

# Värmeutvinning med Energicontainern vid projekt Hallandsås

– Utvärdering av installation och användning

Slutrapport SBUF projekt 12376 "Energiåtervinning med hjälp av  
dränagevatten från tunnlar"

Oskar Aurell

Robert Sturk

## Innehåll

1	Inledning.....	3
1.1	Bakgrund .....	3
1.2	Gröna initiativ.....	3
2	Energicontainerkonceptet.....	4
3	Konceptanpassning till projekt Hallandsås.....	5
3.1	Värmebehov vid Projekt Hallandsås.....	6
3.2	Designaspekter Energicontainer och installation.....	6
3.2.1	Tillgång till vatten .....	6
3.2.2	Design av Energicontainern.....	6
3.2.3	Vatten eller luft som energibärare.....	7
3.2.4	Uppvärmning av lokal eller varmvatten till dusch.....	7
3.2.5	Överhettning av värmepumpen och risk för frost.....	8
4	Installation av Energicontainer på Projekt Hallandsås.....	8
5	Installationskostnader .....	11
6	Drift och underhåll .....	11
6.1	Allmänt .....	11
6.2	Vattenkvalitet.....	11
7	Slutsatser och Erfarenheter.....	12
7.1	Funktion.....	12
7.2	Kostnadsbesparing? .....	12
7.3	Är detta klimatsmart .....	12
8	Energicontainern som koncept i framtiden.....	13

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Under stora delar av året värms tunnelarbetsplatser, exempelvis bodar, förråd och verkstadstält, normalt upp med hjälp av direktel. Samtidigt sker ofta bortdränage av relativt stora mängder tunnelvatten. Tunnelvattnet innehåller energi (värme) som med hjälp av värmeväxlare/värmepumpar skulle kunna utnyttjas för att värma upp lokaler på arbetsplatsen. Detta skulle potentiellt innebära en besparing både kostnads- och miljömässigt. I projektet "Energiåtervinning med hjälp av dränagevatten från tunnlar – Konzeptutveckling" (12169) genomfördes en förstudie för energiåtervinning av dränagevatten från tunnlar. Förstudien genomfördes under 2009, resultaten var positiva och ett värmesystem som bygger på återvinning av energi designades. Systemet anpassades till att rymmas i en portabel container och kan därför flyttas från arbetsplats till arbetsplats. Slutrapporten från förstudien redovisas i Bilaga 1.

Som en naturlig fortsättning på projektet erhöll Skanska-Vinci HB i början på 2010 ytterligare utvecklingsmedel från SBUF för att bygga och testa en fullskaleanläggning. Utvecklingsprojektet "Energiåtervinning med hjälp av dränagevatten från tunnlar" (12376) syftade till att bygga en prototyp som skulle testas vid Hallandsåsprojektet där goda förutsättningar fanns för att visa på konceptets användbarhet och potential. Projektet hade intentionen att lägga stor fokus på uppföljning av funktion för att kunna dra slutsatser om besparingspotentialen, både i ren energikostnad men också vad avser koldioxidavtryck (carbon footprint).

Utvecklingsprojektet har bestått av följande delar:

- Tillverkning och montering av utrustning
- Testning
- Mätning och uppföljning av funktion
- Utvärdering
- Slutrapportering

Föreliggande rapport utgör slutrapportering från projektet.

## 1.2 Gröna initiativ

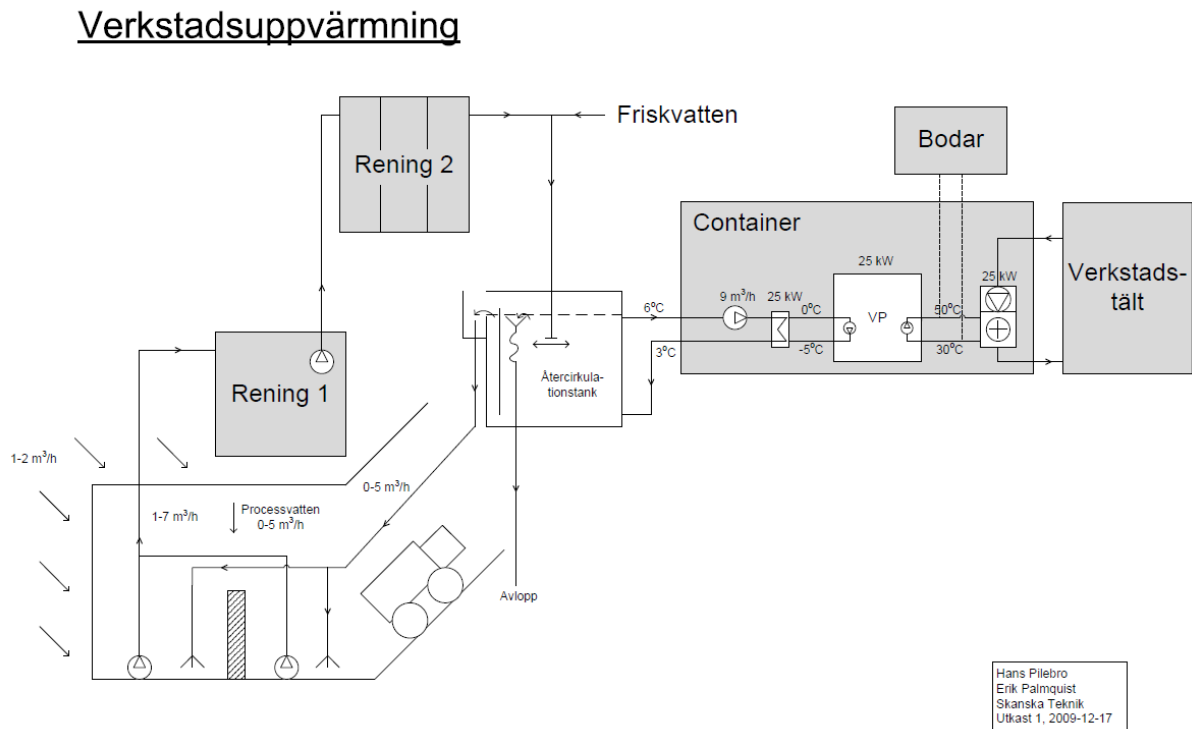
Skanska har under flera år fokuserat på att öka miljöhänsynen i verksamheten på många plan. Flera exempel på gröna initiativ finns; miljöcertifiering av verksamheter, miljömärkning av byggnader, miljömärkning av arbetsplatser "grön arbetsplats", införandet av klimat kalkyler samt implementering av verktyget "gröna kartan". Likande initiativ finns också inom andra företag och aktörer i byggbranschen.

I flera av dessa initiativ är energiförbrukning en central fråga. Och två av de långsiktiga målen för att nå mörkgrönt byggande (enligt Skanskas gröna karta) är att erålla plusenergi (Net Zero Primary Energy) samt ha nära noll CO<sub>2</sub>-utsläpp från produktion. I detta avseende kan Energicontainern bidra till att nå målen.

## 2 Energicontainerkonceptet

Tanken med energicontainerkonceptet är att man skall tillverka en enhet som är mobil. Det vill säga att enheten kan flyttas från arbetsplats till arbetsplats och att utrustningen därför kan återanvändas. Detta ställer krav på att containern är flexibel när det gäller energibehov och uppvärmningsalternativ. Detta diskuteras mer utförligt nedan.

Systemets grundlayout framgår av Figur 1.

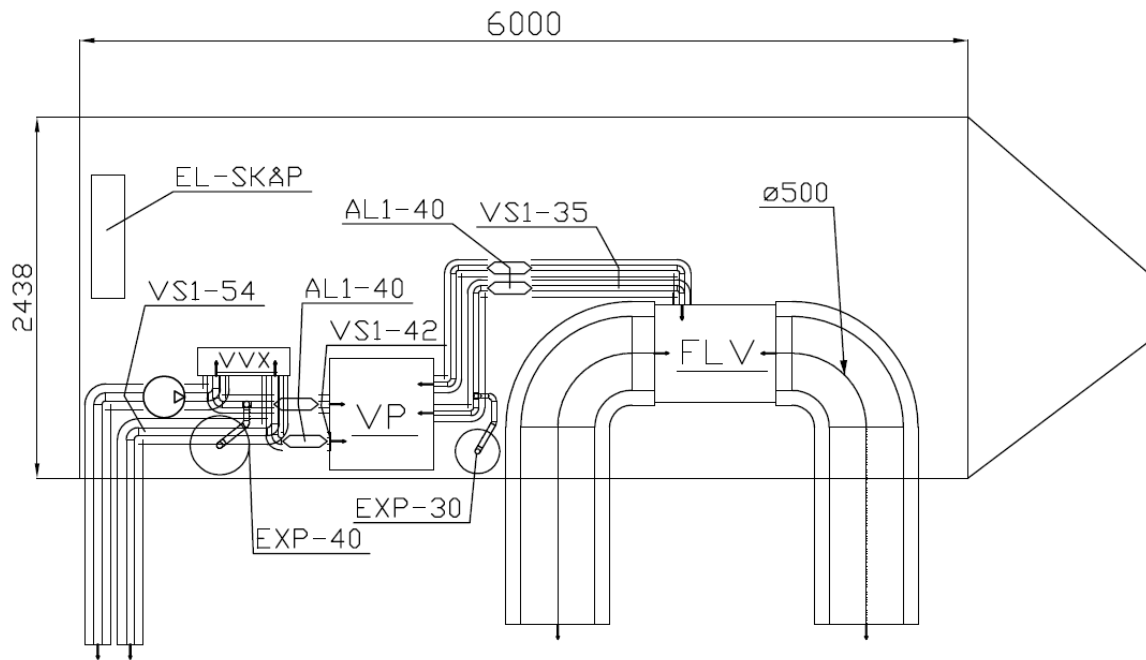


Figur 1. Energicontainersystemets komponenter.

Effektbehovet styr storleken på värmepumpen (VP), i grundutförandet som redovisas i figurerna 1 och 2 är troligen komponenterna överdimensionerade, detta är dock medvetet för att undvika överraskningar och problem. Den valda värmeväxlaren kan demonteras och göras ren om det skulle bli problem med igensättning.

I grundutförandet planerades återanvändning (re-cirkulation) av vattnet eftersom dränagevattenmängden på en "normal" tunnelarbetsplats kan ligga i underkant av behovet.

Värmedistributionen var tänkt att ske med luft som energibärare eftersom det är något lättare än att använda vattenburet värmesystem. Det är dock fullt möjligt att också använda vatten som energibärare. En ritning på Energicontainern visas i Figur 2 tillsammans med en specifikation av komponenterna.



Erik Palmquist  
Skanska Teknik och Projekteringsledning  
2009-10-12

#### Specifikation

Pump: Grundfos Magna 40-120  
Spänning: 230 V

Värmeväxlare: Alfa Laval TL3-BFG

Värmepump: IVT Greenline G+22  
Spänning: 400 V

Fläktluftvärmare: Aircoil AE50-4  
Spänning: 230 V

Avluftare: Placeras i  
högsta punkten.

Expansionskärl: Placeras på kretsens sugsida.

Rör: Koppar alternativt varmförzinkat stål.  
Gångade anslutningar.  
Rör förses med unionskopplingar för att  
möjliggöra demontage och underhåll.

Figur 2. Ritning på Energicontainern. Utrustningen är anpassad för en vanlig 20-fots container.

### 3 Konceptanpassning till projekt Hallandsås

En anpassning av systemet har utförts vid projekt Hallandsås för att uppfylla de specifika krav som rådde där. Flera möjliga applikationer och placeringar av Energicontainern diskuterades och ett antal faktorer påverkade beslutet om slutlig utformning och placering. Dessa faktorer diskuteras i kommande avsnitt.

### 3.1 Värmebehov vid Projekt Hallandsås

Vid Projekt Hallandsås finns flera typer av uppvärmningsbehov:

- Verkstäder
- Kontor
- Förråd med personal
- Förråd utan personal
- Vattenreningsanläggning
- Pumphus
- Varmvatten till dusch

Det helt avgörande gällande val av uppvärmningsobjekt var kostnaden för installationen. Vid Hallandsås är de olika behoven av uppvärmning utspridda över en relativt stor yta vilket innebär att dräneringsvattnet många gånger befinner sig långt från uppvärmningsobjektet. Detta medför att installationskostnaderna i många fall blir orimligt stora.

En annan avgörande faktor är att utrymmet skall vara lagom stort i förhållande till värmepumpens kapacitet samt att utrymmet skall vara lätt att värma upp med få enheter.

### 3.2 Designaspekter Energicontainer och installation

Det finns flera aspekter när det gäller installationen av en Energicontainer på en byggarbetsplats. Dels designen av själva containern med värmepumpen men också aspekter gällande installationen utanför containern och personal som jobbar i lokalen.

#### 3.2.1 Tillgång till vatten

Det finns flera värmebehov inom projektet och flera möjligheter där en energicontainer skulle kunna vara till nytta. I detta projekt var det dock tillgången på vatten som blev den avgörande faktor för vilket utrymme som kom att värmas upp.

Installationskostnaderna för att värma upp ett utrymme långt ifrån dräneringsvattnet blir stora. Främst eftersom man måste säkerställa att ledningarna är isolerade; dels för att dräneringsvattnet inte skall frysa dels för att varmvattnet inte skall tappa sin värme. Att installera värmekablar för att säkerställa frostfria förhållanden verkar i detta sammanhang inte relevant. Alternativet att installera rör för dräneringsvattnet på frostfritt djup diskuterades men genomfördes inte pga för stora kostnader. Om man i ett tidigt skede planerar dräneringsvattnet, energicontainern och värmebehoven kan man minska kostnaderna för installationerna utanför containern.

För lokaler som ligger längre bort från dräneringsvattnet kan en luft-luft värmepump vara ett alternativ som ger lägre installationskostnader.

#### 3.2.2 Design av Energicontainern

Värmepumpen bör installeras så att kompressorn jobbar på ett effektivt sätt som ger ett lågt slitage på kompressorn. För att kompressorn skall klara både höga och låga energibehov, utan högt slitage, bör värmepumpen jobba mot en tillräckligt stor vattenmängd. Detta gör att en sling- eller ackumulator tank bör kopplas till värmepumpen i containern. När energibehovet överstiger kapaciteten på värmepumpen bör en elpatron kopplad till enheten gå in och producera värme.

### 3.2.3 Vatten eller luft som energibärare

En huvudaspekt gälland designen av Energicontainern är hur värmen skall distribueras från containern till objektet som skall värmas upp; som varmvatten eller som varmluft.

Utvärderingen visade att uppvärmning av varmvatten innebär i de flesta fall en lägre installationskostnad och ett mer flexibelt system. En värmeväxlare för den aktuella luftmängden blir dessutom relativt stor. Värmedistribution med vatten ger också en mer flexibel lösning där vattnet kan användas till både uppvärmning av lokaler och till varmvatten.

Det är intressant att notera att utvärderingen som gjordes på projekt Hallandsås kom till en motsatt slutsats i förhållande till grundkonceptet där luft som energibärare bedömdes som en enklare lösning.

### 3.2.4 Uppvärmning av lokal eller varmvatten till dusch

Varmvattnet från värmepumpen kan användas till att värma upp lokaler eller till att värma vatten till duschar.

Vid uppvärmning av större lokaler kopplas varmvattnet till fläktkonvektorer där varmvattnet värmer luft som blåses ut i lokalen. Konvektorer används för att få ett bra värmeutbyte mellan vatten och luft, men ger också risk för störande fläktljud och/eller störande blåst i de fall personal jobbar i lokalen. När det gäller en större lokal kan risken för störande blåst antagligen hanteras med ytterligare installationer av t ex ventilationstuber av permeabel textil. I sammanhanget diskuterades också uppvärmning av förråd med hög takhöjd. Här är det lämpligt att installera takfläktar alternativt kanalfläktar för att inte varm luft skall samlas i taket.

När det gäller verkstäder där svetsning sker är detta dock inte lämpligt eftersom kraven på ventilation är mycket högre och det är önskvärt att suga ut kontaminerad luft som samlas i taket hellre än att blanda luften. Man kan också notera att när det gäller verkstäder är det uppvärmning av luften som står för den mesta energin, medan värmeförlusterna genom väggar och tak står för en mindre del.

Ett annat alternativ som diskuterades var därför att integrera uppvärmningen med befintligt ventilationssystem i verkstaden. Friskluften värms ofta med el innan den blåses in i lokalen men alternativ med vattenburen uppvärmning finns. Att konvertera ett befintligt system blir dock ofta inte kostnadseffektivt.

Bodinstallationer och kontor innebär det många små enheter skall värmas upp och det är därför nödvändigt med ett vattenburet värmesystem. Detta kan innebära omfattande installationer eftersom uppvärmningen normalt sker genom direktverkande el i dessa enheter.

Det finns en tydlig trend mot energisnåla byggbodar vilket innebär att de är mer isolerade samt att de är förberedda för vattenburen värme. En utveckling av detta koncept skulle vara att kombinera energicontainern med bodar och/eller kontorsmoduler som är förberedda med ett vattenburet värmesystem.

Vid uppvärmning av varmvatten till duschning bör man koppla en akkumulatortank till systemet för att tillse att det finns tillräckligt med vatten vid t ex skiftbyten. Här är det viktigt att en elpatron går in och värmer vatten då kapaciteten på värmepumpen inte räcker till.

### 3.2.5 Överhettning av värmepumpen och risk för frost

När värmeväxlaren är igång produceras en del värme. Den värmen kan resultera i att temperaturen i containern blir för hög. För att hantera detta eventuella problem diskuterades att installera termostatreglerade fläktar. Detta gjordes dock inte. Containern på Hallandsås är relativt stor (20 fot) och oisolerad och inga problem gällande för höga temperaturer har observerats. Om man istället väljer en mindre isolerad container kan problemställning dock bli aktuell.

Det finns dock en risk att värmepumpen stannar och då bör en frostvakt vara installerad för att inte riskera frostsador på hela anläggningen. Det gäller både installationerna i containern och ledningarna till och från fläktkonvektorn. I Hallandsås installerades en vanlig byggfläkt på 9kW med termostat för att säkerställ frostfri miljö.

## 4 Installation av Energicontainer på Projekt Hallandsås

Energicontainern installerades för att bidra till uppvärmningen av vattenreningsverket på Projekt Hallandsås.

Vattenreningsverket (Slurry Treatment Plant) är en 60 m lång och 20 m bred hall med en höjd på ca 10 m. Denna hall är inte välisolerad samtidigt som ett sker transporter in och ut ur hallen genom stora portar. Hallen skall hållas frostfri för att undvika att vattenledningar och kemikalier fryser. Även om installationer i hallen, som pumpar och cykloner, och vattnet som pumpas igenom anläggningen bidrar till uppvärmningen innebär det att värmebehovet för denna anläggning är mycket stort under den kalla årstiden. Därför har dieselvärmare körts under de kalla månaderna, vilket naturligtvis innebär en stor kostnad samt en miljöbelastning. Genom att installera värmepumpen i denna hall kan pumpens maximala effekt utnyttjas samtidigt som värme genererad av pumpen minskar behovet av fossila bränslen.



Figur 3. Bilden visar vattenreningsverket (Slurry treatment plant) på projekt Hallandsås där energicontainern installerades för att bidra till uppvärmningen.



Energicontainern byggdes i en konventionell 20-fotscontainer, se Figur 4. Den totala värmeeffekten (inklusive elpanna) uppgick till 53,2 kW. De olika komponenterna i containern listas i Tabell 1. Figurerna 5 och 6 visar containerns interiör och i Figur 7 visas fläktkonvektorn som levererar värmen till vattenreningsverket.

Tabell 1. Komponenter i energicontainern på Hallandsåsprojektet.

Komponent	Fabrikat
Container	oisolerad 20 fot
Värmepump	Carrier 30NQ HTE26
Akkumulatortank	Strömsnäspannan TS500
Cirkulationspump kylvatten TBM	Grundfos Magna 40-120 F (P/N 96513626)
Cirkulationspump Fläktkonverter	Grundfos UPS 25-80 180 (P/N 05906429)
Värmeväxlare	Alfa Laval Type TL3-BFG (3.3l)
Filter kylvatten TBM	Filter Ball 150 WSP/ 400 WOG
Fläktkonvektor	Fläktluftkylare (aia.se)
Värmefläkt	9 kW med termostat



Figur 4. Energicontainern byggdes av en konventionell 20-fots container. På bilden visas containern med installationen till vattenreningsverk närmast i bild och cistern och pumphus till kylvat- tensystemet för tunnelborrningsmaskinen i bakgrunden.



Figur 5. Bilden visar värmepumpen (till höger i bild) och ackumulatortanken. Dessutom ser man till framför värmepumpen ett värmeelement på 9 kW.



Figur 6. I ledningarna med svart isolering pumpas kylvatten från tunnelbormaskinen via filter och värmeväxlare (till höger i bild). I ledningarna med silver färgad isolering pumpas glykol till fläktkonvektorn.



Figur 7. Bilden visar fläktkonvektorn som levererar varmluft till vattenreningsverket.

## 5 Installationskostnader

Kostnaden för energicontainern var 272 200 SEK. Till det kommer kostnaden för container inklusive transport på 24 256 SEK. Installationen av energicontainern kostade ca 140 000 SEK i material samt ca 80 000 SEK i arbete. Det ger en total kostnad på ca 550 000 SEK.

## 6 Drift och underhåll

### 6.1 Allmänt

Efter installationen krävdes support från Skanska installation för att få systemet att fungera tillfredställande. När dessa justeringar var gjorda levererade värmepumpen värme på ett bra sätt.

### 6.2 Vattenkvalitet

Vid Projekt Hallandsås användes kylvatten från tunnelbormaskinen. Vattnet innehöll varierande halt av suspenderat material. Detta ledde ofta till att flödet blev för lågt igenom värmeväxlaren och att värmepumpen löste ut och stannade. På grund av detta installerade ett filter innan värmeväxlaren. Filtret fick underhållas med ett intervall på ca 3 dagar. På Projekt Hallandsås fanns en operatör av vattenreningsverket, där energicontainern var installerad, som utförde detta underhåll enligt ett schema vilket inte innebar mycket extra arbete för honom. I ett annat sammanhang kan denna typ av underhåll eventuellt vara mer besvärande.

Ett alternativ till att cirkulera tunnelvatten igenom värmeväxlaren är att använda sig av en kollektorslang som läggs i en cistern, ett dräneringsdike eller i en damm. Vid Hallandsås skulle detta kunna ha varit ett alternativ. Eftersom denna lösning kräver mer dräneringsvatten är det i andra fall

inte möjligt. En beräkning av kravlängden på kollektorslangen och en utvärdering av möjligheterna måste göras från plats till plats.

## 7 Slutsatser och Erfarenheter

### 7.1 Funktion

Funktionen av värmepumpen var god och den levererade värme enligt plan. Visst underhåll gällande vattenfilter behövdes. För att uppvärmning av en hall med denna takhöjt skall vara effektiv skulle takfläktar behövas. Man kan också diskutera isolering i hallen och utformningen på portarna.

Dock är det så att uppvärmningen av hallen under de kallaste månaderna skedde med hjälp av dieselvärmare och att installationen av den klimatsmarta energicontainern minskade behovet av att använda dessa dieselvärmare.

Installationen på Hallandsås har förbrukat totalt 75 013 kWh varav själva värmepumpen har förbrukat 45 212 kWh. Resterande del har förbrukats av installationer där värmefläkten i den isolerade containern antagligen står för en större del.

### 7.2 Kostnadsbesparing?

Erfarenheten från Hallandsås visar att eftersom installationen av containern och distribution av värme är en stor del av kostnaden bör även dessa delar innefattas i konceptet. Eftersom installationskostnaderna är höga måste de optimeras. Detta innebär att om konceptet skall användas bör man i tidigt skede samordna placering och användning av Energicontainern med hur arbetsplatsen planläggs med tanke på tillgången till dräneringsvatten respektive uppvärmningsbehov.

Med ett antagande att värmepumpen levererar dubbelt så mycket värme som den förbrukar så blir den ekonomiska vinningen med tanke på elförbrukningen i detta fall ca 15 000 SEK jämfört med direktverkande el, se ovan. Detta får i sammanhanget anses som icke tillfredställande. Det finns dock stor förbättringspotential när det gäller att frostsäkra containern.

Installationen i Hallandsås har dock riktat in sig på att ersätta uppvärmning med diesel vilket ger ett bättre resultat även ekonomisk och inte bara miljömässigt.

Det kan nämnas i sammanhanget att det inte var möjligt att värma vattenreningsverket med el på grund av begränsningar när det gäller dimensionering av transformationerna till reningsverket.

### 7.3 Är detta klimatsmart

Installationen av energicontainern har i Hallandsås varit inriktad mot att reducera mängden diesel som används till uppvärmning genom att ersätta den med grön el som dessutom producerar värme igenom en värmepump.

Det är svårt att direkt se hur mycket diesel som har sparats men eftersom värmepumpen har konsumerat ca 45 000 kWh kan man anta att den har levererat ca 90 000 kWh värme. Det motsvarar 10,5 m<sup>3</sup> diesel med en 80 %-ig verkningsgrad på dieselverken. En osäkerhet i beräkningarna är dock hur mycket som har förbrukats via elpatronen i värmepumpen.

I detta avseende har installationen i Hallandsås i högsta grad varit klimatsmart.

## 8 Energicontainern som koncept i framtiden

Energicontainern har, vilket i ärlighetens namn måste sägas, inte som helhet blivit den succé som vi kanske förutspådde då utvecklingsprojektet startade 2009. Från teknisk synpunkt har dock allt fungerat tillfredsställande och systemet producerar värme från tunnelns dränagevatten vilket var huvudsyftet med konceptet. Detta innebär att konceptet fortfarande i grunden är hållbart och utgör en god och klimatsmart idé.

En avgörande faktor för att utfallet inte blivit det bästa vid Hallandsåsprojektet är att installationskostnaderna blev höga i förhållande till den output man erhöll från värmesystemet. En viktig faktor för att få en bra totalekonomi är att försöka hitta en bättre tillämpning, dvs noga ställa sig frågan vad skall värmas upp och hur det skall göras?

Vi tror fortfarande på konceptet och uppmanar kollegor i branschen att ta vid och vidareutveckla både idén och tekniken.