

# Adaptive N<sup>®</sup>-hjul löser igensättningsproblem för små avloppspumpar

## Förbättrar självrengöringsegenskaperna där vridmomentet är begränsat

Igensättning är det vanligaste problemet vid pumpning av avloppsvatten, och ett särskilt problem för små pumpar på grund av deras begränsade hydrauliska utrymme och lägre vridmoment. Följderna av igensättning är bland annat ökad energiförbrukning, extra underhåll och utryckningar, vilket leder till högre driftskostnader. Pumpstillverkare strävar därför ständigt efter att utveckla förbättrad hydraulik som minskar igensättning och samtidigt bibehåller hög prestanda.

Adaptive N-hydrauliken, en vidareutveckling av den självrengörande N-hydrauliken för att hantera utmaningarna med små pumpar, ger en markant förbättring av stabilitet i pumpsystemet, med minskade kostnader för energiförbrukning och oplanerat underhåll.

De adaptiva N-pumparna kan installeras i avskilda och oavskilda avloppsstationer och pumpa avloppsvatten från hushåll, kommersiella byggnader, sjukhus, skolor med mera. De kan också användas för industriellt avloppsvatten och dagvatten som kan innehålla fasta partiklar, fibrer och andra typer av avfall.



Flygt Concertor 6020-pumpar med Adaptive N-hydraulik i en pumpstation för kommunalt avloppsvatten

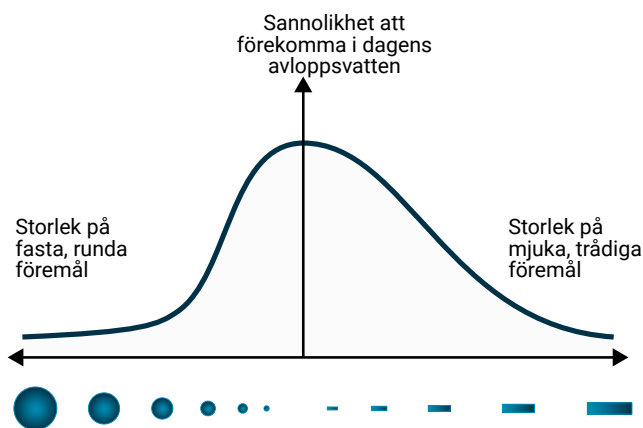
## Utformning av pumpar för en ny sammansättning av avloppsvatten

Sedan början av 1900-talet har pumpkonstruktörer fokuserat på genomloppsstorlek för att minska igensättning. I gruv-, industri- och råvattentillämpningar orsakade hårda, fasta och sfäriska föremål i pumpmediet de vanligaste igensättningsproblemen, och stora pumphjulsgenomlopp gjorde att dessa föremål lättare kunde passera genom pumpen. Även om avloppspumpar traditionellt har konstruerats med stora genomlopp för att undvika igensättning, har det visat sig att detta inte är optimalt för de flesta avloppsapplikationer.

Samtidigt har riskerna med mjuka och trådiga ämnen – de vanligaste fasta partiklarna i kommunalt vatten – i stort sett försummats.

Undersökningar visar att modernt avloppsvatten nästan aldrig innehåller hårda och runda föremål med en diameter som är lika stor som rörsystemets innerdiameter. Även om sådana föremål kommer in i avloppssystemet når de sällan pumparna, eftersom de fångas i områden där transporthastigheten är låg.

Dagens avloppsvatten innehåller i stället en betydligt högre andel mjuka föremål. Det ständigt ökande utbudet av hushållsprodukter och produkter för personlig hygien, exempelvis våtservetter, trasor och näsdukar, är ett stort problem. Även om en stor del av dessa produkter borde slängas i soporna, spolar många konsumenter ner dem i toaletten. På så sätt dyker fler obrytbara fibrer upp i avloppsvattnet, vilket utmanar pumparna.



Figur 1: Sannolikhet att hitta olika typer av fasta ämnen i avloppsvatten

Figur 1 är en konceptuell framställning av sannolikheten för förekomst av olika typer av fasta ämnen i avloppsvatten. Hårda och runda föremål ligger till vänster, medan mjuka och avlånga föremål ligger till höger. Liksom i många andra system är sannolikheten för att hitta extremt stora föremål, antingen runda eller avlånga, mycket låg. Det centrala att notera är kurvans asymmetriska form – det finns en förskjutning mot mjuka, avlånga objekt, som är de vanligaste i dagens avloppsvatten.

## Mjuk och hård igensättning

Igensättning i traditionella pumpar orsakas främst av trådformiga material som slingrar sig runt framkanterna på pumphjulets skovlar. På traditionella pumphjul med raka eller svagt böjda framkanter fastnar fibrerna, då de viks över båda sidor av skovelen. Gradvis ansamlas de till större klumpar – så kallade "trasbollar" – vilket kan leda till igensättning.

När föremål ansamlas runt pumphjulets framkanter minskar vätskans fria passage och pumpens prestanda försämras. Detta fenomen kallas mjuk igensättning eftersom det inte leder till att pumpen stannar, men prestandan påverkas tydligt negativt.

En typisk konsekvens av mjuk igensättning är att pumpen måste arbeta under en längre tid för att pumpa ut en viss volym avloppsvatten, och att verkningsgraden minskar, vilket leder till en förhöjd energiförbrukning. Dessutom orsakar mjuk igensättning högre vibrationsnivåer, vilket leder till snabbare slitage på tätningar och lager.

Tunna främmande föremål kan också fastna mellan spiralhuset och pumphjulet, vilket orsakar ytterligare friktion. Motorn måste då leverera ett ännu större vridmoment för att motverka bromseffekten, vilket innebär att högre ineffekt krävs. När driftströmmen överskrider utlösningströmmen (vilket orsakar överbelastning av motorn) stannar pumpen. Detta kallas för hård igensättning. Hård igensättning kan också inträffa när mjuk igensättning skapar stora trasbollar. De främsta effekterna av hård igensättning är driftstopp och behov av oplanerade servicebesök för att rensa och starta om pumpen, vilket ökar driftskostnaderna.

## Myten om genomloppsstorlek

De senaste årtiondenas forskning och utveckling, i kombination med erfarenheter från hundratusentals pumpinstallationer, har visat att genomloppsstorlek i sig är ett förenklat och missvisande mått för pumpens driftsäkerhet. Ändå är det fortfarande vanligt förekommande i specifikationer för upphandling av avloppspumpar. Återkoppling från användare och laborietester med traditionella pumphjul har gett resultaten nedan.

### Förebyggande av igensättning i kanalhydraulik

Kanalhjul är slutna centrifugalhjul med en eller flera skovlar och stor genomloppsstorlek. De är effektiva vid pumpning av rent vatten men har en tendens att täppas till vid pumpning av avloppsvatten.

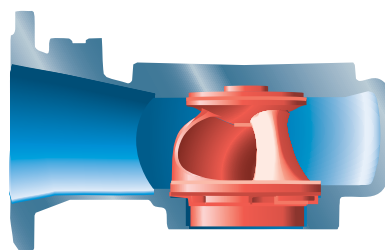
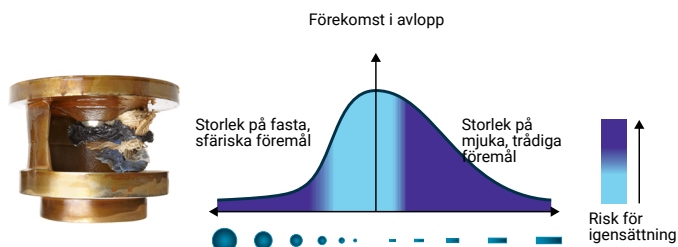


Bild 2: Exempel på ett pumphjul med en skovel

Kanalhydrauliken är konstruerad för att uppnå bästa möjliga igensättningsresistens vid pumpens bästa effektivitetspunkt (BEP). Ju längre driftspunkten är från BEP, desto lägre blir därför motståndet mot igensättning. Gradvis uppbyggnad av fibröst material över framkanten (Figur 3) gör att pumpens verkningsgrad sjunker långt under det fabriktestade värdet för rent vatten – en typisk effekt av mjuk igensättning.

Denna sedan länge använda konstruktion påverkas även av betydande radiella krafter, vilket medför stora belastningar på axel och lager. Detta leder i sin tur till ökade vibrationer och buller. Eftersom pumphjulet aldrig är helt balanserat, förstärks vibrationerna ytterligare.

Dessa problem leder i slutändan till ökad energiförbrukning, överdrivet slitage och en förkortad livslängd för pumpen.



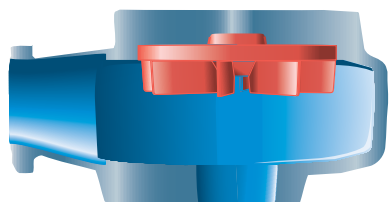
Figur 3: Igensättning i kanalhjul

### Förebyggande av igensättning i virvelhydraulik

Virvelhjul är infällda i pumphuset, vilket ger ett rymligt spiralhus men låg verkningsgrad för både renvatten och avloppsvatten.

Konstruktörerna för virvelhjulspumparna utgick från följande antaganden:

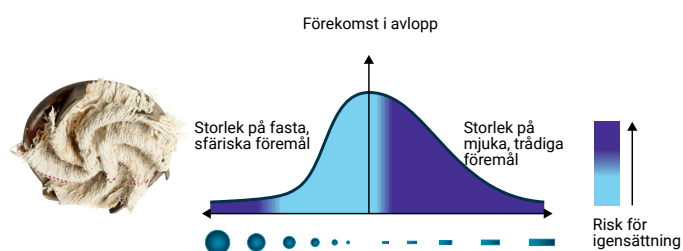
- Det roterande pumphjulet skapar en stark virvel inuti spiralhuset som pumpar ut vätskan och eventuellt skräp.
- Virvelhjul fungerar som en momentomvandlare, där energi överförs från pumphjulet till det pumpade mediet med inget eller litet flödesutbyte.
- Eftersom pumphjulet är placerat utanför vätskans flödesväg, kommer föremål aldrig i kontakt med pumphjulet vilket gör att inte pumpen sätts igen.



Figur 4: Exempel på ett virvelhjul

Virvelhjul fungerar dock som vilket annat centrifugalhjul som helst, det vill säga genom att energi överförs till mediet genom pumphjulets skovlar. Det fleriga virvelhjulet är därför mycket känsligt för mjuk igensättning vid navet och framkanten. Flödesmönstret och tryckfördelningen gör att de mjuka materialen täcker pumphjulets skovlar, vilket avsevärt minskar den redan låga hydrauliska verkningsgraden.

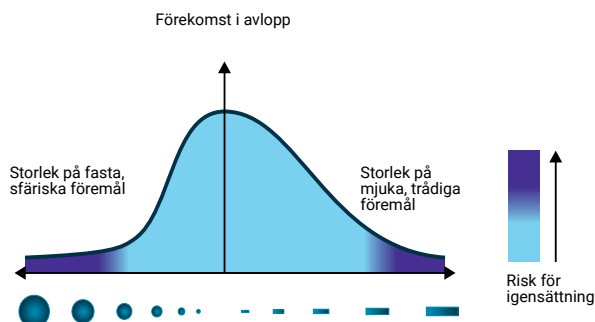
Dessutom tenderar virvelhjulspumpar att samla på sig stora mängder fasta partiklar i spiralhuset. Det orsakar ytterligare förluster, ökar energiförbrukningen och slutligen leder till överbelastning av motorn och avstängning av pumpen.



Figur 5: Igensättning i virvelhjul

### Förebyggande av igensättning i modern självrengörande hydraulik

Undersökningar har visat att igensättningsproblem främst beror på att pumpar har svårt att driva ut trådiga föremål som fastnat runt pumphjulets framkanter. För att hantera detta utvecklades N-hjulet, med en modern, självrengörande design. Med kraftigt bakåtböjda horisontella framkanter och ett avlastningsspår har N-konstruktionen visat sig vara lösningen på de flesta igensättningsproblem. Dessutom, eftersom ett stort genomloppsstorlek inte behövs, kan pumphjul konstrueras med flera skovlar. Detta minskar radiella krafter, förbättrar balansen och ökar verkningsgraden.



Figur 6: Igensättning i självrengörande N-hjul

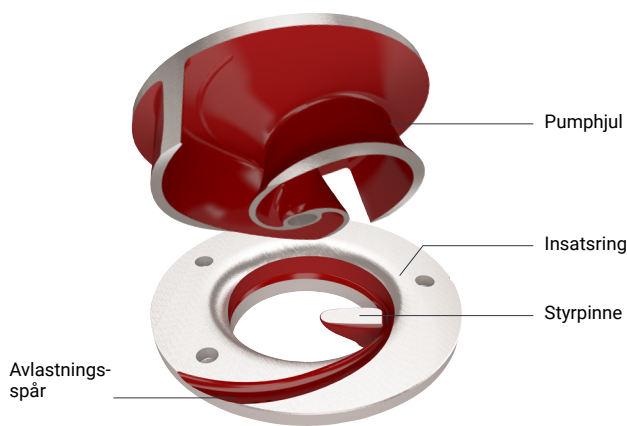


Bild 7: Självrengörande hydraulisk konstruktion med N-teknik

Figur 6 visar sannolikheten för igensättning av N-hjulet, som är mycket lägre än för ett traditionellt pumphjul som är konstruerat för att ha en stor genomströmningsstorlek.

Figur 7 visar den N-hydrauliska konstruktionen, som omfattar ett halvöppet N-hjul och en insatsring med styrpinne.

Denna självrengörande teknik fungerar på följande sätt:

1. en på N-hjulet med bakåtböjda horisontella framkanter möjliggör självrengöring genom att fasta partiklar sveps från mitten till insatsringens periferi.
2. Avlastningsspåret i insatsringen fungerar tillsammans med den horisontella framkanten för att leda ut fasta partiklar ur pumphjulet.
3. Vid mindre geometriska skalor fångar en specialdesignad styrpinne upp fibrer som fastnat nära pumphjulets nav och gör att en kan trycka ut dem ur pumpen längs avlastningsspåret. Risken för blockering vid navet på halvöppna pumphjul blir därmed försumbar.

Tack vare förmågan att driva ut svåra föremål minskar den självrengörande tekniken behovet av oplanerat underhåll och ökar pumpens tillförlitlighet. Genom att förhindra att trådiga föremål slingrar sig runt framkanterna och orsakar mjuk igensättning, bidrar N-hjulet till en bibehållen hög effektivitet över tid – och därmed lägre energiförbrukning.

Till skillnad från kanalhydraulik bygger N-hydraulikens igensättningsförebyggande egenskaper på en mekanisk princip som inte påverkas av flödesvariationer. Pumpen kan därför köras effektivt vid olika driftspunkter längs prestandakurvan – och inte minst vid flera frekvenser

– med bibehållen hög tillförlitlighet. När N-hydrauliken kombineras med en frekvensomriktare (VFD) möjliggörs även bättre processtyrning, energibesparingar, jämnare drift och lägre underhållskostnader.

## Utveckling av självrengörande N-hydraulik

### Begränsat vridmoment för små pumpar

En dränkbar pump drivs vanligtvis av en elmotor som är direkt kopplad till pumphjulet, se Figur 8. När pumpen startar leds elektriska strömmen in i statorns lindning och skapar ett roterande magnetfält, vilket resulterar i att rotorn snurrar via axeln. Följaktligen genererar motorn ett vridmoment som är proportionellt mot motoreffekten.

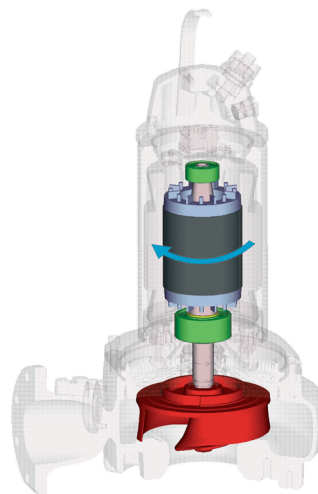


Bild 8: Representation av vridmoment

Vridmoment är en fysikalisk storhet som definierar en krafts tendens att rotera ett föremål runt en axel eller en punkt.

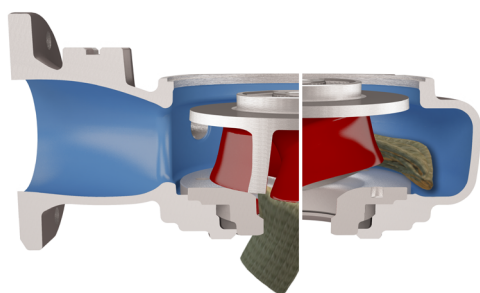
Som tidigare nämnts trycks föremål som passerar genom en självrengörande N-pump ut längs avlastningsspåret. Eftersom avståndet mellan pumphjulets och insatsringen är mycket litet, bara några tiondels millimeter, tvingas stora skräp att passera genom avlastningsspåret. När detta sker skapas extra friktion som fungerar som en broms på pumphjulet, som gör att det saktar ned. Pumpen måste ge extra vridmoment för att övervinna denna extra friktion, vilket innebär att högre motorvridmoment krävs. Om motorns maximala vridmoment är otillräckligt, kommer skräpet att fastna och stoppa pumpen. Detta är hård igensättning.

Eftersom motorerna i dränkbara avloppspumpar sällan är överdimensionerade, kan det maximala

vridmomentet vid full effekt ibland vara otillräckligt för att hantera det mest svårforcerade skräpet. Detta gäller särskilt för mindre pumpar, där vridmomentmarginalen är relativt låg. För att ytterligare förbättra funktionaliteten hos små N-pumpar har därför Adaptive N-tekniken utvecklats – en lösning som minskar risken för hård igensättning på grund av otillräckligt vridmoment.

### Adaptive N-teknik

Med den adaptiva tekniken är N-hjulet fast monterat på axeln men kan röra sig axiellt – uppåt och nedåt – som en reaktion på tryckskillnader som uppstår när större föremål försöker ta sig igenom pumpen. Denna rörelse ökar tillfälligt avståndet mellan pumphjulets och insatsringen, vilket gör att skrymmande trasor och grovt skräp kan passera utan att det krävs extra vridmoment från motorn. Detta är särskilt fördelaktigt i pumpar som drivs med enfasström, där tillgängligt vridmoment är ännu mer begränsat.

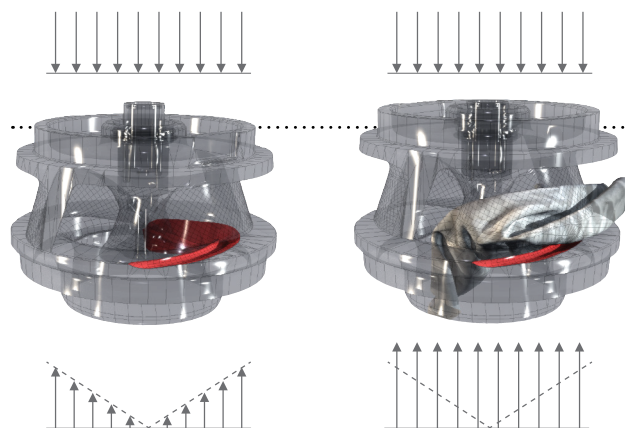


Figur 9: Adaptive N-hjulets positioner under drift

Som visas i Figur 9 fungerar det adaptiva N-hjulet i normala fall precis som ett konventionellt N-hjul (vänster sida). Men vid behov lyfts hjulet tillfälligt för att släppa igenom större partiklar – som illustrerat på högra sidan av figuren.

Den adaptiva mekanismen arbetar med hydrauliska tryckskillnader över pumphjulet. Kraften som är beroende av trycket är  $F=P \times A$ , där  $P$  är trycket och  $A$  är den yta där trycket appliceras. Figur 10 visar hur kombinerade krafterna bestämmer hjulets position.

Till vänster i Figur 10 visas en konceptuell bild av de hydrauliska krafter som fördelas på pumphjulet i lätt förorenat avloppsvatten. I den nedre delen av pumphjulet ökar det uppåtriktade trycket med radien, vilket innebär att kraften ökar från centrum ut mot kanten. Samtidigt verkar ett högre, jämnt fördelat tryck på ovansidan av pumphjulsskivan. Den sammanlagda kraften blir en nettokraft nedåt, vilket håller pumphjulet stabilt i sitt normala driftläge.



Figur 10: Kraftfördelning under normal drift (vänster) och när stora mängder skräp kommer in i pumpen (höger)

När en stor bit skräp kommer in i pumphjulet skiljer sig kraftbalansen från normal drift. Som illustreras på högra sidan av Figur 10 tillkommer en successivt ökande uppåtriktad kraft vid pumphjulets undersida. När denna kraft överstiger den nedåtriktade börjar pumphjulet röra sig uppåt, vilket tillfälligt ökar avståndet mellan pumphjulet och insatsringen. När spelrummet är tillräckligt stort kommer skräpet att passera genom pumpen. Då minskar den uppåtriktade kraften och pumphjulet återgår till sitt ursprungliga driftläge.

Denna adaptiva rörelse varar bara en bråkdel av en sekund och därför har den tillfälliga effektökningen ingen betydande effekt på pumpens totala verkningsgrad. Samtidigt bidrar den till att minska belastningen på axeln, tätningar och lager, vilket förlänger komponenternas livslängd.

Sammanfattningsvis förbättrar Adaptive N-tekniken avsevärt självrengöringsfunktionen för små pumpar med motorer med lågt vridmoment. Resultatet är en lägre total ägandekostnad, tack vare tillförlitlig drift och bibehållen hög verkningsgrad.

Obs: Även om det finns en fjäder i pumphjulets nav är den inte kopplad till den adaptiva funktionen. Fjädern håller pumphjulet låst under montering och transport, så att eventuella skador undviks före installationen.

## Livscykelkostnadsanalys för små avloppspumpar

Analys av livscykelkostnader (LCC) är en metod för att beräkna den totala kostnaden för ett system under dess livslängd eller för att jämföra investeringsalternativ. En fullständig LCC-analys av utrustning omfattar alla kostnader som är kopplade till utrustningen, såsom den initiala investeringen, installation, drift, energi, stilleståndstid, miljö, underhåll och avfallshantering. Vilka kostnader som väger tyngst beror på applikation, geografiskt läge, arbetskostnader och energikostnader – faktorer som kan variera betydligt mellan olika marknader.

Vid utvärdering av pumpalternativ för avloppsvatten används ofta en förenklad analys. I det här fallet är de mest relevanta faktorerna initialinvestering, energikostnad och underhållskostnad (särskilt oplanerat underhåll). Andra faktorer kan uteslutas från analysen.

Igensättning är den viktigaste faktorn när det gäller oplanerade underhållskostnader. Hur ofta en pump i en pumpstation sätts igen kan variera kraftigt. De vanligaste faktorerna är:

- Typ av pumpad media
- Typ av pumphydraulik
- Längd på pumpens driftcykler
- Storlek på pump
- Motorns vridmoment och tröghetsmoment
- Utförande av rutinunderhåll

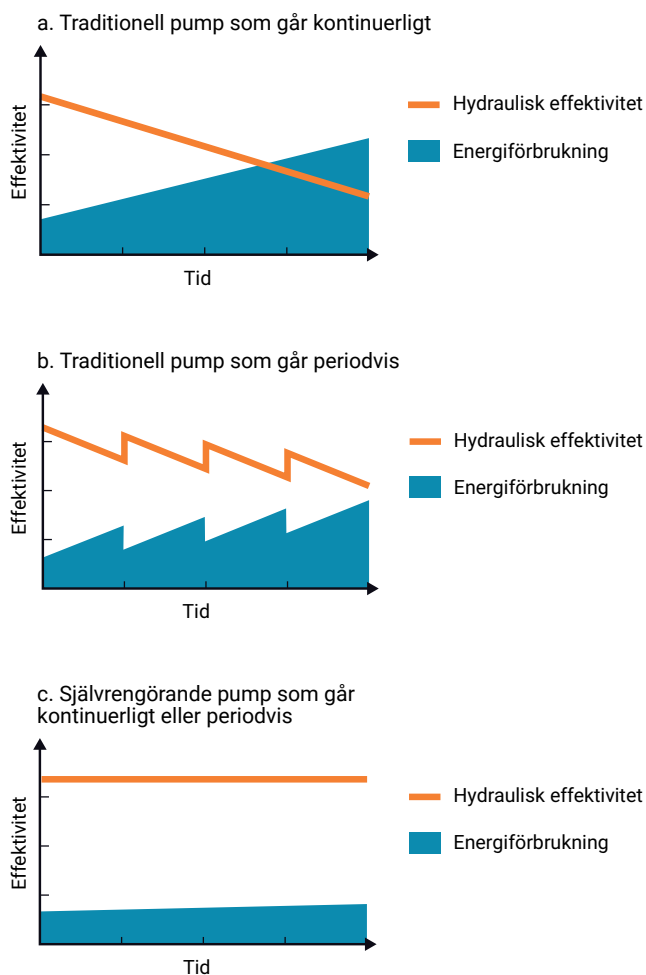
### Ökade energikostnader på grund av mjuk igensättning

Som tidigare nämnts kan en kanalhjulspump i en avloppsapplikation drabbas av mjuk igensättning och riskerar att stanna efter en lång driftcykel. En virvelhjulspump som lider av mjuk igensättning kan dock fortsätta att köras på grund av det stora utrymmet i pumphuset. Denna volym gör att mer fasta partiklar kan ansamlas än i pump typer. I båda fallen tenderar mjuk igensättning att minska pumpens verkningsgrad och orsaka hård igensättning.

Figur 11 visar hur mjuk igensättning påverkar verkningsgraden och energiförbrukningen för traditionella pumpar (kanal- eller virvelhjul) och självrengörande pumpar (N- eller Adaptive N-hydraulik) över tid. När en traditionell pump körs kontinuerligt

i avloppsvatten minskar verkningsgraden, och energiförbrukningen ökar gradvis (se Figur 11a). Figur 11b visar ett liknande mönster vid periodvis drift, även om backspolning kan ge kortvariga förbättringar. Figur 11c visar däremot att en självrengörande pump bibehåller en jämn verkningsgrad och energiförbrukning under kontinuerlig eller periodvis drift i avloppsvatten, vilket ger den lägsta energiförbrukningen över tid.

Ökade energikostnader på grund av mjuk igensättning kan enkelt mätas på plats. Däremot är det svårt att exakt förutse kostnaderna, eftersom de påverkas av varierande mediegenskaper och driftcykler.



Figur 11: Traditionell pumpprestanda under två olika driftsscenarier jämfört med en självrengörande avloppspump med N-teknik

## Förenklat exempel på LCC-jämförelse

I exemplet nedan visas en förenklad LCC-analys som jämför tre pumptyper med kort respektive lång daglig drifttid.

### Applikation och pumpdetaljer

Pumpmedia	Avloppsvatten			
Flöde	25 l/s			
Uppfordringshöjd	8 m			
Tid	5 år			
Energikostnad*	0,1 € / kWh			
Oplanerade underhållskostnader	200 € / uttryckning			
Val av pump	Kanalhjul	Virvelhjul	Adaptivt N-hjul	
Nominell effekt (kW)	3,1	4,7	3,1	
Hydraulisk verkningsgrad (rent vatten)**	75%	46%	77%	
Total effektivitet (rent vatten)**	63%	38%	65%	
Specifik energi (kWh/m <sup>3</sup> ) **	0,0346	0,0574	0,0335	
Antal uttryckningar / år	Drift 3 timmar / dag	4	2	0,5
	Drift 12 timmar / dag	16	8	2

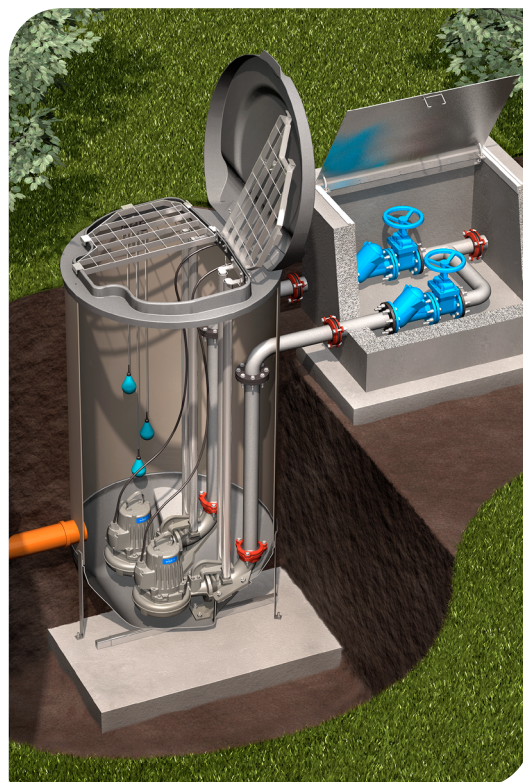
\*Energikostnaden kan variera avsevärt beroende på land.

\*\*Siffrorna för effektivitet och specifik energi baseras på Flygt-pumparnas prestandakurvor.

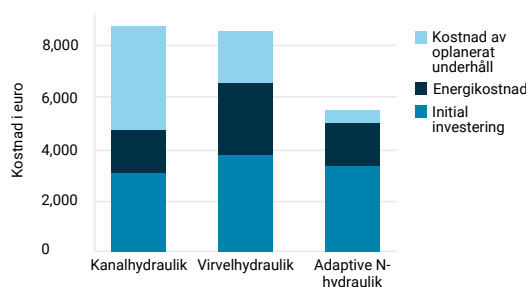
I detta exempel är skillnaden i initial investering mellan de olika pumptyperna förhållandevis liten. Vi kan se att under en lång driftcykel utgör den initiala investeringen endast en liten del av LCC. Dessutom kommer den planerade underhållskostnaden att vara i stort sett likvärdig mellan pumpalternativen. Kostnaden för oplanerat underhåll vid hård igensättning är det som får störst inverkan på skillnaden i LCC.

När en kanalhjulspump körs 12 timmar per dag under en femårsperiod (Figur 14) är den oplanerade underhållskostnaden mer än fem gånger så hög som den initiala investeringen. För den adaptiva N-hjulspumpen är motsvarande kostnad endast 60% av den initiala investeringen.

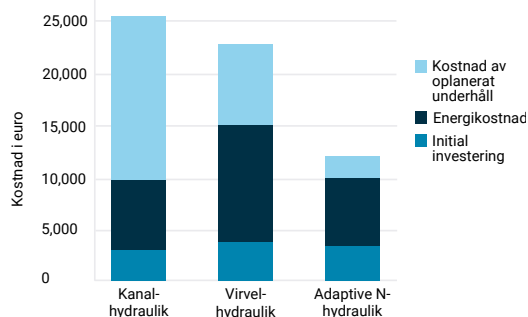
Även om virvelhjulspumpen förväntas ha färre uttryckningar än kanalhjulspumpen kommer dess lägre verkningsgrad att leda till högre energikostnader. Då är inte ens de energikostnader som orsakas av mjuk igensättning medräknade, eftersom de är svåra att förutsäga och därför inte tas med i en LCC-beräkning eller i dessa diagram. Med tanke på detta kommer en virvelhjulspump att ha högre energiförbrukning jämfört med de andra två hydrauliktyperna.



Figur 12: Exempel på en pumpstation med två små avloppspumpar



Figur 13: Förenklad LCC-analys baserad på drift 3 timmar per dag under 5 år



Figur 14: Förenklad LCC-analys baserad på drift 12 timmar per dag under 5 år

Oavsett om de är i drift 3 eller 12 timmar per dag (bild 13 och 14), har den adaptiva N-hjulspumpen den lägsta livscykelkostnaden för avloppspumpning, eftersom oplanerat underhåll minimeras. Tar man dessutom hänsyn till den extra energiförbrukningen som kan uppstå vid mjuk igensättning, ökar besparingspotentialen ytterligare. Utöver de ekonomiska vinsterna erbjuder även N-pumpen problemfri drift för slutanvändaren.

## Sammanfattning

Det ständigt växande fokuset på att minska driftskostnaderna skapar en efterfrågan på pumpar som kombinerar hög effektivitet med bättre motståndskraft mot igensättning, särskilt inom avloppsapplikationer. För att möta detta behov utvecklades N-pumpen för över 25 år sedan, med en självrengörande hydraulisk design. Utrustad med bakåtböjda horisontella framkanter och ett avlastningsspår, kan det halvöppna N-hjulet avsevärt minska risken för igensättning. Följaktligen ger N-pumpar hög effektivitet och högre tillförlitlighet än traditionella hydrauliska konstruktioner. Självrengörande N-pumpar har därför blivit väl mottagna över hela världen.

På grund av den begränsade storleken och motorns vridmoment i små avloppspumpar har dock användningen av N-tekniken ställts inför utmaningar i mer krävande miljöer. För att ytterligare förbättra den självrengörande funktionen, särskilt för att minska risken för hård igensättning i pumpar med relativt lågt vridmoment, har N-hjulet kompletterats med adaptiv teknik. Adaptive N-hydraulik gör det möjligt för pumphjulet att röra sig axiellt, så att det svåraste skräpet kan passera. Omfattande laboratorie- och fälttester visar att Adaptive N-hydraulik effektivt kan lösa problem med både mjuk och hård igensättning i små pumpar.

Dessutom visar LCC-analysen på stora potentiella besparingar för Adaptive N-pumpar. I de flesta fall uppstår dessa besparingar genom lägre energiförbrukning och en minskning av kostnader för oplanerat underhåll