



Alternativ vätska i naturnära reglerhydraulik för vattenkraft

En studie om potential för tunn syntetisk
paraffinolja framställd från gas

Elforsk rapport 13:35



Jan Ukonsaari, Anders Pettersson

September 2013

ELFORSK

Alternativ vätska i naturnära reglerhydraulik för vattenkraft

En studie om potential för tunn syntetisk
paraffinolja framställd från gas

Elforsk rapport 13:35

Förord

Innevarande arbete med start 2012 till nu drygt ett år senare har innefattat studier av potentialen för en tunn syntetisk paraffinolja som alternativ vätska i naturnära reglerhydraulik för vattenkraft. Uppdraget har utförts som en del av Elforsks program "Anläggningsteknik Vattenkraft 2011-2012. Rapporten har skrivits av Jan Ukonsaari, Vattenfall Research and Development med stort bidrag inom vissa avsnitt av Anders Pettersson från Luleå tekniska universitet. Anders har också utfört testerna vid Tribolab på Luleå tekniska universitet. Referensgruppen bestående av Lars Svensson – E.ON Vattenkraft Sverige, Anders Bertilsson – Statkraft Sverige och Hans Bjerhag – Fortum Generation har med sin insats sett till att vägleda innehållet rent allmänt men också bidragit i detalj.

Följande företag har medverkat i "Anläggningsteknik vattenkraft 2011-2012": Vattenfall Vattenkraft, Fortum Generation, E.ON Vattenkraft Sverige, Statkraft Sverige, Skellefteå Kraft, Holmen Energi, Jämtkraft, Umeå Energi, Sollefteåforsens, Karlstads Energi och Gävle Energi.

Stockholm, september 2013



Joel Sundström
Programområde Vattenkraft
Elforsk

Sammanfattning

I denna förstudie sammanställs situationen för hydraulik till intags- och utskovsluckor i vattenkraft. Det är naturnära applikationer som inte alltid medger möjlighet att helt säkra från läckage direkt till vattendrag.

Idag finns ett drygt 30-tal installationer med vattenhydraulik med tillsatsen monopropylenglykol 30-50 % i vatten. Erfarenheten visar att alla dessa inte är helt problemfria men de problem som hittills har identifierats bedöms som överkomliga. Vattenhydraulik medför att viktiga specialanpassade komponenter bör användas (pumpar och ventiler). Det är även vanligt att miljöanpassade syntetiska estrar används till luckhydraulik. Erfarenheten från dessa installationer visar att standardkomponenter kan användas.

I hopp om att hitta alternativa vätskor som kan användas med standardkomponenter och som anses acceptabla ur miljösynpunkt (giftighet, nedbrytbarhet, förnyelsebarhet) har en vätska från EcoPar AB (här kallad Ecopar) av typen gas to liquid (GTL) studerats.

GTL anses ha låg giftighet och bryts ner sakta men säkert i naturen. De flesta GTL tillverkas från fossila råvaror men det finns undantag. I jämförelse med monopropylenglykol blandat med vatten (50-50) är GTL en mindre miljöanpassad vätska, men närmar sig och kanske kan likställas om helt förnyelsebara råvaror kan används i framställningen. Jämfört med miljöanpassad syntetisk ester är GTL likvärdig vad gäller låg giftighet och hög nedbrytbarhet.

Ett glidtest med oscillerande rulle på plan med stål- mot stål kontakt visade att Ecopar hade begränsad förmåga att smörja denna högt belastade kontakt. Skillnaden var stor jämfört med en hydraulvätska med låg viskositet.

Det finns ett antal försök med Ecopar som visar på att funktion kan uppnås i hydraulik. Ett exempel är att en grindrensare går sedan 1 år tillbaka utan anmärkningar.

En tunn GTL som Ecopar är klassad som brandfarlig med en flampunkt under 100 °C. Det innebär att en tillståndsprocess för brandsäkerhet och miljö skall genomföras för varje eventuell installation samt att dessa ska besiktigas vart 4:e år. Räddningstjänsten är tillståndsgivare för brandsäkerhet och kommun eller länsstyrelse för miljö.

Slutsatsen från denna förstudie är att GTL potentiellt kan användas som vätska i naturnära hydraulik i vattenkraft. En fullt utprovad produkt finns inte idag och troligen behövs viss produktutveckling. Studien visar också att alternativet miljöanpassad syntetisk ester som är en etablerad produkt i stort sett är lika lämplig ur miljösynpunkt. Säker funktion med vattenhydraulik med monopropylenglykol anses bäst ur miljösynpunkt. Vissa specialkomponenter bör dock användas och det finns en potential för korrosionsskyddsförbättring av vätska och i systemdesign. Lågt inköpspris kan göra GTL till en konkurrenskraftig alternativ naturnära hydraulvätska om egenskaperna efter längre tids användning visar sig goda. En önskvärd utveckling är att undgå tillståndsbedömningar och risker med brandfarlig vätska.

Summary

This pre-study comprises the situation regarding hydraulic governing systems for inlet- and spill gates. These are close-to-water applications in which fully leakage safe design arrangements can't always be used.

Today there are about 30 installations using water hydraulics including mono propylene glycol and water mix fluid. The experience shows that all installation has not been fully long term functional. Investigations points towards solvable issues. For water hydraulics there are water suitable pumps and valves. It is also common to use synthetic esters as system fluid. These can be made environmentally acceptable and standard components can be used.

With a hint of hope to find alternative fluids that can be used with standard components for close-to-water applications in hydropower a GTL (Gas to Liquid) fluid has been studied. Special focus has been on a GLT fluid from EcoPar AB (herein after called Ecopar).

GTL (Ecopar) has normally low toxicity and has a slow and safe biodegrading in nature. Most GTLs are manufactured from fossil substances but there are exceptions. Comparing mono propylene glycol and water mix (50-50), the GTL is a less environmentally acceptable fluid. Using renewables can close this gap. Compared to an environmentally acceptable synthetic ester the properties are comparable when it comes to toxicity and biodegradability.

A sliding friction and wear test using an oscillating roller on a plate showed that Ecopar had limited ability to lubricate the high pressure contact. The difference was large compared to a conventional synthetic ester hydraulic fluid.

There are a number of trials using Ecopar that shows that function can be established. One example is a gate bar cleaner running since more than a year without issues.

A thin GTL fluid such as Ecopar is classed as flammable with flam point less than 100°C. This means that permission process must be executed before any installation and repeated inspections every 4th year. An assessment of environmental impact together with municipality and county administration is required for reviewing the environmental and fire risks.

The conclusion from this pre-study is that GTL is a potential fluid type for close-to-water hydraulics in hydropower. A fully formulated hydraulic fluid product is not available today and they would benefit from some product development. This study also shows that an environmentally acceptable synthetic ester is equally suitable from the environmental aspect, and such products are available. Safe function using water hydraulics with mono propylene glycol is until now the most environmentally acceptable technology. Drawbacks can be found in using special components and perhaps there are some potential improvements for corrosion protection. Low total cost can lead to interest for the GTLs as hydraulic fluids in close-to-water applications if experiences continue well from real applications. Preferred development should be adjustment of the fluid properties to avoid the present flammable classification.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Mål	2
1.3	Avgränsningar	2
2	Allmän systembeskrivning av aktuella system	3
3	Lagkrav	4
4	Erfarenhet med alternativa vätskor i intags- och utskovshydraulik	5
5	Omvärldsbild av miljöanpassning luckhydraulik	6
6	Översikt av alternativa vätskor	8
7	Egenskaper för GTL-vätska (gas to liquid)	10
7.1	Miljöegenskaper	10
7.2	Tekniska egenskaper	10
7.2.1	Tribologiska egenskaper	11
8	Bedömning av vätskans lämplighet	14
8.1	Kompatibilitet med material	14
8.2	Blandbarhet med andra vätskor	14
8.3	Systemdesign, komponentval och möjligheter	14
8.4	Livslängd på system och vätska	14
8.5	Hanterbarhet	15
8.6	Miljöpåverkan	15
8.7	Lagkrav	16
9	Ekonomi för system med olika vätskor	17
10	Slutsatser	18
10.1	Förslag på verifiering av funktion.	18
11	Referenser	19
12	Lämpliga provmetoder för hydraulvätska	20

Bilaga

Antal sidor

1: Installationer med vattenhydraulik

1

1 Inledning

Vattenhydraulik ses som en teknik med miljömässiga fördelar jämfört med olja när vätskan utvärderas. Den består av 50-70 % vatten och resterande av monopropylenglykol. Mer än 30 installationer sedan år 2000 finns i Sverige (Bilaga 1) och ett antal har inte varit helt problemfria, dessa anses dock hittills överkomliga.

Idag råder en viss osäkerhet om vattenhydraulik är tekniken som bör satsas på i stor skala eller om det finns andra hydraulvätskor som kan vara goda alternativ. Potentiella sådana vätskor är syntetiska vitoljor. En syntetisk paraffinolja från EcoPar AB (en sorts GTL) har provats som exempel i denna studie, hädanefter kallas vätskan Ecopar.

Denna studie handlar om att utreda GTL-vätskors (Gas To Liquid) lämplighet för användning i system inom vattenkraft. En översikt av alternativa vätskor genomförs men för Ecopar sker en något fördjupad studie för att bättre visa på hinder och möjligheter. Här ingår en beskrivning av egenskaper för miljö och teknik jämfört med miljöanpassad hydraulolja och vätska för vattenhydraulik. Hur påverkar användningen av vätskan systemen och ingående komponenter? Vad finns och saknas inom tester, egenskaper och erfarenhet för acceptans till system inom vattenkraft? Vad säger lagstiftningen och andra krav på systemen för användning av vätskan? Allt sammanställs angående förutsättningarna och status för vätskan.

1.1 Bakgrund

För luckhydraulik inom vattenkraft finns ett starkt motiv att använda den mest miljöanpassade tekniken utan att tumma på funktionssäkerheten. Förhållanden som systemen skall arbeta under, samt den oregelbundna användningen, ställer egenskapskrav såsom säker start vid extrem kyla och efter lång avstängning. Numera ställs även högre krav på att vätskan skall vara miljöanpassad. Livslängden är inte alltid mätbar i driftstid eftersom påverkan från andra faktorer förutom förslitning kan dominera. Det kan vara korrosion och åldring av tätningar med tiden.

De senaste fem åren har antalet vattenhydrauliksystem ökat starkt och i några av dem har problem uppstått. Utredningar tyder på att de är överkomliga. En alternativ miljöanpassad vätska som ger säker funktion med enkel teknik kan ge trygghet i det fortsatta miljöfrämjande arbetet. Allt satsas inte på en teknik. Miljöanpassad olja är en möjlighet men jämfört med vattenhydraulikens vätska är miljöanpassningen ett steg tillbaka.

Flera medverkande företag har verksamhet i andra EU-länder. Ett arbete som bidrar till ökad kunskap inom området kommer genom dessa företag att spridas till andra länder och värderas där. Medvetenhet om andra länders tradition, krav och erfarenhet är på sikt kunskap som denna typ av studie medför.

1.2 Mål

Målet med denna förstudie är att dokumentera egenskaper för en alternativ vätska samt bedöma förutsättningar för användning inom vattenkraft och dess mest miljöriskutsatta system.

Målet är också att föreslå krav och tester för att säkerställa en vätskas lämplighet. Kontrollpunkter i kraven aktualiseras som fortsatt studie vid positiv bedömning av vätskan.

1.3 Avgränsningar

Studien har inte för avsikt att genomföra produktutveckling för en ny typ av vätska.

2 Allmän systembeskrivning av aktuella system

De mest miljöriskutsatta hydraulsystemen i vattenkraft återfinns framförallt i reglering av intags- och utskovsluckor. Vid läckage är risken stor att utsläpp sker direkt till strömmande vatten med följd att det är svårt att fånga upp tack vare stora vattenflöden som ger låg koncentration med utläckt vätska. Systemen anses enkla med ventiler för öppna- och stänga-funktion samt pump, tank och eventuellt filter. Redundans är vanligt förekommande och ökar antalet komponenter. Mestadels har systemen kort drifttid. Allt ifrån provkörning en gång per år eller någon gång per månad till reglering av vattennivå med regleringar flera gånger per timme förekommer. Kort drifttid är mest vanligt förekommande och då handlar det om några minuter till några timmar per år.

Förhållanden som systemen befinner sig i kan vara torra varma utrymmen eller fuktiga källarliknande utrymmen men också utomhus i det nordiska klimatet (Tabell 1). Hydraulcylindrar placerade under vatten kan förekomma. Driftstemperatur är marginellt högre än eller lika med omgivningens då driftstiden endast sker i korta intervaller.

Systemens funktion är av största vikt då det handlar om säkerhet i form av reglering av vattennivå i damm eller flöde till vattenturbin och station. Båda funktionerna ingår i säkerhets- och nödsystem i vattenkraft.

Miljöanpassning av systemen är av stor vikt då det är ett intresse från alla håll att påverka miljön på ett acceptabelt sätt. Krav för en miljöanpassad hydraulvätska finns i svenska standarden SS 1554-34 som kan anses acceptabel för miljödelarna i denna.

Tabell 1. Översiktliga förhållanden för intags- och utskovshydraulik.

Egenskap	Enhet	Värde
Temperaturområde	°C	-50°C (-40°C) till +50°C
Tryck	Bar	160
Livslängd	År	30
Fukt	-	Torr till under vatten

3 Lagkrav

Lagkrav som gäller för intags- och utskovshydraulik är generellt att följa miljöbalken. Det innebär i korthet att man ska använda bästa miljömässiga teknik som fungerar. Det har visat sig att miljöanpassade oljor är accepterade vätskor, likaså har monopropylenglykol med vatten inte haft några frågetecken kring sig med tillstånd. När det gäller en tunn GTL-vätska så finns det en stor risk att den klassas som brandfarlig. Ecopar har en flampunkt på ca 95 °C. Vätskor vilkas flampunkt är lika med eller lägre än 100 °C är brandfarliga vätskor och klassas enligt SÄIFS 1998:3:

Klass 1: vätskor med flampunkt under 21 °C.

Klass 2a: vätskor med flampunkt lika med eller över 21 °C, men under eller lika med 30 °C.

Klass 2b: vätskor med flampunkt över 30 °C, men under eller lika med 55 °C.

Klass 3: vätskor med flampunkt över 55 °C, men under eller lika med 100 °C.

Med en brandfarlig vätska följer en tillståndsprocess hos räddningstjänsten för yrkesmässig användning:

Enligt lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor krävs tillstånd för den som yrkesmässigt eller i större mängd hanterar brandfarliga varor. Det är den som avser att bedriva verksamheten som ska ansöka om tillstånd.

Några saker som framkommit vid samtal med personal från räddningstjänst är att bedömning kommer ske för möjligheter att fånga läckage. Varje eventuell installation genomgår en ansökningsprocess. Utgången av denna kan inte denna studie svara på men enligt samtal finns det förutsättningar för positiva beslut. Anläggningen kommer därefter att besiktigas vart 4:e år av räddningstjänst. Tillståndsutövaren kommer grunda sin bedömning med tolkning av "Sprängämnesinspektionens föreskrifter om tillstånd till hantering av brandfarliga gaser och vätskor; SÄIFS 1995:3".

Största erfarenheten från hantering av brandfarliga liknande vätskor är vätskor från dieselanläggningar. Diesel har ofta dåliga egenskaper ur miljösynpunkt, vilket inte Ecopar verkar ha (se vidare senare kapitel). En tillståndsprocess i kommun eller länsstyrelse ur miljösynpunkt där bl.a. "NFS 2003:24 Naturvårdsverkets föreskrifter om skydd mot mark- och vattenförorening av brandfarliga vätskor" och "AFS 1985:14 Arbetsmiljöverkets kungörelse om tryckprover" är ingående delar. Denna studie kan dock inte svara på utgången av en sådan prövning för en vätska som Ecopar. Förutsättningar för att utgången blir positiv bör dock vara goda.

4 Erfarenhet med alternativa vätskor i intags- och utskovshydraulik

Under det senaste decenniet har mer än 30 hydrauliksystem med vatten som medium installerats i olika vattenkraftanläggningar i Sverige (se bilaga 1). Hittills har det handlat om reglering av luckor och några för reglering av turbiner. Erfarenheterna från dessa installationer är mestadels goda men det finns några undantag. Här följer ett antal av dessa. Där tydlig erfarenhet och kunskap inte finns är det en diskussion.

Vattenhydraulik med monopropylenglykol blandat i vatten

I vattenhydraulik har rostangrepp förekommit i cylinder och på kolvstång i system för utskov och intagslucka. Utredning visar att en starkt misstänkt orsak är att kondens bildas i luftfickor där kondensen består av vatten utan korrosionsskydd. Detta problem kan hindras med omdesign. Vanligt stål har lågt korrosionsskydd mot vatten och syre och rostpartiklar kan lätt orsaka skador på tätningar och andra komponenter. Utredning angående rost visar hittills att problemen är överkomliga. Utformning utan luftfickor i systemet ser ut att bli ett krav för framtida system. Svettande cylindrar har förekommit där hydraulvätska sipprar genom materialet

Miljöanpassade syntetiska estrar

Miljöanpassade syntetiska estrar är vanligt använda i luckhydraulik. Tack vare framförallt goda egenskaper vid låga temperaturer är de lämpliga. Erfarenheten från dessa installationer är normal funktion.

I övriga reglersystem för turbin och lager till roterande system finns ett flertal system med syntetiska estrar. Den mest negativa erfarenheten är inblandning av vatten i oljefyllda löphjul som p.g.a. läckage i kombination med förstörd vattenavskiljningsförmåga medfört ökade serviceinsatser för att få bort vatten ur oljan och i något fall även driftstörningar.

Vitoljor

Vitoljor eller högt raffinerade mineraloljor kan, med säker hantering, klassas som godkända att användas i maskiner som tillverkar livsmedel. Vitolja finns i en del lucksystem i Sverige. Idag är dessa på väg ut från vattenkraften.

GTL, Syntetiska paraffinolja

En grindrensare i Sverige går sedan ett år tillbaka med Ecopar. Funktionen rapporteras normal och inga läckage har förekommit. Ecopar ersatte Chevron Rando HDZ, en syntetisk hydraulolja viskositetsklass ISO-VG 32. Driftstiden är begränsad vintertid och går under sommaren ca 20-30 minuter varannan dag.

5 Omvärldsbild av miljöanpassning luckhydraulik

I världen pågår aktiviteter för miljöförbättringar. Dock bör nämnas att vid ett möte (CEATI/HPLIG i Florida) möttes en presentation av vattenhydraulik för luckreglering med många förvånade ansikten. Det verkar bara vara i Norden som vattenhydraulik installerats för luckreglering.

I Naussac i Frankrike finns ett exempel på en maskin med helt oljefria hydraulsystem (rent vatten). Försöket genomfördes 1996 och har enligt uppgifter haft problem med alger och bakterier i vattnet. Inga speciella tillsatser användes. Vanligt är också att trottelventiler drivs av fallhöjdstrycket, vilket bör betraktas som vattenhydraulik.

Går man längre tillbaka i tiden kommer man exempelvis till The London Hydraulic Power CO som med start 1883 drev hissar och industrier med vattenhydraulik. Den mest kända anläggningen är för Tower Bridge som reglerades med vattenhydraulik fram till år 1977.

Ett vanligt mål under utformning av lucksystem är förstås att minska läckagerisken ut till vattendrag. I flertalet befintliga luckor skulle dessa åtgärder vara så omfattande (kostsamma) och riskfyllda att andra lösningar måste beaktas. Graden av ansträngning för omkonstruktion är inte helt känd.

Intåget av olja skedde på 1900-talet som en "fantastisk vätska" som kunde användas överallt. Men om det medfört utveckling inom alla områden kan man fråga sig med tanke på tidigare installationer av vattenhydraulik och återgången till denna.

Inom skogsindustri har det länge funnits stort fokus på miljöanpassade oljor där föregångsarbeten genomförts. Det arbetet medförde generellt en kvalitetsökning på tätningar och toleranser eftersom man började uppmärksamma läckage mer. Det har medfört en generell förbättring för mobil hydraulik. Den svenska standarden SS ISO 1554-34 passar bra att tillämpa för just skogsmaskiner. I Europa finns ett antal standarder som på någon punkt varierar jämfört med den svenska. Någon kan ha krav på viss del förnyelsebarhet eller extra höga krav på nedbrytbarhet. Der Blaue Engel och Ecolabel är två av dem (Figur 1).



Figur 1. Exempel på miljölogotyper för oljor.

6 Översikt av alternativa vätskor

För att reglera vattenkraftverkens intags- och utskovssystem används traditionellt mineralbaserad hydraulolja. Ur ett rent prestandaperspektiv är det en bra lösning men om man väger in de potentiella miljöeffekterna så är den inte acceptabel. Om en olycka inträffar och olja släpps ut till omgivande natur och vattendrag så är det risk för omfattande miljöpåverkan. Alternativa vätskor kan vara Gas To Liquid - GTL, PAO, syntetiska estrar eller Monopropylenglykol. I dag används även miljöanpassade syntetiska estrar samt monopropylenglykol blandad med vatten. I detta kapitel diskuteras alternativa basvätskor för formulering av hydrauloljor för denna tillämpning.

GTL, Gas To Liquid

En ny grupp av basvätskor som har blivit tillgängliga de senaste åren är GTL. GTL tillverkas av naturgas genom, t.ex. Fisher tropics eller liknade process. Man kan framställa vätskor i olika viskositeter lämpliga för användning som dieselbränsle eller som basvätskor för smörjmedel. GTL basvätskor har mycket högt VI (viskositetsindex = temperatur och viskositetsberoende), upp mot 160 samt i övrigt mycket goda tekniska egenskaper. Det finns fortfarande få kommersiella smörjmedel som är baserade på GTL men antalet ökar fort. Ur ett miljöperspektiv har GTL fördelar genom att det produceras från naturgas istället för råolja och därigenom har potential att minska utsläppen av växthusgaser något. GTL har normalt låg giftighet och kan klara krav på snabb nedbrytningshastighet. Ecopar gränsar till att erhålla positivt resultat för miljöklassning enligt SS 1554-34, vilket är osäkert om det är allmänt för en GTL. GTL, tillhör API grupp III. I teorin skulle GTL i framtiden kunna tillverkas av biogas från ex. kor.

PAO

Syntetiska basvätskor av typen Poly Alfa Olefiner - PAO - har många fördelaktiga egenskaper för formulering av hydraulvätskor. De har högt naturligt viskositetsindex, VI (130-160), hög oxidationsstabilitet och finns i många viskositeter. Nackdelar med PAO är högt pris, begränsad tillgång samt låg polaritet vilket kan påverka tätningar och försvåra additiveringen. PAO tillhör API grupp IV.

PAO basvätskor framställs genom polymerisering av decen. (1-decen, är ett rakt kolväte, 10 långt med en dubbelbindning i ena ändan. Går även att göra plast av, därför är det ofta konkurrens om råvaran, med brist av PAO som följd). Råvarorna är av petrokemiskt ursprung så de är icke förnyelsebara. Kommersiella hydraulvätskor baserade på PAO finns tillgängliga men användningen av dessa är låg, främst av kostnadsskäl.

Ur ett miljöperspektiv så har PAO låg giftighet men är inte snabbt nedbrytbart i naturen, undantag kan ses för mycket tunna oljor, (PAO2), vilka kan klara kraven på minst 60 % nedbrytning på 28 dagar.

Miljöanpassade Syntetiska estrar

En syntetisk ester består av fettsyror och alkohol. Syntetiska estrar kan vara tillverkade både från förnyelsebara eller petrokemiska råvaror. Det vanligaste är att fettsyran är av förnyelsebart ursprung medan alkoholen har fossilt ursprung. Det finns även estrar som är helt tillverkade av förnyelsebara råvaror. Syntetiska estrar kan ha mycket goda miljöegenskaper med låg giftighet och snabb nedbrytning i naturen. Syntetiska estrar är i dag mycket vanliga i hydrauliktillämpningar inom skogsbruk och andra tillämpningar där miljöhänsyn är viktig.

Monopropylenglykol

I vissa hydrauliktillämpningar används vattenbaserade hydraulvätskor av monopropylenglykoltyp. Exempel på användningsområden, är reglersystem för vattenkraftsanläggningar. Monopropylenglykol har mycket goda miljöegenskaper och bryts ner fort i naturen. Generella nackdelar med vatten som hydraulvätska är risk för korrosion, kavitation samt bristande tribologiska egenskaper vilket idag innebär att dyrare komponenter bör användas. Monopropylenglykol kan göras väl korrosionsskyddande och har normalt god smörjande förmåga och kan troligen klara sig med mindre kostsamma komponenter. Hittills har komponenterna i systemen med monopropylenglykol + vatten valts med tanke på vattenegenskaper undantaget några stora servon (cylindrar).

Additiv

En hydraulolja består till största delen av basvätska samt lite additiver. Även om basvätskan i sig själv har goda miljöegenskaper kan de drastiskt försämrats när de nödvändiga additiven tillsätts. Därför är det av stor vikt att beakta additivens miljöegenskaper för att kunna göra en bedömning av den färdigformulerade vätskans miljöegenskaper. Exempel på additiv som förekommer i hydraulvätskor är antioxidanter, slitageskyddande tillsatser och korrosionsskyddstillatser.

7 Egenskaper för GTL-vätska (gas to liquid)

En vätska är inte alltid helt jämförbar med en annan typ av vätska då testmetoder kan vara speciellt anpassade för en typ.

7.1 Miljöegenskaper

Giftighet

GTL-vätskor har generellt sett låg giftighet. Ecopar har kontrollerats genom att antal tester med alg tillväxt, kräfter och fiskar. Resultaten visar att giftigheten är mycket låg.

Nedbrytbarhet

Enligt EcoPar AB är nedbrytbarheten på en Ecopar-olja kring 60 % på 28 dagar enligt OECD 301. Det innebär att det finns en potential för en produkt anpassad för hydraulik att också klara kraven som gäller i SS 1554-34 för OECD 301B som är just 60 % för de lägre kraven. Det är bättre än för mineral- och vitoljor och liknar värden som fås för mättade syntetiska estrar. Omättade syntetiska estrar har ännu bättre nedbrytbarhet.

Förnyelsebarhet, ursprung

Syntetiska kolvätebaserade produkter (såsom GTL) kan framställas av de flesta kolhaltiga råvaror, t.ex. naturgas, biomassa eller kol och (processen) kallas då GTL, BTL och CTL. Den vanligaste råvaran som används är naturgas. Den mest kända produkten med framställning från biomassa är Nestes NextBTL som tillverkas av palmolja. Andra biobaserade råvaror som används är t.ex. svartlut.

7.2 Tekniska egenskaper

GTL-vätskor finns tillgängliga i ett antal viskositeter, för bränsle används tunnare vätskor och för smörjmedel används något tjockare basvätskor.

I Tabell 2 återfinns några uppmätta egenskaper för Ecopar. De visar att vätskan har ett mycket högt VI samt låg viskositet och ingen svavelhalt. Lågviskösa GTL-vätskor klassas vanligen som brandfarlig vara klass III eftersom de har en flampunkt under 100 °C. I tabellen finns jämförelsevärden typiska för en mineralolja eller syntetisk ester till luckhydraulik.

På en färdigformulerad vätska behövs ett antal prover för att fullt kunna svara på dess lämplighet.

Tabell 2. Egenskaper för Ecopar (mineralolja, syntetisk ester för luckhydraulik inom parentes).

Egenskap	Metod	Enhet	Värde
Densitet	ASTM D4052	kg/m ³	799 (850-950)
Viskositet, 40 °C	ASTM D445	cSt	2,84 (12-22)
Viskositet, 100 °C	ASTM D445	cSt	1,15 (2-4)
Svavelhalt	ICP	ppm	0
Flampunkt	SS-ISO 2592	°C	96 (150-190)

7.2.1 Tribologiska egenskaper

Eftersom GTL-basvätskor hör till AP grupp III och additiveras på liknande sätt som en syntetisk olja, så är det möjligt att åstadkomma samma tribologiska egenskaper som med kommersiella hydrauloljor.

Ecopar har testats enligt EN 590 som är den dieselstandard som gäller inom EU. Där finns ett slitagetest som kallas HFRR, (ISO 12156). Eftersom detta test mäter smörjförmågan hos vätskan i en fram och återgående stål-stål kontakt så har resultatet visst värde för att bedöma vätskans tribologiska egenskaper.

Gränsen för ett dieselbränsle enligt EN 590 är max 460 µm nötning, Ecopar ligger under 300 µm. Att översätta det resultatet till hydraulik är inte helt självklart. Vanligare är att nötningsegenskaper specificeras i Vickers vingpump-prov eller FZG (Tabell 3). För en tunnare olja, som Ecopar är, brukar kraven var något lägre. De ska förstås också värderas med vilken typ av komponenter som används.

Tabell 3. Vanliga nötningskrav för hydraulisk olja med viskositet ISO-VG 46 och 32.

Egenskap	Metod	Enhet	Värde
Slitage DIN 51389	Vingpump Vickers V 105C	(Viktminskning vingar) mg	<30
Slitage DIN 51389	Vingpump Vickers V 104C	(Viktminskning ring) mg	<120
FZG skärlaststeg	DIN 51354-3	FLS	Min 10

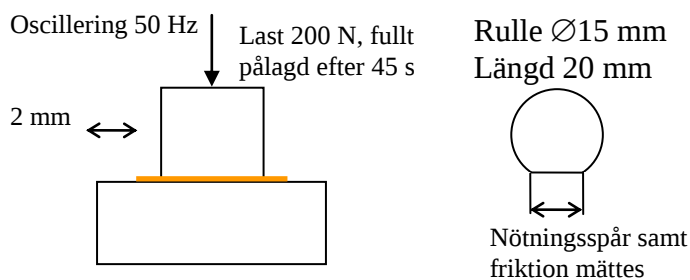
För att bedöma de tribologiska egenskaperna hos Ecopar i relation till vanliga smörjmedel för luckhydraulik har tester utförts i en SRV Optimol, Friction and Wear fretting test machine (Figur 2). Kontakten var oscillerande rulle glidande på plan, i det närmaste en linjekontakt. Testförhållanden var rumstemperatur ca 20-25°C, last 200 N, oscillering 50 Hz, slaglängd 2 mm och total testtid 30 minuter. Det ger ett maximalt kontakttryck enligt Hertz på 2,22 GPa, medeltryck 1,74 GPa och kontaktbredd 380 µm.

Testet ger ett relativt mått för egenskaperna i en högt belastad kontakt jämfört med vätskor som används i liknande applikation och där den syntetiska estern Hydraway SE XLV är anpassad för vanlig hydraulik.

Testade vätskor var:

- Statoil HydraWay SE XLV, syntetisk ester för hydraulik i mycket kallt klimat.
- Ecopar med en tillsats för att minska nötning.

- Monopropylenglykol Dowcal med 50 % vatten, vätska i vattenhydraulik.
- Ecopar, ren basvätska.
- Diesel MK1 (miljöklass 1), samma som används i bil.

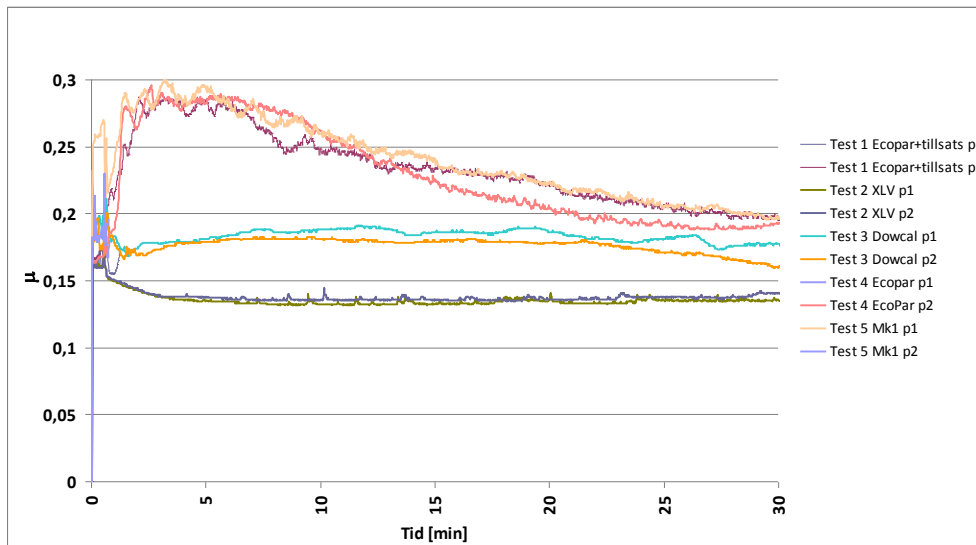


Figur 2. Test med glidande rulle mot plan, stål-stål kontakt (SRV Optimol Friction and Wear fretting test machine).

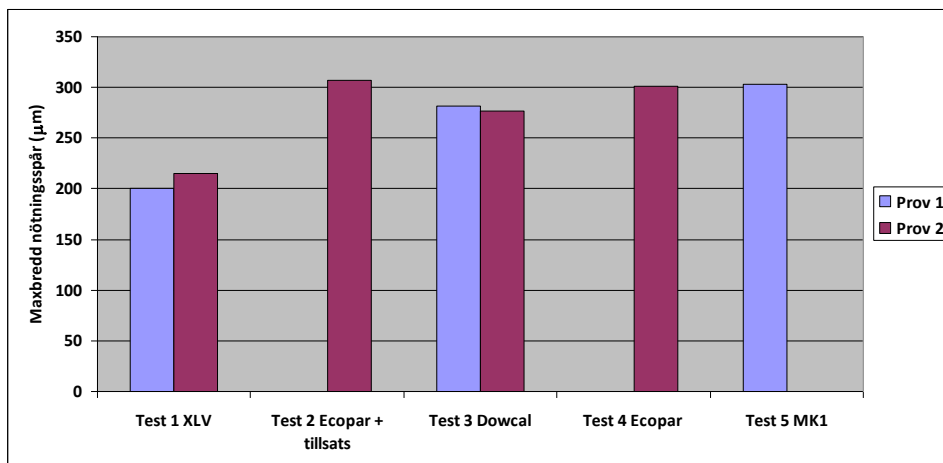
För testerna med Ecopar samt Diesel MK1, som upprepades flertalet gånger, var det hälften av testerna som kunde köras hela tidsperioden. Friktionsvärdena steg upp mot 0,3 en tid efter start med sjunkande trend under senare del av testerna (Figur 3). De tester som inte kunde köras hela testperioden betraktas som skuren kontakt.

För test med monopropylenglykol och vatten samt syntetisk hydraulolja var friktionsvärden lägre än för Ecopar och MK1 diesel (Figur 3). Stabilast och lägsta värden hade Hydraway XLV.

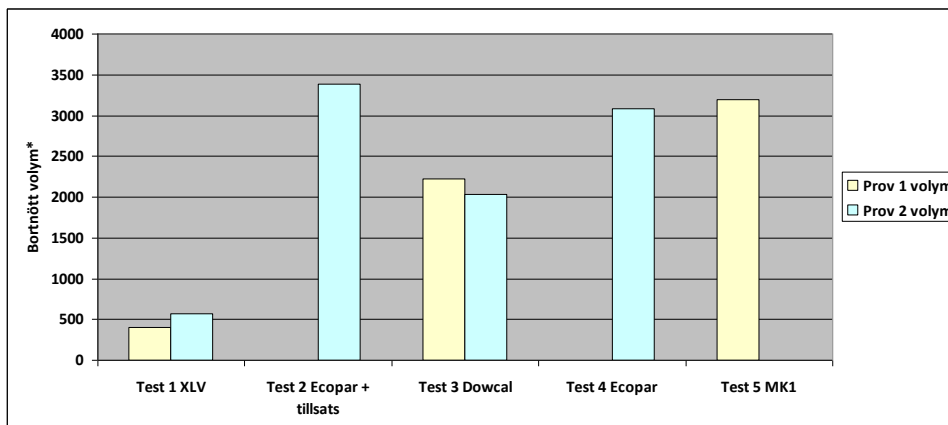
Nötningssproverna visade högst nötning för Ecopar, med eller utan tillsats samt MK1 diesel, Hydraway XLV lägst och monopropylenglykolen mellan dessa (Figur 4). Måttet för nötning var maximal bredd på nötta spåret (Figur 2). Skillnaderna blir mer tydliga när man ser på bortnött volym (Figur 5) som här uppskattades med hjälp av maximala bredden på nötningsspåret. Skillnaden mellan ren Ecopar och den additiverade varianten visar att de använda additiven inte hade positiv tribologisk inverkan i denna test.



Figur 3. Friktionsvärden under oscillerande rulle mot plan tester.



Figur 4. Maximal bredd på nötningsspår på rulle efter oscillerande tester.



Figur 5. *Uppskattad bortnött volym (μm^3) med hjälp av maximal bredd på nötningsspåret.

8 Bedömning av vätskans lämplighet

8.1 Kompatibilitet med material

GTL basvätskor har generellt sett hög renhet och därigenom låg polaritet. Det kan vara problematiskt för tätningsmaterial som tenderar att krympa och hårdna i kontakt med lågpolar vätskor. Detta kan ofta hanteras genom att använda mer motståndskraftiga material eller genom att tillsätta additiv till produkten som motverkar tätningsproblemen. Här är inte potentialen för GTL fullt utredd men baserat på erfarenheter från andra smörjmedel baserade på låg-polar vätskor skall detta gå att hantera. Försöket i grindrensaren tyder också på mindre hinder med kompatibilitet.

8.2 Blandbarhet med andra vätskor

Eftersom GTL-vätskor består av kolväten så har de mycket god blandbarhet med andra kolvätebaserade vätskor. Lösligheten av vatten i GTL är mycket låg men det är en fördel. GTL är inte blandbar med monopropylenglykol. För att kunna fastställa blandbarheten med syntetiska estrar krävs praktiska blandbarhetsprov. Blandbarheten är inte ett hinder för användning av GTL vätska men kan förenkla vid ett vätskebyte, vilket försöket i grindrensaren visat.

8.3 Systemdesign, komponentval och möjligheter

Eftersom man kan anta att man i många avseenden får mineraloljelika egenskaper, förutom lägre viskositet, så kommer flertalet standard-komponenter för oljehydraulik att fungera utan vidare modifikationer. Mer avancerade komponenter som proportionalventiler kan mycket väl fungera. Den tribologiska testen som genomfördes i denna studie visar att man bör vara vaksam om komponenter som har högt belastade kontakter. För hydraulik är det vanligen några typer av pumpar eller motorer. En GTL har ångbildningstryck liknande en mineralolja och risken för bl.a. kavitation borde vara lägre än för vatten. Långtidsfunktion i dessa komponenter återstår dock att verifiera.

Den lägre viskositeten än de vätskor som traditionellt används kan medföra problem för vissa komponenter. Dock bör det vara möjligt att avvärja dessa med mindre modifikationer så som tribologiska ytbeläggningar eller mer avancerade additiv.

Inom detta område är potentialen för GTL och Ecopar inte utredd närmare. Att öka viskositet för Ecopar kan vara en möjlighet, additivering en annan.

8.4 Livslängd på system och vätska

Hydraulvätskans och systemets livslängd är av yttersta vikt. Den tribologiska testen svarar till liten del på livslängdsfrågorna men mer vilka typer av kontakter som vätskan har problem med. Det är troligt att

luckhydrauliksystemens miljöer är gynnsamma för vätsketypen GTL att fungera under lång tid. 15 år eller mer utan större ändringar i vätskans egenskaper är en gissning. Viktigt är även att beakta påverkan på andra material i systemen. Normalt är det inte ett problem för vätsketypen men additiveringen kan förändra saken.

8.5 Hanterbarhet

När det gäller hanterbarhet av oljor är det viktigt att följa de lagar och rekommendationer som gäller. I grundarbetet för att bedöma hantering av en vätska är en bra start att se till att det finns bra säkerhetsdatablad. När de värsta riskerna är utredda finns goda skäl att studera hygieniska gränsvärden och hur man kommer till en god miljö angående detta.

Hantering av en produkt ingår i olika uppdrag och jobb att utföra. Det gäller att se till att uppdragen kan utföras med så lite skyddsutrustning som möjligt dvs. att miljön är säker. Det finns god hjälp att få genom att studera material från Arbetsmiljöverket (se nedan) samt att utvärdera situationerna tillsammans med utförare för att få till lättförstådda och säkra instruktioner.

När det gäller brandsäkerheten för mer brandfarliga vätskor är bl.a. räddningstjänsten en bra kontakt och utvärderare. Tillstånd kan krävas.

Material tillgängligt på www.av.se

ADI 343 Risker med oljor - Information om riskerna med oljor

AFS 1986:13 Oljor

AFS 2001:3 Användning av personlig skyddsutrustning

AFS 2000:4 Kemiska arbetsmiljörisker

AFS 2011:19 Kemiska arbetsmiljörisker

AFS 2011:18 Hygieniska gränsvärden

8.6 Miljöpåverkan

För en total utvärdering av en vätska krävs värdering av giftighet, nedbrytbarhet och förnyelsebarhet. Låg giftighet och hög nedbrytbarhet är definitivt önskvärda. Förnyelsebarhetens betydelse bör värderas i relation till ev. återanvändning. Den relativa jämförelsen nedan visar översiktligt hur egenskaperna kan se ut för vätskor anpassade för luckhydraulik (Tabell 4). Hög nedbrytbarhet kan också minska risk för ackumulerbarhet.

Tabell 4. Relativ jämförelse av miljöegenskaper för olika oljetyper, skala från dåligt och lågt (min 0) till bra och högt (max 3).

Vätsketyp	Låg giftighet 0=Giftighet finns 3=Nära ogiftig	Hög nedbrytbarhet ≥60%, 28 dagar 1=0-59%, 2=60%, 3=över 80%	Hög förnyelsebarhet 0=0-25 %, 3>75%
Mineralolja	1 (API grupp I)	1	0
Vitolja (Food grade oil)	2	1	0
Syntetisk ester	2-3	2-3	2, 0-3
EcoPar	3	2	0
Monopropylenglykol+vatten	3	3*	2 (vid 60 % vatten)

* Överträffar övriga produkter markant, jämför ca 5 dagar fullständig aerob nedbrytning eller 14 dagar anaerob nedbrytning med 60 % nedbrytning efter 28 dagar i förhöjd temperatur.

8.7 Lagkrav

Jämfört med mineralolja är hantering och tillstånd inte helt klarlagda för GTL. Tillägg i hantering sker automatiskt med brandfarligheten och påföljande tillståndprocesser.

9 Ekonomi för system med olika vätskor

En viktig parameter för val av teknik är ekonomin. Här följer en uppskattning av de faktorer som kan ses med användning av olika vätskor. Positiv bild på varumärket till följd av vätskans användande eller skada på varumärke till följd av utsläpp är inte medtagna. Jämförelsen visar att med de vätskesystem som är mer kostsamma i inköp är möjligtvis också mer kostsamma på övriga punkter men kostnaden är helt omvänd när det sker ett utsläpp och det blir aktuellt med uppfångning och sanering (Tabell 5).

Intags- och utskovsluckor är system där erfarenheten visar att man ibland frångått praxis i bl.a. renhetskrav med mineralolja tack vare att den korta drifttiden inte medför risk för slitage. Systemen har fungerat trots att verksamheten getts ingen eller liten omsorg. Med en ny teknik så uppmärksammas krav som gäller för det nya systemet. Jämförs dessa krav med t.ex. ett nytt modernt mineraloljesystem så är de ofta likvärdiga. I annan tillämpning där drifttiden är betydligt högre så skärps generellt underhållet till att följa rekommenderat.

Tabell 5. Relativ ekonomiskala för system med olika vätskor, högre siffra är bättre.

Systemvätska	Komponent-ekonomi 1= sämre 3= bättre	Livslängd 1=kort 3=lång	Underhåll 1=mycket 3=litet	Systemkrav renhet etc. 1=höga 3=låga	Vid ev. utsläpp 1=dålig 3=bra
Mineralolja	3, referens	3, referens	3, referens	3	¹ , uppfångning av vätska + sanering
Syntetisk ester	3, standard	2-3, ej lika lång erfarenhet	3	3	¹⁻² , uppfångning av vätska + ev. sanering
Monopropylenglykol+vatten	1, speciella pumpar och ventiler (2 om svart stål kan användas i befintliga stora komponenter)	2-3, ej lika lång erfarenhet	2-3	2	3, går ej att fånga vätska
Ecopar	2-3, möjligen extra krav på täta komponenter – låg viskositet	2-3, ej lika lång erfarenhet	2*	2	¹⁻² , uppfångning av vätska + ev. sanering

* Extra tillsyn p.g.a. brandfara samt ev. filteröversyn för vätskans låga viskositet (nötningsrisk pumpar och ventiler).

10 Slutsatser

GTL eller Ecopar som ren hydraulvätska är möjligtvis lämplig för luckhydraulik redan idag. En tydlig potential finns dock. Den har potential att klassas som miljöanpassad enligt miljökraven i SS 1554-34 och att också ha lång livslängd som vätska i aktuella system.

Lämpliga egenskaper kan till att börja med hittas i krav för miljöanpassad hydraulvätska SS 1554-34. Rent tekniskt kan dessa frångås något för att de är anpassade för tjockare oljor. I kap 12 nedan finns vanliga provmetoder för hydraulvätskor. Nivåer på dessa kan hittas också bl.a. i SS 1554-35 men kan också sättas individuellt och anpassas för en lägre viskositet. Testen genomförd i denna studie visar på begränsad smörjförmåga i högt belastade kontakter.

Andra viktiga egenskaper för att förenkla acceptansen är att anpassa vätskan så att den inte klassas som brandfarlig. Önskemål på en vätska är att kompatibilitet med material i standardkomponenter är god, vilket också ger fördelar vid vätskeval.

I dagsläget kommer Ecopar att konkurrera med syntetiska estrar som är enkelt tolkat likvärdiga eller t.o.m. bättre ur miljösynpunkt men också klarar tekniska krav för hydraulik. Ecopar har potential att bli en stark konkurrent, kanske med likvärdig eller med bättre prestanda än nuvarande syntetiska estrar men till ett lägre inköpspris.

10.1 Förslag på verifiering av funktion.

Det finns flera vägar fram för att verifiera funktion för en GTL eller Ecopar.

1. Är man beredd att i dagsläget genomgå godkännande för brandsäkerhet och miljö för brandfarlig vätska så kan Ecopar direkt installeras i ett system. Kompatibilitet för tätningsmaterial och korrosionsskydd är två av flera punkter som bör kontrolleras enligt kap 12 nedan, samtliga prov är inte nödvändiga.
2. Ecopar eller GTL som hydraulvätska skulle ha en fördel om den kan genomgå mer ingående översyn av:
 - a. Flampunkt över 100°C
 - b. Nötningsskydd anpassat för hydraulik
 - c. Korrosionsegenskaper
 - d. Kompatibilitet med tätningsmaterial
 - e. Fryspunkt

11 Referenser

Säkerhetsdatablad för Ecopar, syntetisk vitolja, EcoPar AB, 2008-12-16.

TEST REPORT on Ecopar, Growth inhibition of the green alga
Pseudokirchneriella subcapitata, NIVA (Norwegian Institute for Water
Research) Study number: G045/1, October 2003.

Undersökning av effekterna av tre olika drivmedel för dieselmotorer på
embryonalutvecklingen hos Sebrafisk (*Danio rerio*), U901, Tomas Viktor
och Eva Brorström IVL, 2004-02-02.

Effects of three different Jet fuels on the Baltic Blue mussel (*Mytilus* sp) –
Physiological performance and genotoxicity, Michael Tedengran and Alma
Strandmark, Technical/scientific report, Bio-Jet A1 part II, genotoxicity
testing, Department of System Ecology, Stockholm University, May 2005.

First Pearl GTL product shipment reaches US: synthetic base oil, 24 November
2011, <http://www.greencarcongress.com/2011/11/pearl-20111124.html>.

12 Lämpliga provmetoder för hydraulvätska

Egenskap	Enhet	Provmetod
Viskositetsklass	ISO-VG	SIS 155441 ISO 3448
Viskositet vid 40°C vid 100°C	mm ² /s mm ² /s	ISO 3104 ASTM D445 ASTM D7042
Viskositetsindex		SS 155149 ISO 2909 ASTM D2270
Viskositet efter stillestånd i kyla Kylning enl. ASTM D2532 72h vid -20°C 72h vid -30°C	mm ² /s mm ² /s	ISO 3104 ASTM D445 ASTM D7042
Viskositet vid 100°C efter skjuvning	mm ² /s	ISO 3104 ASTM D445
Densitet vid 15°C	kg/m ³	ISO 3675
Lägsta flytttemperatur	°C	ASTM 7346 ISO 3016 ASTM D 97
Flampunkt	°C	SS-EN 22719 SS-ISO 2592 ASTM D 93
Neutralisationstal på färdig olja	mg/KOH	SIS 150203 ASTM D974
Vattenhalt	ppm	ISO 6296 ASTM D6304
Filtrerbarhet Steg I Steg II	% %	ISO 13357-2
Luftavskiljning vid 50°C	minuter	DIN 51381 ISO 9120
Vattenavskiljning vid 54°C		ISO 6614 ASTM D1401
Skumbildning, steg I Avskumningstid	ml min	ASTM D892 mod
Korrosion på stål	Enligt skala	ASTM D665A ISO 7120
Kopparkorrosion 3h vid 100°C	Enligt skala	SIS 1551134 ISO 2160
Inverkan på använd elastomer (vid 80°C 1000h) Hårdhetsförändring Volymförändring Draghållfasthet, minskning Brottöjning, minskning	Shore % % %	ISO 1817
Slitagetest Vingpump Vickers V 105C Vingpump Vickers V 104C Viktminskning vingar Viktminskning ring	mg mg	DIN 51389
FZG skärlaststeg	FLS	DIN 51354-3
Oxidationsstabilitet, RPVOT	minuter	ASTM D2272

Bilaga 1: Installationer med vattenhydraulik

Kraftverk	Funktion	Erfarenheter	Hydraulvätska	Installation År/månad	Ägare	Leverantör
Klaggen	Dammlucka		Monopropylenglykol	2002 Juni		Olav AB
Ottendorf, Tyskland	Slussport för tömning/fyllning		Monopropylenglykol	2002 Oktober		?
Naussac, Frankrike	Intagslucka, löpskovel- och ledskovel-reglering		Rent Vatten	1996 November		?
Tidavad	Dammlucka		Monopropylenglykol	2001 Augusti	Fortum	Olav AB
Hammar	Dammlucka		Monopropylenglykol	2002 Juni	Fortum	Olav AB
Bångbro	Intagslucka		Monopropylenglykol	2002 September	Malarenergi Vattenkraft AB	Olav AB
Degerfors	Intagslucka		Monopropylenglykol	2004 Juni	Fortum	?
Väls (Torsby), Sverige	Intagslucka		Monopropylenglykol	2005 September	Fortum	?
Åtorp	Intagslucka		Monopropylenglykol	2006 Augusti	Fortum	?
Kvamaholm	Intagslucka		Monopropylenglykol	2006 September	EON	?
Grythyttan	Intagslucka		Monopropylenglykol	2007 Juni	Fortum	?
Skoga	Utskovslucka Parallellkörning av 2 st. hydraulcylindrar 220/110 slaglängd 4500 mm	Problem med underleverans. Ventiler och kopplingar som läcker. Vibrationer. Funktionsstörningar. Byte görs av entreprenören till Danfoss-utr. Rost i cylindrar.	Dowcal 20 (monopropylenglykol)	2008	Fortum	Mobin Hydraulik Borlänge. UE: Hydmos Utr fr brittisk tillverkare (Water Hydraulics).
Gustavsström	Utskovslucka Planlucka Hydraulcylinder 150/70 slaglängd 3300mm	I Gustavsström och Vintersjön vattenhydraulik i en totalentreprenad med Skanska för luckorna. Vattenhydrauliken installerades av Mobin och har fungerat bra den korta tid de använts. Det är enkla planluckor och fungerar f.n. inte som reglerluckor.	?	2008	Fortum	Mobin Hydraulik Borlänge
Vintersjön	Utskovslucka Planluckor Hydraulcylinder 160/90 slaglängd 3800mm	I Gustavsström och Vintersjön vattenhydraulik i en totalentreprenad med Skanska för luckorna. Vattenhydrauliken installerades av Mobin och har fungerat bra den korta tid de använts. Det är enkla planluckor och fungerar f.n. inte som reglerluckor.	?	2008	Fortum	Mobin Hydraulik Borlänge
Forshaga	Utskovsluckor	Byte av de stora reglerluckorna och installerat vattenhydraulik som Bosch-RexRoth levererat, totalentreprenad med BSM. Här har det strulat lite men mest pga att kolleverantören provtryckte med olja(!), som sedan förorenade systemet.	?	2008 vecka 46 ??	Fortum	Rexroth's första lev. Byggt med Danfoss komponenter
Eldforsen	Intagslucka	Rost har uppstått i cylindern 2011.	Monopropylenglykol	2009	Fortum	Rexroth
Älvkarleby	Intagsluckor	Givarfel samt tillfälligt lätt läckage till uppsamlingskär vid trycklös cylinder.	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2009	Vattenfall	Olav AB, Danfoss komponenter
Vasterkvam (Kolbacksån)	Utskovsluckor		Monopropylenglykol	2009 (?)	Malarenergi	Jakobssons Smide / Danfoss
Moforsen	Intagsluckor		Monopropylenglykol, Dowcal 20	2012/2013	E.ON	Mobin
Ramsele	Intagsluckor		Monopropylenglykol, Dowcal 20	2013	E.ON	Mobin
Sollefteå	Utskovsluckor		Monopropylenglykol, Dowcal 20	2012	E.ON	PMC Hydraulics
Gulstede	Utskovsluckor		Monopropylenglykol, Dowcal 20	2012	E.ON	Rexroth
Degerforsen	Utskovsluckor		Monopropylenglykol, Dowcal 20	2013	E.ON	NCC
Ronneby	Utskovsluckor	Inga uppkomna problem	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2011	E.ON	PMC Hydraulics
Yngredsfor	Intagsluckor	Inga uppkomna problem	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2008	E.ON	PMC Hydraulics
Emsfors	Intag- utskovsluckor	Lucklägesgivare integrerad i cylinder fungerar ej, extern lägesgivare har installerats	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2008 / 2011	E.ON	HL HydraulikLeverant ören AB
Finsjö Övre	Utskovsluckor	Inga uppkomna problem	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2008?	E.ON	HL HydraulikLeverant ören AB
Njura	Intagsluckor	Inga uppkomna problem	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2011/2012	E.ON	PMC Hydraulics
Åtråfors	Pådrag till Francis	Inga uppkomna problem	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2006	E.ON	CA-verken
Storå	Intagsluckor	Inga uppkomna problem	Monopropylenglykol, Dowcal 20	2010	E.ON	PMC Hydraulics
Kvamaholm	Intagsluckor	Befintliga cylinder byggda för oljehydraulik rengjordes och nya tätningar installerades för att användas med vattenhydraulik. Har fungerat bra.	Monopropylenglykol	2006 September	EON→Statkraft	TMS Danfoss
Majenfors Nya	Intagslucka	Befintlig cylinder byggd för oljehydraulik rengjordes och nya tätningar installerades för att användas med vattenhydraulik. Läckage medförde att den har ersatts med en ny cylinder. Har sedan dess har det fungerat bra.	Monopropylenglykol	2007	EON→Statkraft	Eon-ES
Viforsen	Utskovslucka Planlucka 9x5 m. Hydraulcylinder 180/90 slaglängd 7430 mm	Reservutskov byggd för höga vattenflöden. Har inte varit i drift sedan idrifttagning.	Dowcal 20 (monopropylenglykol)	sept 2009	EON→Statkraft	Bosch-RexRoth
Kvistforsen	Intagsluckor Segmentluckor 13x9 m 160 bars systemtryck Teleskopcylinder 430/350 slaglängd 4900 mm	Har fungerat bra den korta tid de har använts. Några mindre problem vid montage och justering av fällningsfunktion	Dowcal 20 (monopropylenglykol)	nov 2011 - juni 2012	Statkraft	Mobin Hydraulik

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35
www.elforsk.se