
Rapport SGC 015
NATURGASDRIVNA TRUCKAR

Åsa Marbe
Sydkraft Konsult AB

December 1991



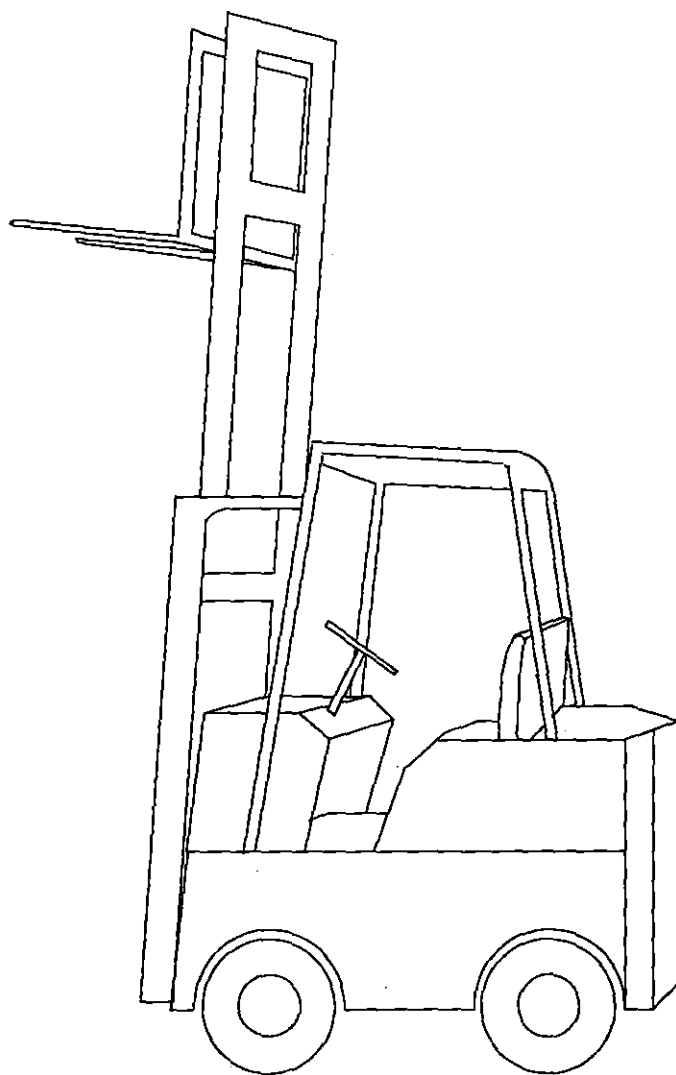
Rapport SGC 015

NATURGASDRIVNA TRUCKAR

Åsa Marbe
Sydkraft Konsult AB

December 1991

NATURGASDRIVNA TRUCKAR



Åsa Marbe
December 1991

SYDKRAFT KONSULT
Gassystem

SAMMANFATTNING

Målsättningen med studien har varit att redovisa teknik och ekonomi för naturgasdrivna truckar samt att belysa fördelar och nackdelar gentemot truckar drivna med gasol eller diesellojla.

Vid konvertering av truckar till naturgasdrift krävs ombyggnad av motorerna. En ottomotor måste förses med nytt munstycke för bränsleinsprutningen, nya regulatorer, ventiler och bränsleslangar. Vid konvertering av dieselmotorer finns två olika lösningar. Den ena innebär att en tändsats installeras i motorn. Den andra lösningen innebär att ett dualbränslesystem används, där dieseln utnyttjas som tändhjälp.

De bränsletankar som är aktuella för naturgasdrift är ståltankar, fiberlindade komposittankar med metall-liner samt fiberlindade helkomposittankar. Vad gäller utrymme och vikt så ställs inte samma krav på bränsletankar till truckar som till andra fordon. Därför utgör ståltanken det lämpligaste alternativet till truckar p g a att den är billigast och samtidigt ett fullgott tekniskt alternativ.

Det finns två olika tankningssystem, långsamfyllning och snabbfyllning. Långsamfyllning bygger på att en kompressor arbetar direkt mot fordonstanken. I ett snabbfyllningssystem finns ett mellanlager mellan kompressor och fordonstank. Trycket i mellanlagret ligger alltid 50-100 bar över trycket i fordonstanken. Tankningstiden för långsamfyllning respektive snabbfyllning är 2-6 timmar respektive 2-10 minuter.

Vilken typ av tankningsanläggning som bör väljas är beroende av fordonsparkens sammansättning. För en mindre fordonspark, som inte utnyttjas under natten, är långsamfyllning ett bra alternativ. Om det däremot är en stor fordonspark som används större delen av dygnet krävs ett snabbfyllningssystem.

Det finns inga svenska normer eller regler för naturgasdrivna fordon. Myndigheternas besked grundar sig på de regler som gäller för motorgas samt normer från andra länder, främst Canada.

Studien visar att konvertering av dieseldrivna truckar till naturgas är ekonomiskt lönsamt under de förutsättningar som antagits gälla.

Konvertering av gasoldrivna truckar till naturgas förefaller däremot mer tveksamt även vid större fordonsparker och vid körning i treskift. Då har förutsatts tankutrustning för snabbtankning. Med långsamtankning och därav föranledd utökning av fordonsparken finns emellertid möjligheter till lönsam konvertering även av gasoldrivna truckar.

En slutsats av studien är också att konvertering från diesel till naturgas under alla omständigheter är mer lönsam än konvertering från gasol till naturgas.

Det skall slutligen påpekas att förutsättningarna för konvertering av truckar kan ändras i framtiden. Nya och billigare tankningssystem, t ex snabbtankning direkt från högtrycksnätet, kan således förändra hela den ekonomiska konverteringsbilden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
2	TRUCKAR	2
3	NATURGAS SOM MOTORBRÄNSLE	3
4	MOTORER	4
4.1	Ottomotor	4
4.2	Dieselmotor	5
4.3	Jämförelser mellan otto- och diesel- motorer	5
4.4	Motorer i truckar	6
4.5	Konvertering av truckmotorer till naturgas	6
5	BRÄNSLETANKAR	7
5.1	Allmänt	7
5.2	Ståltankar	8
5.3	Fiberlindade komposittankar med metalliner	8
5.4	Fiberlindade helkompositkärl	9
5.5	Bränsletankar som används i Sverige idag	9
5.6	Erforderlig tryck- och drifttid	9
5.7	Installation	11
6	TANKNINGSTEKNIKER	12
6.1	Allmänt	12
6.2	Långsamfyllning	12
6.3	Hemmatankning	13
6.4	Snabbfyllning	14
7	TILLSTÅNDSFRÅGOR	15
7.1	Allmänt	15
7.2	Kompressorstation	15
7.3	Bränsletank	15
8	EKONOMI	16
8.1	Investeringar	16
8.2	Driftskostnader	16
8.3	Jämförelse	16

9	SLUTSATSER	20
10	REFERENSER	21

1 INLEDNING

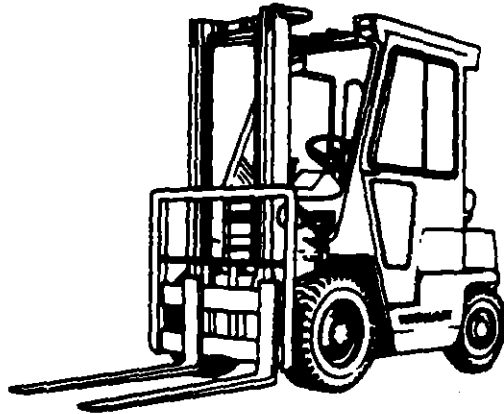
En möjlighet till industriell naturgasanvändning är att använda gasen som bränsle för truckar. Sådan användning finns sedan decennier på kontinenten men har ännu ej tillämpats i Sverige. En fördel gentemot exempelvis gasol är att man slipper hanteringen av gasolflaskor, medan en nackdel är naturgasens relativt låga energiinnehåll räknat per volymenhet.

Målsättningen med studien är att belysa teknik och ekonomi för naturgasdrivna truckar samt att påvisa för- och nackdelar gentemot truckar drivna med gasol eller dieselolja.

Studien har finansierats av Sydgas, Sydkraft AB och Malmö Energi AB samt energiverken i Helsingborg och Lund.

2 TRUCKAR

En truck definieras som ett motordrivet fordon försett med anordningar för lyftning eller stapling. Det finns olika typer av truckar t ex gaffeltruck, staplare, teleskoptruck samt plock-, drag- och flaktruck. Den vanligaste typen inom industrin är gaffeltrucken, se figur 2:1.



Figur 2:1. Gaffeltruck

Truckarna i Sverige drivs idag antingen med el (batteri), diesel eller gasol. El- och gasoltruckar kan användas inomhus vilket inte är fallet för dieseltruckar på grund av emissionerna. Bensin utnyttjas i regel inte som bränsle i truckar. Bensindrivna truckar kan bara utnyttjas utomhus och under sådana omständigheter är dieseln ekonomiskt överlägsen. Effekterna för truckarna varierar mellan 15 och 150 kW.

3 NATURGAS SOM MOTORBRÄNSLE

I motorsammanhang är naturgas ett långsamt brinnande bränsle som är svårare att antända än många andra bränslen.

Motorer som konverterats till naturgas är känsliga för variationer i naturgasens sammansättning och detta gäller speciellt ottomotorerna. Motorn är optimerad för ett visst oktantal, vilket är beroende av gassammansättningen. Stora variationer kan leda till att motorn knackar. De flesta moderna motorer är dock utrustade med knackningssensorer, vilket gör det möjligt att justera motorparametrar (tändning och laddtryck) så att knackning undviks.

Naturgas har ett högre kappavärde¹) än de konventionella bränslena. Det innebär att kompressionsarbetet är relativt högt och att en hög temperatur och ett högt tryck nås efter kompressionen. Detta medför att även expansionsarbetet blir högt. Nettoeffekten blir att ottomotorer drivna med naturgas hamnar på samma verkningsgrad som motorer drivna med andra bränslen.

¹) Kappa, κ , definieras som kvoten mellan gasens specifika energiinnehåll ($\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$) vid konstant tryck, c_p , och vid konstant volym, c_v .

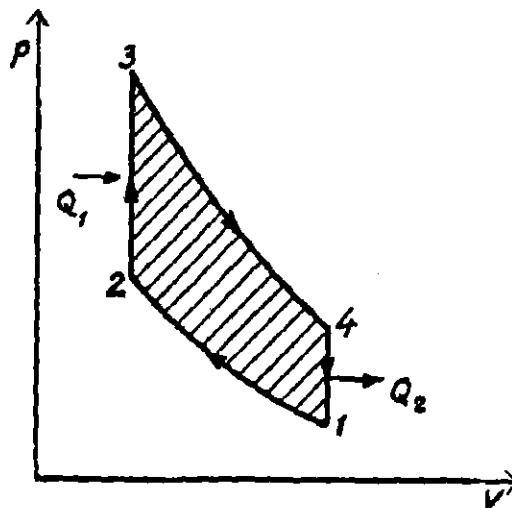
$$\kappa = c_p / c_v$$

4 MOTORER

I detta avsnitt presenteras de vanligaste typerna av kolvmotorer, nämligen ottomotorn och dieselmotorn. Dessutom beskrivs åtgärder för konvertering av diesel och gasmotorer till naturgasdrift.

4.1 Ottomotorn

Arbetsgången för en ideal ottomotor, även kallad bensinmotor eller tändstiftmotor, delas in i fyra steg, se figur 4:1. Från punkt 1 (kolvens undre dödläge) komprimeras luftbränsleblandningen isentropiskt till punkt 2 (kolvens övre dödläge). I denna punkt sker en explosiv förbränning av bränslet varvid värmemängden Q_1 tillförs gasblandningen så hastigt att kolven inte hinner förflytta sig. Därför antas förloppet 2 till 3 ske vid konstant volym. Gasen expanderar sedan isentropiskt från 3 till 4 varvid arbete utvinns. Från 4 till 1 bortförs avgaserna och med den värmemängden Q_2 . Detta sker vid konstant volym.



Figur 4:1. pV-diagram för en ideal ottocykkel.

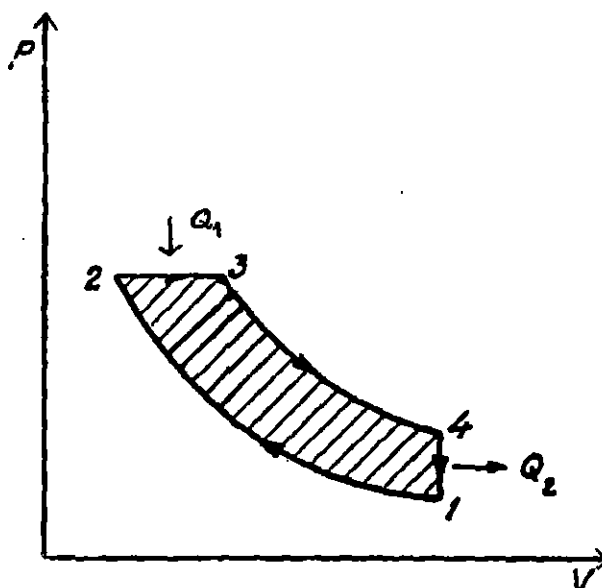
Q_1 = tillfört värme
 Q_2 = avgivet värme

4.2 Dieselmotorn

Arbetsprincipen för en dieselmotor indelas i fyra steg.

- Luft sugas in i cylindern.
- Luften komprimeras. När kolven närmar sig sitt övre vändläge sprutas bränsle in.
- Bränsle och luftblandning antänds genom självantändning. Den värme som bildas under kompressionen av luft möjliggör antändningen.
- Arbete utvinns genom att kolven pressas nedåt p g a förbränningen.

Den ideala arbetscykelns termodynamik beskrivs i figur 4:2.



Figur 4:2. pV-diagram för dieselmotorn.

Q_1 = tillfört värme
 Q_2 = avgivet värme

4.3 Jämförelser mellan otto- och dieselmotorer

Med hjälp av pV-diagrammen är det lätt att skilja på otto- och dieselcyklerna, se figurerna 4:1 och 4:2.

En väsentlig skillnad är att ottomotorerna har ett tändsystem, vilket dieselmotorn saknar. Bränslets förbränningsegenskaper har stort inflytande på energiomvandlingen i motorerna. En ottomotor kräver ett bränsle som kan motstå höga tryck och temperaturer utan att självantända. I en dieselmotor är kravet på bränsle det omvända.

Det finns en variant av dieselmotorn där antändningen sker med tändassistans. Detta sker på elektrisk väg med tändstift eller glödstift. Tändningen kan också alstras genom förbränning med hjälpbränsle.

Eftersom naturgas är relativt svårt att antända används otto- eller dieselmotor med tändhjälp vid naturgasdrift.

4.4 Motorer i truckar

Som tidigare nämnts drivs truckar med gasol, diesel eller el i Sverige. Truckar drivna med gasol utnyttjar ottomotorer medan dieseltruckar utnyttjar dieselmotorer. Eltruckar drivs med batteri. Effekten varierar mellan 15 och 150 kW.

Bränsletanken på en gasoltruck består av en gasolflaska som placeras baktill på trucken och ansluts till en bränsleslang. En dieseltruck har normalt bränsletanken placerad i chassit.

4.5 Konvertering av truckmotorer till naturgasdrift

Vid konvertering av en ottomotor från gasoldrift till naturgasdrift är det huvudsakliga ingreppet byte av munstycke, eftersom bränsle/luftförhållandet är olika för gasol och naturgas. Regulatorer, ventiler och bränsleledningar måste också bytas ut eftersom de måste tåla ett högre driftryck.

Det krävs betydligt större insatser för att konvertera en dieselmotor till naturgasdrift än vad som krävs för en ottomotor. Det finns två olika grundlösningar för att möjliggöra naturgasdrift i en dieselmotor. Den ena lösningen innebär att en tändsats installeras i motorn varvid naturgasen antänds med hjälp av ett tändstift. Den andra lösningen innebär att ett dualbränslesystem (dubbelbränsle) används, där dieseln utnyttjas som tändhjälp för naturgasen. I ett dualbränslesystem krävs det komponenter för två olika bränslen.

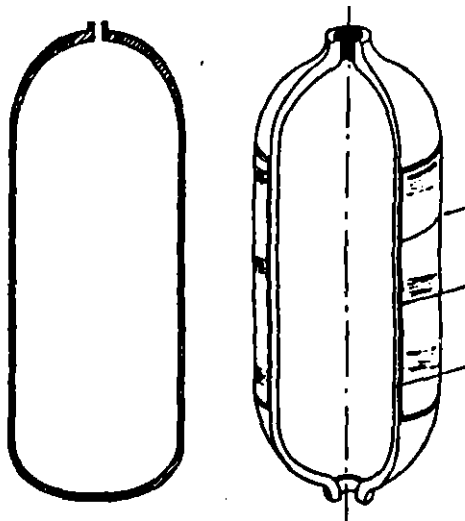
En dieselmotor med tändsats och en konverterad ottomotor är direkt jämförbara med varandra. De förbrukar 100 % naturgas och behöver endast ett bränslesystem.

5 BRÄNSLETANKAR

5.1 Allmänt

Vid användning av naturgas i fordon måste bränsletanken utformas som ett tryckkärl. Trycket i en naturgastank kan uppgå till ca 200 bar. Dessa tankar skall vara försedda med fyllnings- och tömningsledning, nivåkontroll och säkerhetsventil.

Utformningen av tankarna beror bl a på gasens fysikaliska egenskaper och på vilket sätt de skall installeras på fordonet. Tankarna utformas vanligen som cylindrar med kupade gavlar, se figur 5:1.



Figur 5:1 Tankcylinder för naturgasdrivet fordon.

Följande typer av tryckkärl för naturgasdrivna fordon används:

- stältankar
- fiberlindade komposittankar med metalliner (hybridtank)
- fiberlindade helkomposittankar

Tankarna provtrycks med viss periodicitet. Ståltankar har som regel ett provtryckningsintervall av 5 år. Hybridtankar besiktigas av myndigheten (SA i Sverige) vart tredje till femte år. I USA har man på senare år gått över till att tillämpa det kortare godkännandeintervallet.

5.2 Ståltankar

Ståltankar är den typ som används mest i världen. Uppskattningsvis används ca 1 miljon ståltankar för fordonsdrift i främst Italien och Nya Zeeland. De regelverk som finns för ståltankar för fordonsdrift tillåter tunnare gods och därmed högre påkänningar än konventionella tryckkärlsnormer.

Tillverkningen av kärlden sker genom djuppressning i flera steg med mellanliggande värmebehandling. Den öppna änden försluts genom varmspinning, varefter den slutliga värmebehandlingen (härdning och anlöpning) sker.

Det material som vanligtvis används är GRADE AISI 4130X. Sträckgränsen är ca 8220 bar. Svavel och fosforhaltenarna måste vara låga för att materialet skall vara segt.

Typiska dimensioner är 254-330 mm diameter och 889-1 219 mm längd. En tank på 90 l väger ca 77 kg vid 207 bars konstruktionstryck.

5.3 Fiberlindade komposittankar med metalliner

Vikten för dessa tankar är ca 70-80 % av motsvarande ståltankar. I konstruktionen ingår två typer av material:

- En metalliner av stål eller aluminium, som utgör stomme för kärlet
- En fiberlindad kompositdel som lindas på den cylindriska delen av kärlet

Belastningen på tankens mantelyta tas upp av både metallinern och kompositen, medan belastningen på gavlarna endast tas upp av metallinern. Det är kompositen som bär upp den större delen av lasten, vilket är en fördel t ex ur utmattningssynpunkt.

Genom fiberlindningen ökar tankens sprängtryck till det dubbla jämfört med vanlig ståltank.

Metallinerna består antingen av stål (kvaliteten motsvarar rena stålkärl, se föregående kapitel) eller aluminiumlegering (6061-T6 eller 6351-T6). Kompositen består av ett fibermaterial, t ex E-glasfiber, kolfiber eller kevlar. Fiberna lindas på i en matris av epoxy enligt specificerat mönster.

Tanken ytbehandlas med gel-coat eller epoxymålning.

5.4 Fiberlindade helkompositkärl

Helkomposittankarna har mycket låg vikt, endast 50-60 % av en motsvarande ståltank. Komposit är ett plast/glasfibermaterial med mycket hög hållfasthet.

Tillverkningen sker genom lindning av kontinuerliga fiber i en epoxymatris på en liner, utförd av plast eller metall. Lindningen sker enligt ett specifikt mönster. Lindningsmönstret är komplicerat, eftersom gavlarna ingår i lindningsoperationen. Ändanslutningarna fastsätts före lindningen påbörjas.

Tillverkningen styrs av datoriserad utrustning under hela processen, bl a kontrolleras lindningsvinklar, fibersträckning och temperaturer. Härdningen sker i ugn enligt fastställt härdprogram.

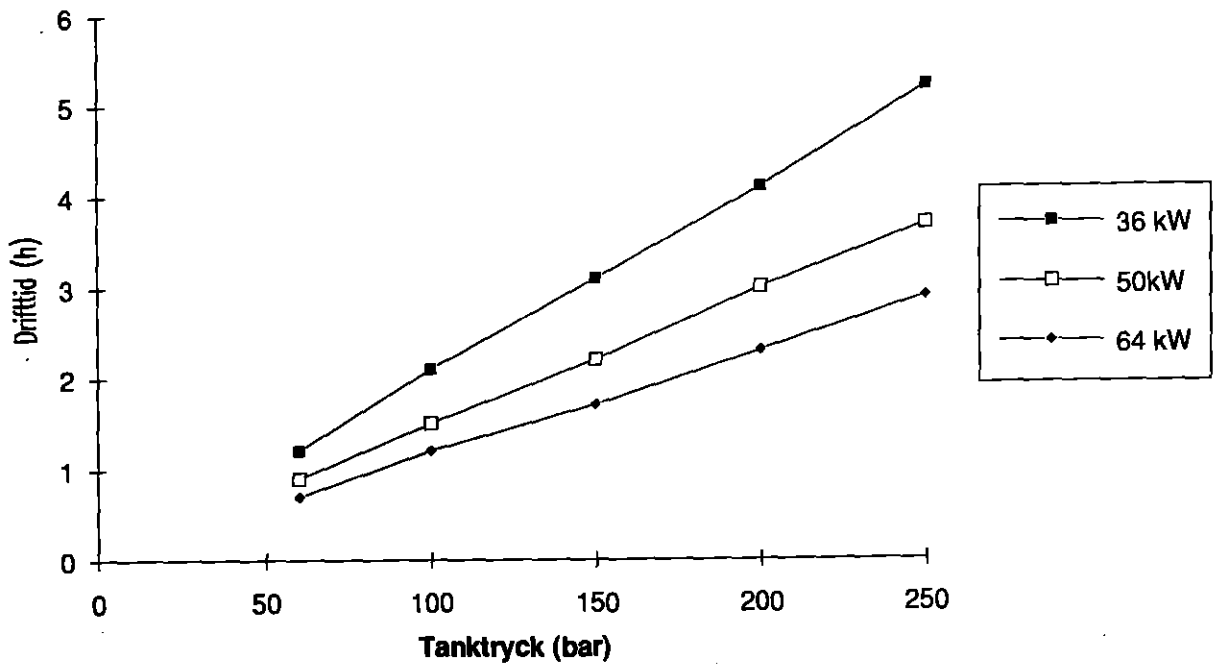
5.5 Bränsletankar som används i Sverige idag

Malmö Lokaltrafik har naturgasbussar i drift. Dessa är utrustad med helkomposittankar. De är tillverkade av ABB Plast AB i Piteå. Materialet är kolfiber/epoxyplast. Varje tank rymmer 70 l och väger 37 kg. Längden på en tank är 1 225 mm och diametern är 340 mm. Fyllnadstrycket är 250 bar. Körsträckan för en naturgasbuss är ca 30 mil per tankning.

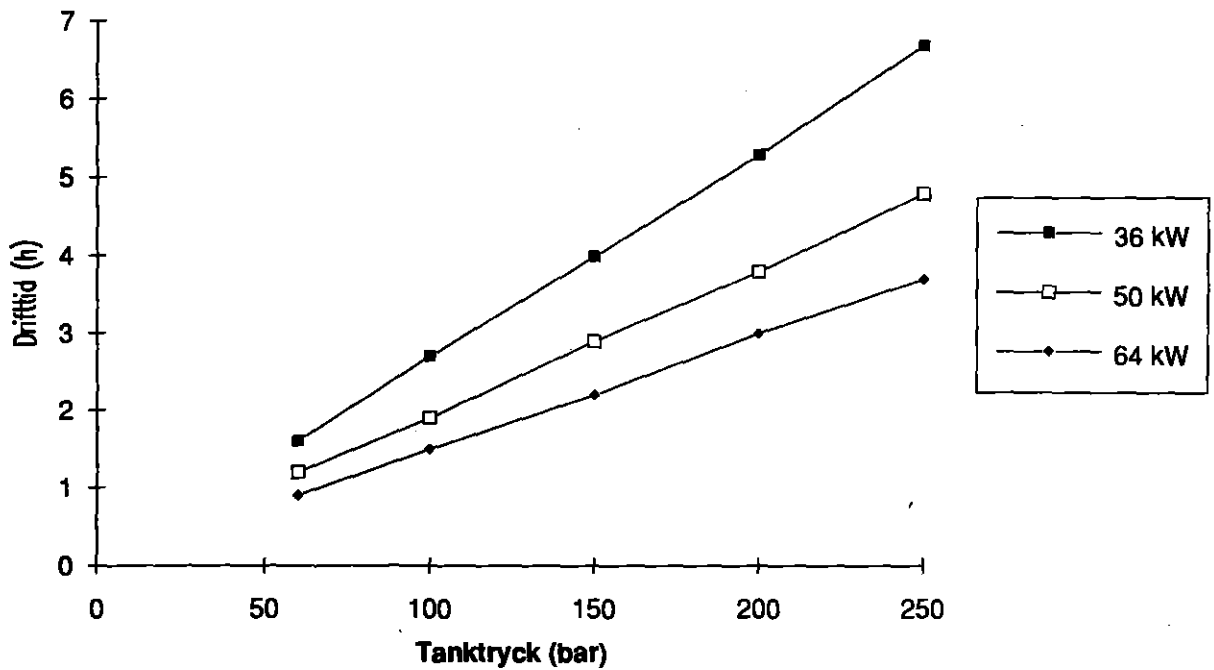
5.6 Erforderligt tryck och drifttid

Bränsletankens maximala dimensioner för en normalstor truck är ca 1 m lång och 0,3-0,4 m i diameter.

Med utgångspunkt från dessa dimensioner är tankvolymen 70-90 l beroende på utformning och godstjocklek. För att belysa hur trycket i tanken påverkar drifttiden beräknades maximal drifttid för truckar med varierande effekt vid olika bränsletankstryck och volym, se figur 5:2 och 5:3.



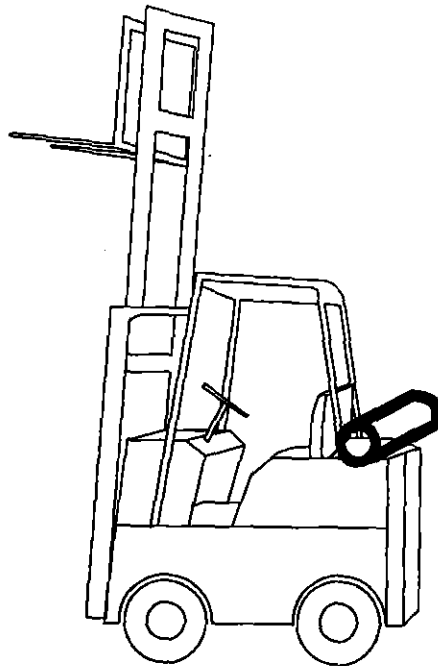
Figur 5:2 Drifttiden som funktion av trycket för en tank på 70 l.



Figur 5:3 Drifttiden som funktion av trycket för en tank på 90 l.

5.7 Installation

Den lämpligaste placeringen av bränsletanken är baktill på trucken på samma sätt som gasoltankarna är placerade på gasoltruckar, se figur 5:4.



Figur 5:4. Bränsletankens placering

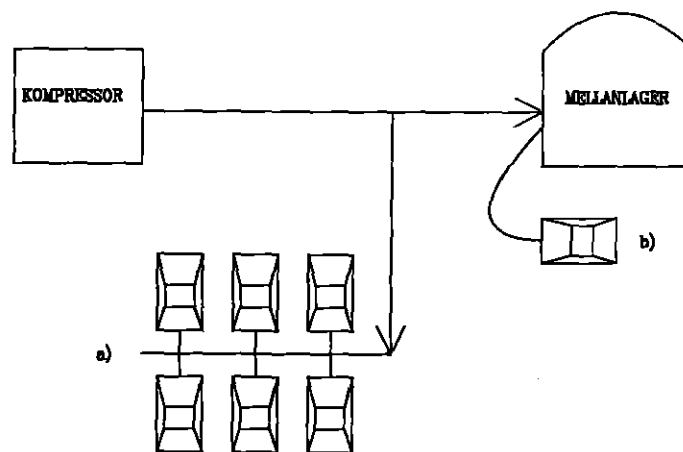
6 TANKNINGSTEKNIKER

6.1 Allmänt

Gasledningen som försörjer en tankstation har normalt trycknivån 1-4 bar. Erforderlig tryckstegring till de ca 200-250 bar, som utgör maxtryck i fordonens lagringstankar, sker med en kompressor.

Det finns två anläggningstyper:

- långsamfyllning
- snabbfyllning



Figur 6:1. Principen för a) långsamfyllning och b) snabbfyllning.

6.2 Långsamfyllning

Långsamfyllning bygger på att en kompressor arbetar direkt mot fordonstankarna.

En långsamfyllningsanläggning består av:

- anslutning till distributionsnät
- kompressor
- ledning till tankplatser med mätare
- fyllnadshandtag med munstycke

Trycket i fordonstanken registreras. Vid lågt tryck startar kompressorn och arbetar sedan tills tanken når maximalt tryck.

I regel används denna typ av fyllning av företag som har en fordonspark. Anläggningen dimensioneras och konstrueras så att ett lämpligt antal fordon kan tankas samtidigt, t ex nattetid. Beroende på fyllningsgrad och dimensionering tar en fyllning i regel 2-6 timmar.

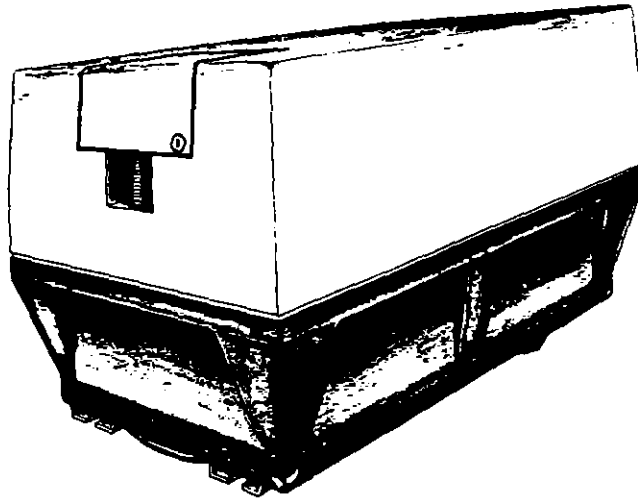
Fördelarna med denna typ av anläggning är att kompressorkapaciteten kan beräknas noggrant efter en känd dimensionerande faktor, då längre tid står till förfogande för tankningen. Den temperaturhöjning som gasen får vid komprimeringen hinner också utjämnas, vilket innebär något bättre fyllnadsgrad i fordonets lagringstankar. Systemet är avsett och lämpar sig bäst för fordonsparker med en gemensam uppställningsplats. Energiförbrukningen för detta komprimeringsförfarande kan beräknas till 6-10 % av den distribuerade energin.

6.3 Hemmatankning

Det finns en variant av långsamtankning kallad hemmatankning. Den är utvecklad för att fordon skall kunna tankas vid ägarens parkering eller garage under natten. Hemmatankningsenhetens huvuddelar är elmotor och liten kompressor.

Det finns ett par typer av hemmatankningsanläggningar på marknaden. Först på marknaden var HOM-GAS, tillverkad av RID Industries, Oakland, USA. Denna anläggning är relativt dyr och är dessutom stor och klumpig. Enheten kan tanka upp till sex fordon.

En annan typ är Fuel Makers C2, se figur 6:2. Fuel Maker ägs till lika stora delar av Sulzer, Schweiz, BC Gas, Canada och Questar, USA. Produktionen av C2 görs i Toronto. Lämpliga kunder för denna anläggning är främst ägare till mindre fordonsparker, men även försöksanläggningar. C2-enheten beräknas kosta knappt 20.000 kr (pris i svenska kronor juni 1990). På sikt tror man att man kan få ner priset p g a ökad tillverkningsvolym.



Figur 6:2 Hemmatankningsanläggning av typ Fuel Makers C2

6.4 Snabbfyllning

För snabbtankning måste anläggningen utökas med ett mellanlager. Mellanlagret fylls kontinuerligt upp till 50-100 bar över fordonstankarnas tryck. Vid tankning öppnas ledningen mellan fordonets tankar och mellanlager, så att en tryckutjämning sker. Fordons-tanken stänger automatiskt tillflödet vid 200 bars tryck. Tankning enligt detta förfarande tar mellan 2 och 10 minuter.

Kompressorn i en snabbfyllningsanläggning arbetar vid ett högre tryck än vad som krävs i fordonet, vilket innebär en högre kostnad för komprimeringen. Kostnaden vid den högre komprimeringen kan i viss mån undvikas genom att använda flera mellanlager, s k banker, med olika tryck som successivt kopplas in, efterhand som trycket i fordonets lagringstankar stiger. Omkoppling mellan olika mellanlager sker automatiskt under tankningsförloppet och minimerar den volym av mellanlagret, som behöver högsta trycket.

7 TILLSTÅNDSFRÅGOR

7.1 Allmänt

Det finns inga fastlagda regler i Sverige angående användning av naturgas som fordonsbränsle. De riktlinjer som myndigheterna tillämpar grundar sig bl a på de regler som gäller vid användning av motorgas eller normer från andra länder, främst Canada. Det bör observeras att det inte är självklart att det, som är godkänt i t ex Canada blir, godkänt i Sverige.

7.2 Kompressorstation

Kompressorstationen skall godkännas av Statens Anläggningsprovning (SA) och Sprängämnesinspektionen (SÄI).

Statens Anläggningsprovning behöver ritningar över kompressorinstallationen för att kunna ge sitt utlåtande om kompressorn.

Sprängämnesinspektionen behöver veta kompressorns placering, vilken elinstallation som finns i anslutning till kompressorn samt en förteckning över ingående material.

7.3 Bränsletank

Tillståndsmyndighet för bränsletankar är Statens Anläggningsprovning. Deras bedömning grundar sig på tryckkärlsnormen.

De bränsletankar som används i naturgasdrivna fordon idag i Sverige, har fått dispens av tillståndsmyndigheter under en utvärderingsperiod.

Vid framtagning av en lämplig behållare är följande parametrar viktiga:

- Materialets slagseghet vid temperaturer mellan -20°C och -30°C
- Beskrivning över tillverkningsförfarandet (framställning, provning etc).

8 EKONOMI

8.1 Investeringar

De investeringar som krävs för att driva truckar med naturgas istället för traditionella bränslen såsom gasol och diesel är ombyggnad av motor, bränsletank och tankningsställe.

Kostnaden för att bygga om en truck är beroende av trucktypen. Motorkonverteringen av en gasoltruck kostar ca 10.000 kronor. Kostnaden för att bygga om en dieseltruck är beroende av vilken typ av ombyggnad det rör sig om. Ombyggnad till dualbränslesystem kostar 50.000 kronor. Kostnaden för att installera ett tändsystem är 90.000 kronor.

Kostnaden för bränsletanken är även den beroende av vilken typ av tank som väljs. Kostnaden för en 70 liters tank varierar mellan 7.000 och 12.000 kronor. Ståltanken är det billigaste och helkomposittanken är det dyraste alternativet. Det har inte så stor betydelse om bränsletanken är stor och tung på en truck, eftersom det finns gott om utrymme jämfört med andra fordon. Den typ av tank som därmed är lämpligast för truckar är ståltanken. Kostnaden för bränsletanken är därmed 7.000 kronor.

Kostnaden för tankningsstället är beroende av vilken typ som krävs. En anläggning för långsamfyllning är billigare än snabbfyllning. En av de mindre kompressor-anläggningarna, typ Fuel Makers C2 kostar ca 20.000 kronor. En kompressor-anläggning för snabbfyllning kostar mellan 0,8 och 1,0 miljoner kronor beroende på kapacitet.

8.2 Driftskostnader

Kostnaden för de olika bränslena är enligt följande:

Diesel	0,35 kr/kWh
Gasol	0,22 kr/kWh
Naturgas	0,20 kr/kWh

Priset inkluderar inte energiskatt för fordon drift eftersom det inte är fastlagt hur hög den blir för naturgas.

8.3 Jämförelse

För att klargöra den totala ekonomiska bilden vid konvertering till naturgastruckar redovisas nedan ett antal olika exempel. De utgår från tre olika företagsstorlekar; ett litet, ett mellanstort och ett stort företag.

Normal drifttid för en truck är 5 effektiva körtimmar per skift. Den årliga drifttiden baseras på 230 arbetsdagar per år. Effekterna på truckarna antas i genomsnitt vara 50 kW. Motorverkningsgraden är 60 %. Vid beräkningarna har det antagits att det lilla företaget har en kompressorläggning av hemmatankningstyp, medan det mellanstora och det stora företaget har anläggningar för snabbfyllning. Kostnaderna för kompressorläggningarna baseras på att naturgasen tas på lågtryckssidan. I de fall truckarna drivs med både diesel och naturgas (dualbränsle) svarar dieseln för 10 % av energitillförseln. Rak pay-off tid beräknas som (total investering) / (besparing per år).

Litet företag (1 skift).

	Ombyggnad till naturgas från		
	Gasol	Diesel (dual)	Diesel
Antal fordon	1	1	1
Bränsleförbrukning (MWh/år)	96	96	96
Bränslekostnad före konvertering (kkr/år)	21,0	33,5	33,5
Bränslekostnad efter konvertering (kkr/år)	19,2	20,6	19,2
Bränslebesparing (kkr/år)	1,8	12,9	14,3
Ombyggnad av truck (kkr)	17	57	97
Tankställe (kkr)	35	35	35
Total investering (kkr)	52	92	132
Rak pay-off tid (år)	28,9	7,1	9,2

Mellanstort företag (2 skift)

	Gasol	Diesel (dual)	Diesel
Antal fordon	6	6	6
Bränsleförbrukning (MWh/år)	1150	1150	1150
Bränslekostnad före konvertering (kkr/år)	253	402,5	402,5
Bränslekostnad efter konvertering (kkr/år)	230	247,3	230
Bränslebesparing (kkr/år)	23	155,2	172,5
Ombyggnad av truckar (kkr)	102	342	582
Tankställe (kkr)	800	800	800
Total investering (kkr)	902	1142	1382
Rak pay-off tid (år)	39,2	7,4	8,0

Mellanstort företag (3 skift)

	Ombyggnad till naturgas från		
	Gasol	Diesel (dual)	Diesel
Antal fordon	6	6	6
Bränsleförbrukning (MWh/år)	1725	1725	1725
Bränslekostnad före konvertering (kk/år)	379,5	603,8	603,8
Bränslekostnad efter konvertering (kk/år)	345	370,9	345
Bränslebesparing (kk/år)	34,5	232,9	263,3
Ombyggnad av truckar (kk)	102	342	582
Tankställe (kk)	800	800	800
Total investering (kk)	902	1142	1382
Rak pay-off tid (år)	26,1	4,9	5,2

Stort företag (2 skift)

	Gasol	Diesel (dual)	Diesel
Antal fordon	12	12	12
Bränsleförbrukning (MWh/år)	2300	2300	2300
Bränslekostnad före konvertering (kk/år)	506	805	805
Bränslekostnad efter konvertering (kk/år)	460	494,5	460
Bränslebesparing (kk/år)	46	310,5	345
Ombyggnad av truckar (kk)	204	684	1164
Tankställe (kk)	900	900	900
Total investering (kk)	1104	1584	2064
Rak pay-off tid (år)	24,0	5,1	6,0

Stort företag (3 skift)

	Gasol	Diesel (dual)	Diesel
Antal fordon	12	12	12
Bränsleförbrukning (MWh/år)	3450	3450	3450
Bränslekostnad före konvertering (kk/år)	759	1208	1208
Bränslekostnad efter konvertering (kk/år)	690	741,8	690
Bränslebesparing (kk/år)	69	466,2	518
Ombyggnad av truckar (kk)	204	684	1164
Tankställe (kk)	1000	1000	1000
Total investering (kk)	1204	1684	2164
Rak pay-off tid (år)	17,4	3,6	4,2

Som framgår av exemplen ovan varierar pay-off tiden mellan 17,4 och 39,2 år vid ombyggnad av gasoldrivna truckar till naturgasdrift. Med de förutsättningar som antagits gälla är det således inte ekonomiskt försvarbart med sådana ombyggnader.

Vid ombyggnad av dieseldrivna truckar till naturgasdrift blir pay-off tiderna betydligt kortare, i exemplen ovan ligger de mellan 3, 6 och 9,2 år. Här kan det således finnas ekonomiska incitament till ombyggnader.

För att undersöka takningsmetodens inverkan på ekonomin har en beräkning gjorts med långsamtankning för det stora företaget som kör 3-skift med 12 truckar. För att medge långsamtankning måste då truckparken utökas med ytterligare 6 truckar. Pay-off tiden minskar då från 17,4 till 7,3 år i fallet konvertering från gasol och från 3,6 till 2,6 år i fallet konvertering från diesel (dual).

Det är fullt möjligt att driva truckar med naturgas. Olika fordon, däribland truckar, har drivits med naturgas på kontinenten i ett par decennier.

Det har inte så stor betydelse om bränsletanken är stor och tung på en truck, eftersom det finns gott om utrymme jämfört med andra fordon.

Tankstationens utformning är beroende av fordonsparkens storlek och utnyttjningstid. För en mindre fordonspark som står stilla under natten är långsamfyllning ett bra alternativ. Bränslepåfyllningen sker då under natten och fordonen är färdigtankade på morgonen när verksamheten börjar.

Det finns ännu inga normer eller regler speciellt för naturgasdrivna fordon i Sverige. Myndigheterna grundar sina beslut på de regler som gäller för motorgas samt normer från andra länder.

Studien visar att konvertering av dieseldrivna truckar till naturgas är ekonomiskt lönsamt under de förutsättningar som antagits gälla.

Konvertering av gasoldrivna truckar till naturgas förefaller däremot mera tveksamt även vid större fordonsparker och vid körning i treskift. Då har förutsatts tankutrustning för snabbtankning. Med långsamtankning och därav föranledd utökning av fordonsparken finns emellertid möjligheter till lönsam konvertering även av gasoldrivna truckar.

En slutsats av studien är också att konvertering från diesel till naturgas under alla omständigheter är mer lönsam än konvertering från gasol till naturgas.

Det skall slutligen påpekas att förutsättningarna för konvertering av truckar kan ändras i framtiden. Nya och billigare tankningssystem, t ex snabbtankning direkt från högtrycksnätet, kan således förändra hela den ekonomiska konverteringsbilden.

10 REFERENSER

"1989 års internationella bevakning av naturgasdrivna fordon"

Mats Ekelund, Tove Ekeborg
Vattenfall FUD-rapport V(G) 1990/6

"Tryckkärl för naturgasdrivna fordon"

Michael Losciale
Vattenfall FUD-rapport V(G) 1990/15

"Hemmatankning av naturgasdrivna fordon"

Tove Ekeborg
Vattenfall FUD-rapport V(G) 1990/5

"Naturgas som kolvmotorbränsle"

Mats Ekelund, Rolf Egnell, Rolf Gabrielsson
STV Information nr 751-1989



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ
Telefon: 040-700 40
Telefax: 040-30 50 82