett SCADA-system. Via detta system skall operatören kunna få en helhetsblick över förhållandena i grunden i realtid. Operatören skall här även kunna välja ifall denna vill styra processen på egen hand eller om denna del överläts åt en regulator.

Enligt orsakssambanden för dålig lukt inomhus i Figur 5 så framkommer att ett väsentlig steg i den processen är huruvida luften i krypgrunden kan nå inomhusluften. Drivkraften här grundar sig normalt på att bostaden har ett lägre lufttryck än krypgrunden och därför bör systemet även kunna övervaka denna tryckskillnad. Om en tryckskillnad existerar och luft transporteras mellan dessa båda delar så kommer även utsignalen i processen att påverkas med följden att temperaturen och ånghalten även bör mätas inomhus.

Tidigare forskning på området indikerar att effektåtgången för styråtgärder kan bli oacceptabelt stor ifall grunden utsätts för en stor fuktbelastning. Det är därför önskvärt att systemet innehåller en funktion för att övervaka sin effektförbrukning.

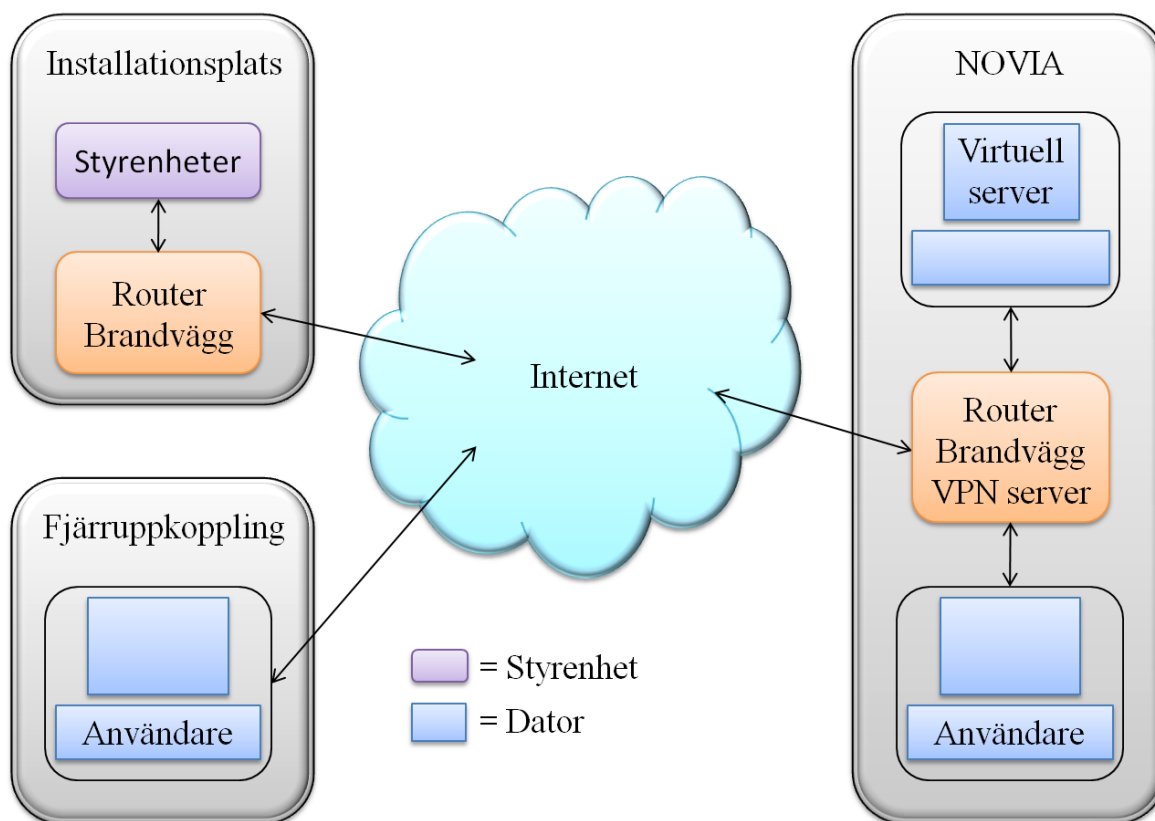
## **6.2 ANVÄNDARBESKRIVNING**

Systemet konstrueras i forskningssyfte och kommer endast att användas av de personer som arbetar inom forskningsprojektet. Dessa personer har sin arbetsplats vid Yrkeshögskolan Novia och styrsystemet bör därför vara tillgängligt från Novias interna nätverk. Vid behov av eventuell distansuppkoppling till systemet kan Novias VPN-klient användas för att först få tillgång till det lokala nätverket.

Operatörerna kommer att använda systemet för att dels skapa sig en uppfattning över exakt hur processen fungerar och dels för att undersöka effekterna av de olika styråtgärderna. Detta medför att historik för valfria givare skall vara tillgänglig för presentation i systemet direkt samt att denna historik även skall kunna laddas ned från systemet för vidare bearbetning i t.ex. Matlab eller Microsoft Excel.

## **6.3 SYSTEMKRAV**

Inom Novia finns flertalet projekt där loggning av data utgör en väsentlig del. Det finns därför en för ändamålet dedikerad loggningsserver med färdigt utvecklade system för säkerhetskopiering. Projekt med behov av loggning får en virtuell server (enligt önskemål) skapad på loggningsservern och till denna kan sedan data sparas. För att säkerställa att data inte går förlorat bör SCADA-mjukvaran köras på KLUCK2:s virtuella server. De centrala och lokala systemen skall då sköta kommunikationen med varandra över internet. För ändamålet kan de centrala systemen använda en av Novias statiska IP-adresser. Tillsammans med tidigare nämnda krav kan då följande helhetssammanställning göras:



Figur 26. Systemkrav

## 6.4 FUNKTIONALITETSSPECIFIKATION

Nedan presenteras en noggrannare specifikation för systemets olika delar.

### 6.4.1 STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEMET

För övervakning och styrning av processen skall lämplig applikation skapas genom vilken projektets forskare kan uppleva att de arbetar direkt med processen. Denna applikation skall omfatta följande övervakningsbilder, dialoger och verktyg.

- 1) Processövervakningsbild som efterliknar grundens konstruktion, där följande framkommer:
  - a. Var temp/RF/ånghalt mäts.
  - b. Värden för temp/RF/ånghalt vid mätpunkterna.
  - c. Styrdonens utplacering.
  - d. Styrdonens läge.
  - e. Differenslufttrycket mellan bostaden och kryppgrunden.
  - f. Mätvärden från väderstationen.
- 2) Dialog för kontroll av styrdon med följande egenskaper:
  - a. Trelägesbrytare på/av/auto.
  - b. Styrdonets nuvarande läge skall framkomma.

- 3) Diagram för uppföljning av historik med följande egenskaper:
  - a. Möjlighet att välja givare och tidpunkt enligt önskemål.
- 4) Alarmhantering med följande egenskaper:
  - a. Viktiga alarm skall direkt vara synliga i systemet.
  - b. Kvitteringskrav av viktiga alarm.
  - c. Historik varifrån tidpunkter för när ett alarm gått på, gått av samt för när det blivit kvitterat framkommer.

Ytterligare skall systemet spara all loggningsdata direkt till en databas. För att säkerställa kvaliteten hos historisk data bör de lokala systemen tidsmärka insamlade mätvärden från varje givare.

#### 6.4.2 STYRDON

Styrning för både ventilation och uppvärmning skall ske utgående från digitala signaler. Uppvärmning sker då genom att antingen koppla till eller från en värmekälla. Ventilationen i sin tur har delas upp i en passiv och en aktiv del. Den passiva delen består av styrning för att kontrollera fyra ventilationsgluggar medan den aktiva delen skall användas för att förverkliga ventilationskravet på 2–3 ach.

Begränsningar ställs på styrdonen både i form av ventilationsgluggarnas fysiska dimensioner och av klimatet som råder i krypgrunden var det skall placeras. Som Tabell 8 tidigare påvisat så har ventilationsgluggarnas längs muren två olika storlekar och styrdonens måste anpassas för att kunna installeras efter dessa krav. Klimatet som råder är därtill väldigt påfrestade och all utrustning bör klara följande temperatur och RF-nivåer.

- Temperatur: -20...+30 °C
- RF: 0... 100 %

Ytterligare måste alla styråtgärder som utförs kunna verifieras. Styrdonen bör då ha inbyggda givare vilka verifierar att en åtgärd utförts. Om så inte är fallet måste styrdonen kompletteras med externa givare för att uppfylla denna funktion.

### 6.4.3 GIVARE

Värden för temperatur och RF skall fås från utomhusluften, inomhusluften och från fem ställen i krypgrunden. Utgående från dessa värden beräknas sedan ånghalten. Noggrannheten och mätintervallet för dessa givare bör uppfylla följande krav:

- Temperatur (grund):  $-20...+30\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$
- Temperatur (ute):  $-30...+40\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$
- Temperatur (inne):  $0...+40\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$
- RF:  $0... 100\text{ \%} \pm 3\text{-}5\text{ \%}$

Differenstrycket mellan bostad och krypgrund är normalt några Pa vilket medför följande krav på denna mätning:

- Differenstryck (grund/bostad)  $-10...+10\text{ Pa} \pm 0.5\text{ Pa}$
- Kompensering för temperatur  $-20...+30\text{ °C}$

### 6.4.4 ALARM

Systemet skall klara av att behandla följande alarm enligt önskad metod.

- Höga RF-värden i krypgrunden skall indikeras på processövervakningsbilden med någon form av symbol.
- Alarm skall genereras ifall temperaturen på något ställe sjunker under noll grader inne i krypgrunden. Detta skall vara ett hög prioriterat alarm som syns direkt i systemet och kräver kvittering.
- Vid inträffande av att en styrsignal inte överensstämmer med lägesindikationen från verifieringsgivaren skall ett hög prioriterat alarm generas. Även detta larm skall vara synligt direkt i systemet och kräva kvittering.

## 6.4.5 I/O-LISTA

Tabell 9. I/O lista

I/O	Uppgift
DI1	Kontroll av aktiv ventilation 1 (på/av)
DI2	Kontroll av aktiv ventilation 2 (på/av)
DI3	Kontroll av värmekälla (på/av)
DI4	Kontroll av ventilationsglugg 1 (öppen/stängd)
DI5	Kontroll av ventilationsglugg 2 (öppen/stängd)
DI6	Kontroll av ventilationsglugg 3 (öppen/stängd)
DI7	Kontroll av ventilationsglugg 4 (öppen/stängd)
DO1	Styrning aktiv ventilation 1 (på/av)
DO2	Styrning aktiv ventilation 2 (på/av)
DO3	Styrning värmekälla (på/av)
DO4	Styrning av ventilationsglugg 1 (öppen/stängd)
DO5	Styrning av ventilationsglugg 2 (öppen/stängd)
DO6	Styrning av ventilationsglugg 3 (öppen/stängd)
DO7	Styrning av ventilationsglugg 4 (öppen/stängd)
AI1	Temp inomhus
AI2	Temp utomhus
AI3	Temp krypgrund 1
AI4	Temp krypgrund 2
AI5	Temp krypgrund 3
AI6	Temp krypgrund 4
AI7	Temp krypgrund 5
AI8	RF inomhus
AI9	RF utomhus
AI10	RF krypgrund 1
AI11	RF krypgrund 2
AI12	RF krypgrund 3
AI13	RF krypgrund 4
AI14	RF krypgrund 5
AI15	Differenstryck (bostad/krypgrund)
AI16	Effektmätning

## 7. REALISERAT STYR- OCH ÖVERVAKNINGSSYSTEM

Styr- och övervakningssystemet är uppbyggt enligt modellen i Figur 6. Nedan presenteras hur de olika delarna realiserats skilt för sig för att uppfylla kraven i funktionsspecifikationen.

### 7.1 PROCESSGRÄNSSNITT

Utöver de krav som specificerats i funktionsspecifikationen så har processgränssnittet även försetts med en väderstation. Loggningsobjektet var sedan tidigare försett med väderstationen och det ansågs dumt att inte ta till vara på mätdata från denna.

#### 7.1.1 GIVARE

Efter diverse offertförfrågningar och diskussioner med sakkunniga bestämdes att följande givare var de bäst lämpade med fokus på egenskaper och pris.

- **Temperatur/fukt 4-20 mA transmitter**

Två olika modeller av dessa givare införskaffades, en för inomhusplacering och sex stycken för placering i krypgrunden eller utomhus. Givarna beställdes från Envic och modellerna är HRT-102-C (inomhusplacering) och HRT-103-C (utomhusplacering). Egenskaperna för dessa är följande:

Mätområde:	RF:	0...100 %
	Temperatur:	HRT-102 0...+70 °C HRT-103 -40...+70 °C
Noggrannhet:	RF:	± 2 % (0...90 %), ±5 % (90...100 %)
	Temperatur:	± 0,3 °C
Signal:	RF:	4...20 mA    2-wire
	Temperatur:	Resistans
Givartyp:	RF:	Kapacitiv
	Temperatur:	Pt100
Matning:		18-36 VDC
Linjär ekvation för RF:		$y = 6.25x - 25$

- **Temperatur/fukt USB-logger**

USB-loggrarna är ett billigt komplement till 4–20 mA transmittarna och modellen som används är ST-171 med följande egenskaper.

Mätområde:	RF:	0...100 %
	Temperatur:	-40...+70 °C
Noggrannhet:	RF:	± 3 % (40...60 %)
		±3.5 % (20...40 %, 60...80 %)
		±5 % (0...20 %, 80...100 %)
	Temperatur:	± 1 °C (-10...+40 °C)
		± 2 °C (-40...-10 °C, 40...70 °C)

- **Tryckdifferens**

Tryckgivare med önskad noggrannhet var svåra att hitta men till slut införskaffades en SETRA systems model 264 givare med följande egenskaper.

Mätområde:	± 12,43 Pa
Noggrannhet:	± 0,25 Pa
Signal:	4...20 mA    2-wire
Givartyp:	Kapacitiv
Matning:	9-30 VDC
Linjär ekvation:	$y = 1.55x - 18.64$

- **Aktiv effekt**

Den tagna aktiva effekten mäts med en effekttransmitter placerad efter säkringen till de lokala systemen. Det erhållna värdet inkluderar då effekten tagen av både process gränssnittet och de lokala systemen. Transmittern som används är tillverkad av Müller & Ziegler och modellen är Pw-MU.

Mätområde:	0...1.25 kW
Märkström:	0...5 A
Märkspänning:	230 V
Noggrannhet:	± 0.5 % (± 6.25 W)
Signal:	4...20 mA    4-wire
Matning:	24 VDC
Linjär ekvation (W):	$y = 78.125x - 312.5$



### • Väderstation

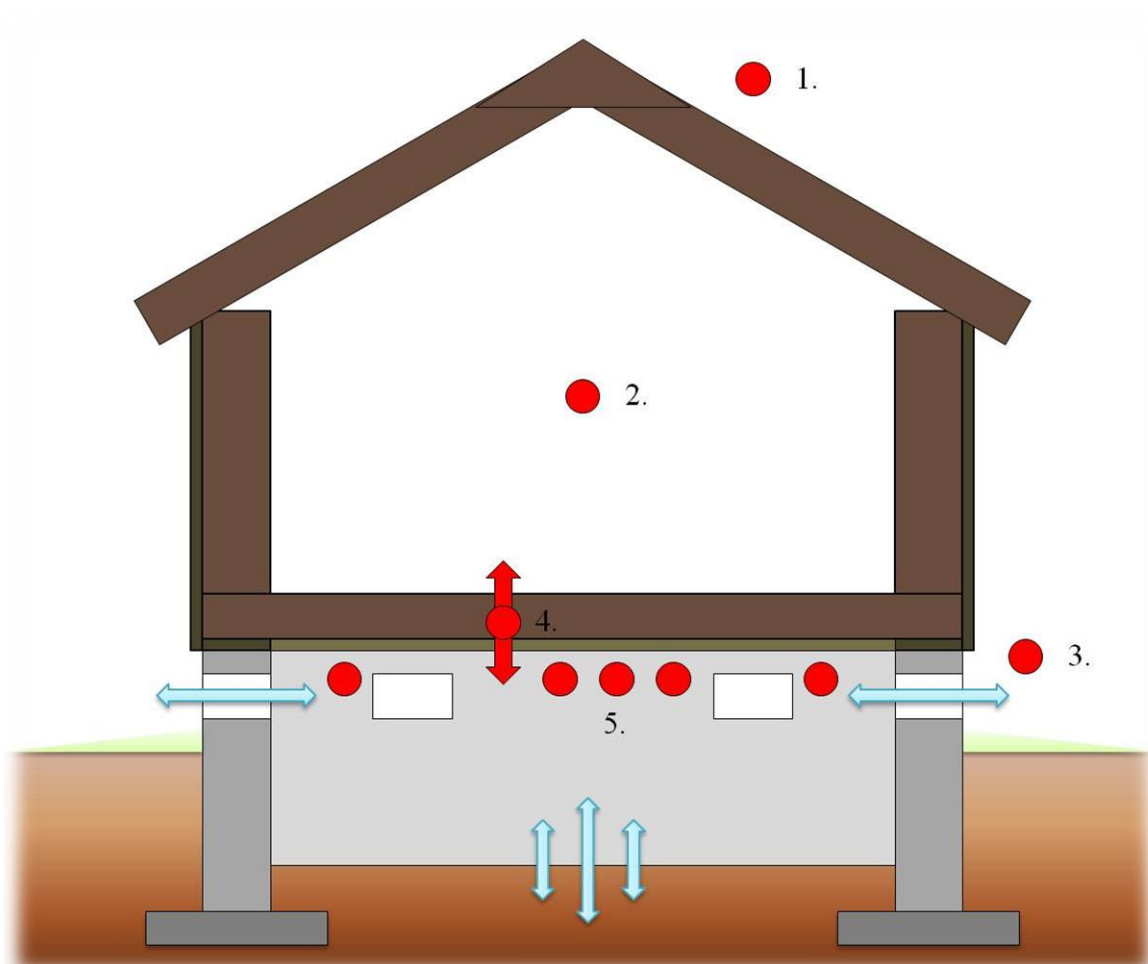
Väderstationen som finns installerat på loggningsobjektet är av typen Jung 2224WH. Det är en KNX-produkt som är ansluten till husets KNX-system varifrån informationen sänds vidare via Modbus TCP till styrenheten. Egenskaperna för signalerna är följande:

Vind:	Modbus	0...40 m/s $\pm$ 2 m/s
Ljusstyrka:	Modbus	0...110 klx $\pm$ 10 %
Temperatur:	Modbus	-20...50 °C $\pm$ 1 °C
Regn:	Modbus	0, 1

Ytterligare information fås ur givarnas datablad som hittas i bilaga A.

### 7.1.2 MÄTPUNKTER

Mätdata samlas in enligt bilden nedan.



Figur 27. Loggningspunkter

1. Väderstation (solstrålning, temperatur, vindhastighet samt regn/uppehåll)
2. Inomhusluft (temperatur och RF)
3. Utomhusluft (temperatur och RF)

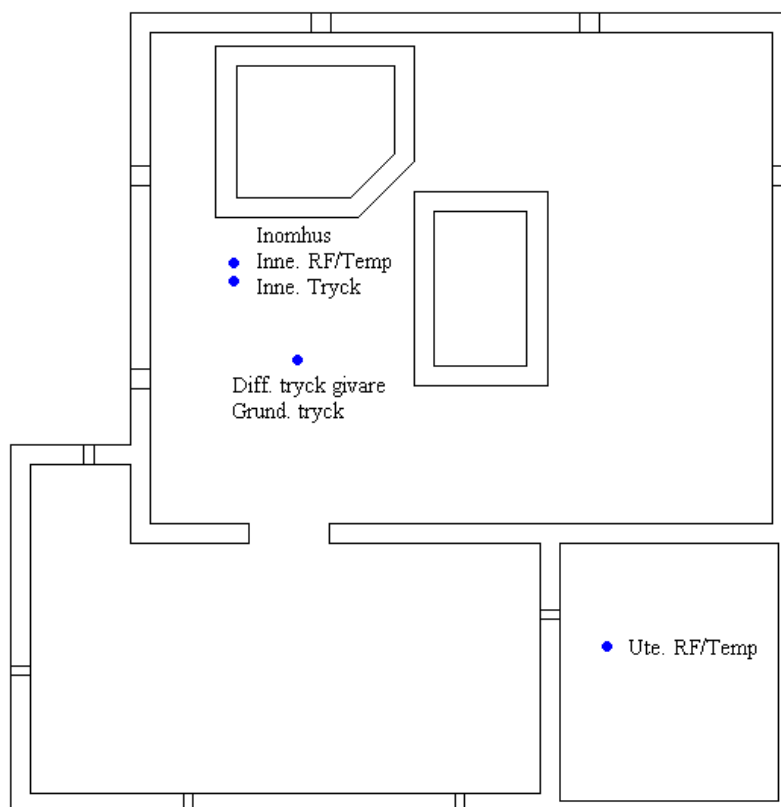
4. Differenslufttryck (inomhus/krypgrunden)
5. Krypgrunden (5 ggr temperatur och RF)

- **Väderstation**

Väderstationen är placerad på taket på ca en meters höjd över skorstenen. Det här är inte en optimal placering med tanke på störningarna som eldning inne i bostaden orsakar, men på grund av att den öppna spisen används sällan har ingen åtgärd tagits.

- **Inomhus- och utomhusluft samt differentialtryck**

Inomhusgivaren och luftslangen till differenstryckgivaren placerades i ett sovrum nästan rakt ovanför källaren. Här fanns sedan tidigare möjlighet för genomföring av slang och kabel till krypgrunden och det ansågs då onödigt att göra fler hål i golvet på ytterligare ställen. Ingen av temp/RF-givarna är gjorda för att tåla regn direkt och den givare som skulle placeras på utsidan av huset lades då under verandan. Tidigare undersökning med USB-givare antydde att förhållandena här var de samma som direkt utanför ventilationsgluggarna.



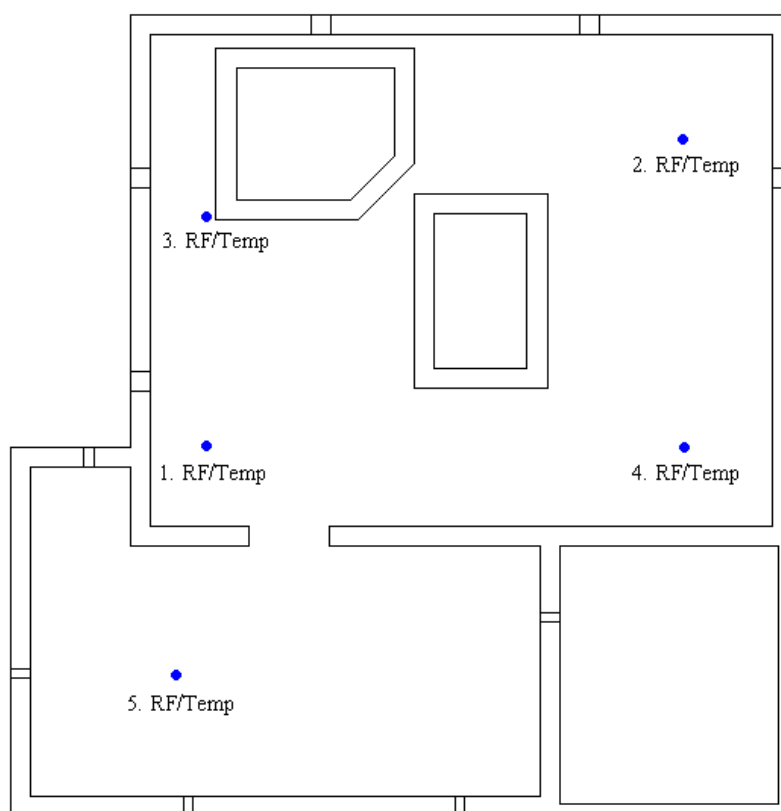
Figur 28. Placering av tryckgivare, samt inne- och utegivare RF/Temp.

- **Krypgrunden**

Krypgrunden är relativt stor för att endast övervakas med fem givare och undersökningar gjorde därför för att hitta lämpliga ställen som tillsammans kunde ge representativa värden

för hela grunden. För att snabba upp förloppet användes både USB-loggrar och transmittar. Vid undersökningarna delades huset upp i två delar vilka undersöktes skilt för sig under några dagar varpå medelvärden beräknades. För att undvika att utomhusförhållandena skulle påverka mätningarna hölls alla ventilationsluckor stängda under denna tid. Givarna placerades i de första två undersökningarna direkt under bottenbjälklaget och i en tredje på olika höjder. Resultaten från de två första undersökningarna hittas i bilaga C. Den tredje har lämnats bort då inga större skillnader hittades i höjdlängd.

Noterbart är att temperaturen är två grader högre under ena halvan av huset och som ett följdresultat är då också relativa luftfuktigheten 15–20 % lägre på denna sida. Den här stora skillnaden kan inte enbart förklaras med temperaturdifferensen utan precis som resultatet över ånghaltsvariationen visar så tycks även ånghalten vara högre på den kallare sidan av huset. Vid tidpunkten för mätningen kan detta säkert dels förklaras med att det längs grundmuren på den kallare sidan hade kondenserat stora mängder vatten. Utgående från dessa resultat valdes följande punkter som de mest relevanta för att kunna avgöra om förhållandena i krypgrunden är acceptabla eller ej.



Figur 29. Placering av RF/Temp-givare i krypgrunden.

Installationsbilder av temp/RF och diff. tryckgivarna hittas i bilaga D.

- **Sampling**

Samplingsintervallet styrs av snabbheten på processen som skall övervakas, i detta fall kan det syfta till dels hur fort temperatur och RF varierar eller till processen för biologisk påväxt. Även om det huvudsakliga målet är att försämbra möjligheten för biologisk påväxt vilket är en relativt långsam process, så strävar loggningen även till att undersöka hur olika faktorer påverkar varandra. T.ex. hur fort stiger RF inne i krypgrunden om det regnar? Samplingsteoremet säger att samplingsfrekvensen måste vara minst dubbelt högre än frekvensen för de snabbaste variationerna i processen. Då detta beaktades tillsammans med datamängden som olika samplingstider orsakar så beslöts att använda en samplingstid om fem minuter. Antalet sampel per år för varje mätvärde blir då enligt beräkningen nedan 105 120 stycken.

$$12 \frac{\text{sampel}}{\text{timme}} * 24 \frac{\text{timmar}}{\text{dag}} * 365 \frac{\text{dagar}}{\text{år}} = 105120 \frac{\text{sampel}}{\text{år}}$$

För att samplen skall representera rådande förhållanden så bra som möjligt tas de som ett medelvärde över de senaste fem minuterna.

### 7.1.3 STYRDON

Kraven på styrdonen har förverkligast genom installation av frånluftsfläktar, linjära styrdon och en värmekabel. Utgående från funktionsspecifikationen sker styrningen utgående från digitala signaler med följden att värmekabeln och fläktarna antingen är till- eller fränkopplade medan ventilationsgluggarna antingen är öppna eller stängda. Av denna orsak är styrdonen även endast försedda med anslutning för matning och styrningen utförs med reläer som hjälpkretsar. Även lägessignaler saknas och veriferingen av utförd styrtåtgård utförs i stället av externa givare.

- **Frånluftsfläktar**

För att nå ventilationskravet på 2–3 ach har två stycken frånluftsfläktar installerats. Ventilationsöppningarna där luften blåses ut är försedda med kallrasskydd för att förhindra luftflöden i motsatt riktning då fläktarna är avstängda. Nedan följer egenskaperna för fläktarna som införskaffats:

Typ:	TD-Silent 160/100
Spänning:	230 VAC
Effekt:	Låge 1: 12 W
	Låge 2: 20 W

Luftflöde:	Läge 1:	140 m <sup>3</sup> /h
	Läge 2:	180 m <sup>3</sup> /h

Tillsammans kan då fläktarna teoretiskt bidra med en ventilation på 280–360 m<sup>3</sup>/h eller ca 3–4 ach. I verkligheten sjunker dock dessa tal då det även tillkommer kallrasskydd, ventilationsrör och ventilationsgaller som minskar på flödet.

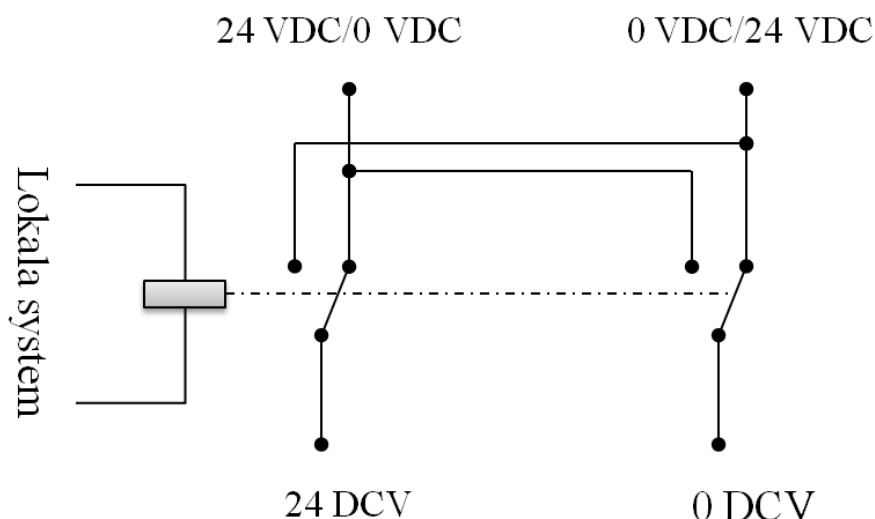
- **Linjära styrdon**

Den passiva ventilationen kontrolleras med hjälp av linjära styrdon som via en utskjutbar axel klarar av att öppna och stänga ventilationsluckor. Luckor består endast av en plåt täckt med isolering för att hindra köldbryggor. Egenskaperna för styrdonen är följande.

Typ:	Linak LA35
Spänning:	24 VDC
Slaglängd:	30 cm
Dragkraft:	1000 N

Baserat på dragkraften så kan konstateras att styrdonen klart är överdimensionerade. Detta har dock sin förklaring i att leverantören var intresserad av att låta testa deras produkt för ändamålet i fråga och denna var då den minsta produkten som klarade av de yttre förhållandena i en krypgrund.

Styrningen för de linjära styrdonen skiljer sig dock lite från de andra då polariteten på matningsspänning måste kastas om för att elmotorn skall flytta den utskjutbara kolven i motsatt riktning. För ändamålet används tvåpoliga reläer som via koppling nedan klarar av att byta polariteten baserat på styrsignalens värde. För att undvika att spänningen hela tiden är påkopplad till styrdonen används ytterligare ett relä för att koppla in matning då en styråtgärd skall utföras. Det här medför dock att en digital signal läggs till i I/O-listan som inte finns med i funktionsspecifikationen.



Figur 30. Styrning för linjära styrdon.

- **Värmekabel**

För att kunna koncentrera den tillförda värmen till bottenbjälklaget valdes att använda en värmekabel som värmekälla. Vidare är kabeln självreglerande för att undvika onödiga risker då den skall fästas på trä. Egenskaperna är följande:

Typ: Devi Pipeguard 10

Spänning: 230 VAC

Längd: 50 m

Effekt: 10 W/m vid 10 °C

Sjunker linjärt med högre temperatur upp till 65 °C.

I och med att effekten sjunker linjärt beroende på omgivningstemperaturen så uppstår en gränstemperatur då kraven i funktionsspecifikationen inte längre uppfylls. Denna temperatur ligger dock på över 20 °C och det antas inte vara troligt att temperaturen inne i grunden överstiger detta värde.

- **Bekräftelse på utförd styråtgärd**

Ventilationsluckornas position bekräftas med kapacitiva givare som noterar ifall en lucka är positionerad framför dessa. Tyvärr erhålls dock inte information om huruvida luckor nått ändläget öppen eller stängd men det är möjligt att få en bekräftelse på att styrsignalen nått fram samt att denna utförts helt eller delvis. Nedan ses en specifikation för de givare som används.

Typ: CAP30PNP25

Signal: 0, 24 V, PNP

Känslighet:	25 mm
Matning:	10-40 VDC

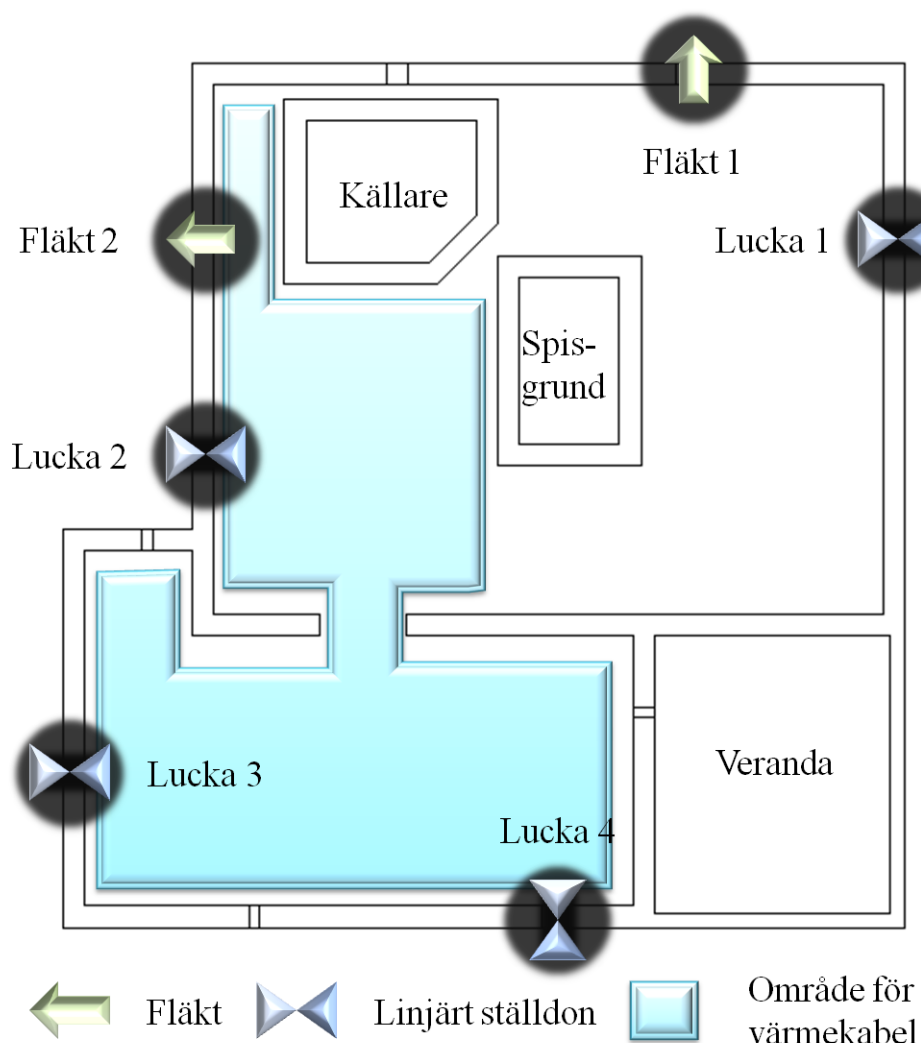
För kontroll av värmekabeln används signalen från installationens effektgivare. Den tillförda värmeeffekten är ca 500 W, vilket påverkar signalen från effektgivaren till den grad att det är möjligt att avgöra om värmekabeln är påkopplad eller inte. Fläktarnas förbrukning är för liten för att kunna urskiljas enligt samma metod och därför används en skild strömgivare för att se hur stor ström som går till dessa. Utgående från denna signal är det möjligt att avgöra om en eller två fläktar är påkopplad, samt vilkendera ifall det körs på skilda effektlägen. Strömgivaren som används är även den tillverkad av Müller & Ziegler och har följande egenskaper:

Typ:	Iw MU
Märkström:	0...1 A
Signal	4...20 mA    4-wire
Noggrannhet:	± 0.5 % (± 5 mA)
Matning:	24 VDC
Linjär ekvation (mA):	$y = 62.5 - 250$

Ytterligare information om styrdon och givare fås ur respektive komponents datablad som hittas i bilaga A.

#### 7.1.4 PLACERING AV STYRDON

Styrdonens placering bestämdes långt utifrån de förutsättningar som installationsplatsen medgav. Ventilationsgluggarna på den äldre delen är större och lämpar sig bättre för installation av den fläktutrustning som införskaffats. Samtidigt möjliggör styrning av de större gluggarna också bättre möjlighet att kontrollera den naturliga ventilationen. På grund av att ventilationsgluggen bakom källarväggen inte är åtkomlig så kan endast fyra av de större gluggarna användas. Slutresultatet blev då att båda fläktarna och två linjära styrdon placerades ut på den äldre delen och de resterande två linjära styrdonen på den nya delen. Den exakta placeringen ses i Figur 31.



Figur 31. Placering av styrdon.

De undersökningar som gjordes före RF/Temp-givarnas slutgiltiga placering bestämdes indikerade att husets ena sida kontinuerligt är 2–3 grader varmare. Det ansågs då onödigt att värma denna del ytterligare och hela värmekabeln installerades därför på den svalare delen.

Installationsbilder av styrdonen hittas i bilaga D.

## 7.2 LOKALT SYSTEM

Valet av programmerbar styrenhet är även grundat på flertalet offerter och undersökningar av olika modellers egenskaper. En viktig fråga i detta fall var om den tillhörande programvaran var lämplig som SCADA-mjukvara i det specificerade styr och övervakningssystemet. D.v.s. kunde loggning utföras direkt till en databas och var det möjligt att sköta kommunikationen mellan centrala och lokala system över Internet? Den styrenhet som ansågs bäst lämpad för ändamålet var REGIN's EXOflex.





Figur 32. EXOflex  
(REGIN.se)

### 7.2.1 EXOFLEX

EXOflex är anpassad för system med stort antal I/O och höga krav på kommunikation. Enheten i sig är modulbaserat med en grundkonstruktion bestående av expansionshus i olika storlekar med inbyggda processorer och minne. Tilläggsmodulerna består av PIFA-kort (Peripheral Interface Adapters) med olika funktioner som .t.ex. strömkälla, TCP/IP-kommunikation och olika kombinationer av in- och utgångar.

Enheten som används har ett expansionshus med plats för sex stycken PIFA-kort. Av dessa är fem platser försedda med följande PIFA-kort.

- 1 st. Main Power PIFA                      4DI/4DO
- 1 st. TCP/IP PIFA
- 1 st. 12 AI Multisensor PIFA              12AI
- 2 st. 16 Mixed I/O PIFA                    6DI/2DO/4AI/4AO

Totalt erhålls då:

- 16 st. digitala ingångar                    0, 24 V DC, PNP
- 8 st. digitala utgångar                    0, 24 V DC
- 8 st. analoga utgångar                    0...10 V DC                      DA 11 bitar
- 20 st. analoga ingångar                    4...20 mA, PT100                AD 12 bitar

De analoga ingångarna klarar även andra typer av signaler, men i detta fall är det endast de angivna som är aktuella.

Den tillhörande mjukvaran består av följande två program.

- EXO designer: Konfigurering och programmering
- EXO 4: SCADA-mjukvara

Både dessa är speciellt anpassade för produkten och använder egna kommunikationsprotokoll i applikationslagret. I och med att systemet är relativt litet blir också sannolikheten för att ytterligare styrenheter skall anslutas liten, med följden att det egna kommunikationsprotokollet inte borde orsaka problem.

### 7.2.2 I/O-LISTA

Den slutliga I/O-listan överensstämmer med funktionsspecifikationens med undantaget för två punkter.

- Analoga signaler används för att detektera läget för uppvärmning och aktiv ventilation i stället för digitala.
- En digital utsignal har lagts till för att styra matningen till de linjära styrdonen.

*Tabell 10. Analoga övervakningssignaler*

ID	Kort	Förklaring	Enhet	Signal
AI3_1	EP7416 (1)	Ström till fläktar	mA	4-20 mA
AI3_2	EP7416 (1)	Tagen effekt av installationen	W	4-20 mA
AI4_1	EP7416 (2)	RF utomhus (givare 6)	%	4-20 mA
AI4_2	EP7416 (2)	Temp utomhus (givare 6)	°C	pt100
AI4_3	EP7416 (2)	RF inomhus (givare 7)	%	4-20 mA
AI4_4	EP7416 (2)	Temp inomhus (givare 7)	°C	pt100
AI5_1	EP5012	Grund RF (givare 1)	%	4-20 mA
AI5_2	EP5012	Grund temp (givare 1)	°C	pt100
AI5_3	EP5012	Grund RF (givare 2)	%	4-20 mA
AI5_4	EP5012	Grund temp (givare 2)	°C	pt100
AI5_5	EP5012	Grund RF (givare 3)	%	4-20 mA
AI5_6	EP5012	Grund temp (givare 3)	°C	pt100
AI5_7	EP5012	Grund RF (givare 4)	%	4-20 mA
AI5_8	EP5012	Grund temp (givare 4)	°C	pt100
AI5_9	EP5012	Grund RF (givare 5)	%	4-20 mA

AI5_10	EP5012	Grund temp (givare 5)	°C	pt100
AI5_12	EP5012	Differens tryckgivare	Pa	4-20 mA

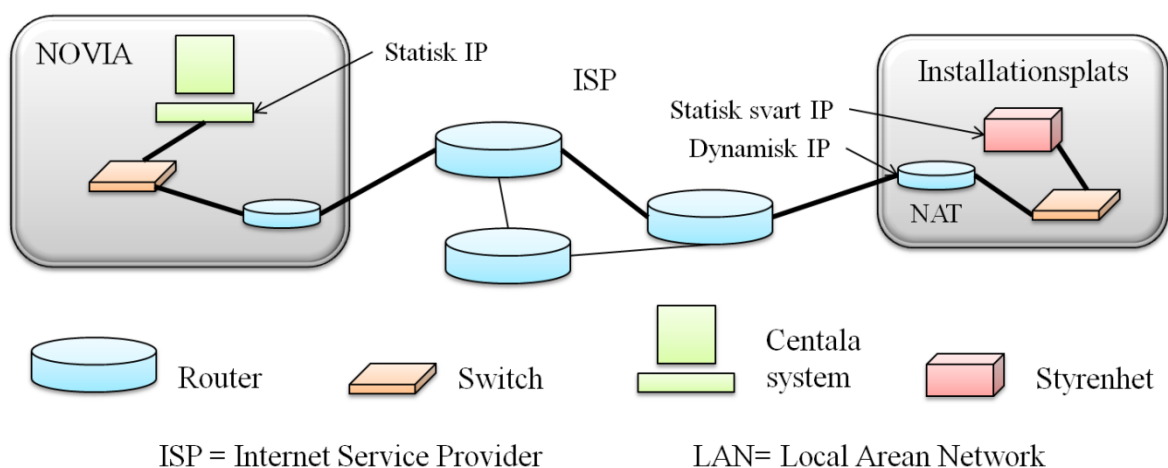
Tabell 11. Digitala styr- och övervakningssignaler

ID	Kort	Namn	Förklaring	Signal
DI1_1	EP1011	Cap1	Lucka 1 öppen/stängd	0, 24 V
DI1_2	EP1011	Cap2	Lucka 2 öppen/stängd	0, 24 V
DI1_3	EP1011	Cap3	Lucka 3 öppen/stängd	0, 24 V
DI1_4	EP1011	Cap4	Lucka 4 öppen/stängd	0, 24 V
DO1_1	EP1011	Fan1	Fläkt 1 (på/av)	0, 24 V
DO1_2	EP1011	Fan2	Fläkt 2 (på/av)	0, 24 V
DO1_3	EP1011	Heat1	Värmeslinga 1 (på/av)	0, 24 V
DO1_4	EP1011	SupplyActuator	Matning ställdon (på/av)	0, 24 V
DO3_1	EP7416 (1)	Vent1	Lucka 1 (öppen/stängd)	0, 24 V
DO3_2	EP7416 (1)	Vent2	Lucka 2 (öppen/stängd)	0, 24 V
DO4_1	EP7416 (2)	Vent3	Lucka 3 (öppen/stängd)	0, 24 V
DO4_2	EP7416 (2)	Vent4	Lucka 4 (öppen/stängd)	0, 24 V

Installationsritningar och bilder hittas i bilaga B och D.

### 7.3 KOMMUNIKATIONSSYSTEM

Utgående från funktionsspecifikationen och de lokala förhållandena vid installationsplatsen kan grundförhållandena beskrivas med figuren nedan.



Figur 33. Grund för kommunikationssystemet.

De centrala systemen är försedda med en statisk IP-adress på vilken de alltid kan nås. Styrenheten är även försedd med en statisk IP-adress men denna är svart på grund av att det lokala nätet vid installationsplatsen använder NAT. Utöver är routern på installationsplatsen endast försedd med en dynamisk IP-adress av internetleverantören. Detta ger följande två problem som behövde lösas.

1. Hur skall de centrala systemen etablera en kommunikationslänk till styrenheten om IP-adressen som den kan bli nådd under ändrar?
2. Hur skall routern vid installationsplatsen veta att de datapaket som de centrala systemen har sänt till den egentligen är adresserade till styrenheten?

Lösningen som valts för problem 1. var att skapa ett dyndns konto hos DynDNS.com. Detta fungerar genom att routern vid installationsplatsen med jämna mellanrum rapportera sin IP-adress till DynDNS.com där adressen registreras under ett visst DNS-namn. De centrala systemen kan då använda det här DNS-namnet för att söka fram IP-adressen till routern på installationsplatsen.

Routern på installationsplatsen stödde även Port Forwarding som användes för att lösa problem 2. Det fungerar genom att routern med specifika regler klarar av att urskilja trafik tänkt för styrenheten. Reglerna består av att de centrala systemens statiska IP-adress skall vara avsändare och att målporten för datapaketet skall vara någon av de portar som styrenheten kommunicerar på. Då reglerna uppfylls sänder routern dessa datapaket vidare till styrenheten statiska svarta IP-adress inom det lokala nätverket.

## 7.4 CENTRALA SYSTEM

De centrala systemen består av KLUCK2:s virtuella server som försätts med följande mjukvara:

- Windows Server 2003
- Microsoft SQL Server 2005
- EXO designer
- EXO 4

Den virtuella serverns grundinställningar har gjorts av loggningsserverns ansvarperson som även installerat Windows Server 2003. Resterande program är installerade av projektgruppen för att möjliggöra det tänkta styr- och övervakningssystemet. EXO 4 som är SCADA-mjukvaran är det enda som krävs för att upprätthålla styr- och övervakningssystemet men EXO-designer och SQL-server 2005 är även installerade för att

ge ytterligare funktioner. EXO-designer tillåter att styrenheten kan förses med programuppdateringar eller rent av nya program direkt från den virtuella servern medan SQL-server 2005 ger ytterligare funktioner för databashantering.

SCADA-programmet skapar automatiskt en databas på projektets huvuddator ifall en sådan inte redan existerar. Detta görs möjligt tack vare att installationen av EXO 4 inkluderar en grundversion av Microsoft SQL Server 2005. Det här har dock både för- och nackdelar. Användaren slipper besväret med att bygga upp grunden för databasen, men förlorar på samma gång möjligheten att påverka hur data sparas. Även om köpta lösningar på databaskonstruktioner kunde tänkas vara bra planerade så behöver det inte alltid vara fallet. Vad som avgör frågan är vad användaren vill göra med informationen i databasen. För ändamålen i detta projekt duger den köpta konstruktionen även om den inte är perfekt. Grundregler som att inte blanda ihop datum och tid till en enda kolumn uppfylls inte, vilket direkt medför små komplikationer då data skall hämtas ur databasen av något annat program.

EXO 4 stöder tre olika alarmklasser (A, B och C). Av dessa är klass A och B synbara i ett systemfönster tills dess att de kvitterats bort av en inloggad användare. Inom detta arbete används alarmhantering för följande tre ändamål som är tagna ur funktionsspecifikationen:

- RF överstiger kritiska nivåer (75 %).
- Temperaturen i krypgrunden sjunker under noll grader.
- Styrdonens status överensstämmer inte med angiven styrsignal.

Kritiska RF nivåer anges som larm av klass C och indikeras endast visuellt i processöverblicksbilden, båda de andra larmen är av klass B och kräver då kvittering. Tidpunkten för när alarm varit aktiva sparas även i en databas, vilket medför att denna information även är tillgänglig från människa/maskingränssnittet. Utöver de alarm som programmeraren definierar innehåller EXO 4 även följande tre automatiskt fördefinierade alarm av klass B:

- Styrenheten är onåbar/kommunikationslänk bruten.
- Databasen håller på att bli full (varning).
- Databasen är full (felmeddelande).

### 7.4.1 DATABASSTRUKTUR

Databasen som EXO 4 skapar har följande tabeller för alarm, mätvärden, händelser och användarlogg:

- Alarm Register
- Alarm Values
- Analog Register
- Analog Values
- Digital Register
- Digital Values
- User Log

Alarm, mätvärden och händelser beskrivs alla av två tabeller. En registertabell där varje objekt förses med en ID-nummer och andra parametrar som skall förknippas med objektet som t.ex. namn. Värdena sparas sedan i en skild tabell tillsammans med ID-nummer och tidsmärkning. Det här upplägget betyder att parametrar som sparas i tabellen med värden finns åtkomliga för varje alarm, mätvärde eller händelse medan det för parametrar som sparas i registertabellen endast existerar det senaste angivna värdet. Som exempel listas kolumnerna i de båda tabellerna för digitala värden nedan.

*Tabell 12. Databasstruktur för digitala värden*

Digital Register	Digital Values
Name	Count
ID	ID
Category	Event
Area	TimeDate
State	EventText
StateTime (datum och tid)	Note
StateText	

Registertabellen innehåller även fler kolumner men endast de som ansågs viktigast listades ovan. ID-kolumnen existerar i båda tabellerna och fungerar som märkning för att förknippa en händelse till rätt objekt i SCADA-systemet.

Även om databasstrukturen som tidigare påpekats inte är perfekt så uppfyller den kraven för detta arbete då mätvärden förädlas i Matlab. Det är där möjligt att plocka fram ytterligare nödvändig information ur logghistoriken genom egen programkod. Problem uppstår endast vid överföring om kolumner som borde vara skilda sammanslagits till en ända som t.ex DateTime-kolumnen.

Inom detta arbete loggas följande mätvärden och händelser till projektets databas.

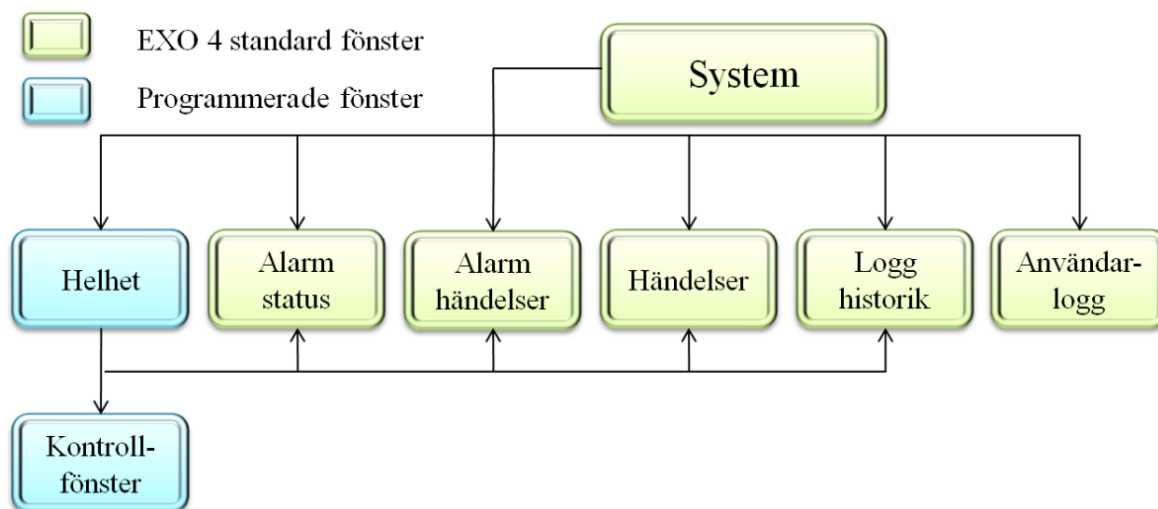
*Tabell 13. Loggade mätvärden och händelser*

<b>Mätvärden</b>	<b>Händelser</b>
Temperatur (alla givare)	Luckornas styrsignaler
RF (alla givare)	Fläktarnas styrsignaler
Ånghalt (alla givare)	Värmekabelns styrsignal
Differenstryck	
Effektförbrukning	
Ström tagen av fläktar	

## 7.5 MÄNNISKA/MASKINGRÄNSSNITT

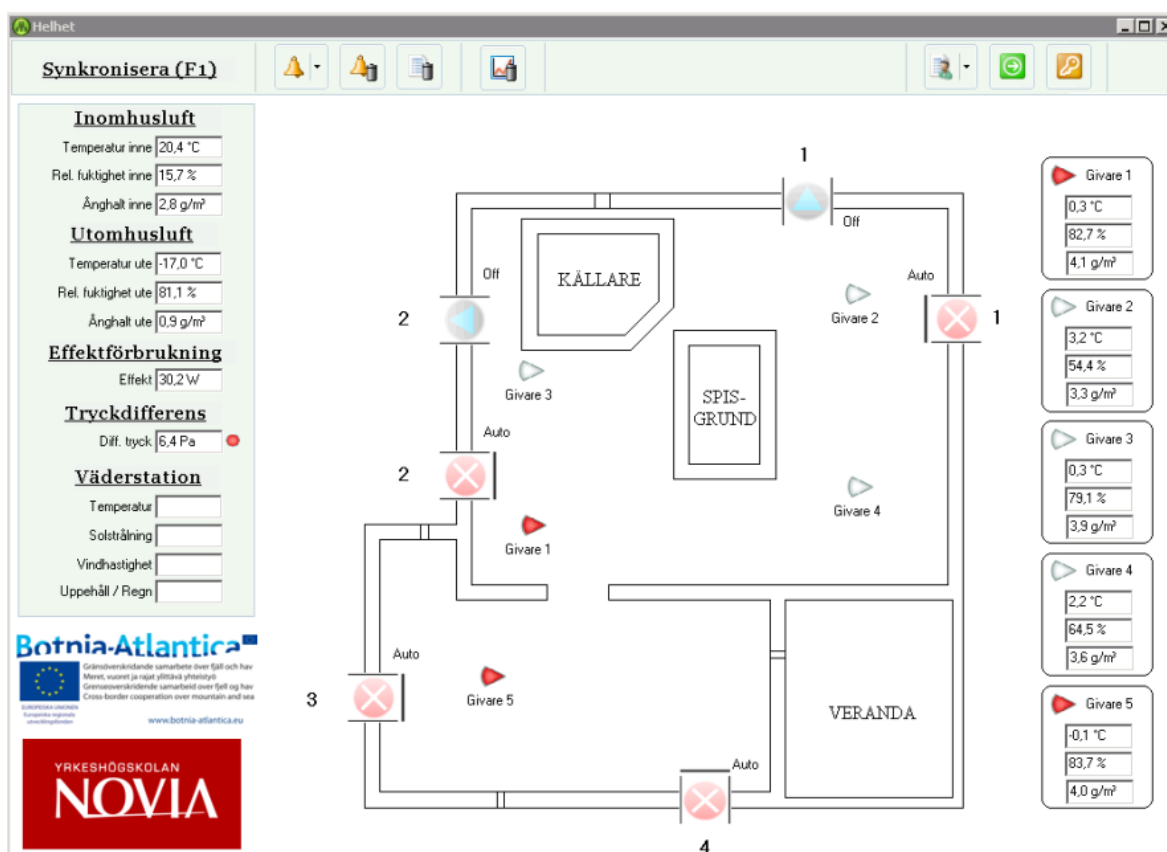
På grund av att styrsystemet är litet så används den virtuella servern direkt som en resurs för människa/maskingränssnittet. Utrustning för in- och utmatning av data utgörs då av serverns bildskärm, tangentbord och mus.

Gränssnittet som EXO 4 inkluderar är starkt fönsterbaserat och systemadministratören kan själv programmera egna fönster eller använda fördefinierade standardmodeller. Den struktur som används i detta arbete består både av fördefinierade standardfönster och av specifikt programmerade processbildsfönster. Fönsterhierarkin för dessa framkommer ur Figur 34.



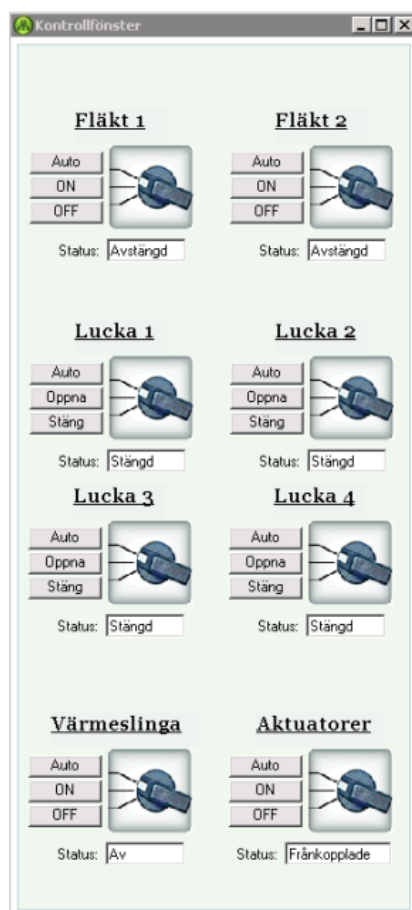
Figur 34. Fönsterhierarki

Helhetsfönstret består av en processlik överblicksbild var mätvärden från processen givare framkommer samt lägena för processen styrdon. Styrning sköts från ett dialogfönster var operatören för varje styrdon erbjuder en trelägesbrytare med valmöjligheterna auto/on/off.

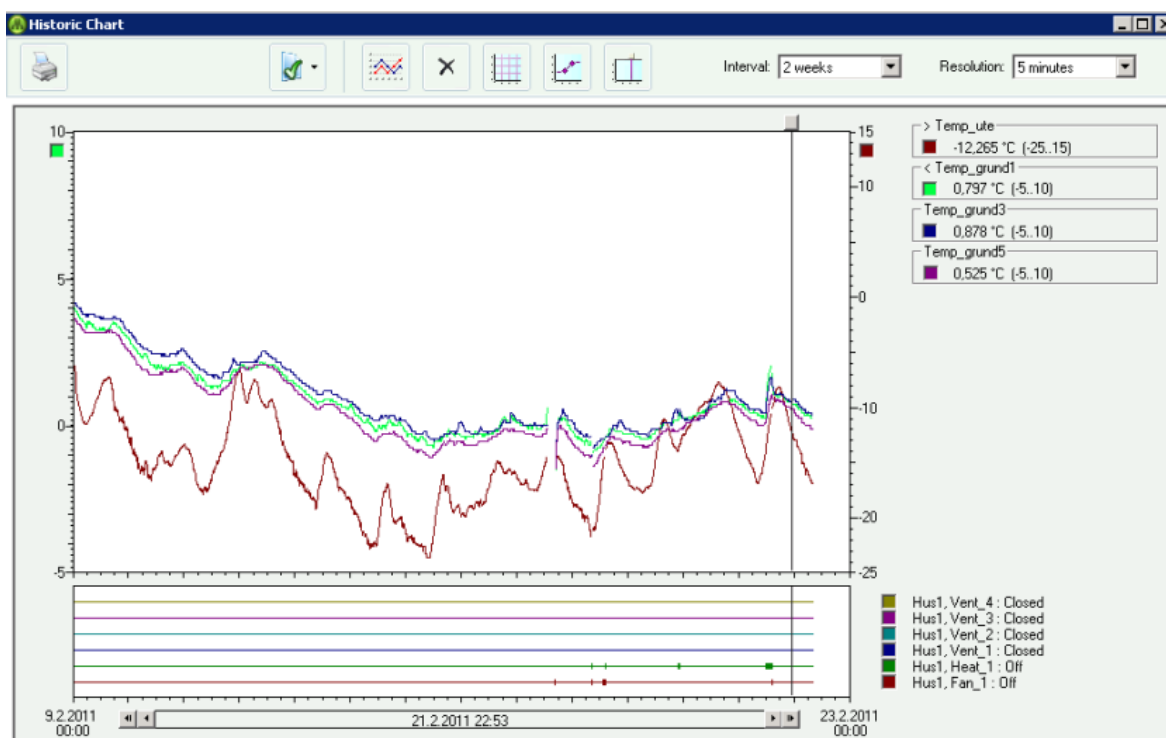


Figur 35. Helhetsfönster





Figur 36. Kontrollfönster



Figur 37. Historikfönster

Alarmhantering utförs via alarmstatus- och alarmhändelsefönstren. Statusfönstret indikerar nuvarande status för inprogrammerade alarm och erbjuder även kvittering av dessa. Händelsefönstret listar historik för aktiverade alarm d.v.s. när dessa aktiverats, deaktiverats och kvitterats. I EXO 4 mjukvaran definieras digitala signaler som händelser och loggningen för dessa görs genom att registrera vid vilka tidpunkter en digital signal ändrat värde. Händelsefönstret presenterar denna historik som en lista var både händelse, förklaring och tidpunkt presenteras. Historisk data för både analoga och digitala signaler kan även presenteras grafiskt i logg historik fönstret. Fönstrets funktioner möjliggör val av både givare, tidpunkt och samplingstid. Kvittering av alarm kan endast göras av en inloggad användare och uppföljning av vem som varit inloggad sköts via användarlogg fönstret. Ytterligare kan nämnas att de funktioner som kräver inloggning automatisk öppnar en dialog var operatören uppmanas ange användarnamn och lösenord.

## **7.6 FJÄRRÅTKOMST**

Novias loggningsserver är fysisk placerad i utrymmen som användarna inte har behörighet till. Det här är ett vanligt scenario då det kommer till servrar och den vanliga lösningen är att använda Remote desktop (RTD) för att fjärransluta till servern. Operatören kan logga in på servern från den egna arbetsdator varvid ett nytt fönster öppnas där den virtuella serverns skrivbord presenteras. Från detta skede kan operatören använda servern via tangentbordet och musen på den egna arbetsdatorn. Remote desktop finns som standard med i Windows installationer och kräver endast att serverns IP-adress är känd och att brandväggarna konfigurerats för att tillåta nödvändig trafik. För att sedan förverkliga kraven angående fjärranslutning utanför Novias lokala nätverk så används VPN för att först få tillgång till Novias lokala nätverk. Nedladdning av data ur databasen för bearbetning sker via en ODBC-anslutning, vilket är en standardiserad metod för anslutningar till databaser. Både VPN och ODBC presenteras närmare i kapitlen 7.6.1 och 7.6.2.

### **7.6.1 VPN**

VPN (Virtual Privat Network) är en vanlig metod för länka samma lokala nätverk belägna på olika orter. Stora företag eller andra större organisationer har ofta anställda spridda på geografiskt skilda platser var alla kräver tillgång till ett lokalt säkert nätverk. Det är dock väldigt dyrt att fysiskt bygga ut ett eget lokalt nätverk över hela världen och därför används i stället VPN. Genom att utnyttja den existerande infrastrukturen som Internet redan använder kan VPN länka samma flera lokala nätverk till ett större virtuellt nätverk. Det som skiljer det virtuella nätverket från resten av Internet är att all kommunikation som går

över Internet mellan de lokala nätverken är krypterad och säker. VPN skapar med andra ord en säker kommunikationskanal på internet mellan t.ex. ett företags olika kontor.

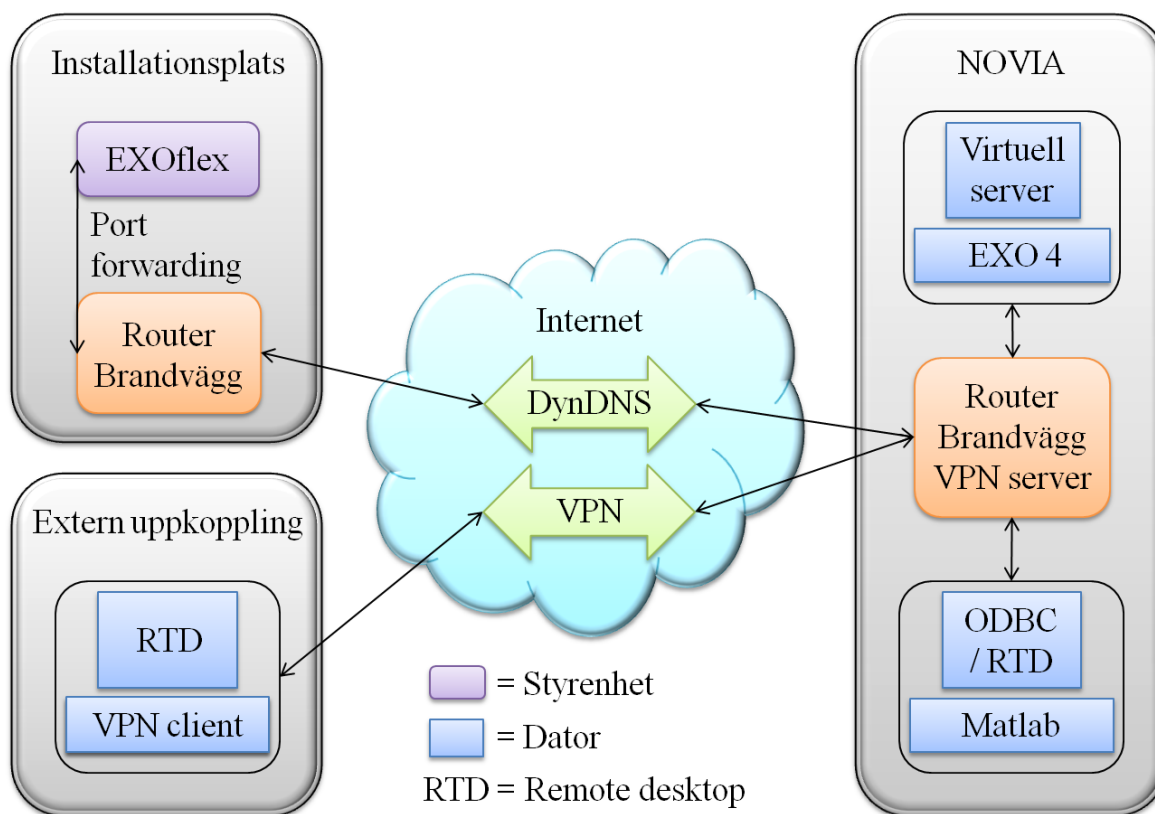
I detta arbete motsvaras en extern uppkoppling till skolans nät av ett avlägset kontor i texten ovan och VPN kan då ge denna uppkoppling en säker virtuell anslutning till skolans interna nätverk. Väl inne i skolans nätverk är det upp till IT-enheten att konfigurera nätverket så att den virtuella servern kan nås via Remote desktop.

### **7.6.2 ODBC-ANSLUTNING**

ODBC (Open DataBase Connectivity) är en standardiserad metod för att ansluta till databaser. En specifik kontakt kan skapas till databaser på den lokala datorn eller till databaser på någon annan dator i det lokala nätverket eller på internet. En Matlab GUI (Graphical User Interface) har skapats i ett tidigare projekt för att hämta data ur en databas via en ODBC anslutning. Då detta projekt även använt sig av en EXOflex styrenhet så är det arbetets databasstruktur identiskt med den som används i det här arbetet. Som en direkt följd går det då att använda samma Matlab GUI bara genom att skapa en ny anslutning till detta arbetes databas. Matlab-programmet kräver dock en database toolbox plugin licens vilket medför att programmet endast finns på en specifik beräkningsdator innanför skolans väggar. Från denna skapades en ODBC-anslutning till loggningsservern som då Matlab-programmet hämtar data över. Även om den köpta lösningen på databasstrukturen har sina brister så framgår i detta fall tydligt fördelen med en standard struktur då samma programvara kan användas i flertalet olika projekt.

## **7.7 HELHETSLÖSNING**

Då ovannämnda metoder plockas samman erhålls helhetslösningen som ses i Figur 38.



Figur 38. Kommunikationslösning

För att detta skall fungera krävs givetvis också att alla brandväggar konfigureras att släppa igenom behövlig trafik. En del av dessa kan ställas in på egen hand men vad gäller hårdvaru brandväggarna i Novias nätverk så står dessa under IT-enhetens ansvar. Med följden att ett skilt avtal uppgjorts med IT-enheten där det framkommer vilka portar som behöver öppnas för att förverkliga styr- och övervakningssystemet.

## 8. DRIFTSRESULTAT

Den tid som mätvärden finns att tillgå från är begränsad och de trender som i detta skede syns kan därför vara tillfälliga företeelser. Klimatet utomhus varierar kraftigt under året och det kommer därför att behövas en historik på minst ett år före några klara slutsatser kan dras. I detta skede består historiken av data från 27.11.2010 till 3.2.2011. Loggning har påbörjats betydligt tidigare än så men den 27.11 placerades de sista givarna ut på sina slutgiltiga platser (exklusive väderstationen) och det här datumet anses då som startdatum för historiken.

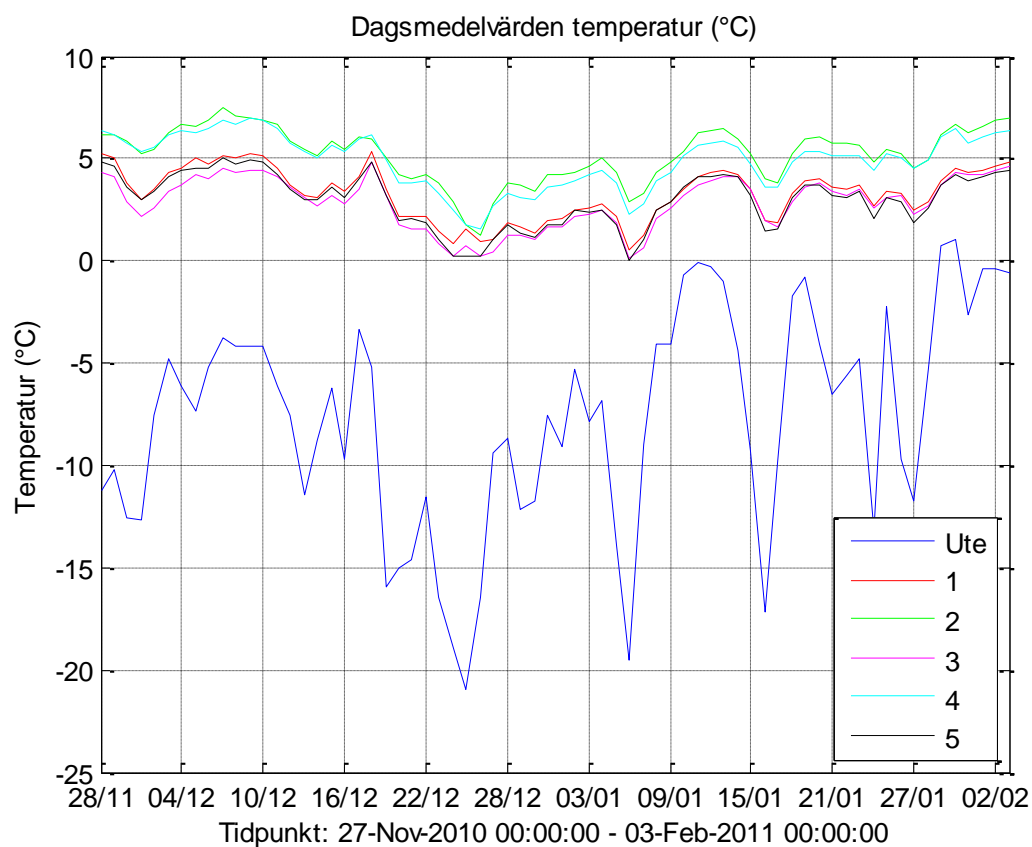
Styrresultaten låter dock vänta på sig på grund av det kalla vintervädret som medfört att det i det här skedet är svårt att utvärdera styrningens möjligheter. Temperaturen i krypgrunden är endast någon plusgrad och en ökad ventilation riskerar då att ge minusgrader. Följden är då att stegsvarstester endast gjorts för värmekabeln. Analyser av insamlad data visar dock att ytterligare störningskällor finns närvarande i form av de oisolerade vatten- och avloppsrören.

Utgående från insamlad data har även en hypotes för fortsatt forskning skapats. Denna grundar sig på de variationer som framkommer ur historiken samt på notiser som gjorts under installationsskedet.

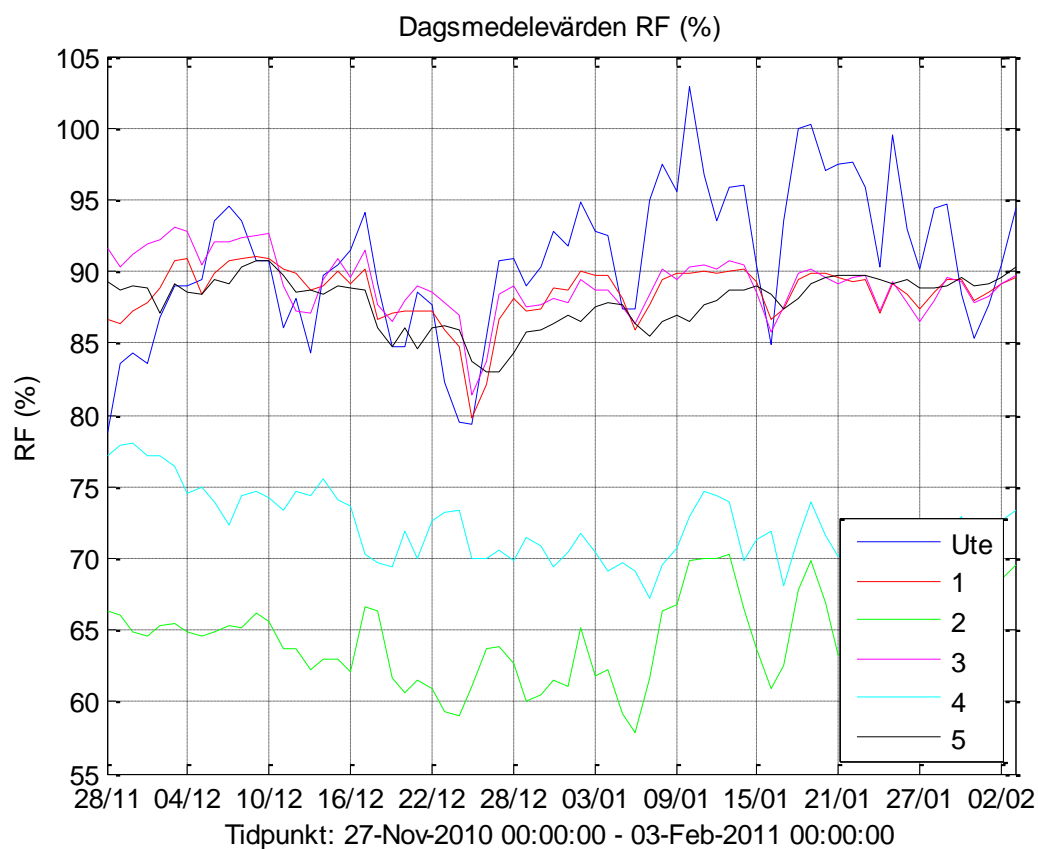
### 8.1 ÖVERVAKNING

Data har som tidigare nämnts samplats med fem minuters mellanrum. För att minska på datamängden och underlätta presentationen av historiskt data så har dagsmedelvärden beräknats utgående från samplade värden. Överlag stämmer resultaten väl överens med de variationer som upptäcktes redan i skedet då givarnas positioner skulle väljas men en del nya saker har även framkommit. I kapitlen 8.1.1, 8.1.2 och 8.1.3 finns historisk data för de olika givarna.

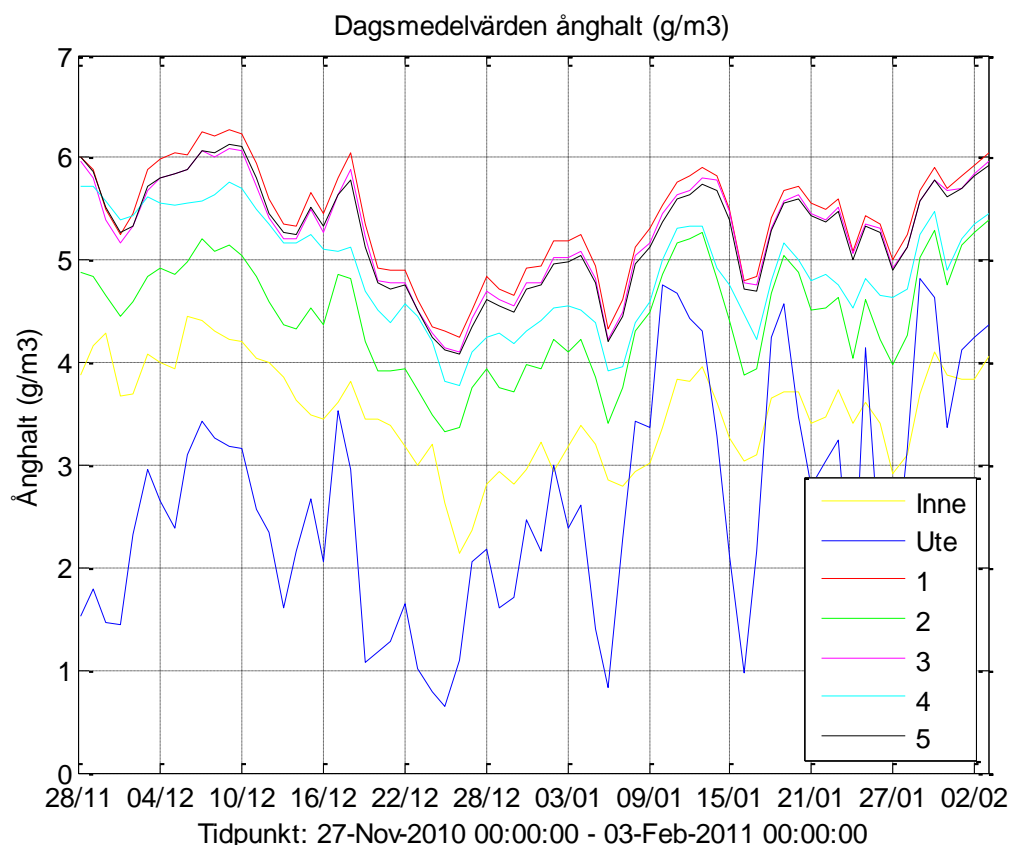
### 8.1.1 TEMPERATUR, RF OCH ÅNGHALT



Figur 39. Dagsmedelvärden för temperatur.



Figur 40. Dagsmedelvärden för RF.



Figur 41. Dagsmedelvärden för ånghalten.

Under tidsperioden som ovanstående data är insamlad från har ventilationsluckorna varit stängda. Dels på grund av att styrdonen blev färdig installerade senare än loggningsutrustningen och dels på grund av att det väldigt kalla vädret inte möjliggjort ventilation. Även värmekabeln har endast använts för enstaka stegsvarstester så trenderna i graferna har till största del endast påverkats av naturliga orsaker.

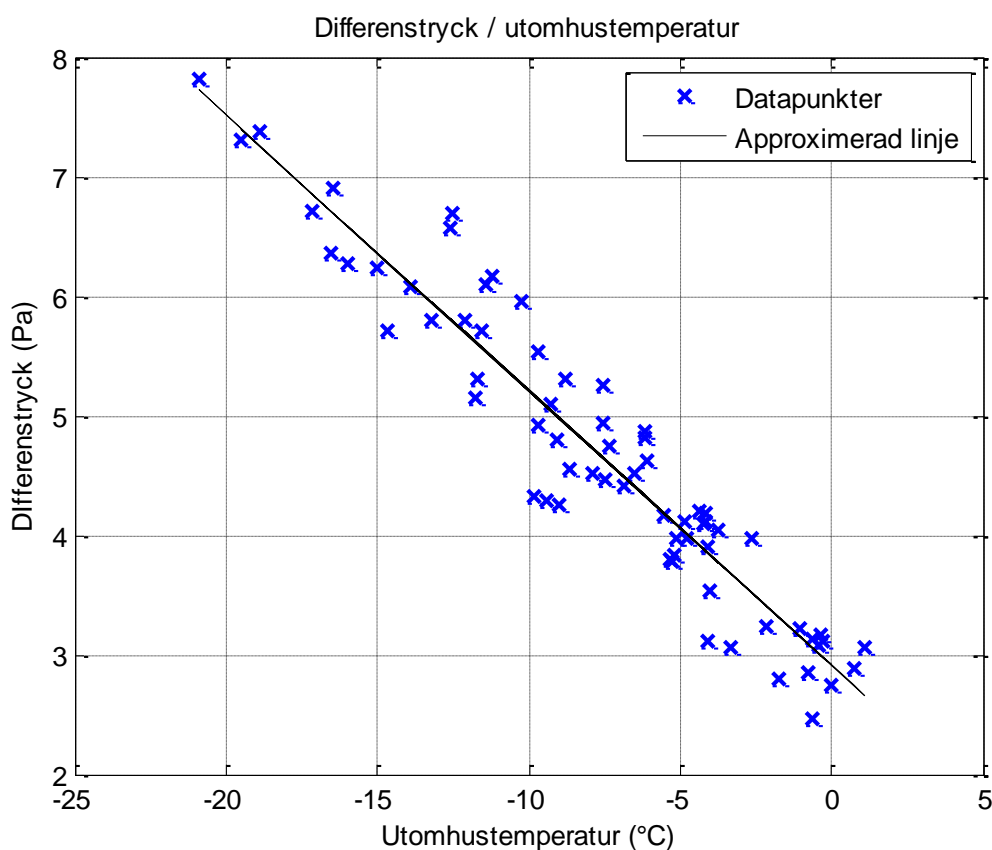
Resultaten ovan tyder på att kritiska RF-nivåer nås konstant på den svalare delen av grunden. Temperaturen har dock varit runt eller under fem grader med följderna att risken för biologisk påväxt trots allt varit liten. Skillnaden i ånghalt mellan grundens olika delar är förvånansvärt stor, vilket tyder på att fuktkällornas storlek troligtvis också varierar. Vid installationen av utrustningen noterades även stora lokala skillnader. På den svalare sidan var grundmuren alltid blöt av kondens medan muren var torr på den varmare sidan. Utöver detta så är det just på den svalare sidan där hänggränsor och markavrinning också saknas så denna sida kan vara utsatt för en betydligt större fuktbelastning. Diffusion borde dock få ånghalten att fördela sig jämt i grunden såvida det inte även finns ett luftflöde som kontinuerligt för bort fukt ur grunden.

I den forskning som tidigare gjorts har fysikaliska modeller använts för att simulera förhållandena i en kryppgrund. Även om dessa resultat stämmer väl överens med de

mätningar som gjorts på det riktiga objektet så verkar de inte vara direkt jämförbara med byggnaden i detta arbete. Effekten som avsaknaden av hänggrännor och avrinning orsakar är svåra att uppskatta, speciellt då dessa beror av faktorer som inte kan påverkas.

### 8.1.2 DIFFERENSTRYCK

Då differenstryckets variationer granskades så noterades något som såg ut som ett samband till utomhusluftens temperatur. Dagsmedelvärdena för dessa båda signaler plottades mot varandra i Figur 42 varpå ett linjärt samband erhålls.

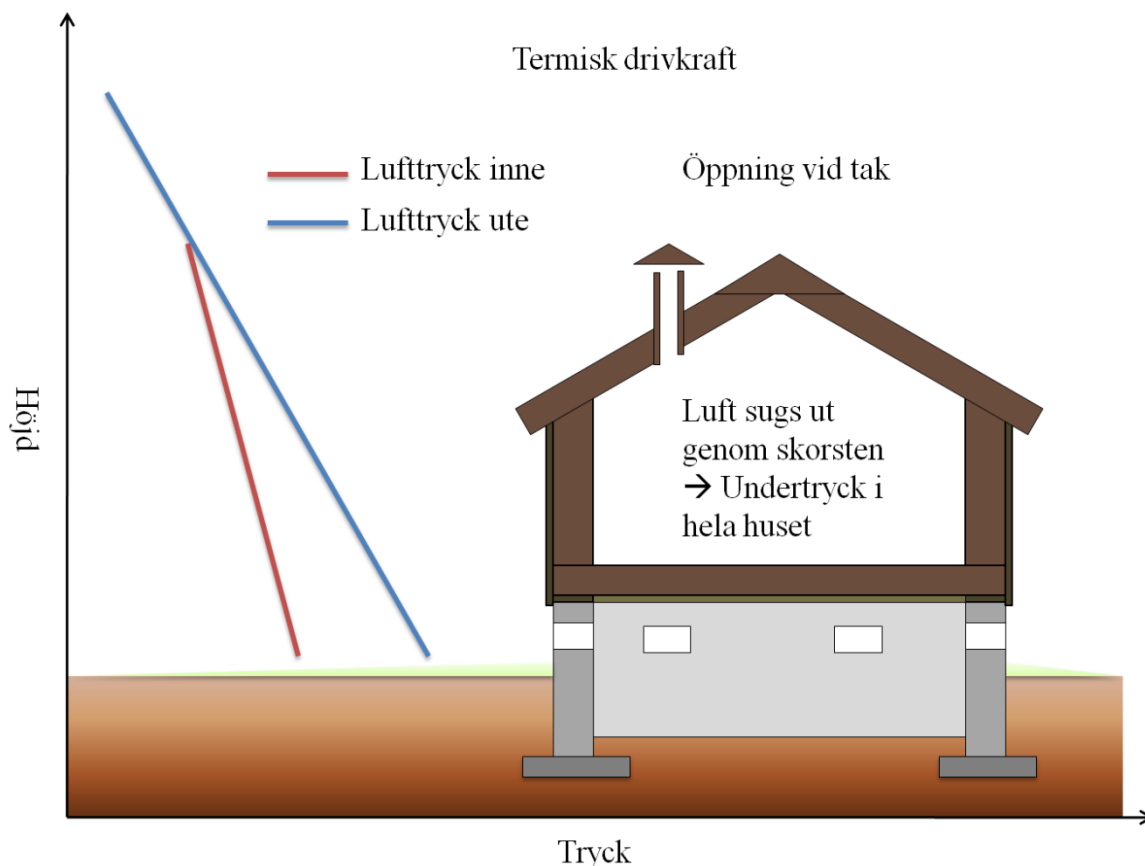


Figur 42. Differenstryck/utomhustemperatur

Efter noggrannare undersökning framkom att detta är ett helt fysiskt fenomen som orsakas av en termisk drivkraft som påverkas av temperaturskillnaden mellan utomhus- och inomhusluften. Varm inneluft är lättare än den svalare uteluften och tryckskillnaden blir då temperaturberoende. Vid en korrekt gjord konstruktion möter inne- och uteluften varandra på husets tak och skillnaden där blir då noll. Om inomhusluften sedan är varmare än uteluften så kommer ett undertryck att växa i storlek ned till botten av huset. Tryckgivaren i detta fall mäter skillnaden mellan krypgrundsluften (som indirekt är i kontakt med utomhusluften) och inomhusluften på bottenvåningen. Så resultatet ovan är väntat och ger på samma gång en indikation när på året risken för att elak lukt från grunden



kan läcka upp till inomhusluften är som störst. Konceptet bakom termisk drivkraft förklaras även grafiskt i Figur 43. (Samuelsson, 2010)



Figur 43. Termisk drivkraft.  
(Samuelsson, 2010)

### 8.1.3 ENERGIFÖRBRUKNING

Signalen från effektgivaren loggas och ur historiken erhålls att hela installationen förbrukar en effekt på 30 W vid normal drift, d.v.s. med alla styrdon inaktiverade. På årsbasis motsvarar detta en baskostnad på 26.30 € med ett elpris på 10 c/kWh. Fläktarna skall enligt databladerna förbruka 12 W respektive 20 W och kan då maximalt dubbla denna kostnad om de är påslagna året om. Värmekabeln skall avge en värmeeffekt på 400–600 W beroende på omgivningstemperatur och användningen av denna kommer då att vara helt avgörande för systemets brukskostnad. Uppmätta mätvärden för styrdonen ses i Tabell 14.

Tabell 14. Effektförbrukning för styrdon

Styrdon	Effektgivare	Datablad	Kommentar
Fläkt 1	18 W	12 W	100 mA
Fläkt 2	26 W	20 W	150 mA
Värmekabel	530-540 W	580 W	omgivningstemperatur 1 °C

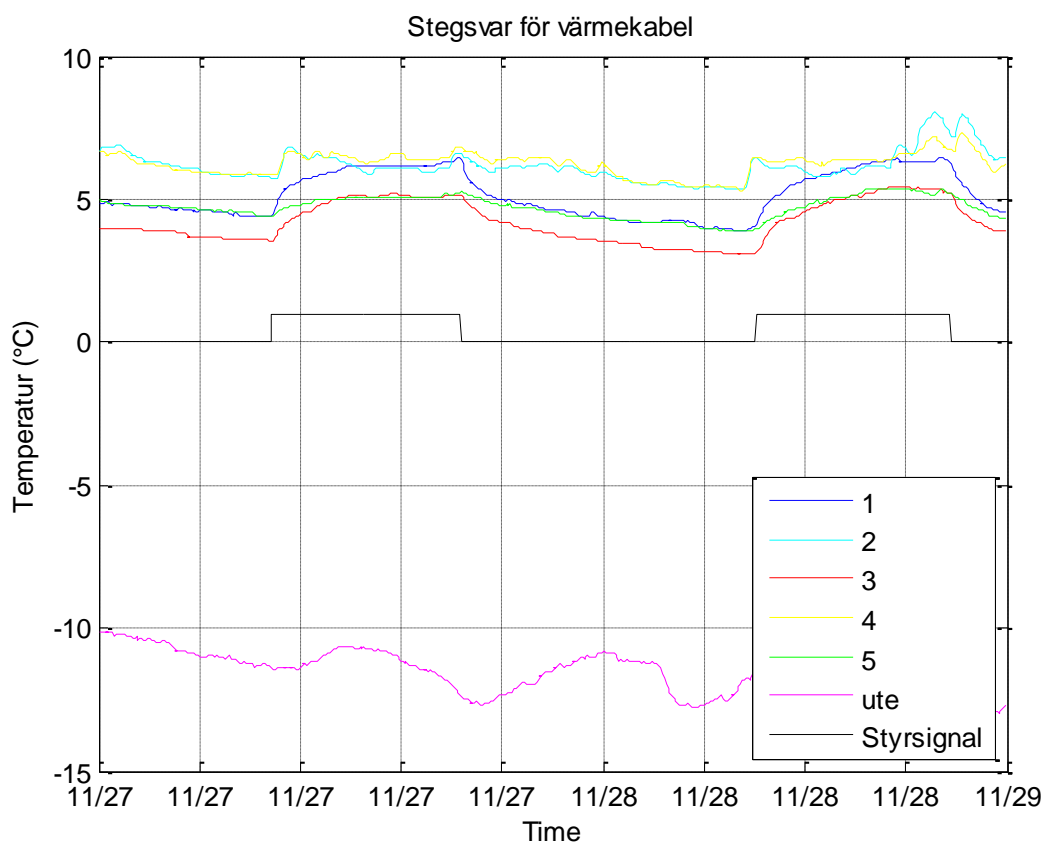
De uppmätta värdena är inte helt identiska med motsvarande värde från produkternas datablad men storleksordningen är rätt.

## 8.2 STYRNING

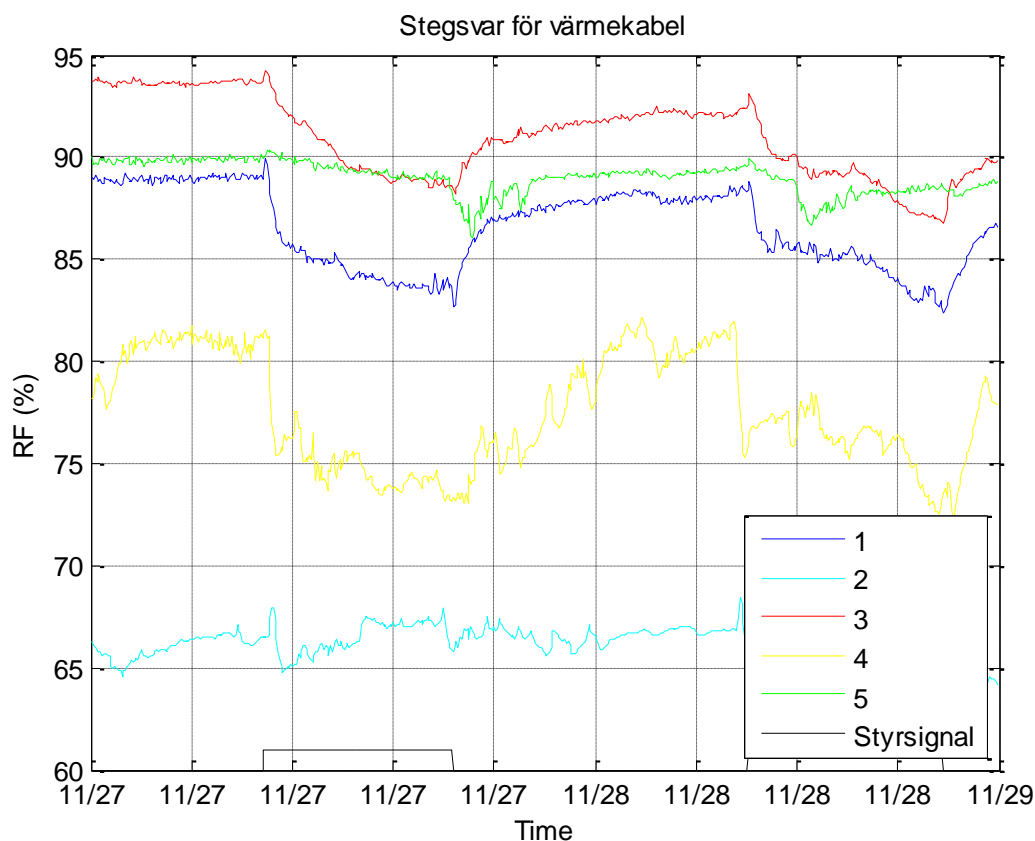
Som tidigare påpekats så är det endast värmekabelns effekter på processen som undersökts genom stegsvarsanalyser. Nedan följer resultaten från dessa tillsammans med identifiering av ytterligare störningar och presentation av den slutliga reglerstrukturen.

### 8.2.1 UPPVÄRMNING

Värmekabeln installerades endast på den svalare sidan av huset och resultaten av detta syns tydligt på stegsvarsanalyserna då endast givarna på denna sida reagerar. Ur graferna nedan framkommer även att givare 1 och 3 påverkas mera än givare 5. Det beror på att värmekabeln vid installation koncentrerades mera till området var givare 1 och 3 är lokaliserade.



Figur 44. Stegsvär för värmekabel (temperatur).



Figur 45. Stegsvär för värmekabel (RF).  
Syrssignalen är försett med en offset för att göra den synlig.

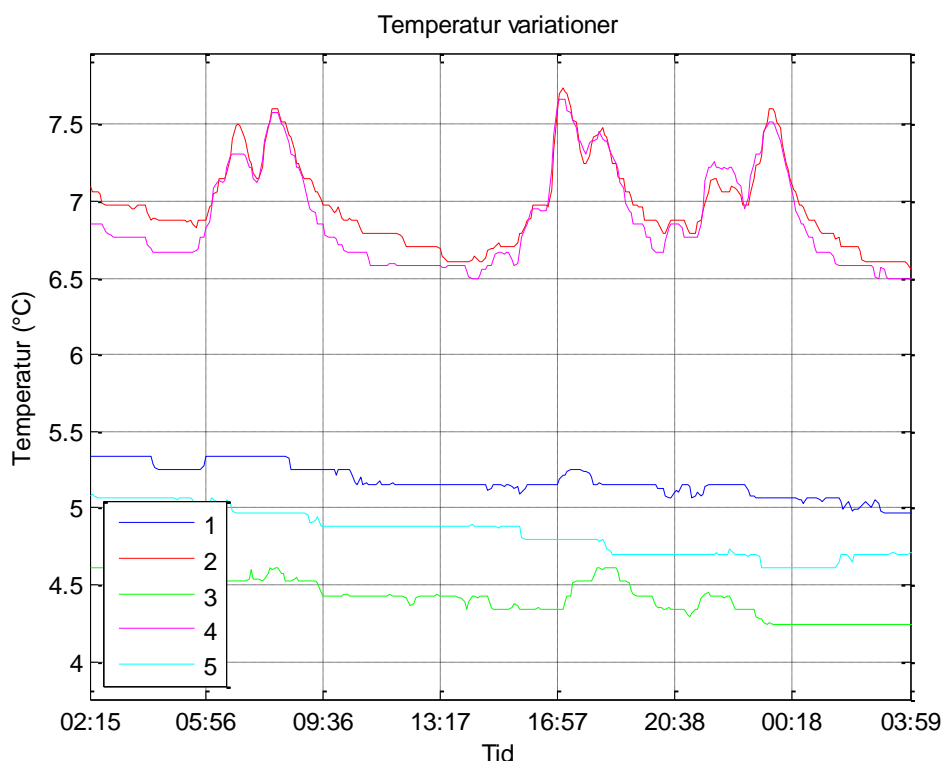
Stegsvaret för givare 1, 3 och 5 ser nästan identiskt ut jämfört med stegsvaret för en process med en tidskonstant. Värdet på tidskonstanten har i det här fallet beräknats till att vara ungefär 1,5 timmar. Även om stegsvaren tydligt syns i grafen så är totala temperaturhöjningen i verkligheten väldigt liten, mellan 0,8 till 1,8 grader. Det räcker dock för att sänka RF med 5 procentenheter på givare 1 och 3 samt 2 procentenheter på givare 5. Variationer förekommer dock sinsemellan mellan olika stegsvar.

Temperaturhöjningen som sker borde orsaka en större sänkning i RF-värdena men på grund av att ånghalten även direkt stiger då temperaturen höjs blir effekten mindre. Det här tyder då på att det inletts en avfuktningsprocess var luften tar upp mera fukt från omgivningen. Då värmekabeln stängs av går denna process andra vägen och luften avger fukt till omgivningen i stället. Givare 2 och 4 ser från graferna ovan ut att påverkas av andra faktorer, dessa återkoms närmare till i kapitel 8.2.2 i samband med processens störningar.

### 8.2.2 YTTERLIGARE STÖRNINGAR

Som tidigare påpekats varierar värdena för givare 2 och 4 kraftigt dagligen. Vid en noggrannare granskning följer variationerna mönstret nedan var tre spikar uppträder

dagligen vid tidpunkterna 7-8, 16-18 och 20-22. Alla tidpunkter är förknippade med tillfällen då varmvattenförbrukningen är stor och antagandet är då att spikarna orsakas av de oisolerade vatten- och avloppsrören.



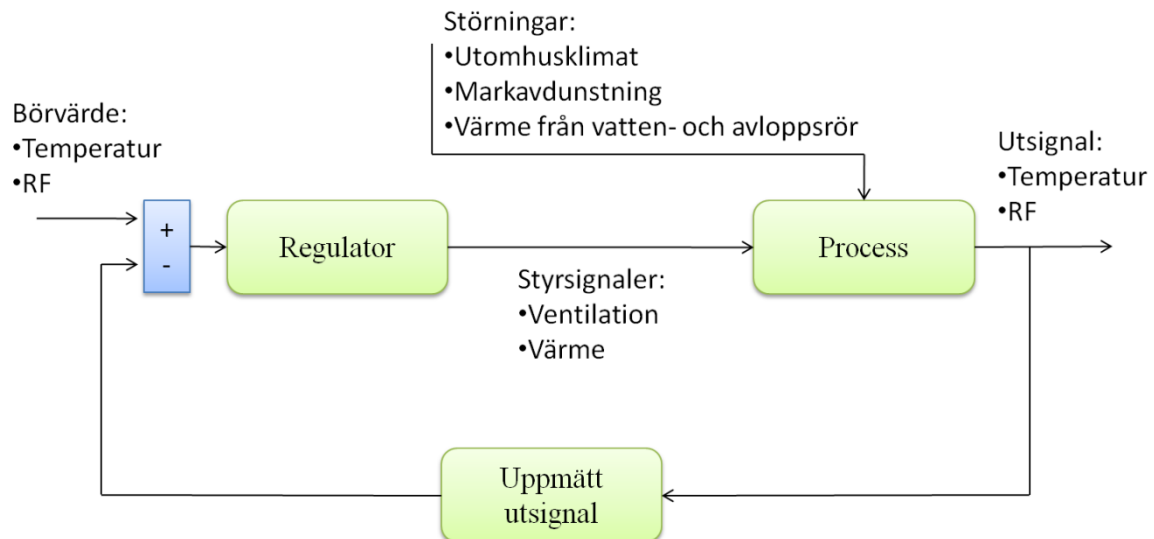
Figur 46. Fjärrvärmerörens inverkan på temperaturen i grunden.

### 8.2.3 REGLERSTRUKTUR

Processen påverkas åtminstone av följande fyra faktorer:

- ventilation
- värmetillförsel
- klimat (inomhus och utomhus)
- markavdunstning.

Av dessa faktorer är ventilationen kontrollerbar och en del av värmetillförseln likaså, medan markavdunstning samt inomhus- och utomhusklimatet inte kan kontrolleras med installerad utrustning. Inomhusklimatet håller en konstant temperatur men fuktigheten är beroende av fukttillförseln från inomhuskällorna samt mängden fukt i den luft som tas in utifrån. Utomhusklimatet kan då påverka förhållandena i krypgrunden direkt eller indirekt via inomhusklimatet. För reglering av processen kan de kontrollerbara faktorerna ses som insignaler medan de okontrollerbara faktorerna är störningar. Då både temperatur och RF påverkar möjligheten för biologisk påväxt ses dessa naturligt som utsignaler som skall regleras. Den slutliga reglerstrukturen kan då beskrivas med figuren nedan.



Figur 47. Slutgiltig reglerstruktur.

Arbetet omfattar endast uppbyggnaden av ett styr- och övervakningssystemet. Regulatorn består därför i detta skede endast av en människa som vidtar styråtgärder baserat på utsignalens mätvärden. I och med att utsignalen mäts tillkommer även en störning till i form av mätfel hos givarna men denna störning är dock inte medtagen i Figur 47.

### 8.3 HYPOTES FÖR FORTSATT FORSKNING

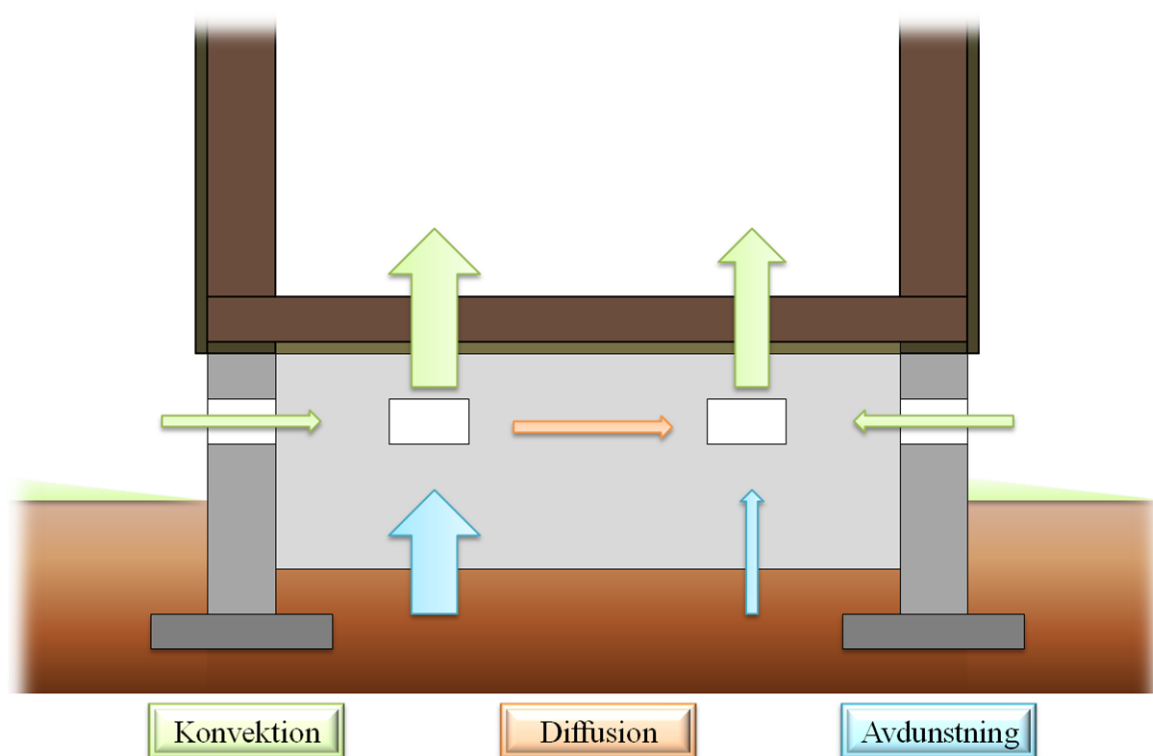
Den logghistorik som i detta skede finns tillgänglig antyder som ovan påvisats att förhållandena varierar kraftigt inne i krypgrunden. Detta faktum har tillsammans med annan information används för att skapa en hypotes för att förklara hur de rådande förhållandena har uppkommit. De viktigaste iakttagelserna för hypotesen är följande:

1. Temperaturgradient inne i kryputrymmet.
2. Ånghaltsgradient inne i kryputrymmet.
3. Konstant högre ånghalt i krypgrunden än både inom- och utomhus.
4. Högre lufttryck i krypgrunden än inomhus.
5. Avsaknad av markavrinning och hängrännor på den nybyggda delen.
6. Oisolerade avloppsrör.
7. Dragning av fjärrvärmerör.

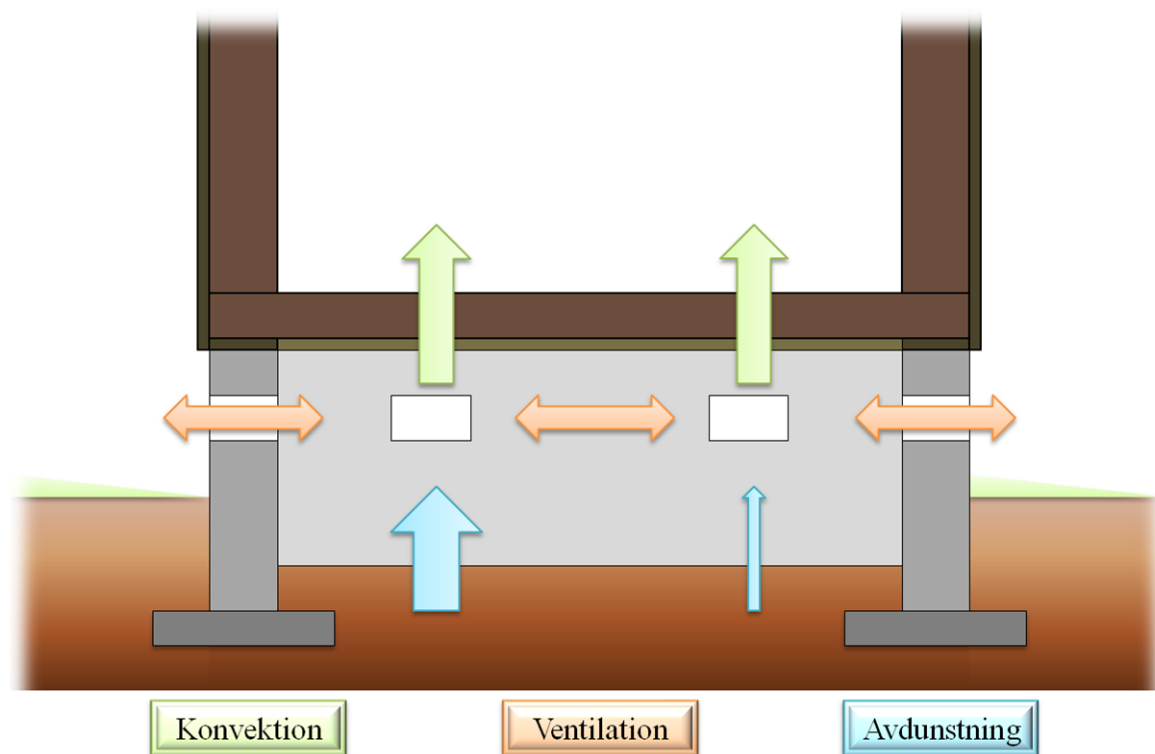
### 8.3.1 VARIATIONER I ÅNGHALT

Variationerna i ånghalt antas bero på att grundbotten inte är lika fuktig över hela grunden med följden att avdunstning från mark tillför olika mycket fukt på skilda ställen. Diffusionseffekten arbetar för att jämna ut den gradient som uppkommer men på grund av ett fuktflöde upp till inomhusluften kan en konstant ånghaltsgradient upprätthållas. Fuktflödet upp genom golvet baserar sig på konvektion där tryckskillnaden mellan grunden och inomhusluften är den påverkande faktorn.

Vid ovanstående resonemang är ventilationen avslagen och utomhusluft tränger endast in genom otätheter i grunden för att möjliggöra luftflödet upp genom golvet. Slås ventilation på kommer luftflöden också att gå mellan ventilationsluckorna eller från dessa till frånluftsfläktarna. Ventilationen kommer då att arbeta för att uppnå ett jämviktsläge där ånghalten i grunden är den samma som ånghalten utomhus. Dessa båda scenarion illustreras med figurerna nedan.



Figur 48. Jämviktsläge för ånghalt vid avstängd ventilation.



Figur 49. Jämviktsläge för ånghalt med påslagen ventilation.

### 8.3.2 TEMPERATURVARIATIONER

Även temperaturvariationerna antas bero på att grundbotten inte är lika fuktig överallt. En varierande markavdunstning leder inte endast till skillnader i ånghalt utan även till temperaturskillnader då avdunstning är en energikrävande process. Den nödvändiga värmeenergin tas ur luften och resultatet blir då att grunden ställvis kan vara svalare. Temperaturen kunde i detta fall även höjas utan aktiv uppvärmning då en reducering av fuktkällorna med hängrännor och avrinning indirekt skulle orsaka en temperaturhöjning. Temperaturvariationer orsakas dock även av vatten- och avloppsrör och vidare kan det även hända att husets fjärrvärmerör är ansvariga för en del av temperaturgradienten. Dessa rör råkar vara placerade på den varmare delen av grunden.

### 8.3.3 EVALUERING

Hypotesen kan enkelt testas genom att först ta jordprover för att granska om marken faktiskt är fuktigare under den delen av huset som har högre ånghalt. Ytterligare borde ånghaltsgradienten bli mindre sommartid då utomhusluften blir varmare och den drivande tryckdifferensen minskar.

## 9. UTVÄRDERING OCH DISKUSSION

Det installerade styr- och övervakningssystemet fungerar och levererar kontinuerligt ny data. Historik finns tillgänglig från 27.11.2010 och baserat på den hittills insamlade information har en grundkunskap om processen egenskaper erhållits. Av styrdonen har endast värmekabelns effekter kunnat testas, men så fort vädret tillåter kommer även tester av övriga styrdon att utföras. Även om systemet som helhet fungerar krävs ännu mer information innan det är möjligt att avgöra om systemet som helhet har vad som krävs för att styra processen.

Funktionsspecifikationen förverkligas funktionsmässigt till fullo av det installerade systemet. De få skillnader som förekommer utgörs endast av två tillagda signaler i I/O-listan. Dessa utgörs av en digital signal för till- och fränkoppling av matningsspänningen för de linjära styrdonen samt en analog signal för övervakning av strömmen till frånluftsfläktarna. Som tidigare nämnts är inte modbus-anslutningen för överföring av mätvärden från väderstationen färdig ännu, men detta är ett tillägg som inte fanns med i funktionsspecifikationen och ses därför inte som tillkortakommande.

### 9.1 SLUTRESULTAT

Redan från historikens startdatum så har halva grunden kontinuerligt haft höga RF-värden. Under denna tid har dock temperaturen varit så pass låg att risken för biologisk påväxt varit liten. De undersökningar som gjordes tidigare på hösten för att bestämma var givarna skulle placeras indikerade dock också på höga RF-nivåer men då vid betydligt högre omgivningstemperaturer. Det kan därför antas troligt att goda förhållanden för biologisk påväxt råder under vissa delar av året och att någon typ av reglering därför är nödvändig.

I detta skede existerar ingen regulator för reglering av processen men de omkringliggande systemen är färdiga. En framtida regulator har möjlighet att basera styrningen av processen utgående från följande givares mätvärden:

- 5 st. Temp/RF-givare inne i krypgrunden
- 1 st. Temp/RF-givare inomhus
- 1 st. Temp/RF-givare utomhus
- 1 st. differentialtrycksgivare inomhus/krypgrund
- 1 st. väderstation (temperatur, vindhastighet, ljusstyrka och regn).



För styrning av processen kan regulatören använda följande styråtgärder:

- 4 st. styrbara ventilationsgluggar
- 2 st. frånluftsfläktar
- 50 m värmekabel.

Baserat på att hängrännor saknas och att markavrinningen är bristfällig runt husets ena sida så finns det en överhängande risk att styrsystemet kommer att kräva en stor energi åtgång. Problemen med hängrännor och markavrinning behöver dock åtgärdas i vilket fall som helst och är inte enbart negativa. Så länge utrustningen får vara kvar finns det en ypperlig chans att evaluera effekterna som dessa byggnadstekniska åtgärder har.

## 9.2 ANALYS AV ARBETET

Vid en tillbakablick på slutet av sommaren då arbetet startade så är den mest slående faktorn hur pass väl arbetet lyckades med tanke på hur lite kunskap som fanns i detta skede. Med facit i hand skulle det säkert ha varit bra att skapa en bättre teoretisk grund före systemet började planeras men det är ju betydligt enklare att konstatera i efterhand. Ofta krävs en viss praktiskt erfarenhet av utrustningen som skall användas före en tillräcklig förståelse för teorin kan erhållas. Av samma orsaker är det även svårt att göra upp en god funktionsspecifikation innan arbetet börjar och det här arbete var här inget undantag. Funktionsspecifikationen skrevs ned först i ett väldigt sent skede och detta gjorde valet av utrustning väldigt svår. Klara specifikationer skulle både ha underlättat för försäljarna att ge korrekta offerter på samma gång som produktvalet skulle ha blivit enklare. Ett komplett styr- och övervakningssystem kräver dock kunskap inom otroligt många områden och det är därför väldigt svårt att få ihop tillräckligt med kunskap i ett tidigt skede för att få en väl utformad funktionsspecifikation.

På grund av arbetets stora omfattning så har det även varit väldigt lärorikt. Den stora skillnaden från tidigare skolarbete har främst varit att arbetet inte tog slut efter planeringsskedet. Vid genomläsning av tidigare gjorda examensarbeten så kan noteras att detta också ofta är fallet för dessa. Av denna orsak är jag personligen väldigt glad över att arbetet även omfattade ett förverkligande av systemet även om detta medförde mycket mera arbete. Det har varit väldigt nyttigt att se den praktiska skillnaden mellan att endast planera köp av utrustning och att faktiskt installera utrustningen. Då det kommer till givare, styrdon, styrenheter, och tillhörande mjukvara så är erfarenheter en avgörande faktor. Även om komponenterna enligt specifikationerna kan tyckas vara kompatibla så är verkligheten oftast inte lika självklar. Det finns otaliga fällor för den oerfarna att trampa i

och det här har även hänt ställvis under detta arbetes gång. Teoridelen har därför kompletterats otaliga gånger för att försöka inkludera den information som behövs för att inte gå i samma fällor fler än en gång.

Vid förverkligande av ett system noteras också att den oerfarne alltid är en liten tidsoptimist. Angivna leveranstider kan inte tolkas som om de skulle vara en skriven lag och utöver uppstår även ofta små komplikationer vid installation. Dessa små komplikationer utelämnas ofta då tidsplaneringen görs med följden att planen spricker. Vad gäller det här projekt så är lärdomen främst att installation i ett utrymme där takhöjden varierar mellan 40–80 cm begränsar kraftigt arbetstakten och det har fått erfaras gång på gång.

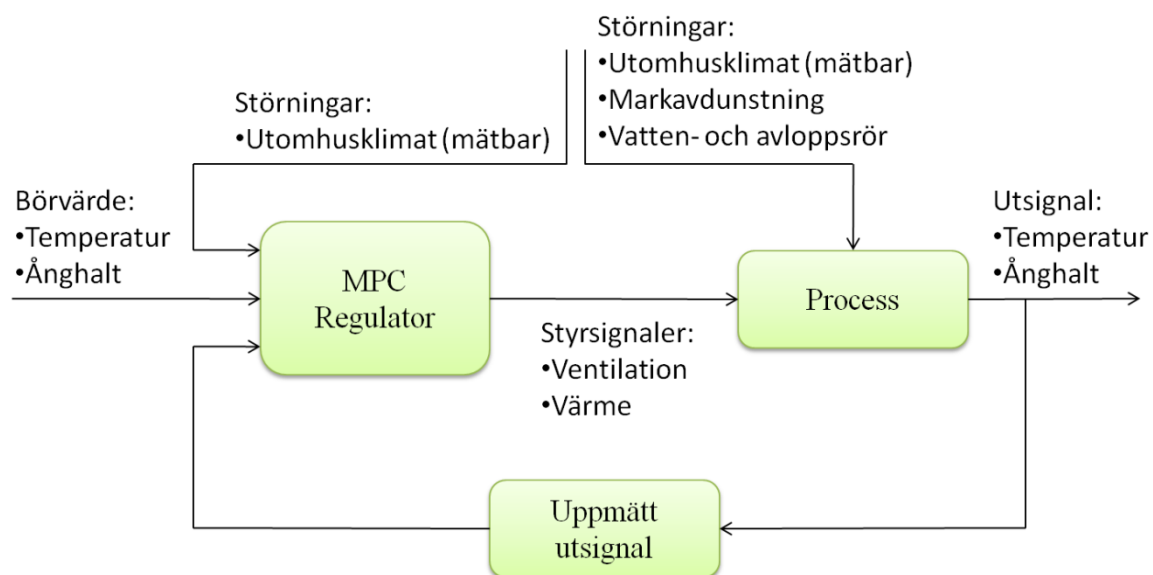
### 9.3 FORTSATT FORSKNING

Arbetet så här långt har enbart fokuserat på att skapa förutsättningar för fortsatt forskning. Ett första framtidsmål borde vara att låta systemet samla data så att logghistoriken skulle bestå av data från ett helt år. Under tiden som data samlas kunde en intelligent styrning utvecklas. Med intelligent menas här någon typ av avancerad regulator. En avancerad reglering kräver dock en modell av processen och en sådan bör då även skapas, antingen genom härledning med fysikaliska formler eller med någon typ av ”black box-metod”. Förslag kunde här vara t.ex. neurala nätverk då det inte finns några garantier för att processen är linjär. Oberoende av metod så behövs en längre logghistorik för att kunna verifiera modellen.

En framtida avancerad regulator borde även basera regleringen på en riskfunktion i stället för gränsvärden då detta med största sannolikhet leder till en allt för hög energiförbrukning. Som redan nämnts så tyder tidigare forskning på att energiförbrukning stiger kraftigt då man som i detta fall inte använder någon marktäckning. Tidigare forskning har även visat att problemet långt är temperaturbaserat och detta borde då också beaktas vid reglering. Ventilationen kan användas för att värma upp krypgrunden på våren vilket kan ha betydande effekter senare på sommaren.

I enighet med ovanstående borde då regulatorn basera uppvärmningen på någon form av riskfunktion och ventilationen efter hur gynnsamma förhållandena är. Finns det möjlighet att värma eller avfukta grunden borde ventilationen gå på fullt. I annat fall kanske det räcker att bara ventilera bort elak lukt eller som ett tredje alternativ stänga all ventilation om förhållandena är allt för ogynnsamma. Ett förslag på regulator som kan hantera dessa villkor och krav är en MPC (model predictive controller) regulator. Denna fungerar genom

att utgående från modell prediktioner framåt i tiden välja de styråtgärder som ger bäst resultat. Regulatorn kunde då använda nuvarande värden för utomhusklimatet tillsammans med utsignal och börvärde för att förutspå bästa användningen av styrdonen med avseende på en riskfunktion. I ett sådant fall kunde reglerstrukturen byggas upp på följande sätt.



Figur 50. MPC-reglerstruktur

## 9.4 DISKUSSION

De undersökningar som gjorts i både Finland och Sverige tyder på att nyckelfaktorerna för krypgrundens relativa fuktighet är avdunstningen från marken samt utrymmets termiska beteende. De åtgärdsmetoder som undersökts har då med hjälp av byggnadstekniska metoder strävat till att minska på dessa faktorerers inverkan. I de fallen var mer tekniska metoder använts har det handlat om gränsvärdesreglering eller på sin höjd värmereglering baserat på en riskfunktion. Det borde med andra ord finnas möjlighet att ytterligare undersöka vilken effekt en intelligent kombination av de tekniska åtgärderna kan ha. En avancerad regulator borde ha möjlighet att utföra uppgiften effektivare och detta är något som kunde undersökas.

Tidigare har konstaterats att någon form av markbeläggning behövs för att hålla nere energikostnaderna. I detta fall saknas nu markbetäckning helt och hållet och därtill är ena sidan troligtvis utsatt för stor fuktbelastning då avrinnig och hängrännor saknas. Följden blir då att regleringens stora fråga är ifall styrdonen är tillräckligt kraftiga samt ifall det kan reglera processen till acceptabel kostnad. Vid evaluering av styrdonens effekt bör man även beakta att grunden i detta skede är väldigt fuktig och att det troligtvis kommer att krävas en upptorkningsperiod först innan en rättfärdig evaluering av styrdonen kan göras.

## REFERENSER

**Bailey, David och Wright, Edwin. 2003.** *Practical SCADA for Industry*. Great Britain : Elsevier, 2003. ISBN 978-0-7506-5805-8.

**Bengtsson, Lars. 2008.** *Elektriska mätsystem och mätmetoder*. Lund : Studentlitteratur, 2008. ISBN 978-91-44-02903-0.

**Boyer, Stuart A. 2004.** *SCADA*. United States of America : ISA, 2004. ISBN 1-55617-877-8.

**Burke, Stephen. 2007.** *Crawl spaces in Sweden*. Lund : Emerald Group, 2007. 0263-080X.

**Cegrell, Torsten och Sandberg, Ulf. 1994.** *Industriella styrsystem*. Borås : Responstryck, 1994. ISBN 91-88330-00-1.

**CIBSE. 2000.** *Building control systems*. Midsomer Norton : Bookcraft Ltd, 2000. ISBN 0750650478.

**Deling, Jakob och Eskilander, Christian. 2004.** *Fukttekniska lösningar för uteluftsventilerade kryprumsgrunder*. Stockholm : KTH examensarbete, 2004. 339.

**Fay, Robert C. & Mcmurry, John E. 2008.** *Chemistry*. Upper Saddle River, NJ 07458 : Pearson Education, Inc, 2008. ISBN 0-13-232146-7.

**Giancoli, Douglas C. 2008.** *Physics for scientists and engineers*. Upper Saddle River, NJ 07458 : Pearson Education, Inc, 2008. ISBN 0-13-232110-6.

**Haag, Bengt. 1998.** *Industriell systemteknik*. Lund : Studentlitteratur, 1998. ISBN 978-91-44-00819-6.

**Hackworth, John R. och Hackworth, Frederick D. Jr. 2004.** *Programmable Logic Controllers*. Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Education Ltd., 2004. ISBN 0-13-060718-5.

**Hagentoft, Carl-Eric. 2002.** *Vandrande fukt strålande värme*. Lund : Studentlitteratur Ab, 2002. ISBN 978-91-44-04218-3.

**Harrold, Dave. 1998.** Control Engineering online. [Online] Oktober 1998. [Citat: den 19 Februari 2011.] [http://www.dataforth.com/catalog/bb/133\\_388652239.pdf](http://www.dataforth.com/catalog/bb/133_388652239.pdf).

**KLUCK2.** KLUCK 2 Kompetenscentrum Byggnad-Luftkvalitet-Hälsa. [Online] [Citat: den 4 augusti 2010.] <http://kluck.novia.fi/>.

**Kurnitski, Jarek och Matilainen, Miinu. 2000.** Moisture conditions of outdoor air-ventilated crawl spaces in apartment buildings in a cold climate. *Energy and Buildings*. 2000, Vol. 33.

**Kurose, James F. och Ross, Keith W. 2010.** *Computer Networking*. Boston : Pearson Education, Inc, 2010. ISBN-10: 0-13-136548-7.

**Lindahl, Per-Erik och Sandqvist, William. 2009.** *Mätgivare*. Malmö, Sweden : Studentlitteratur, 2009. ISBN 978-91-44-00054-1.

**Ljunby fuktkontroll & sanering. 2010.** Ljunby fuktkontroll & sanering AB. [Online] 2010. [Citat: den 9 december 2010.] <http://www.lfs-web.se/olampliga%20krypgrundsatsgarder.htm>.

**Matilainen, Miinu och Kurnitski, Jarek. 2003.** Moisture conditions in highly insulated outdoor ventilated crawl spaces in cold climates. *Energy and Buildings*. 2003, Vol. 35.

**Matilainen, Miitu, Kurnitski, Jarek och Seppänen, Olli. 2003.** Moisture conditions and energy consumption in heated crawl spaces in cold climates. *Energy and Buildings*. 2003, Vol. 35.

**Miljöministeriet. 2010.** *Miljöministeriet*. [Online] den 6 Maj 2010. [Citat: den 4 Augusti 2010.] <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=357983&lan=FI>.

**Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt. 1994.** *Fukthandbok*. Mölnlycke : Elanders Infologistics Väst Ab, 1994. ISBN 978-91-7333-156-2.

**Padt, Moses. 2004.** *Fuktproblem i uteluftade krypgrunder - tekniska åtgärder*. Stockholm : KTH examensarbete, 2004. 331.

**REGIN.se.** REGIN. [Online] [Citat: den 6 Augusti 2010.] <http://www.reginproducts.se/Common/Frameset.aspx?x&Profile=Sweden&DBDocId=481871>.

**Relay. 2011.** Wikipedia. [Online] den 3 februari 2011. [Citat: den 3 februari 2011.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Relay>.

**Samuelsson, Ingemar. 2010.** Presentation om fukt i byggnader. Vasa, 2010.

**Sedbauer, K., o.a. 2001.** Mold growth prediction by computational simulation. *Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP)*. [Online] 2001. [Citat: den 26 december 2010.] [http://www.hoki.ibp.fhg.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1\\_32.pdf](http://www.hoki.ibp.fhg.de/ibp/publikationen/konferenzbeitraege/pub1_32.pdf).

**Svensson, Charlotte. 2001.** *Effekter av åtgärder i uteluftsventilerad krypgrund med fukt- och mögelskador*. Lund : Lunds tekniska högskola, 2001. ISBN: 91-88722-22-8.

**Tampereen teknillinen yliopisto. 2008.** *Matalaenergiarakentaminen toimivuus*. 2008. Tutkimusselostus N:o 1706.

**Thomas, Bertil. 2008.** *Modern Reglerteknik*. Korotan, Ljubljana, Slovenien : Liber Ab, 2008.

**Trygghetsvakten.se.** *Trygghetsvakten*. [Online] [Citat: den 1 Augusti 2010.] <http://www.trygghetsvakten.se/avfuktare/10-orsaker-for-att-krypgrund-ar-en-bragrunderlaggningsmetod.html>.

**Åberg, Olle. 1995.** *Kryprumsgrunder*. Lund : Byggeforskningsrådet, Stockholm, 1995. ISBN 91-540-5704-3.

**BILAGOR****BILAGA A****DATABLAD****BILAGA B****RITNINGAR****BILAGA C****LOKALA VARIATIONER****BILAGA D****INSTALLATIONSBILDER**

## TEMPERATUR/FUKTGIVARE

envic

### HR-10X KOSTEUSLÄHETTIMET



HR-10X lähetimet ovat 2- tai 4-johdintekniikalla toimivia, teollisuuden ja kiinteistöjen käyttöön suunniteltuja, suhteellisen kosteuden mittausrakenteita. Käytetyllä kosteuselementillä on hyvän tarkkuuden ja laajan mittausalueen lisäksi ominaista erinomainen pitkäaikaisstabiilisuus, joka vähentää lähettimen uudelleenkalibrointitarvetta.

HRT-10X lähetimiin on mahdollista liittää myös Pt-100 ohm lämpötila-anturi, joko 2- tai 3-johdinkytkenä.

Käyttökohteen mukaan kosteuslähetimiä on saatavissa kolmena rakenteena: Huone-, varasto- ja kanavakosteuslähtetin.

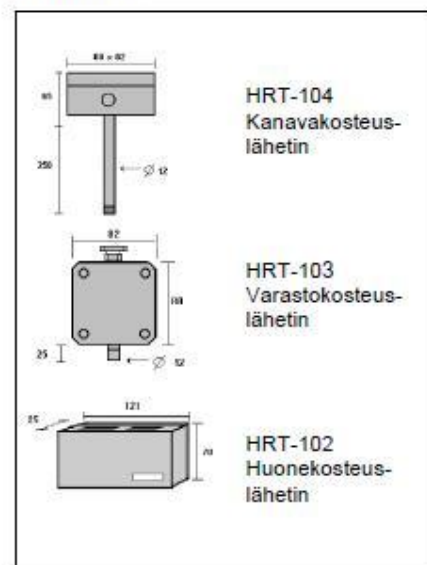
Kapasitiivisen kosteuselementin mitattava kosteusratio välittyy lineaarisena 4-20mA virtaviestinä tai 0-1(10)V jänniteviestinä lähetimen ulostulosta, josta se on siirrettävissä eri näyttö- ja säädinyksiköille. Ympäristön lämpötilan vaikutus mittaukseen on eliminoitu vastusanturilla tehdyllä lämpötilan kompensointimittauksella.

Laaja syöttöjännitealue (18-36 VDC) parantaa lähettimen kuormitettavuutta ja vähentää jännitevaihteluiden vaikutusta mittaukseen.

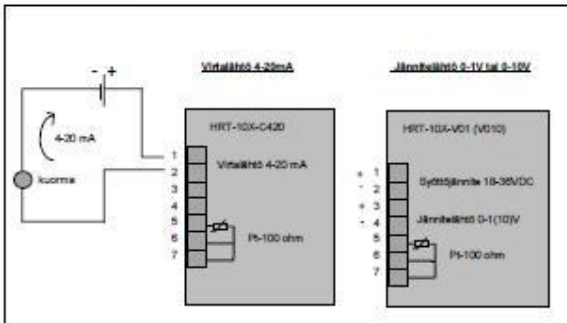
#### TEKNISET TIEDOT

<b>Mittausalueet:</b>	Kosteus 0...100% kaikki mallit
	Lämpötila HRT-102 0...+70 °C
	HRT-103 -40...+70 °C
	HRT-104 -50...+100 °C
<b>Lähdöt:</b>	Kosteus - jännite 0-1V tai 0-10 V
	virta 4-20 mA
	Lämpötila - Pt-100 ohm,
	2- tai 3-johdinkytkenä
<b>Tarkkuus:</b>	Kosteus ±2%RH (0...90%RH)
	±5%RH (muu alue)
	Lämpötila ±0.3 °C
<b>Syöttöjännite:</b>	18-36 VDC ± 10%
<b>Elementit:</b>	Kosteus - kapasitiivinen anturi
	Lämpötila - Pt-100 ohm (DIN)
<b>Ymp. lämpötila:</b>	0 ... +70 °C
<b>Varastointi:</b>	-25 ... + 80 °C
<b>Lämpöriippuvuus:</b>	< ±0.05%/°C
<b>Kotelointi:</b>	Elektroniikka- ja liitännät muovisessa suojakotelossa
<b>Kytkenä:</b>	Ruuviliitimet, maks. 2.5 mm <sup>2</sup>
<b>Suojaus:</b>	Sintrattu suodin kanava- ja varasto-kosteuslähetimissä

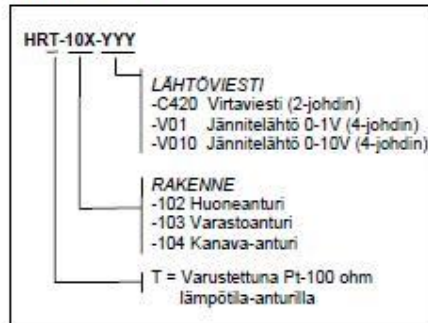
#### RAKENTEET



#### LIITÄNNÄT



#### TILAUSMALLI





## USB-LOGGER



# Model ST-171

Temperature & Humidity  
USB Data Logger

## Instruction Manual



[www.reedinstruments.com](http://www.reedinstruments.com)

Function	Range	Accuracy
Relative Humidity	0 to 20% & 80 to 100% 20 to 40% & 60 to 80% 40 to 60%	$\pm 5.0\%$ $\pm 3.5\%$ $\pm 3.0\%$
Temperature	-40 to -10°C & +40 to +70°C 10 to +40°C -40 to +14°F & 104 to 158°F +14 to +104°F	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ $\pm 3.6^{\circ}\text{F}$ $\pm 1.8^{\circ}\text{F}$
Dew point Temperature	-40 to 70°C (-40 to 158°F)	$\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ( $\pm 4.0^{\circ}\text{F}$ )

## TRYCKDIFFERENSGIVARE



### Model 264

#### Very Low Differential Pressure Transducer

Unidirectional Ranges: 0 - 0.1 to 0 - 100 in. W.C.

Bidirectional Ranges: 0 -  $\pm 0.5$  to 0 -  $\pm 50$  in. W.C.

Air or Non-Conducting Gas



**S**etra Systems 264 pressure transducers sense differential or gauge (static) pressure and convert this pressure difference to a proportional electrical output for either unidirectional or bidirectional pressure ranges. The 264 Series is offered with a high level analog 0 to 5 VDC or 4 to 20 mA output.

Used in Building Energy Management Systems, these transducers are capable of measuring pressures and flows with the accuracy necessary for proper building pressurization and air flow control.

The 264 Series transducers are available for air pressure ranges as low as 0.1 in. W.C. full scale to 100 in. W.C. full scale. Static standard accuracy is  $\pm 1.0\%$  full scale in normal ambient temperature environments, but higher accuracies are available. The units are temperature compensated to 0.033% FS/°F thermal error over the temperature range of 0°F to +150°F.

The Model 264 utilizes an improved all stainless steel micro-tig welded sensor. The tensioned stainless steel diaphragm and insulated stainless steel electrode, positioned close to the diaphragm, form a variable capacitor. Positive pressure moves the diaphragm toward the electrode, increasing the capacitance. A decrease in pressure moves the diaphragm away from the electrode, decreasing the capacitance. The change in capacitance is detected and converted to a linear DC electrical signal by Setra's unique electronic circuit.

The tensioned sensor allows up to 10 PSI overpressure (in either direction) with no damage to the unit. In addition, the parts that make up the sensor have thermally matched coefficients, which promote improved temperature performance and excellent long term stability.

NOTE: Setra quality standards are based on ANSI-Z540-1.

The calibration of this product is NIST traceable.

U.S. Patent nos. 4090915; 4358814; 4434303; 6019002; 6014800.  
Other Patents Pending

159 Swanson Rd., Boxborough, MA 01719/Telephone: 978-263-1400/Fax: 978-264-0292

### Applications

- Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC)
- Energy Management Systems
- Variable Air Volume and Fan Control (VAV)
- Environmental Pollution Control
- Lab and Fume Hood Control
- Oven Pressurization and Furnace Draft Controls

### Features

- Up to 10 PSI Overpressure on All Ranges
- Installation Time Minimized with Snap Track Mounting and Easy-To-Access Pressure Ports and Electrical Connections
- 0 to 5 VDC or 2-wire 4 to 20 mA Analog Outputs Are Compatible with Energy Management Systems
- Reverse Wiring Protection
- Internal Regulation Permits Use with Unregulated DC Power Supplies
- Fire Retardant Case (UL 94 V-0 Approved)
- Meets CE Conformance Standards

When it comes to a product to rely on - choose the Model 264.  
When it comes to a company to trust - choose Setra.



Visit Setra Online:  
<http://www.setra.com>

**setra**  
800-257-3872

## Performance Data

	Standard	Optional
Accuracy* RSS (at constant temp)	±1.0% FS	±0.4% FS ±0.25% FS
Non-Linearity, BSL	±0.9% FS	±0.38% FS ±0.22% FS
Hysteresis	0.10% FS	0.10% FS 0.10% FS
Non-Repeatability	0.05% FS	0.05% FS 0.05% FS

## Thermal Effects\*\*

Compensated Range °F (°C)	0 to +150 (-18 to +65)
Zero/Span Shift %FS/°F (°C)	0.033 (0.06)
Maximum Line Pressure	10 psi
Overpressure	Up to 10 psi
Long Term Stability	(Range Dependent) 0.5% FS/1 YR

## Position Effect

(Unit is factory calibrated at 0g effect in the vertical position.)

Range	Zero Offset %FS/G
To 0.5 in. WC	0.60
To 1.0 in. WC	0.50
To 2.5 in. WC	0.22
To 5 in. WC	0.14

\*RSS of Non-Linearity, Hysteresis, and Non-Repeatability.

\*\*Units calibrated at nominal 70°F. Maximum thermal error computed from this datum.

## Model 264 Specifications

### Environmental Data

Temperature	
Operating* °F (°C)	0 to +175 (-18 to +79)
Storage* °F (°C)	-65 to +250 (-54 to +121)

\*Operating temperature limits of the electronics only. Pressure media temperatures may be considerably higher.

### Physical Description

Case	Fire-Retardant Glass Filled Polyester (UL 94 V-0 Approved)
Mounting	Four screw holes on removable zinc plated steel base (designed for 2.75" snap track)
Electrical Connection	Screw Terminal Strip
Pressure Fittings	3/16" O.D. barbed brass pressure fitting for 1/4" push-on tubing
Zero and Span Adjustments	Accessible on top of case
Weight (approx.)	10 ounces

### Pressure Media

Typically air or similar non-conducting gases.

Specifications subject to change without notice.

### Electrical Data (Voltage)

Circuit	3-Wire (Com, Exc, Out)
Excitation	9 to 30 VDC
Output*	0 to 5 VDC**
Bidirectional output at zero pressure:	2.5 VDC**
Output Impedance	100 ohms

\*Allocated into a 50K ohm load, operable into a 500-ohm load or greater.

\*\*Zero output factory set to within ±0.01mV (±0.5 mV for optional accuracies).

\*\*\*Span (Full Scale) output factory set to within ±0.01mV (±0.25 mV for optional accuracies).

### Electrical Data (Current)

Circuit	2-Wire
Output*	4 to 20mA**
Bidirectional output at zero pressure:	12mA**
External Load	0 to 800 ohms
Minimum supply voltage (VDC) =	9 + 0.02 x (Resistance of receiver plus line).
Maximum supply voltage (VDC) =	30 + 0.004 x (Resistance of receiver plus line).

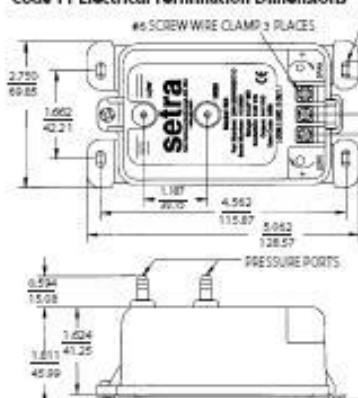
\*Calibrated at factory with a 24 VDC loop supply voltage and a 250 ohm load.

\*\*Zero output factory set to within ±0.1mA (±0.08 mA for optional accuracies).

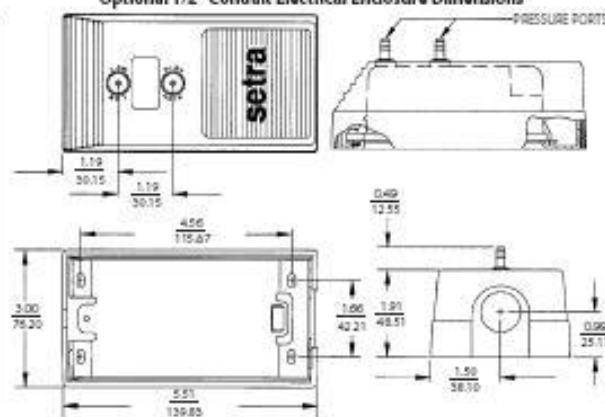
\*\*\*Span (Full Scale) output factory set to within ±0.1mA (±0.08 mA for optional accuracies).

## Outline Drawings

### Code T1 Electrical Termination Dimensions



### Optional 1/2" Conduit Electrical Enclosure Dimensions



## ORDERING INFORMATION

Code all blocks in table.

Example: Part No. 26412

Model	Differential	Bidirectional	Output	Elec. Termination	Accuracy
2641 = 264	081WD = 0 to 0.1 in. WC 825WD = 0 to 0.25 in. WC 085WD = 0 to 0.5 in. WC 001WD = 0 to 1 in. WC 285WD = 0 to 2.5 in. WC 003WD = 0 to 3 in. WC 005WD = 0 to 5 in. WC 010WD = 0 to 10 in. WC 015WD = 0 to 15 in. WC 025WD = 0 to 25 in. WC 050WD = 0 to 50 in. WC 100WD = 0 to 100 in. WC	805WB = ±0.05 in. WC 081WB = ±0.1 in. WC 825WB = ±0.25 in. WC 085WB = ±0.5 in. WC 001WB = ±1 in. WC 185WB = ±1.5 in. WC 285WB = ±2.5 in. WC 005WB = ±5 in. WC 785WB = ±7.5 in. WC 010WB = ±10 in. WC 025WB = ±25 in. WC 050WB = ±50 in. WC	11 = 4-20 mA 20 = 0 to 5 VDC	Standard T1 = Terminal Strip Optional A1 = 1/2" Conduit Enclosure	Standard C = ±1% FS Optional (w/Cal. Cert.) E = ±0.4% FS F = ±0.25% FS G = ±1% FS

Please contact factory for versions not shown.

While we provide application assistance on all Setra products, both internally and through our literature, it is the customer's responsibility to determine the suitability of the product to the application.

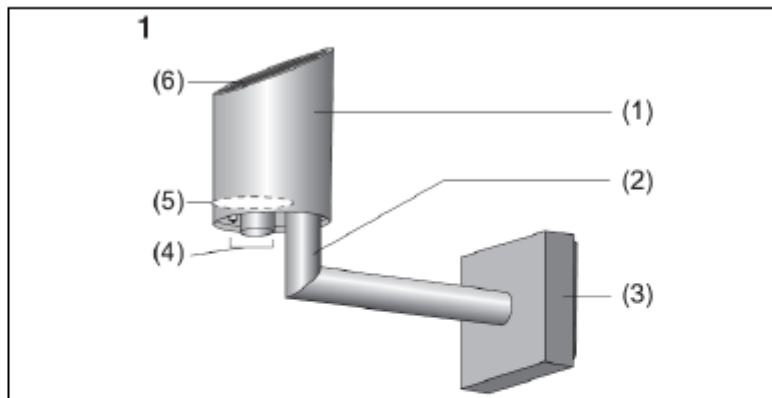
159 Swanson Road, Boxborough, MA 01719/Tel: 978-263-1400  
Toll Free: 800-257-3872; Fax: 978-264-0292; email: sales@setra.com

**setra**



## VÄDERSTATION

### 2. Device layout



- (1) Sensor head f
- (2) Mounting bracket
- (3) Terminal box
- (4) Temperature and wind sensors
- (5) Brightness and twilight sensors
- (6) Rain sensor

### 3. Function

#### 3.1. System information

This device is a product of the KNX system and complies with KNX directives. Detailed technical knowledge obtained in KNX training courses is a prerequisite to proper understanding.

The functionality of this device depends on the software. Detailed information on software versions and attainable functionality as well as the software itself can be obtained from the manufacturer's product database. Planning, installation and commissioning of the unit is effected by means of KNX-certified software. The product database, technical descriptions, conversion programs and other utilities are available in their latest version in the Internet. [www.jung.de](http://www.jung.de)

#### 3.2. Designated use

- Measurement and evaluation of weather data: wind speed, precipitation, twilight, temperature and brightness.
- Vertical mounting on the outside of buildings, preferably on roofs and at facades.

#### 3.3. Product features

- Integrated KNX bus coupler
- Compact housing
- Low-maintenance device
- Measured-value acquisition and limit value monitoring

## 6. Technical data

KNX-medium	TP1
Start-up mode	S-Mode
KNX supply	KNX 21...32 V DC
KNX power consumption	typ. 450 mW
KNX connection	KNX Anschlussklemme
External supply	
Rated voltage	AC/DC 24 V SELV
Power consumption	max. 7,5 W
Connection	Connecting terminal yellow/white
Ambient conditions	
Ambient temperature	-20 °C ... +55 °C (no icing and no soiling)
Storage temperature	-40 °C ... +70 °C
Box	
Type of protection	IP 44 (position of normal use)
Safety class	III
Dimensions (L x W x H)	approx. 88 x 170 x 204 mm (incl. mounting bracket)
Weight	ca. 240 g
Sensor signals	
Temperature	
Measuring range	approx. -20 ... +55 °C
Accuracy	± 1 K (Windgeschw. > 0,5 m/s)
Wind speed	
Measuring range	ca. 0 ... 40 m/s
Accuracy	± 2 m/s
Precipitation	
Measuring range	precipitation yes / no
Sensitivity	fine drizzle
Shut-off delay	adjustable
Brightness	
Cardinal points	Ost, Süd, West
Measuring range	ca. 1 ... 110 klx
Spectral range	700 ... 1050 nm
Accuracy	10 % (upper end of measuring range)
Twilight	
Cardinal point	south
Measuring range	ca. 0 ... 674 lx
Spectral range	700 ... 1050 nm
Accuracy	10 % (upper end of measuring range)

## EFFEKTGIVARE



### MEASURING TRANSDUCERS FOR ACTIVE POWER

Types Pw-MU, Pnz-MU, Pz-MU, Pd-MU, Pdr-MU

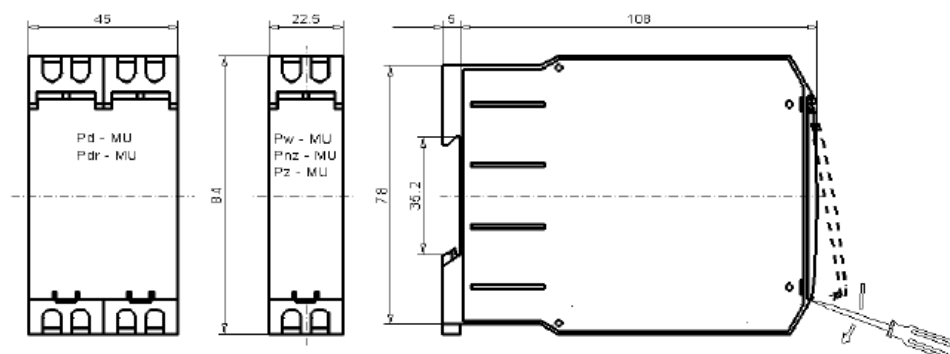
<b>General information</b>	This operating manual is included with the equipment as standard. It contains the information required for correct usage. It is aimed at trained personnel and specialist staff who are familiar with the assembly, installation and commissioning of the product described here. If additional information is required, further details can be requested by the address given below.
<b>Conformity</b>	This equipment conforms to the requirements of the Directive from the Council of the European Community on the harmonisation of the member states regarding electromagnetic compatibility, EMC Directive 2004/108/EC, as well as Low Voltage Directive 2006/95/EC.
<b>Application</b>	The measuring transducers Pw-MU, Pnz-MU, Pz-MU, Pd-MU and Pdr-MU serve to convert and isolate the active power of alternating current and three-phase current into a load-independent direct-current and direct-voltage signal.
<b>Function</b>	The quantities to be measured will get via current transformer and voltage divider to the analog multiplier where the instantaneous values of current and voltage will be multiplied and in a subsequent integrating step be formed as mean value of a direct voltage which corresponds to the active power. Sinusoidal and non sinusoidal quantities of any curvature could be measured. The galvanic separation between input and output signals is effected by means of an optocoupler. The secondary amplifiers will supply the load-independent direct current and direct-voltage signals. Both outputs are no-load resistant and short-circuit proof. Any connection between both outputs will be unacceptable. In case of "live zero", fluctuating rated voltage > +/- 20 % or rated voltage >500 V an auxiliary voltage will be required.

### Technical data

<b>Input</b>	Input quantity	Active power of alternating current or three-phase current
	Rated values	50-150 % of apparent power AC: $P_s = U \times I$ three-phase current: $P_s = U \times I \times 1,732$
	Rated voltage	100 V, 110 V, 230 V, 400 V, 500 V or 600 V (690 V in grounded installations) +/- 20 %, max. 3,5 VA
	Rated current	1 A or 5 A, 0,3 VA
	Rated frequency	50 Hz, 60 Hz or 400 Hz
	Overload, permanent	Current: 2-fold, voltage 1,2-fold
	Surge overload	Current 20-fold 1 sec., voltage 2-fold 1 sec.
<b>Output</b>	Output quantities	Double output
	Rated values	0-20mA/0-500 Ohm of load and 0-10V max. load 10 mA
	Option	"live zero" 4-20mA/0-500 Ohm of load and 2-10V max. load 10 mA (with aux.) • bipolar output (e.g.. -20 mA – 0 – +20mA and -10 V – 0 – +10V) • Zero point rise (e.g.. 0 – 10 mA – 20 mA and 0 – 5 V – 10 V) • Frequency module - a value of 0 – 5 Hz up to 0 – 10 kHz ◦ „Open-collector“ NPN, max. 30V 100 mA loadable, impulse/break 50/50 % ◦ Square wave signal 5V, max. 10 mA loadable, impulse/break 50/50 %
<b>Dynamic system behaviour</b>	Accuracy	+/- 0,5 %
	Voltage influence	< 0,1 % with +/- 10 % of rated voltage
	Frequency influence	< 0,3 % with difference frequency 10 Hz
	Phase angle influence	< 0,5 % with +/- 90°
	Temperature range	-15°C up to <u>+20°C up to +30°C</u> up to +55 °C
	Temperature influence	< 0,3 % at 10 K
	Influence of aux.	none
	Load influence	none
	External magnetic field influence	none (up to 400 A/m)
	Residual ripple	< 30 mV <sub>z</sub>
	Response time	< 300 ms (with frequency module < 400 ms)
	No-load voltage	max. 24 V
	Current limitation	max. 2-fold in case of saturation
	Testing voltage (working voltage up to 300V)	4 kV between input and output, input and aux., output and aux.
	Testing voltage (working voltage up to 600V)	4 kV between output and aux., 5,2 kV between input and output aux. 230 VAC and 110 VAC: 4 kV between input and aux. aux. 24 VDC, 6-30 V AC/DC and 36-265 V AC/DC: 5,2 kV between aux. and input

<b>Adjustment</b>	After taking off the plexiglass cover it is possible to adjust with the potentiometer which is named "SPAN" the final value and with the potentiometer which is named "ZERO" the zero-point (zero point elevation only).	
<b>Regulations</b>	EMC	DIN EN 61326
	Mechanical strength	DIN EN 61010 part 1
	Electrical security	DIN EN 61010 part 1
		Housing all insulated, protection class II, at a working voltage up to 300V (network to neutral conductor) degree of pollution 2, overvoltage category CAT III at a working voltage up to 600V (network to neutral conductor) degree of pollution 2, overvoltage category CAT III
	Accuracy, overload	DIN EN 60688
	Separation	DIN EN 61010 part 1, 3,52 kV 50 Hz 10 sec. and 5,2 kV 50 Hz 10 sec.
	Air gaps and creep distances	DIN EN 61010 part 1
	System of protection	DIN EN 60529 housing IP30, terminals IP20
	Connection	DIN 43807
<b>Auxiliary voltage</b> (only in case of "live zero", fluctuating voltage or rated voltage > 500 V)	Option	230 V AC $\pm 20\%$ , 45-65 Hz, 2,5 VA <ul style="list-style-type: none"> <li>110 V AC <math>\pm 20\%</math>, 45-65 Hz, 2,5 VA</li> <li>24 V DC, -15 % bis +25 %, 2 W, (EMC DIN EN 61326 class A)</li> <li>6-30 V AC + DC or 36-265 V AC + DC, 2 VA, (EMC DIN EN 61326 class A)</li> </ul>
<b>Types</b>	Pw-MU	Alternating current
	Pnz-MU	Three-wire three-phase current of same load
	Pz-MU	Four-wire three-phase current of same load
	Pd-MU	Three-wire three-phase current of any load
	Pdr-MU	Four-wire three-phase current of any load
<b>Weight</b>	Pw-MU, Pz-MU, Pnz-MU: 200 g Pd-MU: 340 g Pdr-MU: 370 g	

#### Dimensions



<b>Installation</b>	Attachement	snap-on mounting according to DIN EN 50 022
	Electrical connection	threaded terminal end 4 mm <sup>2</sup> max.
<b>Warning!</b>	<i>Before starting any work on or in a device, it must be disconnected from the mains or switched to a voltage-free state.</i>	
<b>Maintenance</b>	The device is maintenance-free when used correctly.	
<b>Caution!</b>	Servicing or maintenance work must only be carried out by trained specialist personnel.	



## STRÖMGIVARE



### MEASURING TRANSDUCERS FOR ALTERNATING CURRENT (SINUSOIDAL)

Iw-MU

<b>General information</b>	This operating manual is included with the equipment as standard. It contains the information required for correct usage. It is aimed at trained personnel and specialist staff who are familiar with the assembly, installation and commissioning of the product described here. If additional information is required, further details can be requested by the address given below.
<b>Conformity</b>	This equipment conforms to the requirements of the Directive from the Council of the European Community on the harmonisation of the member states regarding electromagnetic compatibility, EMC Directive 2004/108/EC, as well as Low Voltage Directive 2006/95/EC.
<b>Application</b>	The measuring transducers Iw-MU serve to convert a sinusoidal alternating current into a load-independent direct-current and/or direct-voltage signal. In the version with double outputs the outputs are switchable between 0-20 mA / 0-10 V and 4-20 mA / 2-10 V.
<b>Function</b>	The alternating current to be measured will get to the succeeding rectifying circuit via a current transformer serving for galvanic separation. The direct voltage gained in this way will be increased and converted into a load-independent direct-current and/or into an impressed direct voltage. The outputs are no-load resistant and short-circuit proof. Any connection between both outputs will be unacceptable. An auxiliary voltage will be required only in case of "live zero" resp. for the version with double outputs.

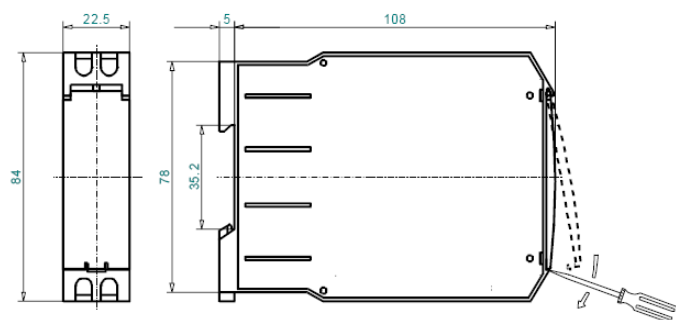
#### Technical data

<b>Input</b>	Input quantity Rated values Rated frequency Overload permanent Surge overload Own consumption	sinusoidal alternating current 0-1 A or 0-5 A 50 Hz, 60 Hz or 400 Hz 2-fold 20-fold 1 sec. 1 VA, in case of "live zero" 0,3 VA
<b>Output</b>	Output quantities Rated values Option	single-output or double-output 0-20 mA/750 Ohm of load or 0-10 V max. load 20 mA - "live zero" 4-20 mA/750 Ohm of load (aux. will be required) - 0-20mA/0-500 Ohm of load and 0-10V max. load 10 mA as well as 4-20mA/0-500 Ohm of load and 2-10V max. load 10 mA front-laterally switchable (aux. will be required) - Frequency module - a value of 0 – 5 Hz up to 0 – 10 kHz <ul style="list-style-type: none"> <li>o „Open-collector“ NPN, max. 30V 100 mA loadable, impulse/break 50/50 %</li> <li>o Square wave signal 5V, max. 10 mA loadable, impulse/break 50/50 %</li> </ul>
<b>Dynamic system behaviour</b>	Accuracy Frequency influence Temperature range Temperature influence Influence of aux. Load influence External magnetic field influence Residual ripple Response time No-load voltage Current limitation Testing voltage	+/- 0,5 % at 5-100 % of the rated value (in case of aux. 0-100 % of the rated value) < 0,01 % with difference frequency 10 Hz -15°C up to +20°C up to +30°C up to +55 °C < 0,1 % at 10 K none none none (up to 400 A/m) < 40 mV <sub>ss</sub> < 400 ms (with frequency module < 400 ms) max. 24 V max. 2-fold in case of saturation 4 kV between input and output, input and aux., output and aux.
<b>Adjustment</b>	After taking off the plexiglass cover it is possible to adjust with the potentiometer which is named "SPAN" the final value. In case of switchable double-outputs the outputs can be switched over with the slide between "LIVE ZERO" (4-20 mA/2-10 V) and "ZERO" (0-20 mA/0-10 V).	

<b>Regulations</b>	EMC	DIN EN 61326
	Mechanical strength	DIN EN 61010 part 1
	Electrical security	DIN EN 61010 part 1
		Housing all insulated, protection class II, at a working voltage up to 300V (network to neutral conductor) degree of pollution 2, overvoltage category CAT III
	Accuracy, overload	DIN EN 60688
	Separation	DIN EN 61010 part 1, 3,52 kV 50 Hz 10 sec.
	Air gaps and creep distances	DIN EN 61010 part 1
	System of protection	DIN EN 60529 housing IP30, terminals IP20
	Connection	DIN 43807
<b>Auxiliary voltage</b>		Only necessary in case of "live zero" or in case of switchable double outputs:
	Option	230 V AC $\pm 20\%$ , 45-65 Hz, 2,5 VA
		• 110 V AC $\pm 20\%$ , 45-65 Hz, 2,5 VA
		• 24 V DC, -15 % bis +25 %, 2 W, (EMC DIN EN 61326 class A)
		• 6-30 V AC + DC or 36-265 V AC + DC, 2 VA, (EMC DIN EN 61326 class A)

**Weight** 190g

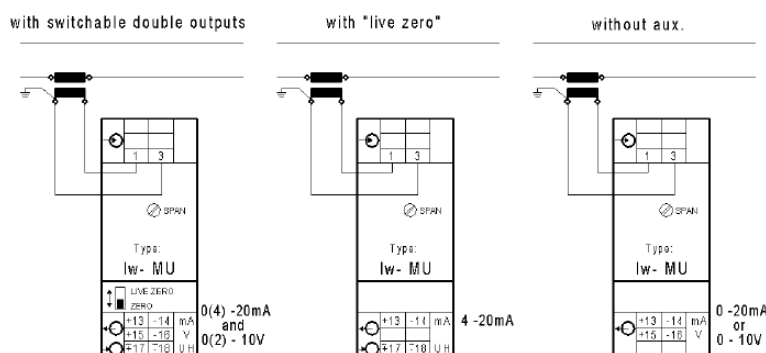
**Dimensions**



**Installation** Attachment snap-on mounting according to DIN EN 50 022  
Electrical connection threaded terminal end 4 mm<sup>2</sup> max.

**Connection**

AC-current measurement (sinusoidal)



Transducers with frequency module have no further outputs and no "LIVE-ZERO"-switching. At the clamps +13 and -14 the frequency output is available.

**Warning!** Before starting any work on or in a device, it must be disconnected from the mains or switched to a voltage-free state.

**Maintenance** The device is maintenance-free when used correctly.

**Caution!** Servicing or maintenance work must only be carried out by trained specialist personnel.

## NÄRVARODETEKTOR

### Proximity Sensors Capacitive Thermoplastic Polyester Housing Type EC, M 30, DC

**TRIPLESIELD™**



- Featuring **TRIPLESIELD™** Sensor protection
- Adjustable sensing distance 2-16 mm or 4-25 mm
- Rated operational voltage: 10-40 VDC
- Output: DC 200 mA, NPN or PNP
- Make and break switching function
- LED indication
- High noise immunity
- Flush and non-flush types
- Plug and Cable versions available
- AC versions in the same housing

#### Product Description

Capacitive proximity switches with either sensing distance 16 mm flush mounted in metal or sensing distance 25 mm non-flush mounted. 4-wire DC output with both make (NO)

and break (NC) switching. Grey M 30 polyester housing with 2 m PVC cable or plug. Ideal for use in level and plastic machinery applications.

#### Ordering Key

**EC 3025 NPA P L-1**

Type: Capacitive proximity switch  
Housing diameter (mm)  
Rated operating dist. (mm)  
Output type  
Housing material  
Housing type  
Connection type

#### Type Selection

Housing diameter	Rated operating dist. (S <sub>n</sub> ) <sup>1)</sup>	Mounting	Ordering no. Transistor NPN/cable Make & break switching	Ordering no. Transistor NPN/plug Make & break switching	Ordering no. Transistor PNP/cable Make & break switching	Ordering no. Transistor PNP/plug Make & break switching
M30	16 mm	Flush (built-in)	EC 3016 NPAPL	EC 3016 NPAPL-1	EC 3016 PPAPL	EC 3016 PPAPL-1
M30	25 mm	Non-flush	EC 3025 NPAPL	EC 3025 NPAPL-1	EC 3025 PPAPL	EC 3025 PPAPL-1

<sup>1)</sup> Object: Grounded steel plate

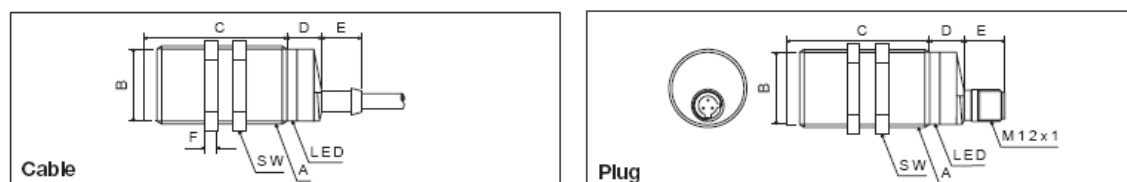
#### Specifications

<b>Rated operating dist. (S<sub>n</sub>)</b> 3016:	2 to 16 mm factory set at 16 mm	<b>Frequency of operating cycles (f)</b>	50 Hz
3025:	4 to 25 mm factory set at 25 mm	<b>Indication for output ON</b>	LED, yellow
<b>Sensitivity</b>	Adj. multiturn pot. meter	<b>Environment</b>	
<b>Effective operating dist. (S<sub>r</sub>)</b>	0.9 x S <sub>n</sub> ≤ S <sub>r</sub> ≤ 1.1 x S <sub>n</sub>	Degree of protection	IP 67 (Nema 1, 3, 4, 6, 13)
<b>Usable operating dist. (S<sub>u</sub>)</b>	0.8 x S <sub>r</sub> ≤ S <sub>u</sub> < 1.2 x S <sub>r</sub>	<b>Temperature</b>	
<b>Repeat accuracy (R)</b>	≤ 5%	Operating temperature	-25 to +80°C (-13 to +176°F)
<b>Hysteresis (H)</b>	3 to 20% of sensing distance	Storage temperature	-40 to +85°C (-40 to +185°F)
<b>Rated operational volt. (U<sub>e</sub>)</b>	10 to 40 VDC (ripple included)	<b>Housing material</b>	
<b>Ripple</b>	≤ 10%	Body	Grey thermoplastic polyester
<b>Rated operational current (I<sub>a</sub>)</b> Continuous	≤ 200 mA	Cable end	Polyester
<b>No-load supply current (I<sub>o</sub>)</b>	≤ 10 mA (no load)	Nuts	Black reinforced nylon
<b>Voltage drop (U<sub>d</sub>)</b>	≤ 2.5 VDC at max. load	<b>Connection</b>	
<b>Protection</b>	Reverse polarity, short-circuit, transients	Cable	Grey, 2 m, 4 x 0.34 mm <sup>2</sup> Oil proof, PVC M12 x 1 CON.1A-series
		Plug (-1) Cable for plug (-1)	
		<b>Weight (incl. nuts)</b>	3016: 140 g 3025: 150 g
		<b>Approvals</b>	UL, CSA
		<b>CE-marking</b>	Yes

EC, M 30, DC

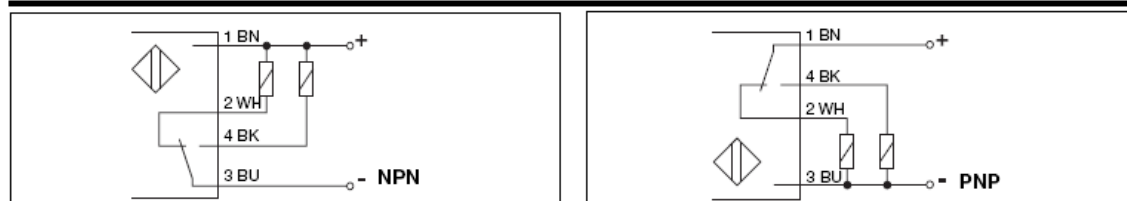


## Dimensions



Type	A	B Ø mm	C mm	D mm	E mm	F mm	SW mm
EC 3016xPAPL(-1)	M 30 x 1.5 x 50	28	50	13.6	15.4	5	36
EC 3025xPAPL(-1)	M 30 x 1.5 x 50	28	62	13.6	15.4	5	36

## Wiring Diagrams



## Adjustment Guide

The environments in which capacitive sensors are installed can often be unstable regarding temperature, humidity, object distance and industrial (noise) interference. Because of this, Carlo Gavazzi offers as standard features in all *TRIP-LESHIELD™* capacitive sensors a user-friendly sensitivity adjustment instead of having a fixed sensing range, extended sensing range to accom-

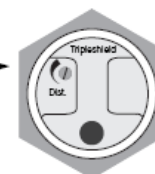
modate mechanically demanding areas, temperature stability to ensure minimum need for adjusting sensitivity if temperature varies and high immunity to electromagnetic interference (EMI).

**Note:**  
Sensors are factory set (default) to maximum rated sensing range.

EC3016xPAPL(-1)  
EC3025xPAPL(-1)

Sensitivity  
Adjustment  
(4-wire device backview)

Max. Sensitivity  
Min. Sensitivity



## Installation Hints

Capacitive sensors have the unique ability to detect almost all materials, either in liquid or solid form. Capacitive sensors can detect metallic as well as non-metallic objects, however, their traditional use is for non-metallic materials such as:

- **Plastic Industry**  
Resins, regrinds or moulded products.
- **Chemical Industry**  
Cleansers, fertilisers, liquid soaps, corrosives and petrochemicals.
- **Wood Industry**  
Saw dust, paper products, door and window frames.

- **Ceramic & Glass Industry**  
Raw material, clay or finished products, bottles.
- **Packaging Industry**  
Package inspection for level or contents, dry goods, fruits and vegetables, dairy products.

Materials are detected due to

their dielectric constant. The bigger the size of an object, the higher the density of material, the better or easier it is to detect the object. Nominal sensing distance for a capacitive sensor is referenced to a grounded metal plate (ST37). For additional information regarding dielectric ratings of materials please refer to Technical Information.

## Delivery Contents

- Capacitive switch: EC 30.. PAPL(-1)
- Screw driver
- 2 nuts
- **Packaging:** Cardboard box
- Installation & Adjustment Guide

## Accessories

- Plugs CON.1A.. serie.
- For further information please refer to "Accessories."

## LINJÄRA STYRDON

### PRODUCT DATA SHEET

## ACTUATOR LA35

#### Features:

- 12 / 24V DC permanent magnet motor
- Thrust up to 6000 N in push and up to 4000 N in pull
- Heavy duty aluminum housing for harsh conditions
- Elegant and compact design with small installation dimensions
- Protection class: IP66 for outdoor use (dynamic), furthermore the actuator can be washed down by a high pressure cleaner (IP69K – static)
- Integrated brake, high self-lock ability
- Built-in limit switches
- Strong wear and corrosion resistant stainless steel inner tube
- Noise level 48dB(A); measuring method DIN EN ISO 3746, actuator not loaded

#### Options:

- Hall effect sensor
- Potential free signal switches for detecting inner and outer position
- Long life absolute feedback
- Easy to use interface – with integrated power electronics for direct PLC connection
- Large variety of back fixtures and piston rod eyes
- Exchangeable cables in different lengths
- Safety nut in push

#### Usage:

- Duty cycle: Max 10% or 2 minutes continuous use followed by 18 minutes not in use, at an ambient temperature of 25° C
- Ambient temperature -25°C to +60°C



The LA35 is a member of the TECHLINE™ Family it is characterised by its robust design allowing the actuator to be used in harsh conditions. The LA35 is designed to meet the challenge, based on the philosophy that it must be able to operate under extreme conditions. The actuator is ideal for mobile "off-highway" equipment such as agricultural, forestry and construction machines. Furthermore the LA35 actuator is a very quiet and powerful actuator designed for a variety of applications both indoor and outdoor.

## FLÄKTAR

# SILENT MV 160/100

Ultra Quiet In-line Duct Fans



Two-speed domestic axial in-line fan designed to solve ventilation problems for ducted systems. The motors are assembled on silent elastic blocks and fitted with ball bearings for enhanced working life. Flexible location enables the SILENT MV 160/100 fan to be connected to any point on the ventilation duct; at the beginning, in-between or at the end, without the loss of any performance.

### Features

- Sealed for life ball bearings
- Silent elastic blocks
- Fitted with a two speed motor
- Flexible location
- IP44 rated

### Benefits

- Incredibly silent running
- High performance
- Significant energy savings
- Complies with building regulations
- Easy installation
- Easy maintenance
- Five year guarantee

### Optional Features

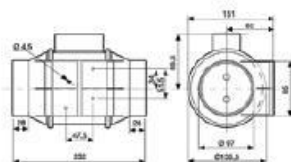


#### Adjustable Timer

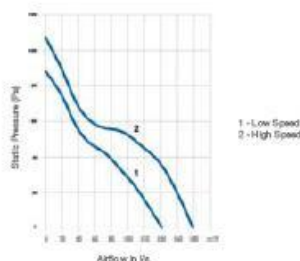
After disconnection, shut off time can be delayed between 1 and 30 minutes.

ORDER CODE	SILMV160/100S	SILMV160/100T
Ball Bearings	•	•
Silent Elastic Blocks	•	•
Adjustable Timer		•

### Dimensions (mm)



### Performance Curve



### Technical Specifications

**Product**  
The SILENT MV 160/100 is an innovative axial in-line extract fan fitted with a two-speed motor to offer a low level of noise and solve a large number of ventilation problems for ducted systems.

**Applications**  
Should be connected to any point on the ventilation duct to meet the Building Regulations - Part F (England, Scottish Building Regulations Section 9 and Part K (Northern Ireland)).

#### Performance

MODEL	SILENT MV 160/100	
Speed (r.p.m.)	2300	2300
Watts (W)	20	12
Voltage (V) 50Hz	230	230
Airflow l/s (m3/h)	80 (180)	39 (140)
dBA @ 3m	24	21
Weight (Kg)	1.4	1.4
Insulation IP	IP44	IP44
Ø Duct (mm)	100	100

**Installation**  
Full installation guide is enclosed with all products or sent separately in advance - if required.

**Motor**  
Is a two-speed 230V 50Hz A/C motor, which can be set to either 2300 r.p.m. or 2300 r.p.m. and assembled on silent blocks and fitted with ball bearings for enhanced working life.

**Fan**  
The impeller is axial flow type.

**Servicing / Maintenance**  
The motor body of the in-line fan is easily dismountable for repairs or cleaning. The impeller should be cleaned at least once a year using a damp cloth.

**Guarantee**  
Is covered by a 5-year warranty subject to specified maintenance.

**Compliance**  
CE



## VÄRMEKABEL

### Product Features

Self-limiting cables are designed with a temperature dependant resistant element between two parallel copper conductors.

When the connecting conductors are connected to the mains, a current goes through the temperature dependant resistant element which will then heat. As the element is heated the resistance value rises causing the current to decline and heating is reduced → the self-limiting effect.

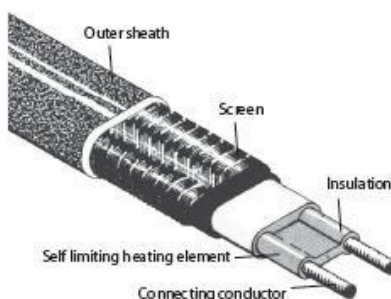
Cut to length on site

Black version is UV protected

PVC free

Certificates:

- VDE



#### Construction:

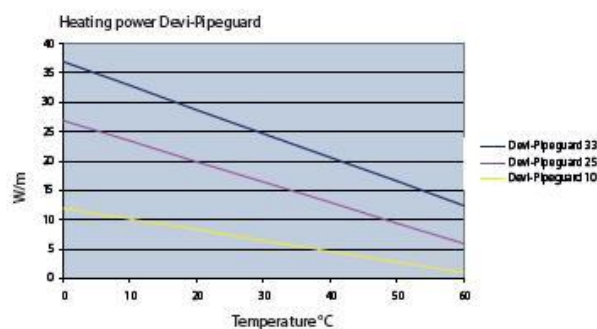
- 1,25 mm<sup>2</sup> tinned copper buswires
- Semi-conductive self-limiting matrix
- Proprietary Bonded Jacket
- Thermoplastic elastomer insulation
- Tinned copper braid
- Thermoplastic overjacket

#### Technical details

Power output at 230 VAC	Max. installation length with 16 A circuit breaker		
	10°C	-15°C	-20°C
10 W/m	205 m	140 m	123 m
25 W/m	88 m	60 m	50 m
33 W/m	70 m	50 m	45 m
Minimum bending radius	35 mm (radius to the inside of the tape)		
Max. permissible use temperature	65°C. Powered 85°C. Unpowered		
Minimum use temperature	-30°C		
Sheath	TPE		
Filler sheath	TPE		
Max. resistance protective braid	18,2 W/km		
Min. Braid Coverage	70 %		
Dimensions	11,8 x 5,8 mm		

#### Devi-Pipeguard

Stock code	Product name	Description
98300708	Devi-pipeguard 10	Blue sheath, 100 m drum
98300700	Devi-pipeguard 10	Blue sheath, 300 m drum
98300707	Devi-pipeguard 10	Blue 800 m drum
98300709	Devi-Pipeguard 10	Cut-to-length
98300701	Devi-pipeguard 10 no scr	Blue double insulation, 300 m
98300761	Devi-pipeguard 25	Red sheath, 100 m drum
98300759	Devi-pipeguard 25	Red sheath, 300 m drum
98300758	Devi-pipeguard 25	Red 800 m drum
98300763	Devi-Pipeguard 25	Cut-to-length
98300760	Devi-pipeguard 25 no scre	Red, double insulation, 300 m
98300764	Devi-pipeguard 33	305 m drum
98300672	Devi-Pipeguard 33	Cut-to-length



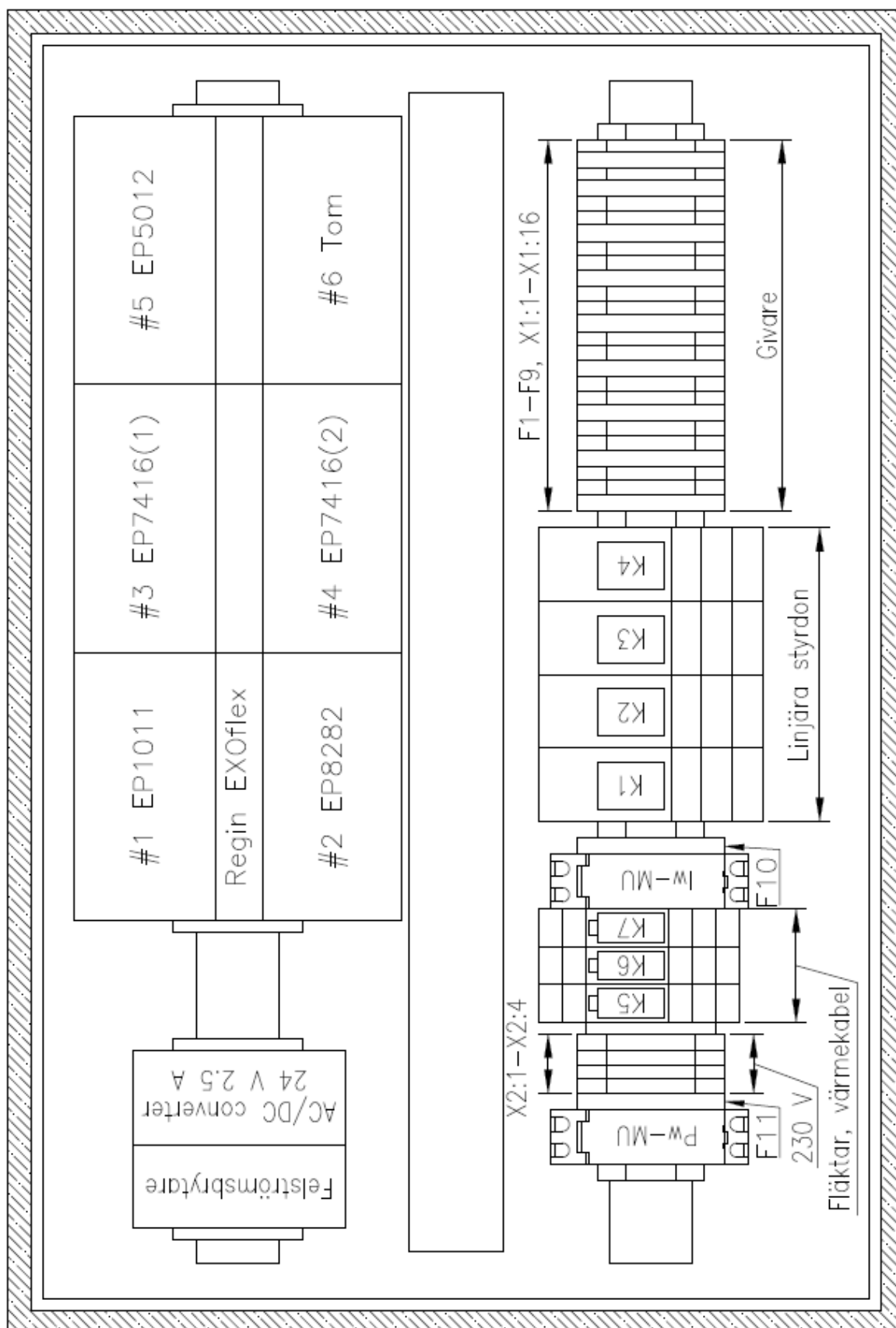
DEVI A/S  
Ulvehavevej 61  
DK-7100 Vejle  
Tel: +45 7488 8500  
Fax: +45 7488 8501  
www.devi.com

**DEVI**   
Member of the Danfoss Group

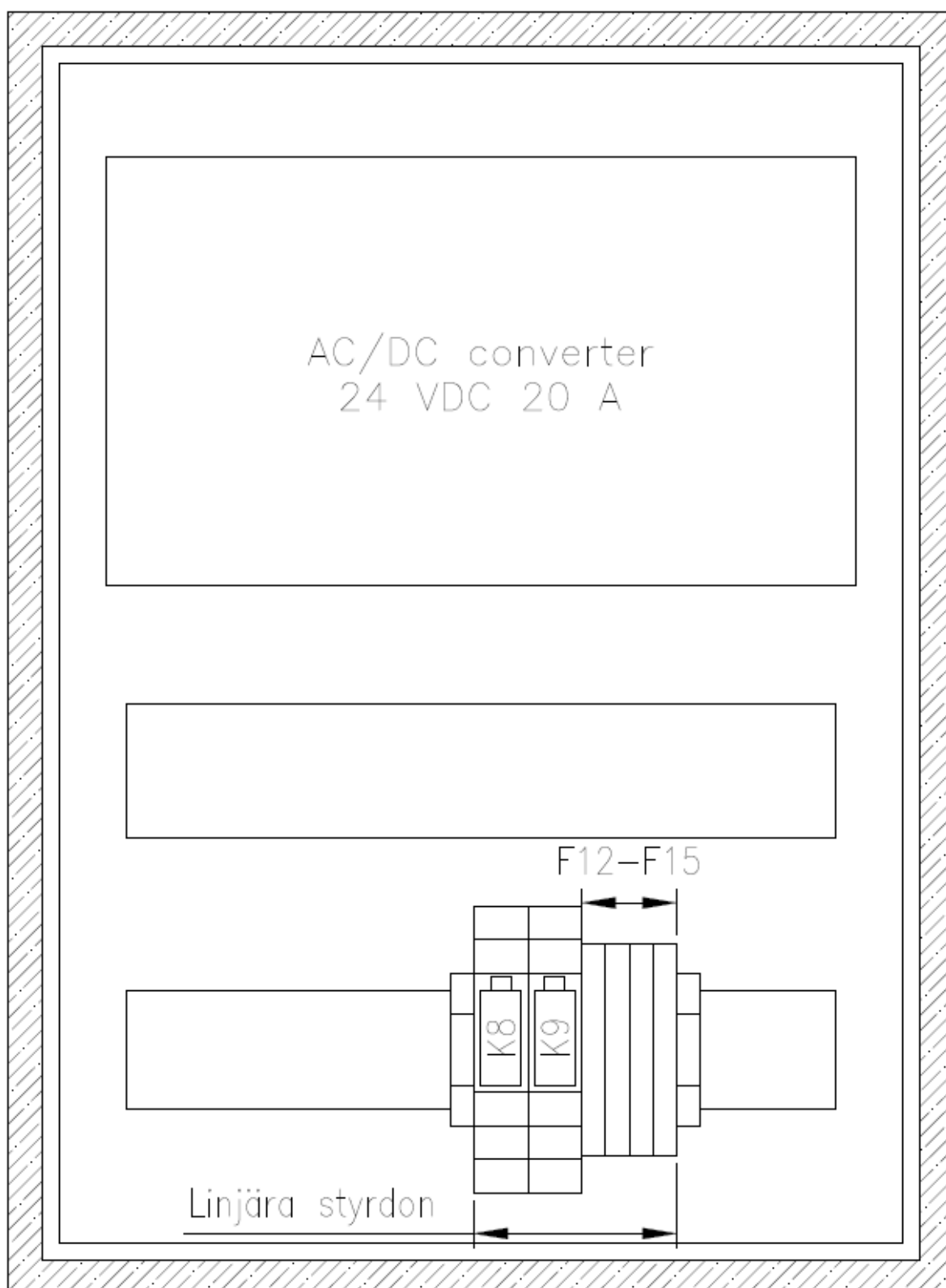




## INSTALLATIONSLÅDA 1

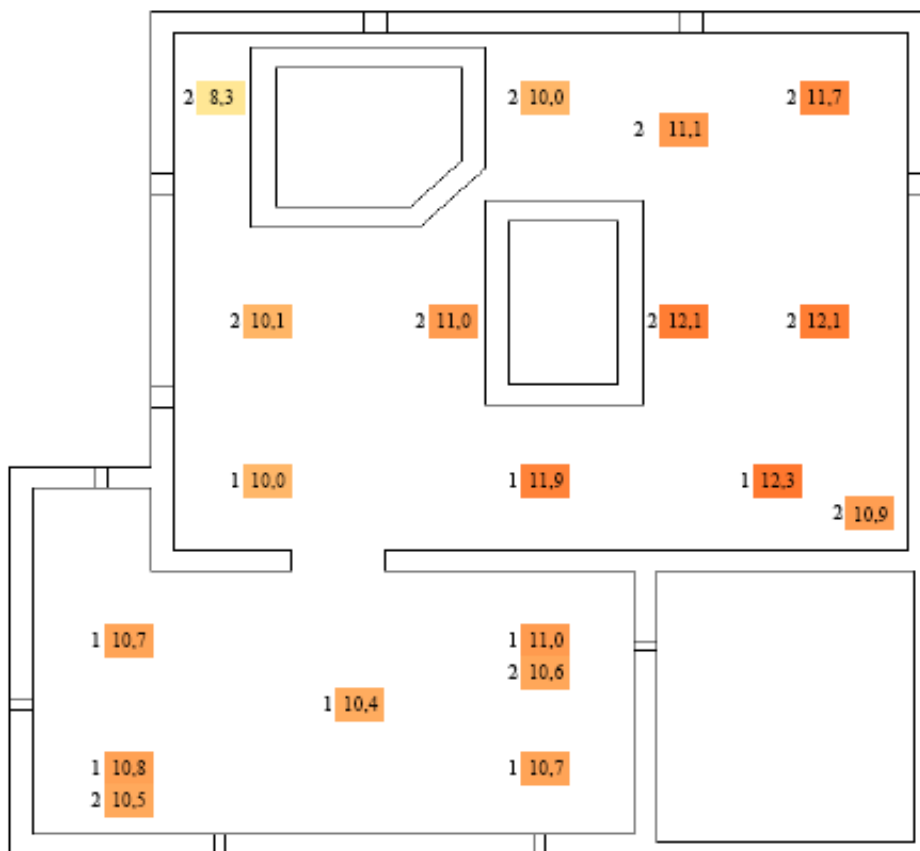


## INSTALLATIONSLÅDA 2

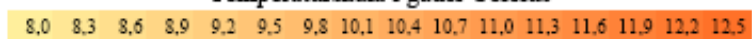


## TEMPERATURVARIATIONER I GRUNDEN

Variationer i temperatur



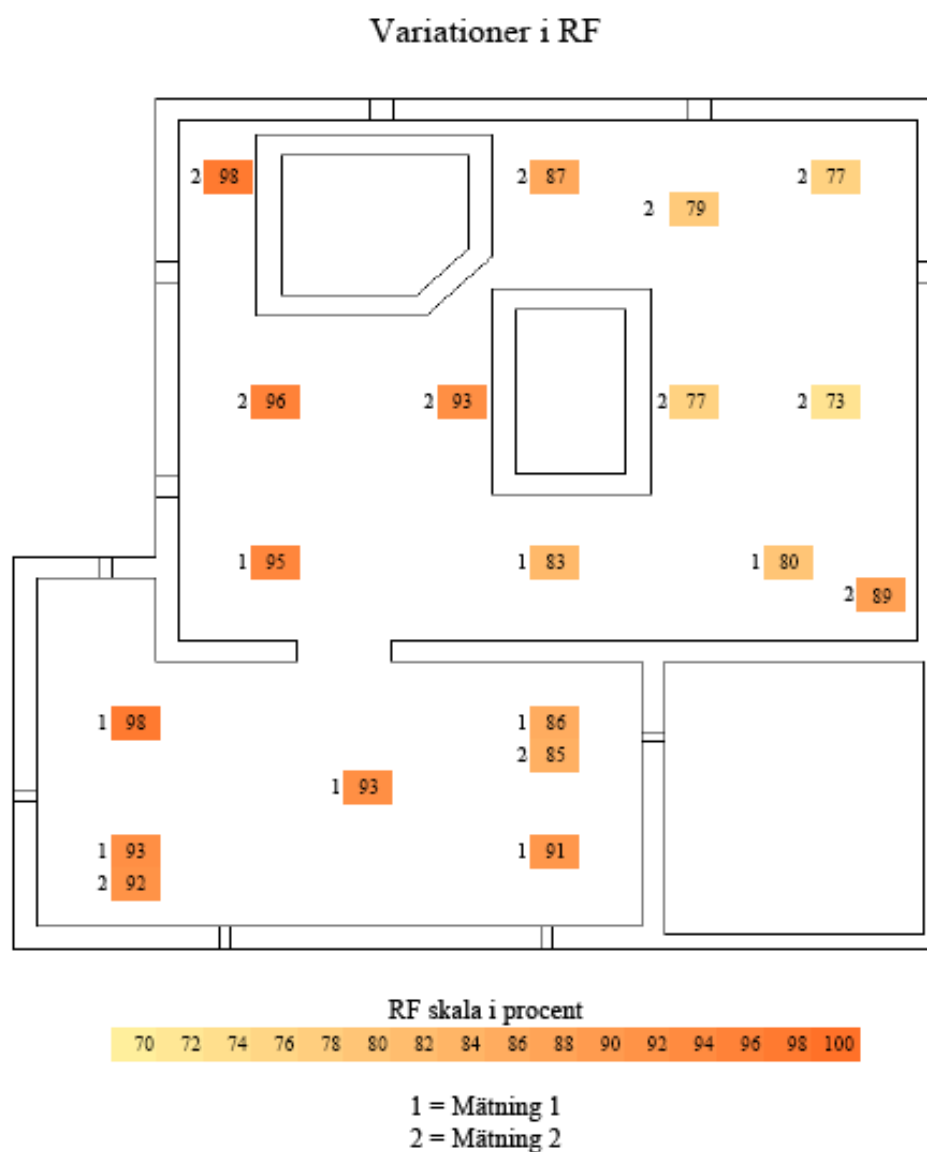
Temperaturskala i gader Celcius



1 = Mätning 1

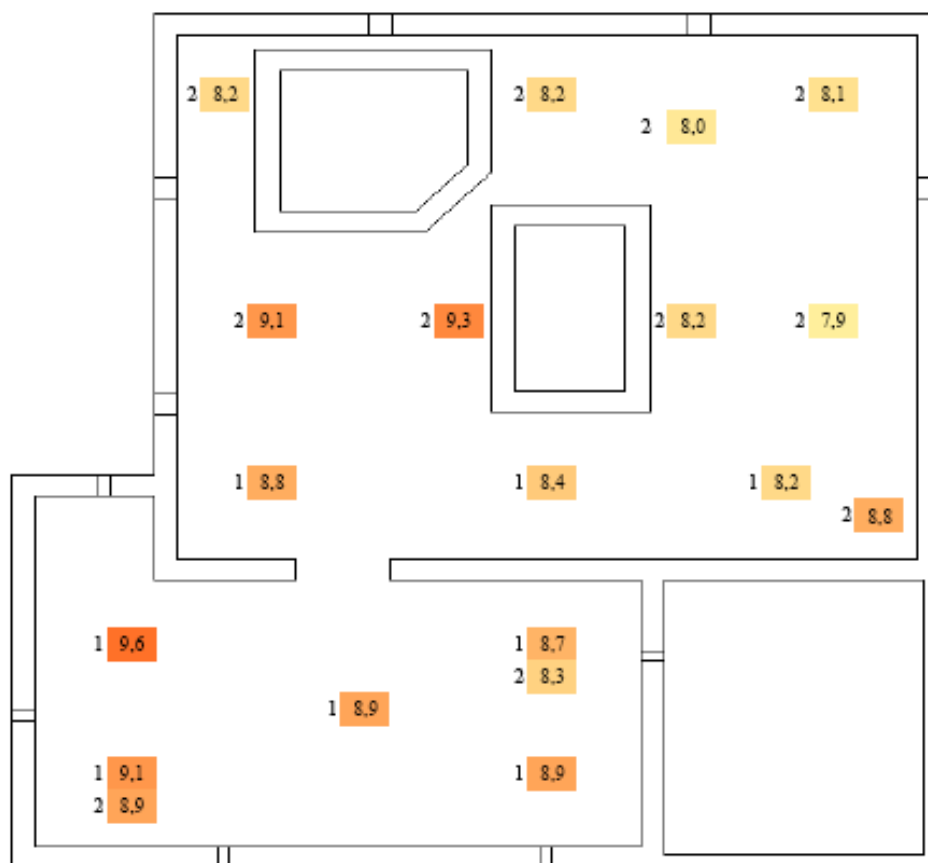
2 = Mätning 2

## RF VARIATIONER I GRUNDEN



## ÅNGHALTSVARIATIONER I GRUNDEN

### Variationer i ånghalt



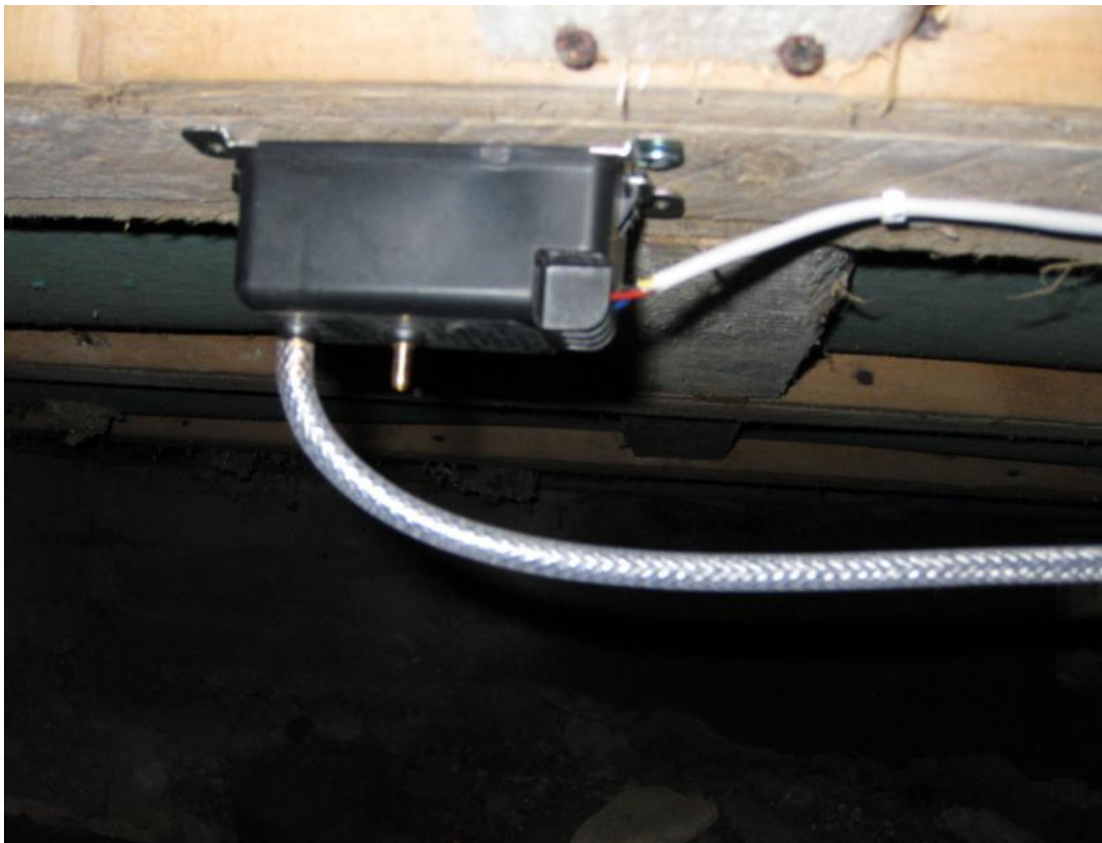
Ånghalt skala i gram per kubikmeter



1 = Mätning 1

2 = Mätning 2

## INSTALLATION AV TEMP/RF OCH DIFF. TRYCKGIVARE



## INSTALLATION AV FLÄKTAR





## INSTALLATION AV LINJÄRA STÄLLDON





## INSTALLATION AV VÄRMEKABEL



## INSTALLATIONSLÅDOR

