

Fűtési/hűtési és vízellátó rendszerek szabályozási kérdései

Szivattyúüzem optimalizálása

Szakmai (épületgépészeti) továbbképzés

2022. április 6. szerda

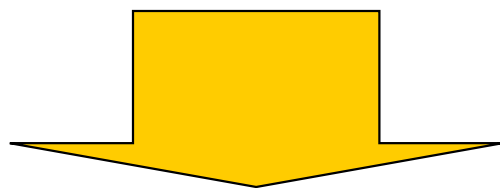
Előadó: Erdei István
Tel: 20/9649-790
ierdei@grundfos.com



MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

Szivattyús rendszerek üzemeltetése

- A fogyasztói hálózat terhelése időben változó.
- A méretezés alapja a csúcsigény, ahol a hatásfok közel maximális.
- Csúcsigény a teljes üzemidő 10%-a alatt jelentkezik.

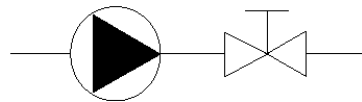


Részterhelésű állapotban csak szabályozással lehet biztosítani a stabil, gazdaságos üzemet !

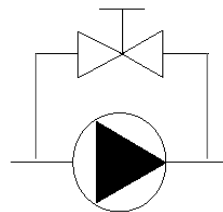
Szivattyú munkapontjának változtatása

Szivattyú szabályozása

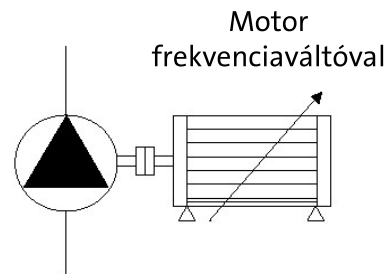
- Fojtásos szabályozás



- „Bypass” szabályozás



- Fordulatszám-szabályozás



Affinitási törvények

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

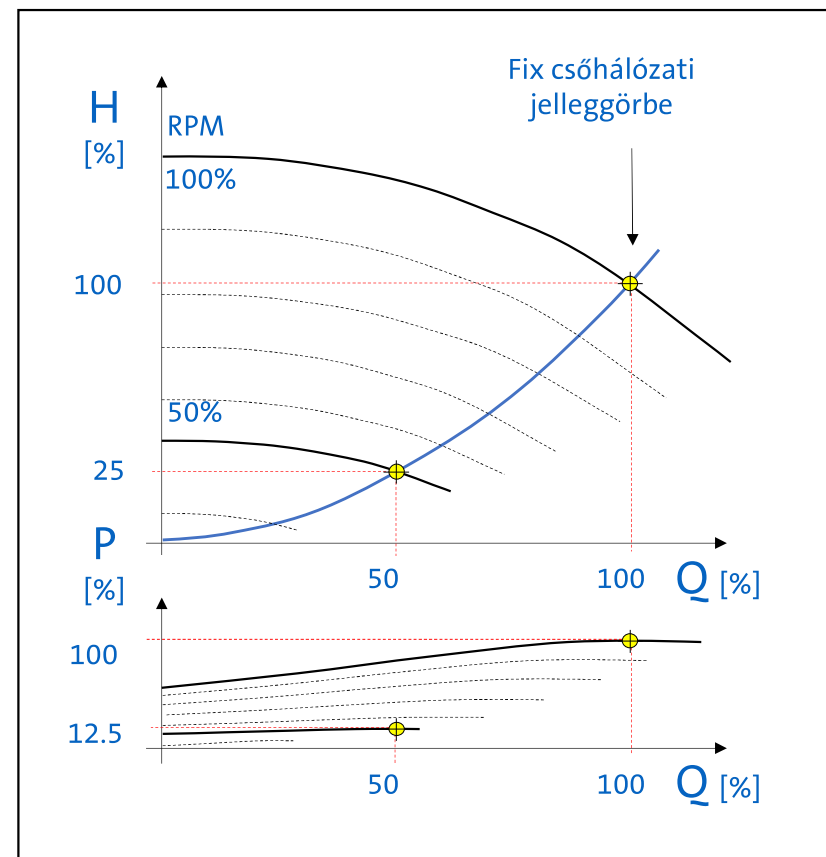
$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

Az affinitási törvények mutatják az összefüggéseket az alábbi jellemzők között:

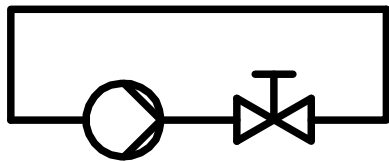
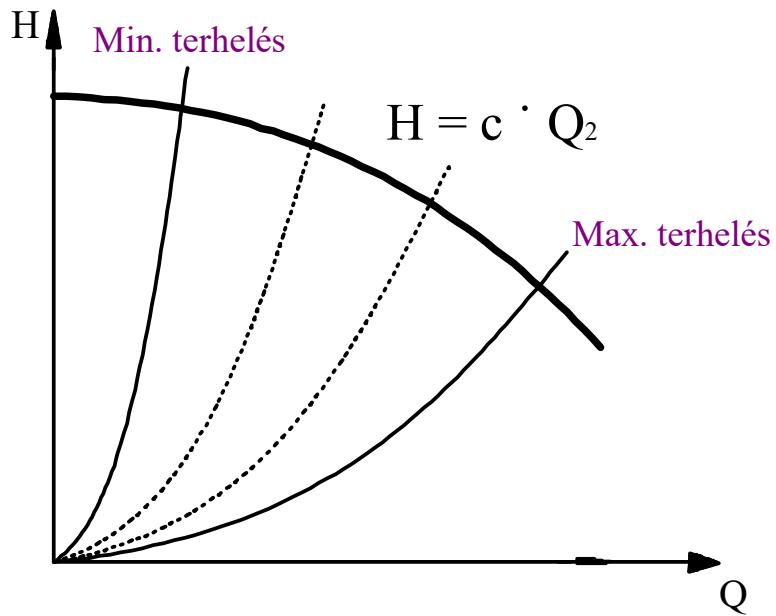
- Fordulatszám
- Térfogatáram
- Szállítómagasság
- Tengelyteljesítmény

A fordulatszám **50%-os** csökkenése a **térfogatáramot 50%-ra**, a **szállítómagasságot 25%-ra** és a **teljesítményigényt 12.5 %-ra** csökkenti.

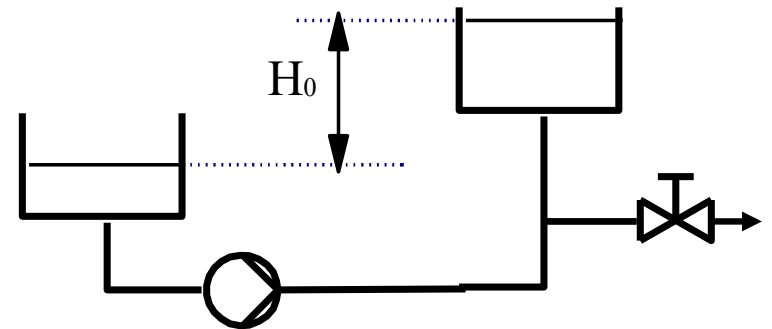
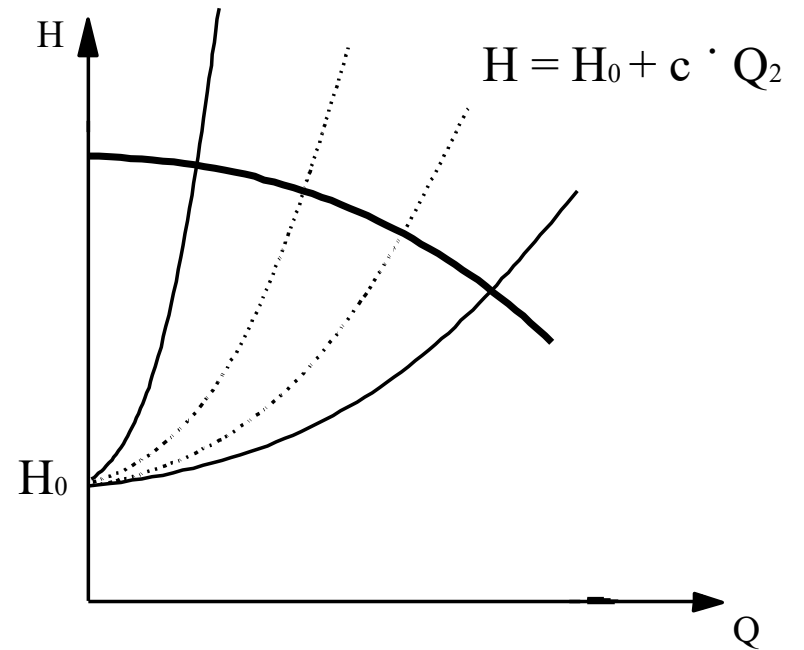


Rendszertípusok

Zárt (keringető) rendszer



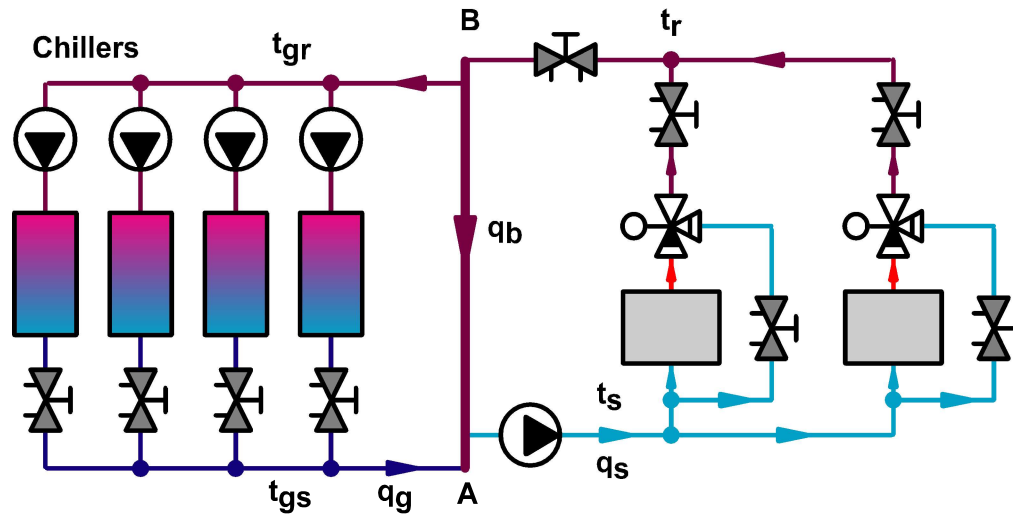
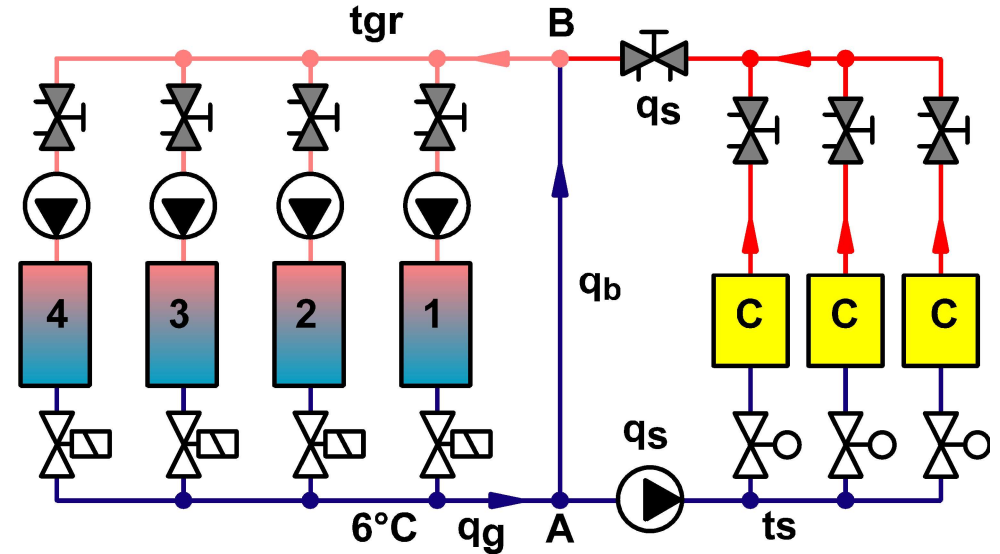
Nyitott rendszer



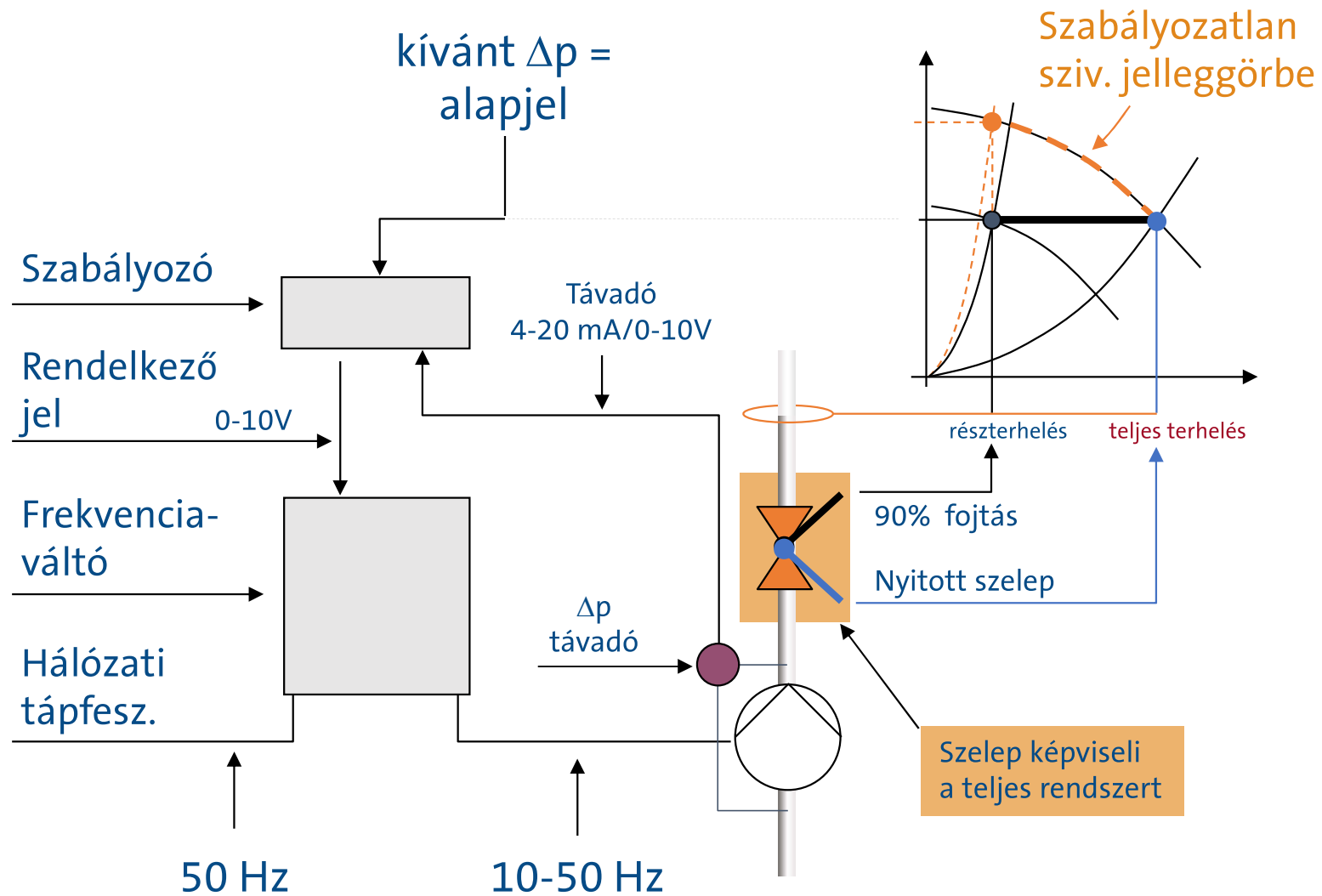
➤ Elosztóhálózatok típusai

Változó térfogatáramú elosztóhálózat

Állandó térfogatáramú elosztóhálózat



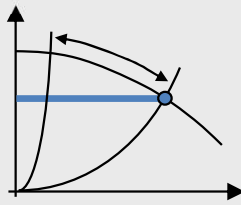
Fordulatszám-szabályozás elemei keringetőszivattyúknál



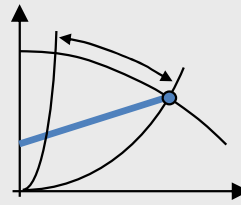
Keringetőők integrált Δp -távadóval

Beépített Δp -távadóval:

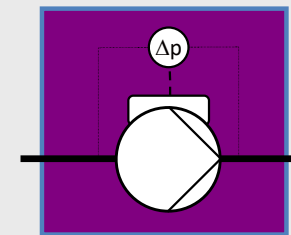
- állandó nyomáskülönbség
- vagy
- arányos nyomáskülönbség szab.



Állandó nyomás



Arányos nyomás

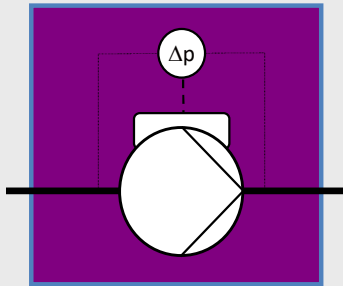


Szivattyú beépített távadóval

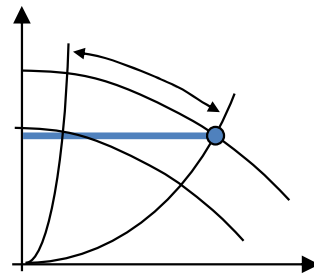
Fordulatszám-szabályozás zárt rendszerekben I.

Változó tömegáramú rendszerek szivattyúinak szabályozása

1. Nyomáskülönbségre történő szabályozás



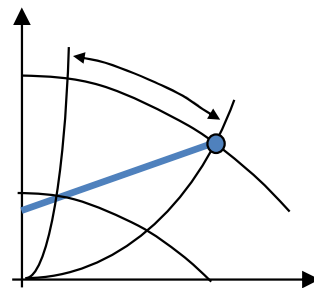
Nyomáskülönbséget közvetlenül a szivattyú csomjain mérem.



➤ Állandó nyomáskülönbség szab.

Előny: Egyszerűen megvalósítható.

Hátrány: Kis térfogatáramnál rossz hatásfok, ami több gépre elosztott terheléssel kompenzálható.



➤ Térfogatárammal arányos nyomáskülönbség szab.

Előny: Kb. 20 %-kal nagyobb energiamegtakarítás. Végponti Δp -szabályozást szimulálja.

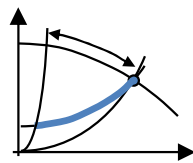
Hátrány: Nem minden rendszernél alkalmazható.

Keringetők gyári távadó nélkül

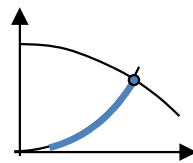


Beépített távadó
nélkül
A távadótól függő
szabályozásra:

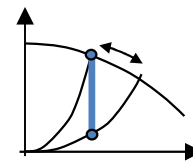
Nyomáskülönbség
Kimenő nyomás
Arányos nyomás
Hőmérséklet szab.
Térfogatáram szab.
Állandó térfogatáram
Állandó görbe



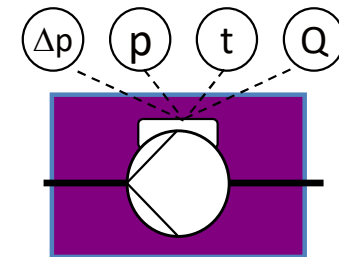
Arányos
nyomás



Hőmérséklet
szab.

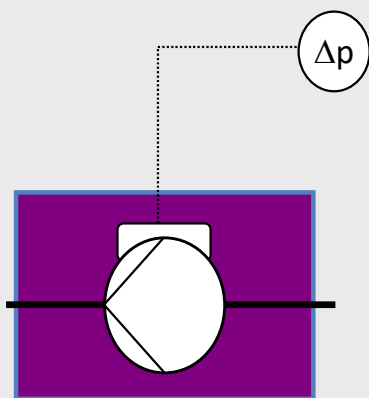


Állandó
térfogatáram



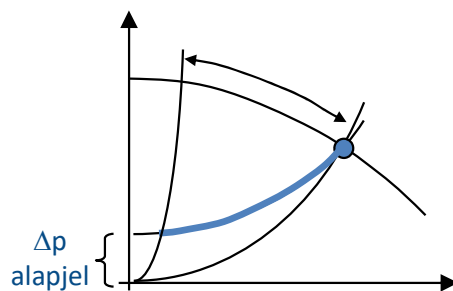
Szivattyú távadó nélkül

Végponti nyomáskülönbség szabályozás



Nyomáskülönbséget a rendszer „végpontjáról” vesszük.

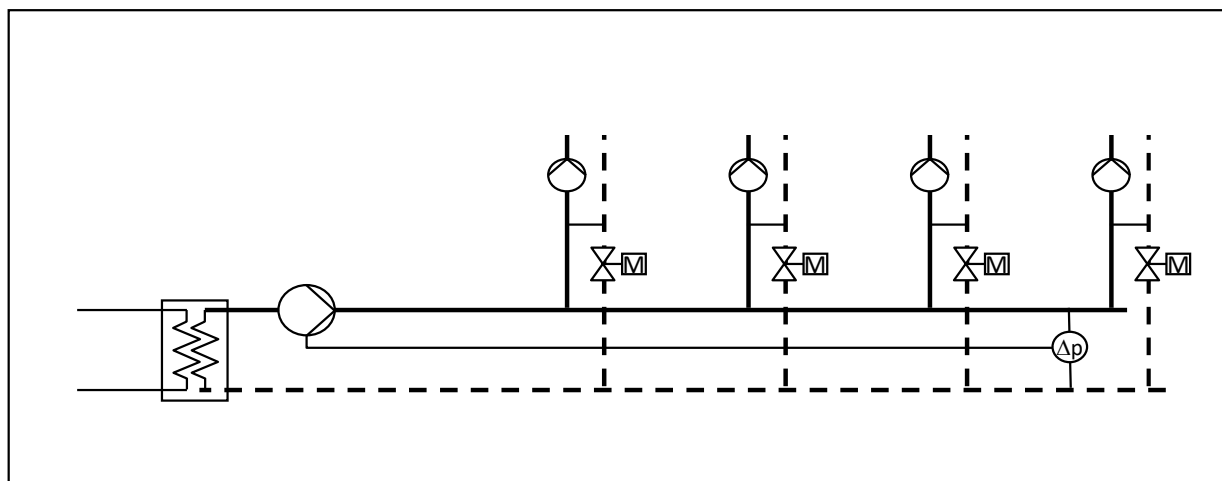
Változó tömegáramú rendszerek szivattyúinak szabályozása



➤ **Nyomáskülönbség távadó a rendszer jellemző pontján**

Előny: Nagyobb energiamegtakarítás.

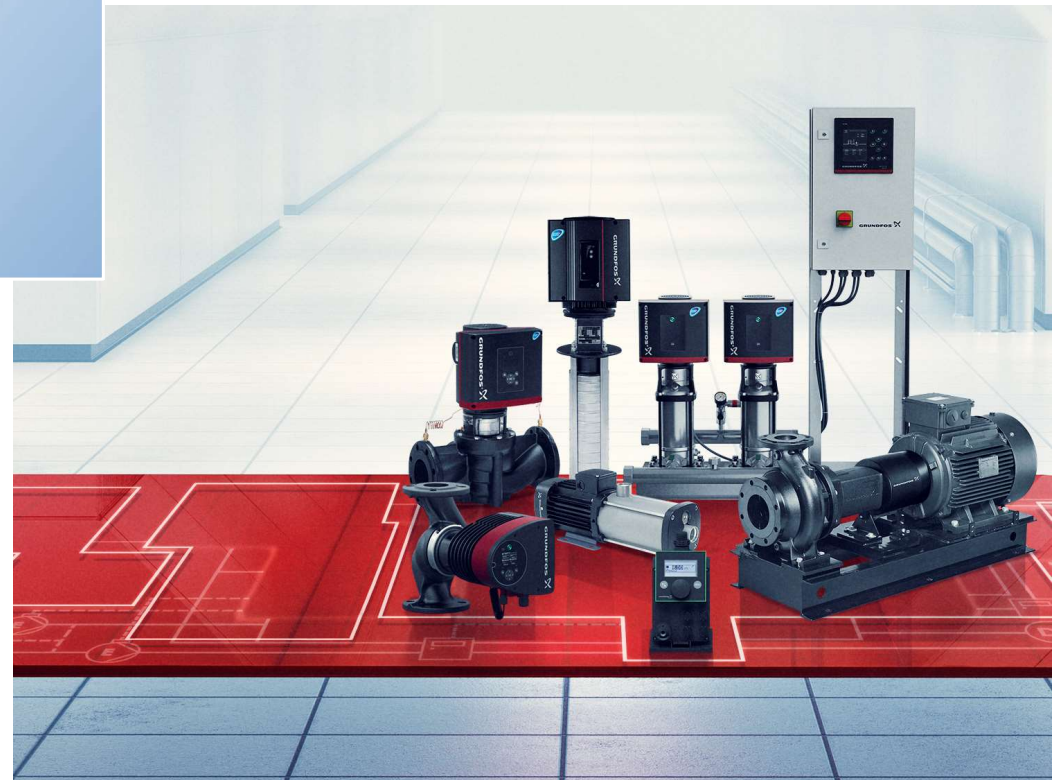
Hátrány: Távadótól megfelelő jelátvitelről kell gondoskodni.



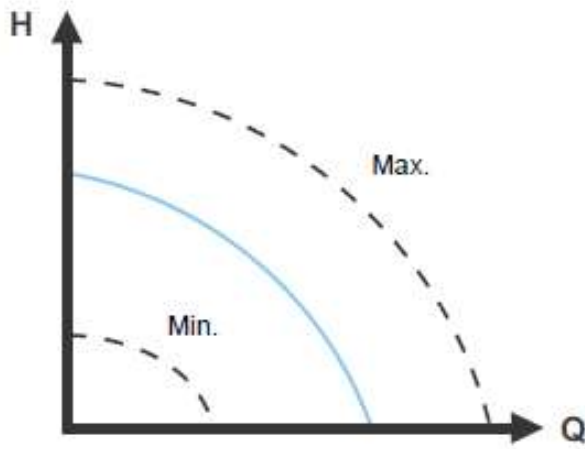
Okos szivattyúk megjelenése

Okos szivattyúk jellemzői

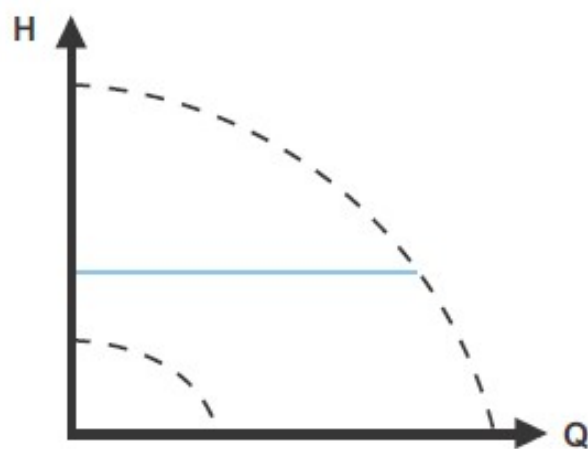
- Öntanuló szabályozási algoritmusok
- Kétirányú kommunikáció többféle platformon
 - okostelefon !
- Rendszer optimalizálás/diagnosztika
- **Adat helyett információ !**



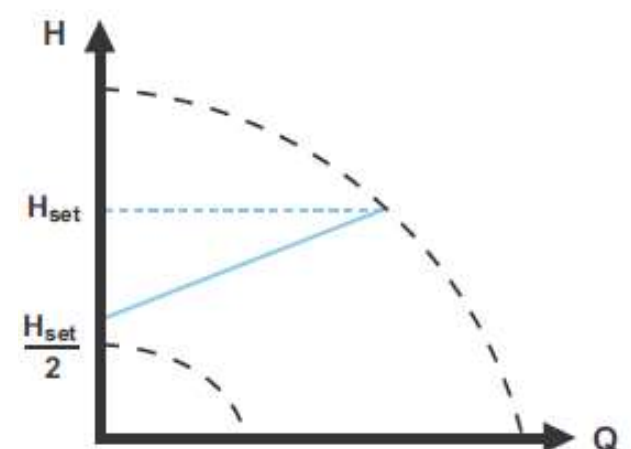
Szabályozási módok áttekintése



Állandó görbe



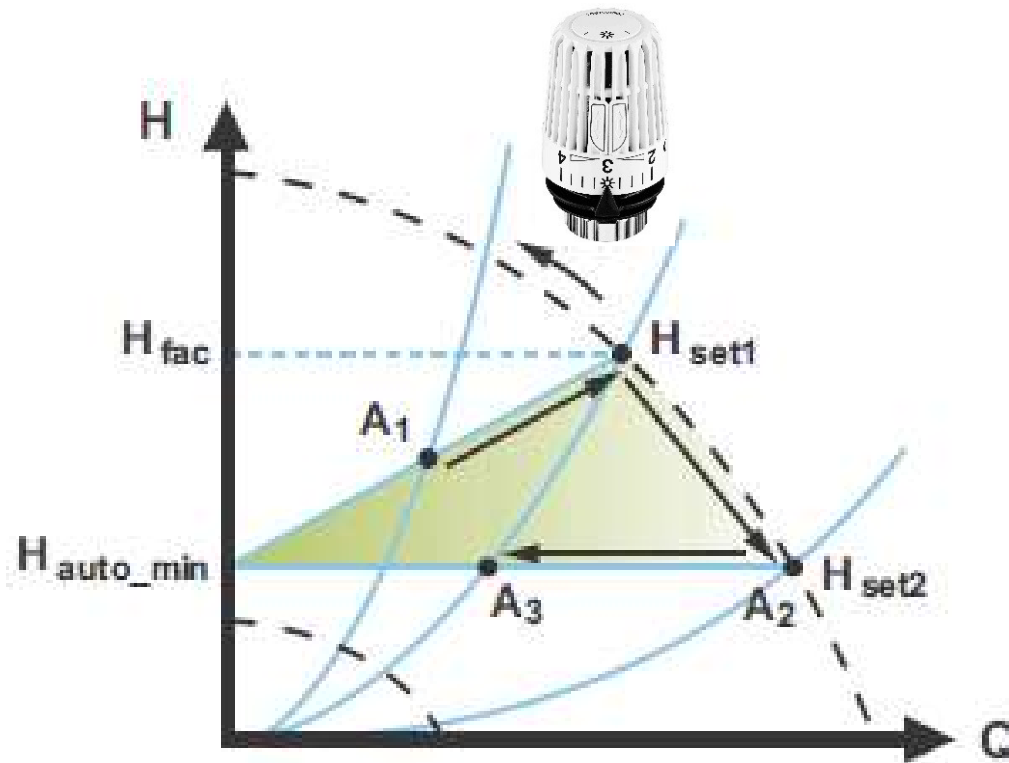
Állandó nyomáskülönbség



Arányos nyomáskülönbség

Szabályozási módok áttekintése

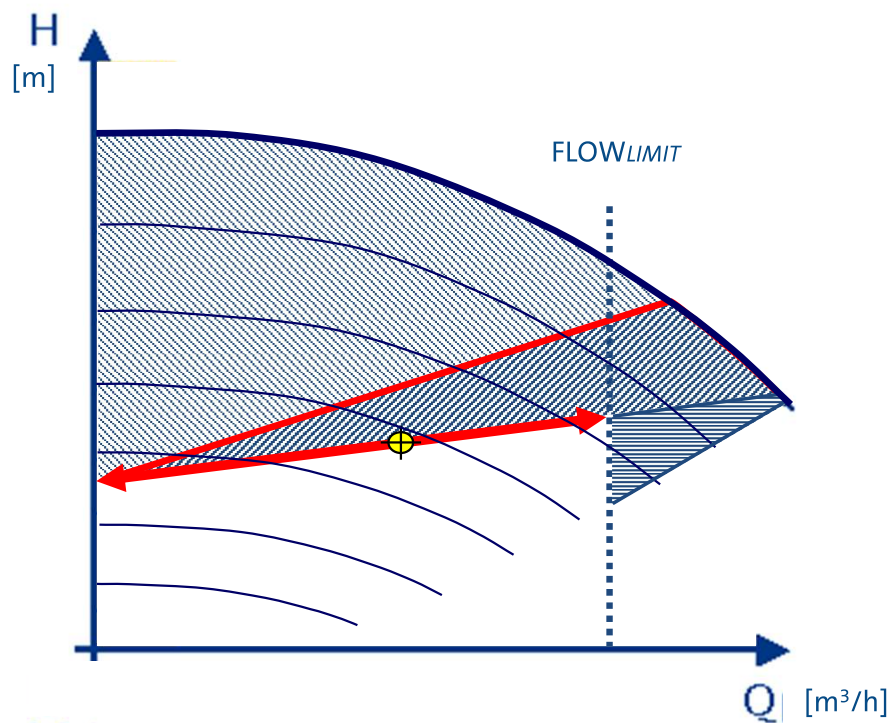
Adaptív szabályozás








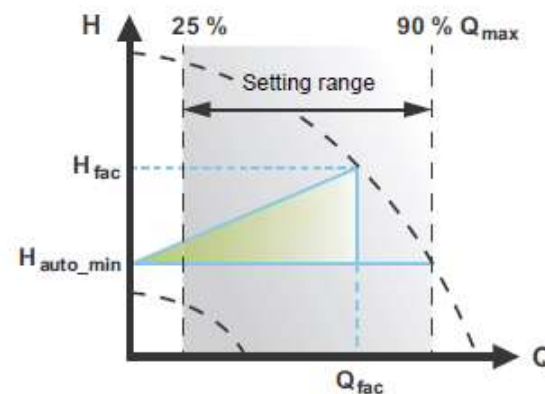
Szabályozási módok áttekintése

Adaptív szabályozás

FLOW_{ADAPT}



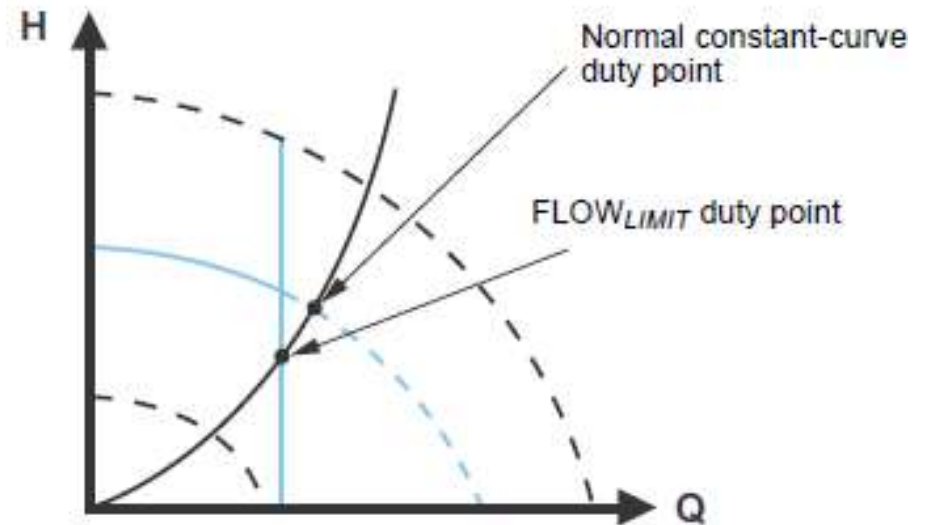
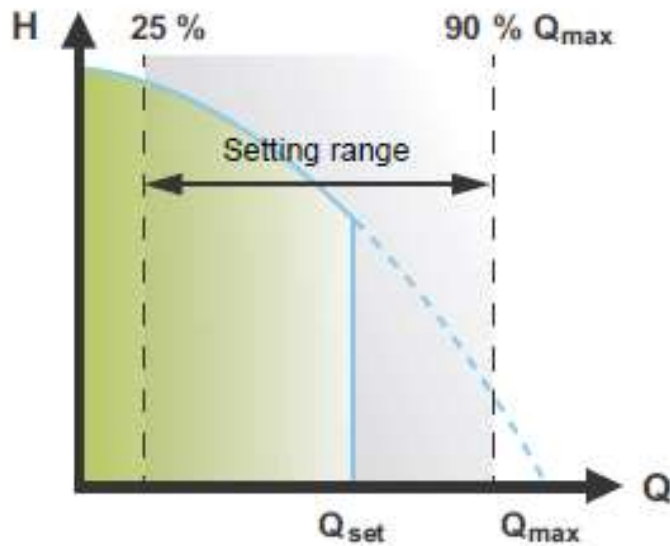
-  Munkapont
-  Üzemi tartomány
-  Megtakarítás a szabályozatlan szivattyúhoz képest
-  Megtakarítás arányos nyomás szabályozáshoz képest
-  Kiegészítő megtakarítás $FLOW_{LIMIT}$ -tel



Szabályozási módok áttekintése

Elektronikus térfogatáram korlátozás („FlowLIMIT”)

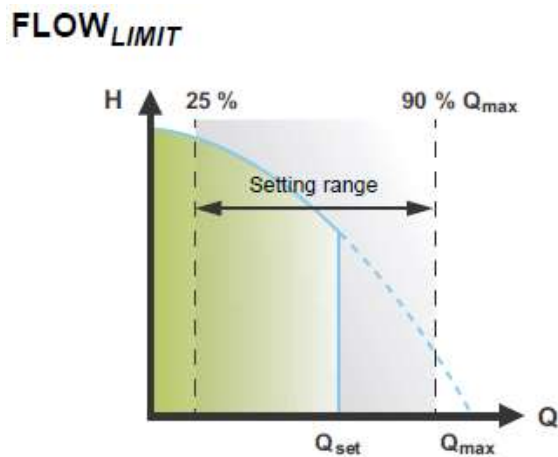
FLOW_{LIMIT}



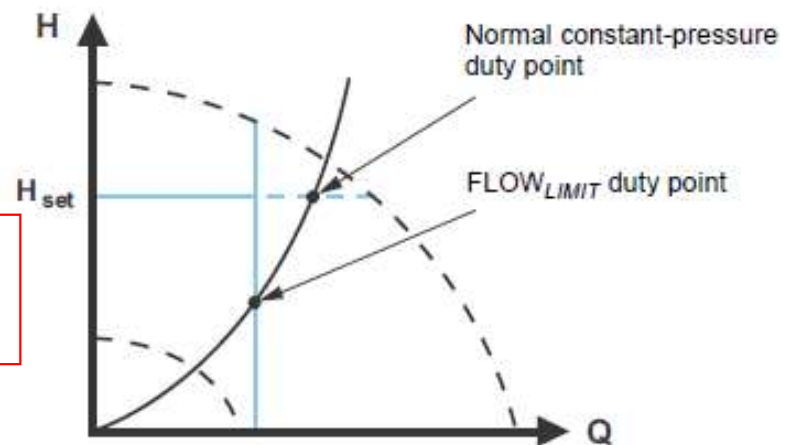
Állandó görbe + FlowLimit

Szabályozási módok áttekintése

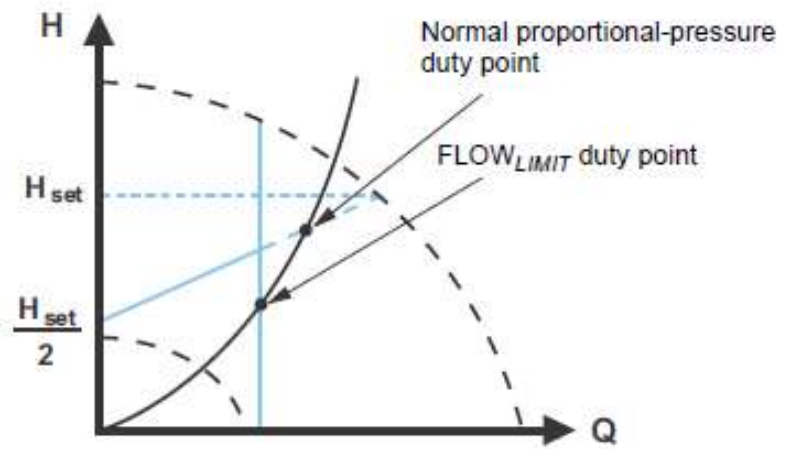
FLOWLimit funkció



Állandó Δp +
FLOWLimit



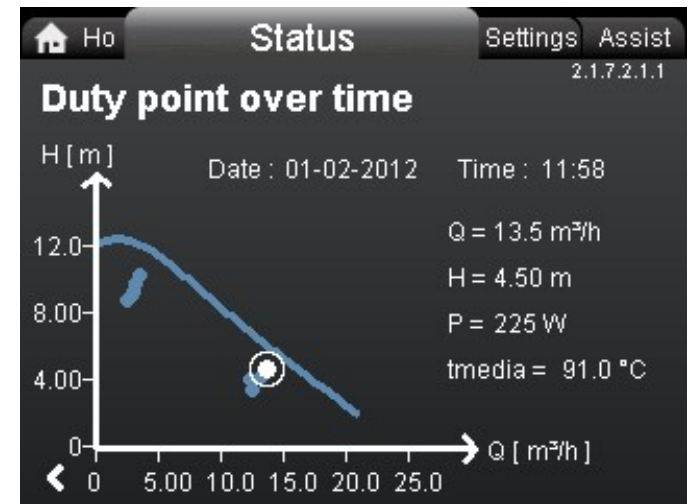
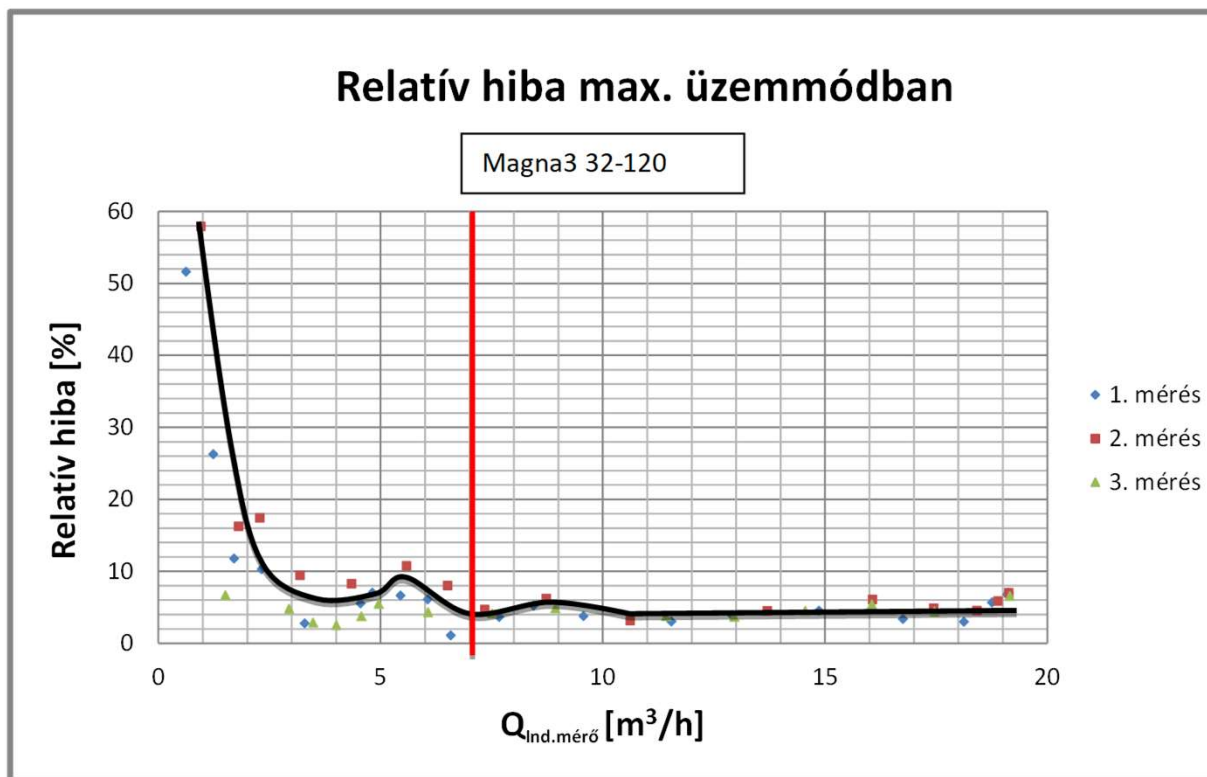
Arányos Δp +
FLOWLimit



Diagnosztika és optimalizálás okos-szivattyúkkal

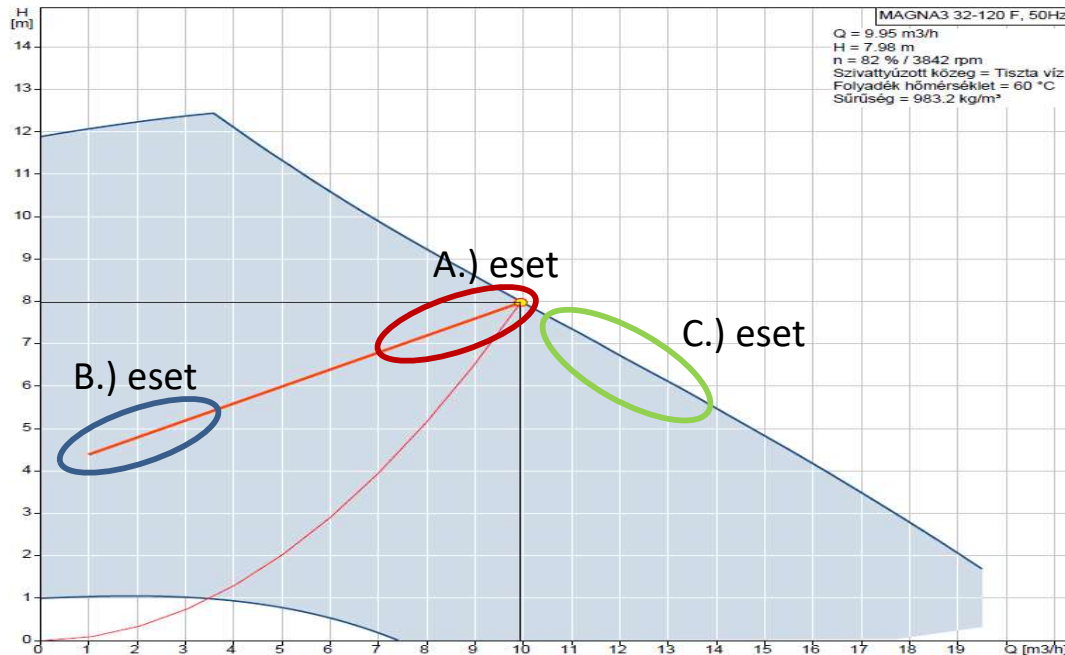
Rendszer hidraulika

- Nyomáskülönbség-mérés (közvetlen távadó)
Pontosság: 2% (FS)
- Térfogatáram mérés (számított)
Pontosság: 3-5% (FS), görbe 90%-ban

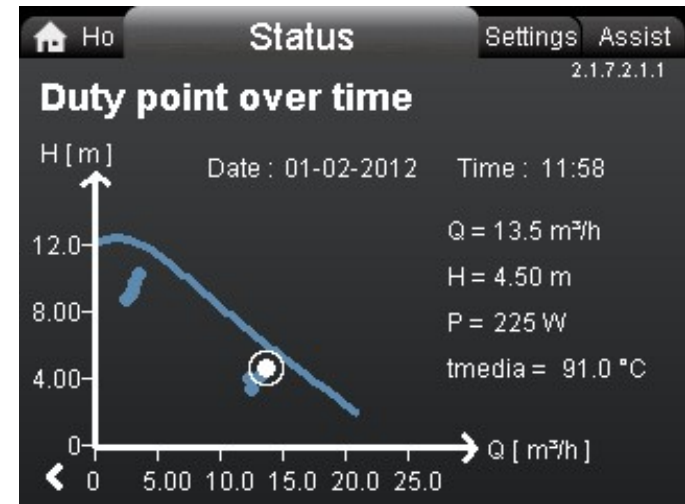


Diagnosztika és optimalizálás okos-szivattyúkkal

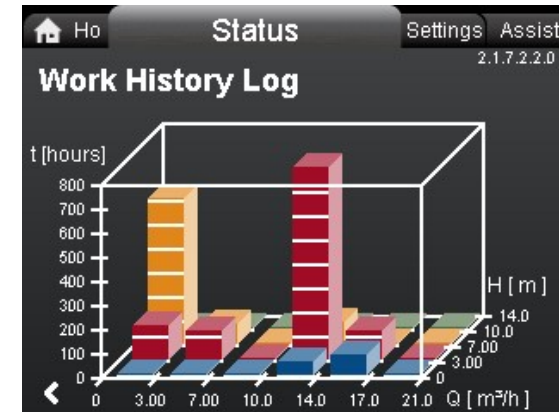
Optimalizálás trend adatokkal



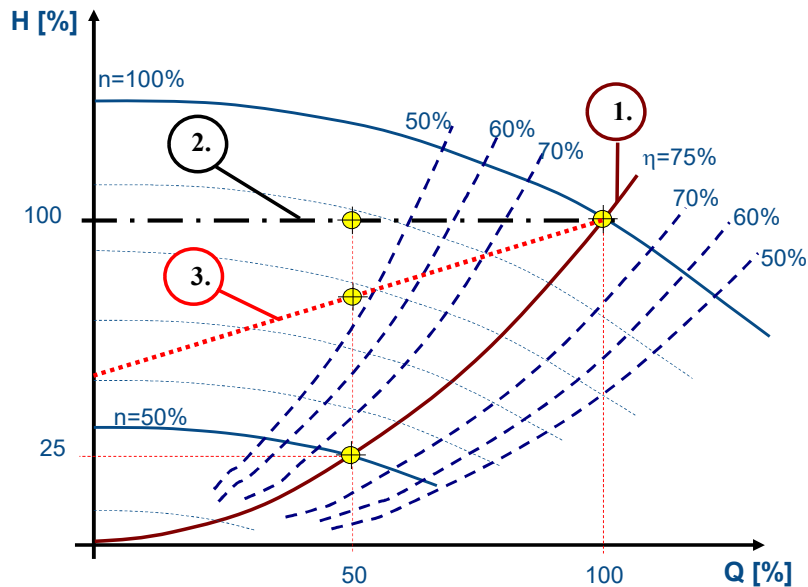
- A.) eset: $Q > Q_{\text{tervezett}}$, besabályozatlanság, túl nagy alapjel (statikus szab.), alacsony közeghőmérséklet (időjárásfüggő szab.)
- B.) eset: túlméretezett szivattyú, tervezettnél nagyobb ellenállás ($Q < Q_{\text{terv}}$)
- C.) eset: Magas alapjel, besabályozási probléma (FLOWlimit)



Ábrázolja a jellegmezőben a munkapontok múltbeli változását.
Valós üzemi tartomány!!!!



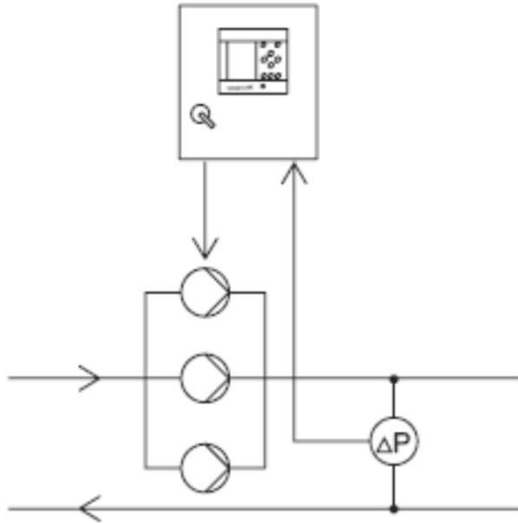
Miért osszuk meg a terhelést több gépre ?



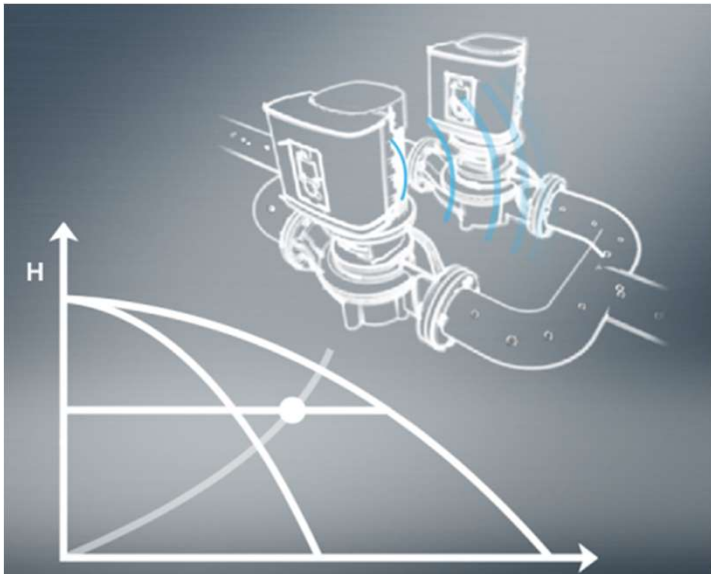
➤ Állandó nyomáskülönbség vagy kimenő nyomás szabályozásnál a munkapont a fogyasztás csökkenésével egyre jobban balra tolódik, ami jelentős hatásfok csökkenést okoz.

1. Fordulatszám szabályozás „állandó térfogatáramú” rendszerben.
2. Állandó Δp -szabályozás változó térfogatáramú rendszerben.
3. Térfogatárammal arányos Δp -szabályozás változó térfogatáramú rendszerben.

Szivattyúcsoport szabályozás



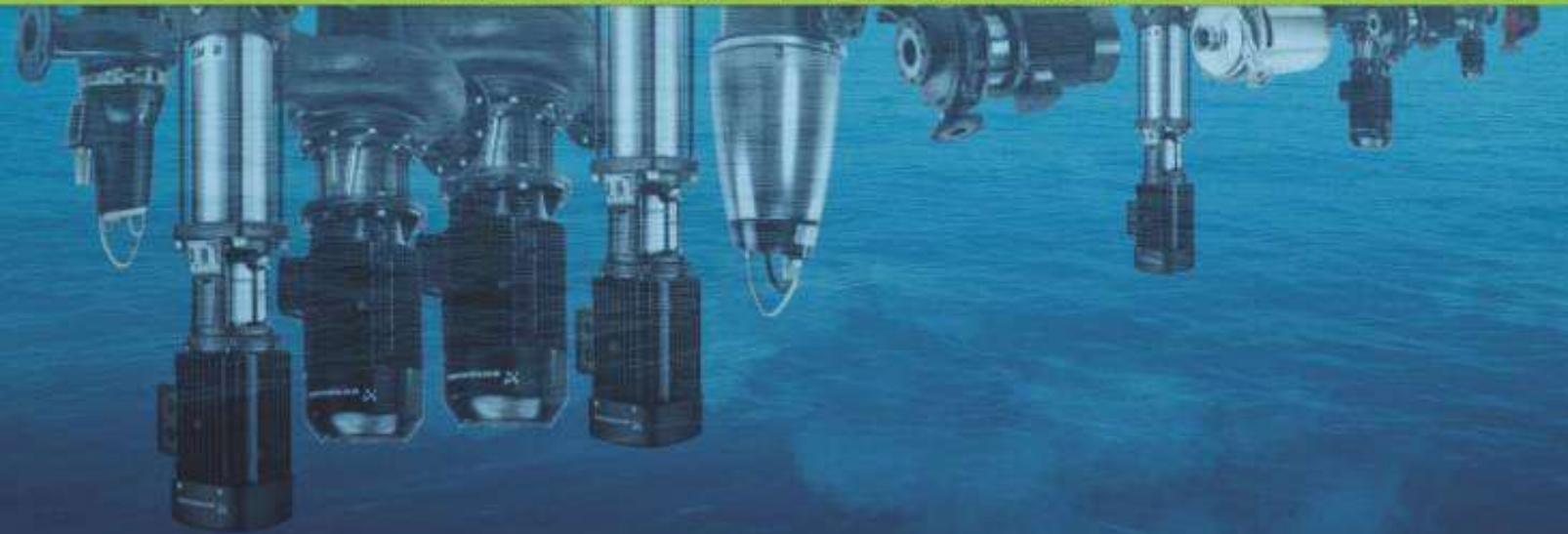
- Hagyományos elrendezés külső szabályozó egységgel.
- Csoportszabályozó bekerülési és telepítési költsége viszonylag magas.
- Megtérülés idő nagy térfogatáramok (>100 m³/h) esetén elfogadható.



- Nincs külső csoportszabályozó
- Egyes vagy ikerszivattyúk
- Szivattyúk között vezeték nélküli kommunikáció
- Irányítási mód: állandó görbe, vagy állandó nyomás

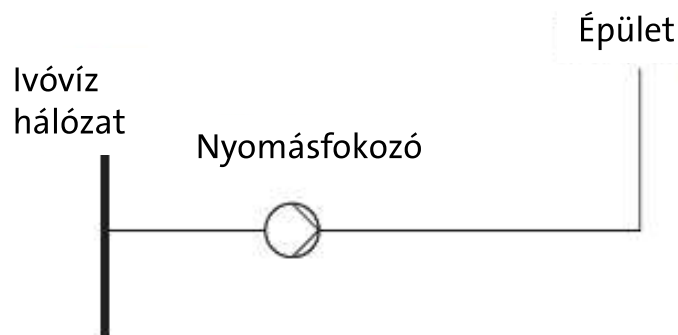


Nyomásfokozók méretezése, szabályozása



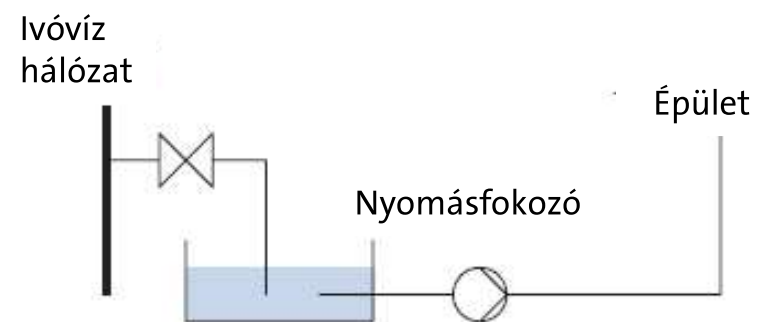
Vízforráshoz történő csatlakozás

Közvetlen nyomásfokozás



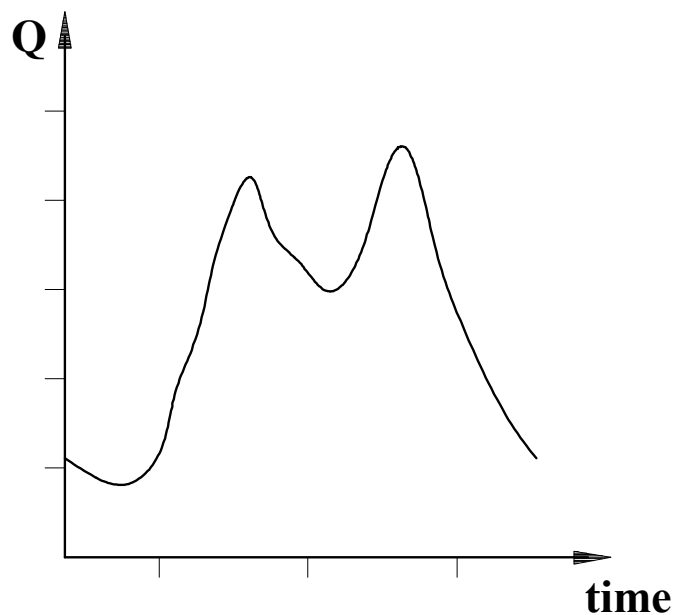
- Hálózati nyomás $> 1,5$ bar
- Nyomásfokozó nem szívja meg a hálózatot.
- Vízmű hozzájárul.

Közvetett nyomásfokozás (megszakító tartállyal)

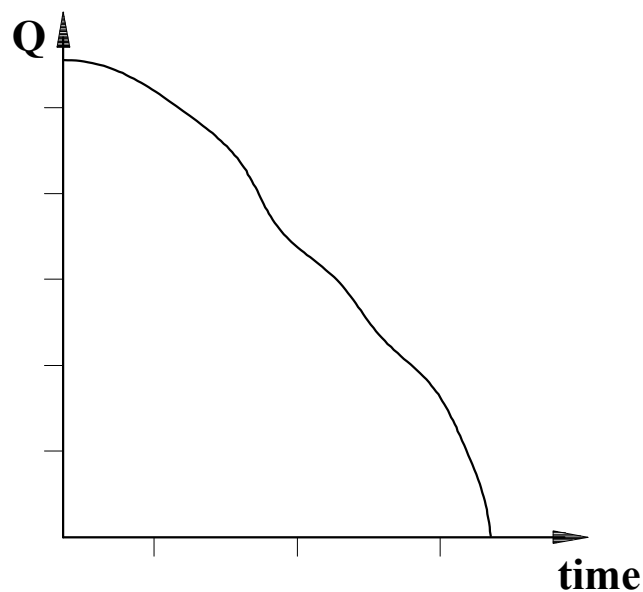


- Hálózati nyomás < 1 bar
- Bekötés terhelhetősége korlátozott.
- Vízmű közvetlen bekötést nem engedélyezi.
- Hátránya:
 - Tartály töltés szabályozása
 - Tartály tisztítás

Nyomásfokozók kiválasztása



Napi terhelési görbe



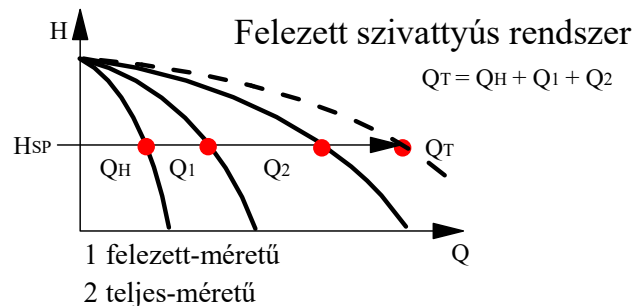
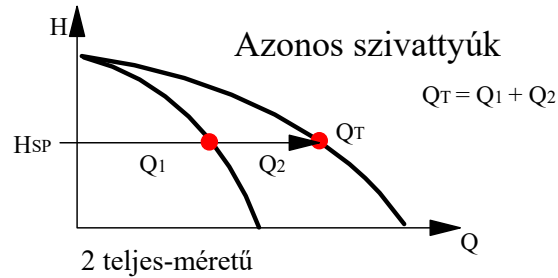
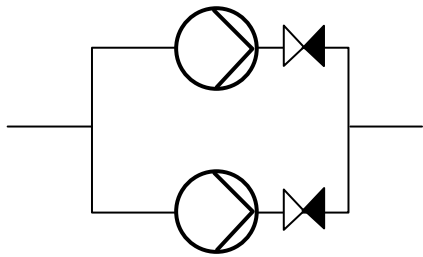
Terhelés-eloszlási görbe

Vízellátó rendszerek jellemzői:

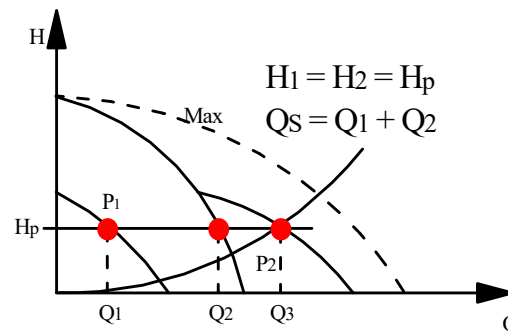
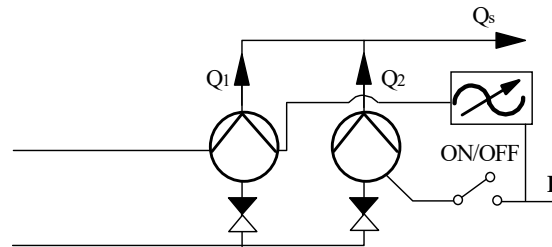
- Fogyasztás jelentősen ingadozik.
- Részterhelés gyakorisága magas.
- Stabil, állandó kimenő-nyomás szükséges.

Kompakt nyomásfokozók csoportosítása szabályozási mód szerint

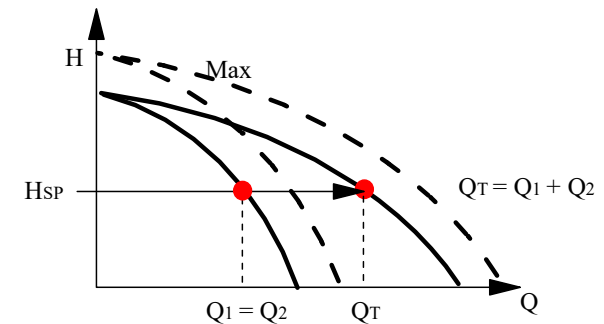
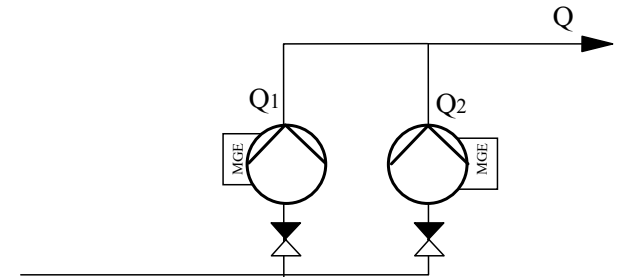
Kaszád (ki/be) kapcsolás



Külső frekvenciaváltóval

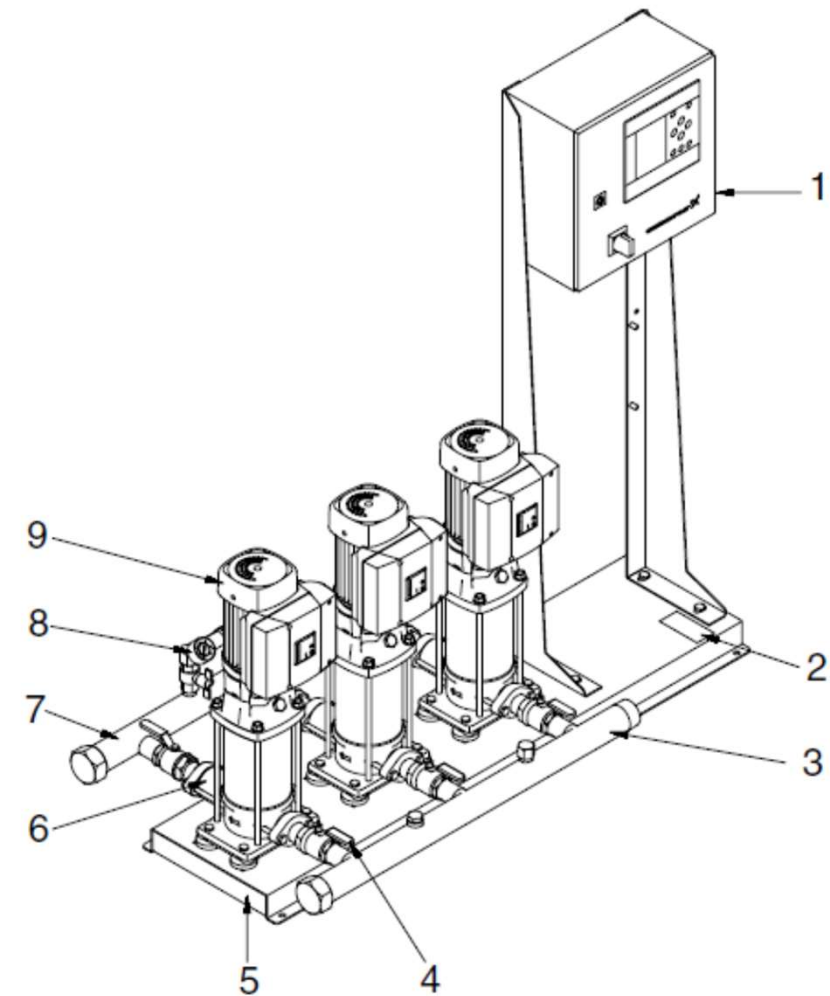


Elektronikus szivattyúkkal



Minden szivattyú motorba épített frekvenciaváltóval.

Kompakt nyomásfokozó telepek felépítése

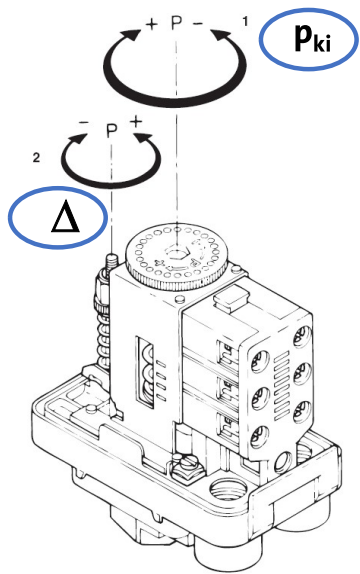


Poz.	Megnevezés	Mennyiség
1	Vezérlőszekrény	1
2	Adattábla	1
3	Szívoldali osztó (rozsdamentes acél)	1
4	Zárószerelvény	szivattyúnként 2
5	Alapkeret (rozsdamentes acél)	1
6	Visszacsapószelep	szivattyúnként 1
7	Nyomóoldali gyűjtő (rozsdamentes acél)	1
8	Nyomástávadó/manométer	1
9	Szivattyú	2-6

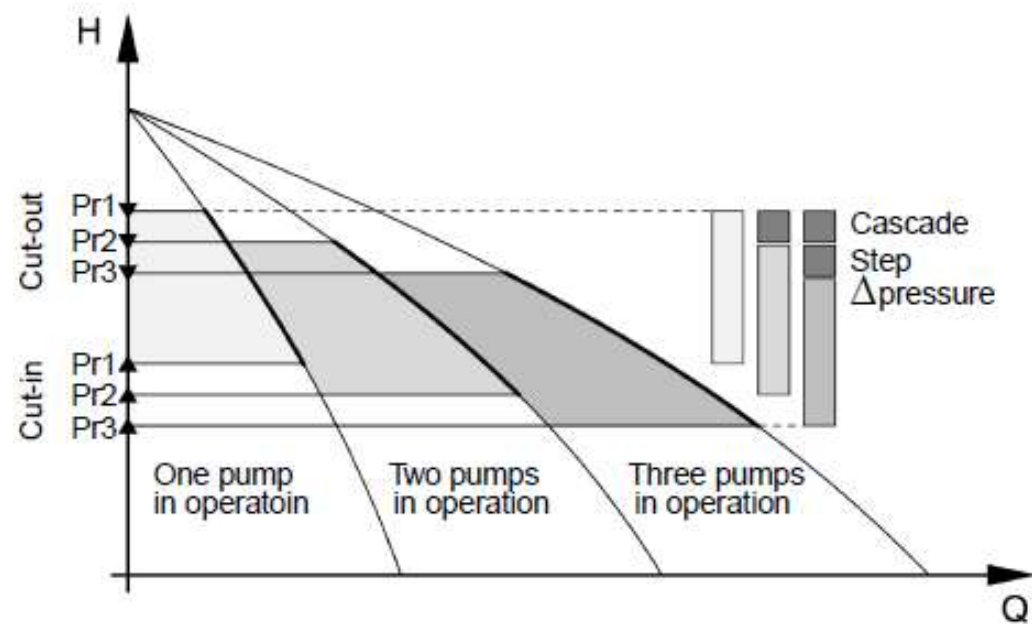
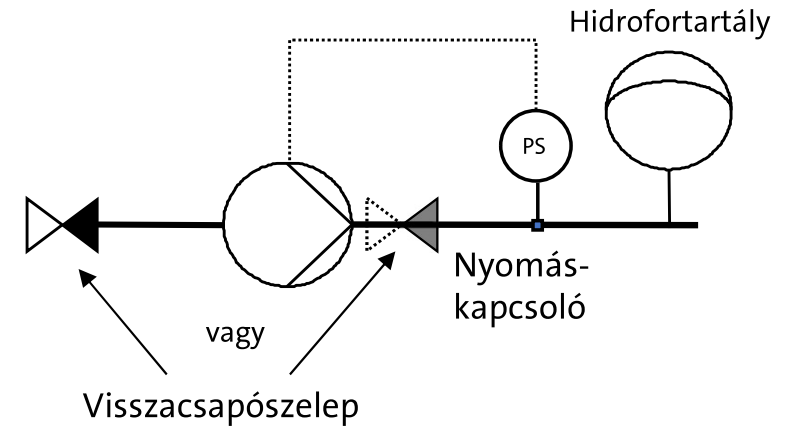
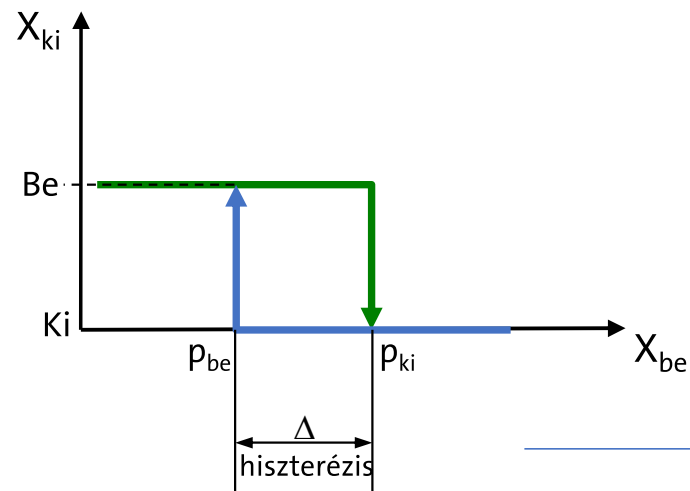
Állásos szabályozás nyomáskapcsolóval



Szabályozás nyomáskapcsolóval



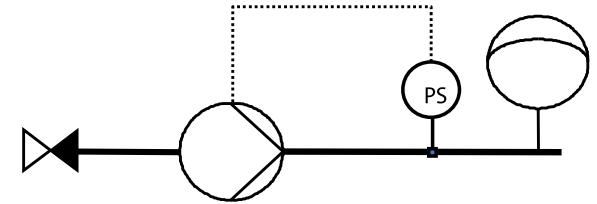
Átviteli karakterisztikája:



Szabályozás nyomáskapcsolóval

Méretezés alapja:

- Nyomáskapcsoló kiválasztásánál:
 - kapcsolási tartomány,
 - max. üzemi nyomás,
 - kontaktus terhelhetősége (ha nem elegendő, akkor külső mágnescapcsolót kell alkalmazni).
- Hidrofortartály kiválasztásánál:
 - max. üzemi nyomás,
 - méretnél a szivattyúra megengedett max. kapcsolási szám.
- Szárazonfutás-elleni védelem !



A kapcsolási számot befolyásolja a nyomáskapcsolón beállított hiszterézis és a hidrofortartály mérete !

Szabályozás nyomáskapcsolóval

Hidrofortartály méretének meghatározása:

$$V = \frac{Q \cdot 1000 \cdot (1 + (\text{cut-in}) + \Delta p)}{4n_{\max} \cdot \Delta p} \cdot \frac{1}{k}$$

- V – tartály térfogat
Q – átlagos térfogatáram (be- és kikapcsolási nyomáshoz tartozó értékek számtani átlaga)
„cut-in” – bekapcsolási nyomás
 Δp – kapcsolási hiszterézis (be- és kikapcsolási nyomás különbsége)
 n_{\max} – szivattyúra (motorra) megengedett max. kapcsolási szám/óra
k – az előfeszítési nyomáshoz tartozó konstans. Általában $k=0,9$, ha az előfeszítési nyomás a tartályban, a bekapcsolási nyomásérték 90%-a.

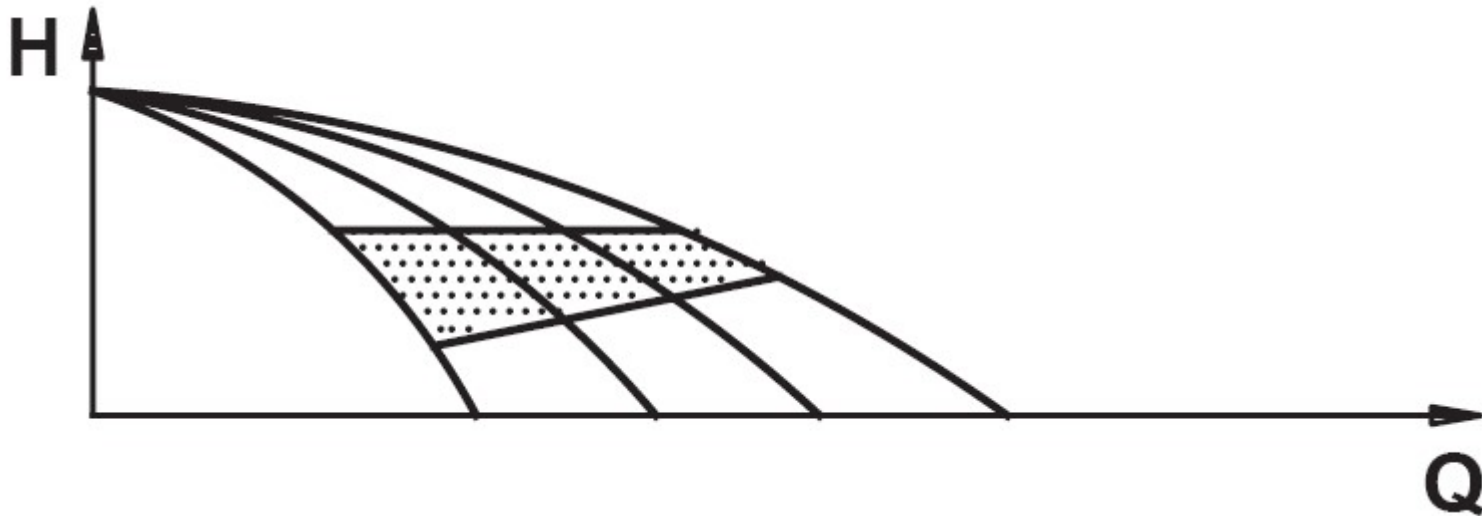


A hidrofortartály előfeszítési nyomása mindig a bekapcsolási nyomás 90%-a legyen!

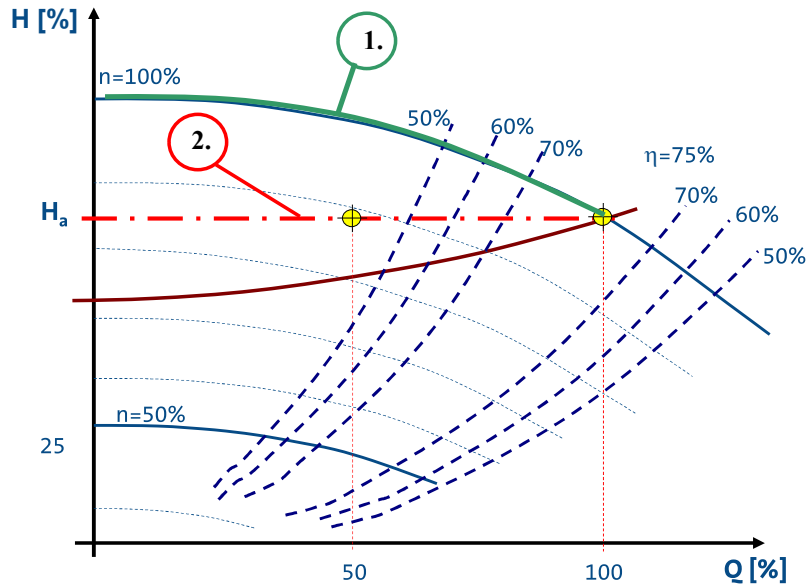
Előfeszítési nyomás csökkenésével megnő a tartályban pangó (nem átöblített) víz mennyisége!

Kiválasztási szempontok (ford.szab. telep) Hatásfok

Optimális hatásfok biztosítható, ha a munkapont a megjelölt területen helyezkedik el.



Miért osszuk meg a terhelést több gépre ?



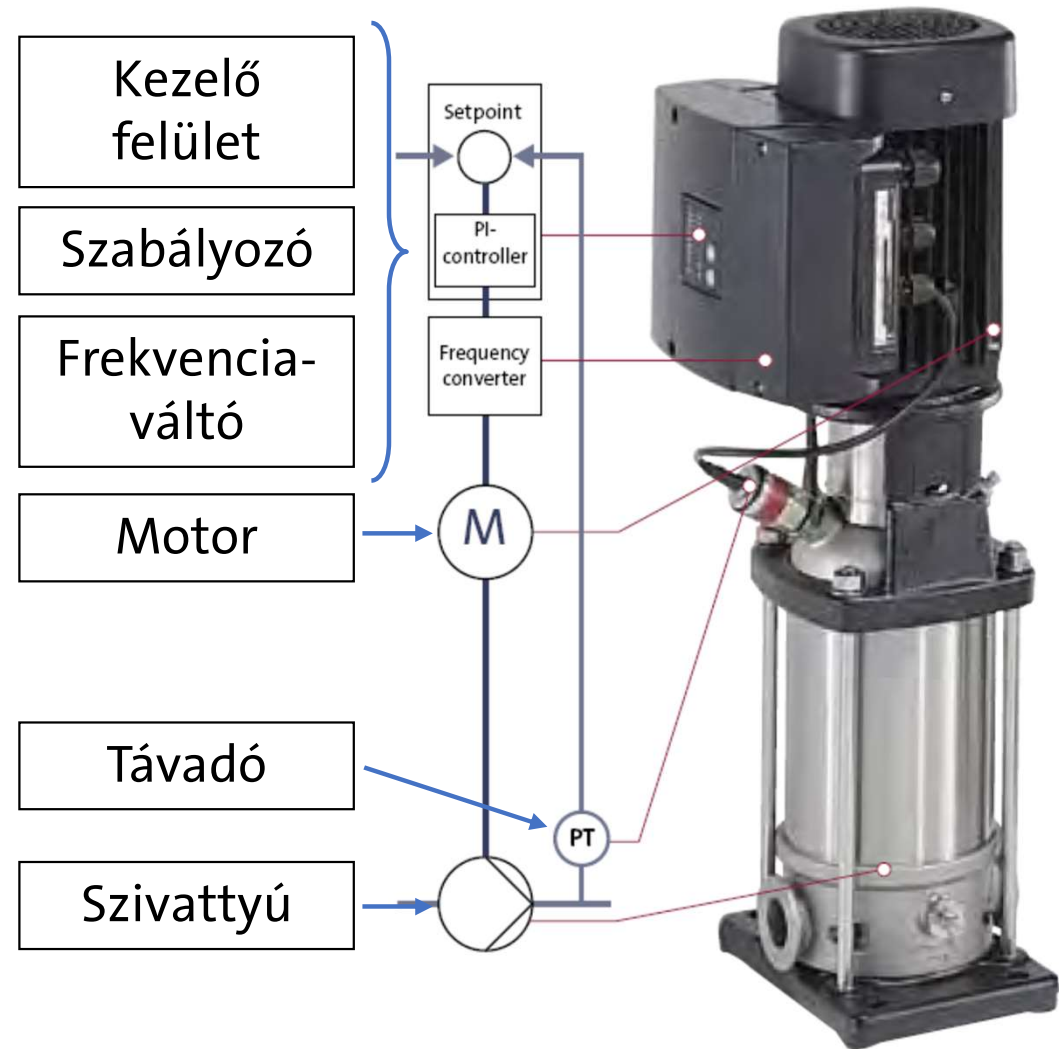
➤ Állandó nyomás szabályozásnál a munkapont a fogyasztás csökkenésével egyre jobban balra tolódik, ami jelentős hatásfok csökkenést okoz.

1. Szabályozatlan szivattyúüzem.

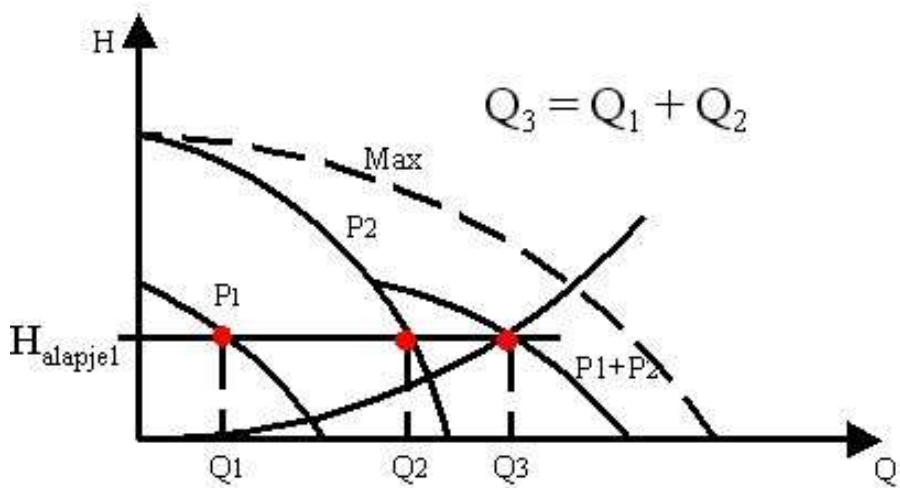
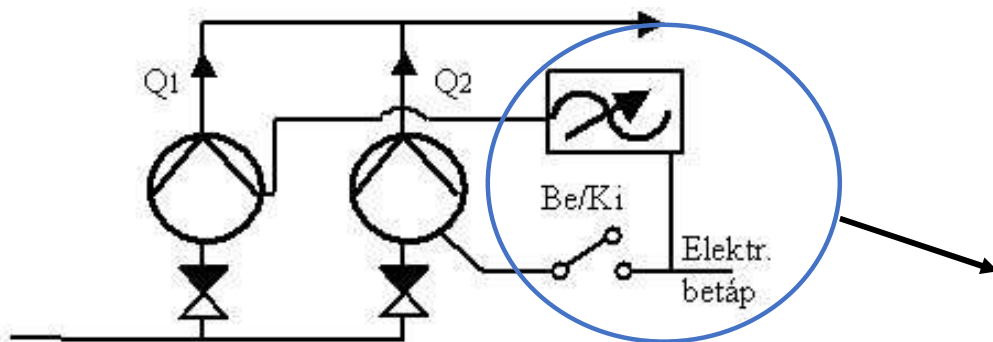
2. Állandó kimenő nyomás / munkapontok az egyenesen helyezkednek el.

Mit nevezünk E-szivattyúnak ?

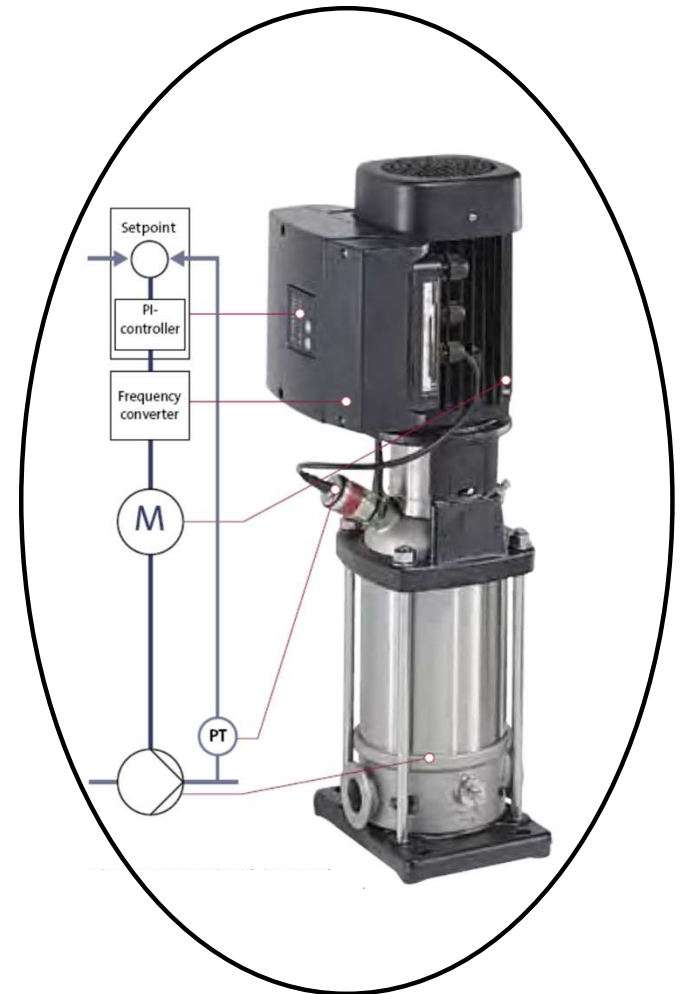
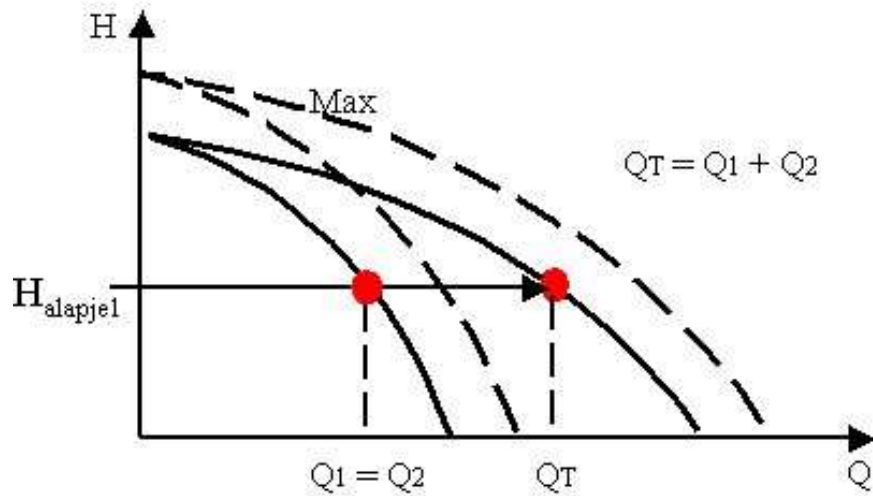
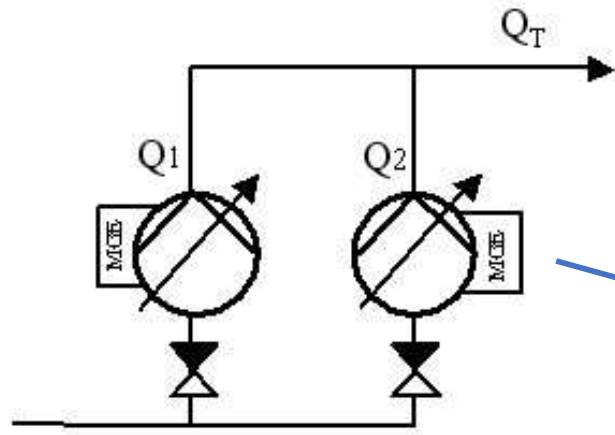
- Komplettn, szabályozott gépegység.
- Szivattyú, motor, frekvenciaváltó egymáshoz hangolva.
- Egyszerű kiválasztás.
- Egyszerű telepítés és üzembehelyezés.



F-típusú elrendezés, 1 db külső frekvenciaváltóval



E-típusú elrendezés, szivattyúkba épített frekvenciaváltókkal



Kiválasztási példa



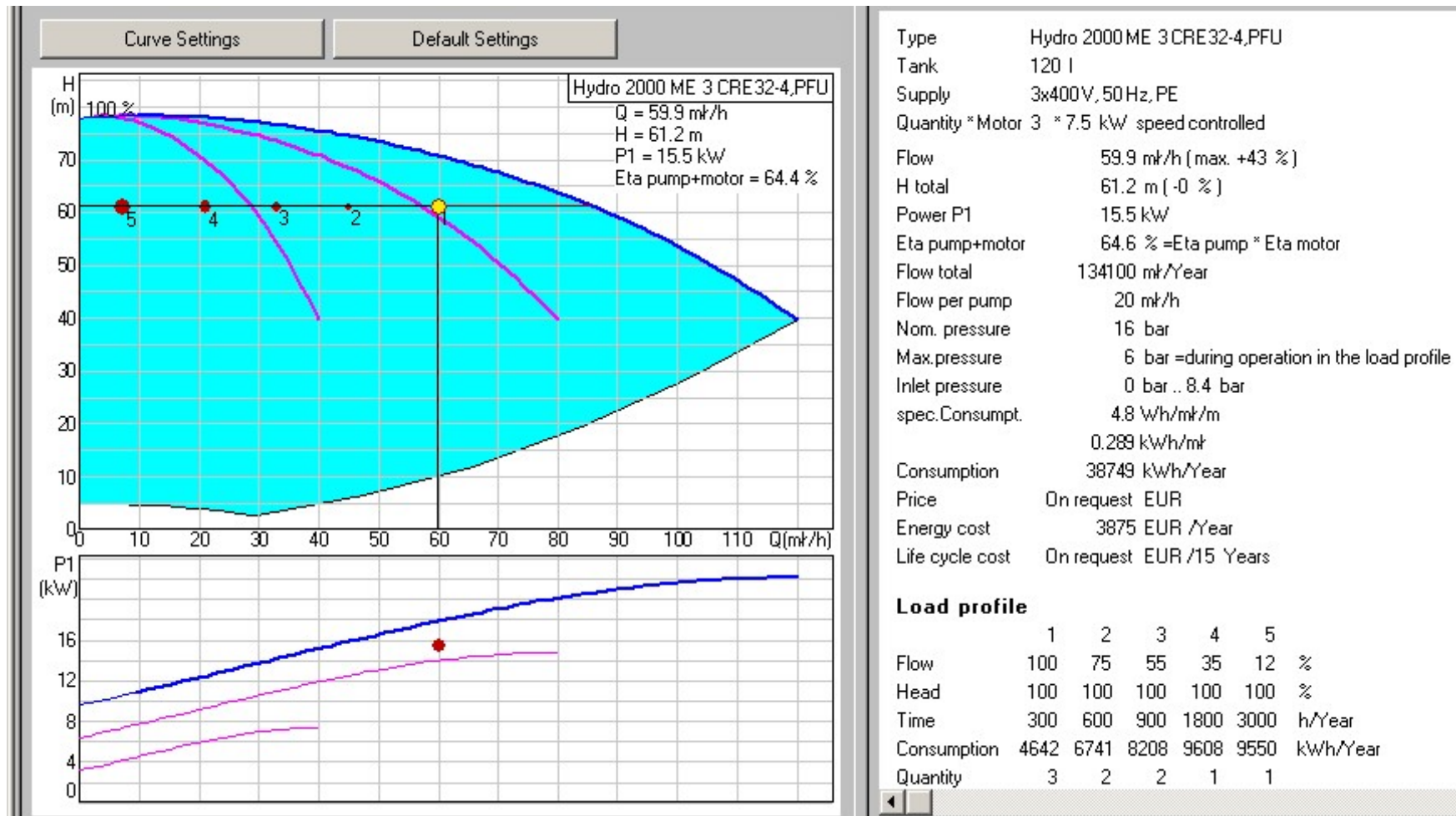
$$Q_{\max} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$p_{\text{ki}} = 6 \text{ bar}$$

1. változat: E-típus
Fordulatszám-szabályozott gépcsoport E-szivattyúkkal
2. változat: F-típus
Fordulatszám-szabályozott gépcsoport 1 db külső frekvenciaváltóval.

Nyomásfokozó E-szivattyúkkal (CRE)

1. változat

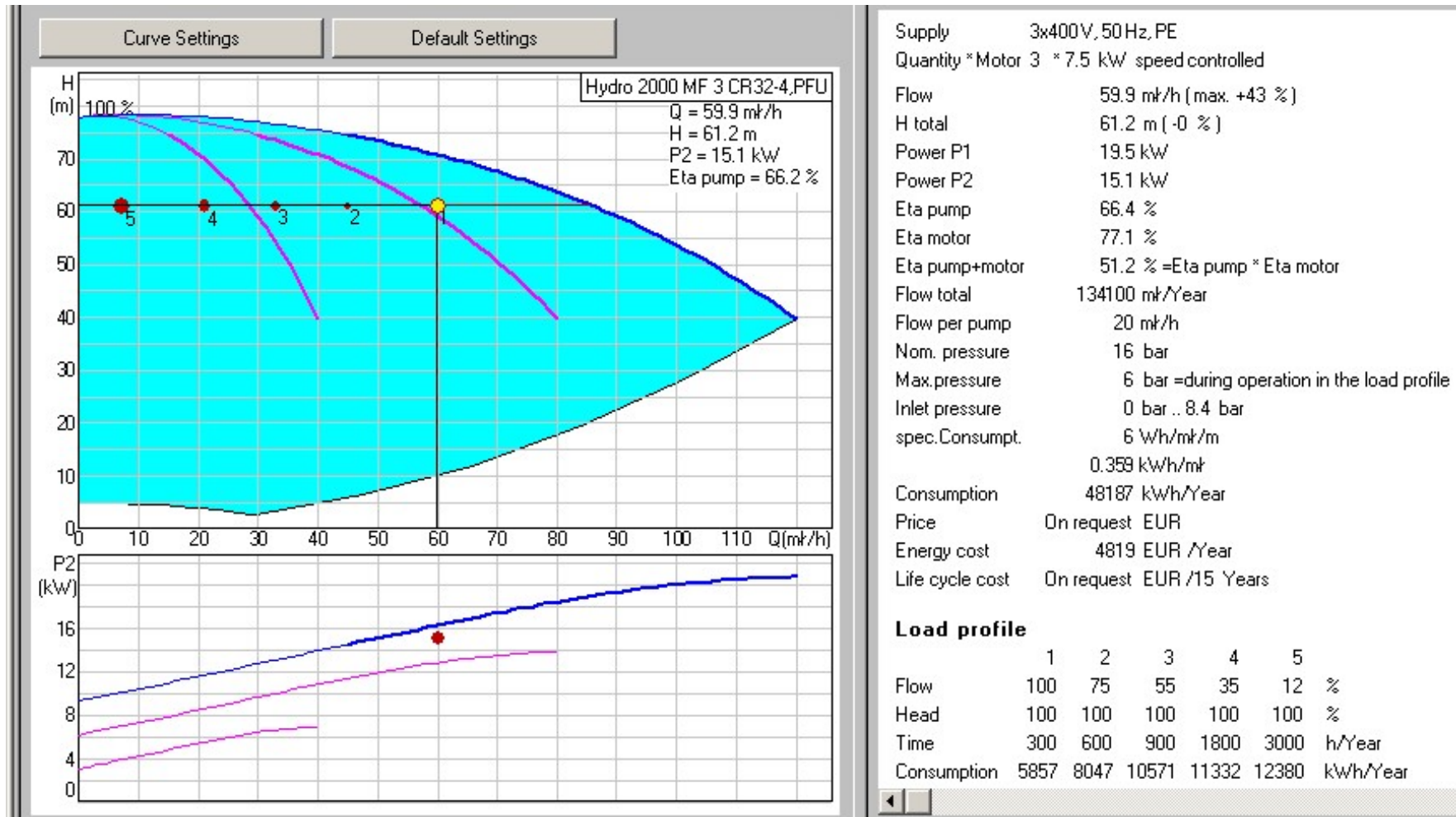


Éves villamos energiafogyasztás:

38 749 kWh/év

Nyomásfokozó 1 db külső frekvenciaváltóval

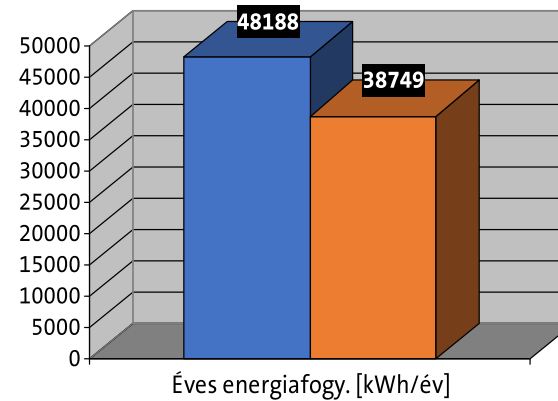
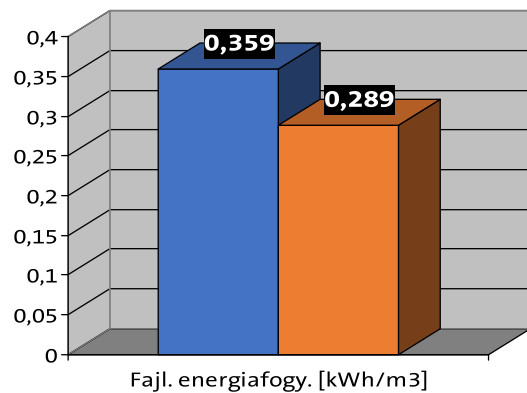
2. változat



Éves villamos energiafogyasztás:

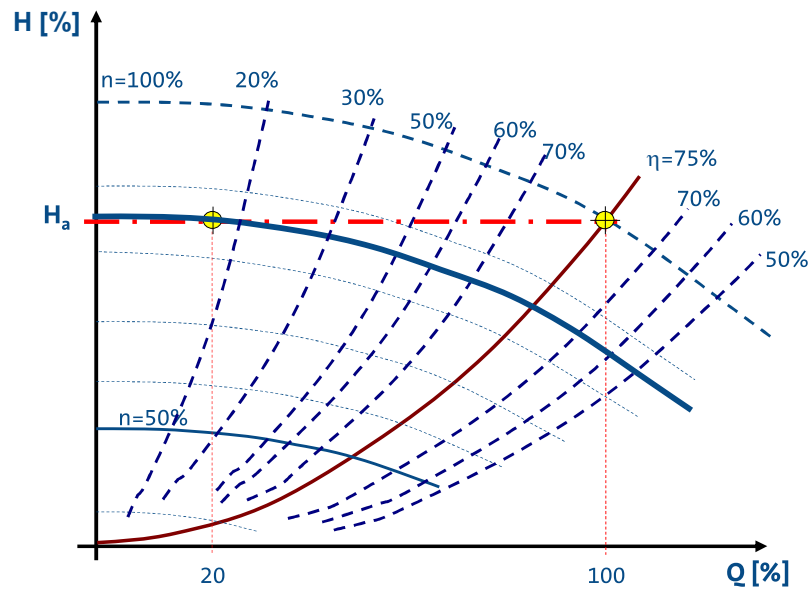
48 188 kWh/év

Összehasonlítás

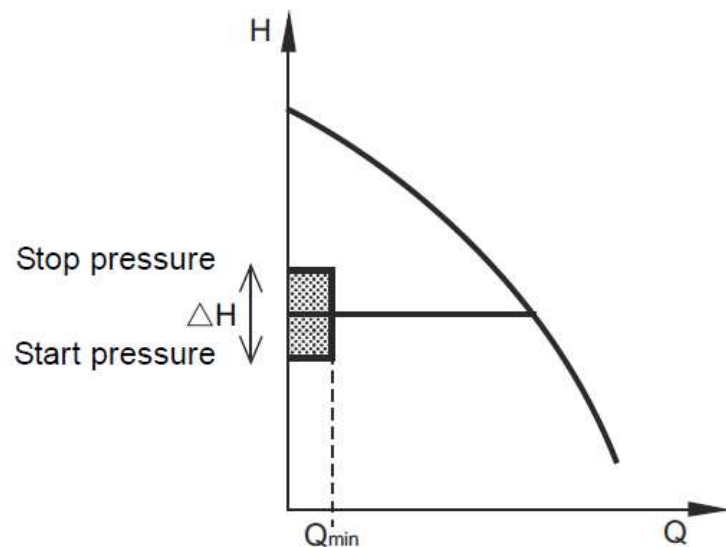


- ✓ Az E-szivattyúkkal szerelt nyomásfokozó kb. 20 %-kal alacsonyabb villamos energiafogyasztással rendelkezik.

Mi történik egészen alacsony fogyasztásnál?

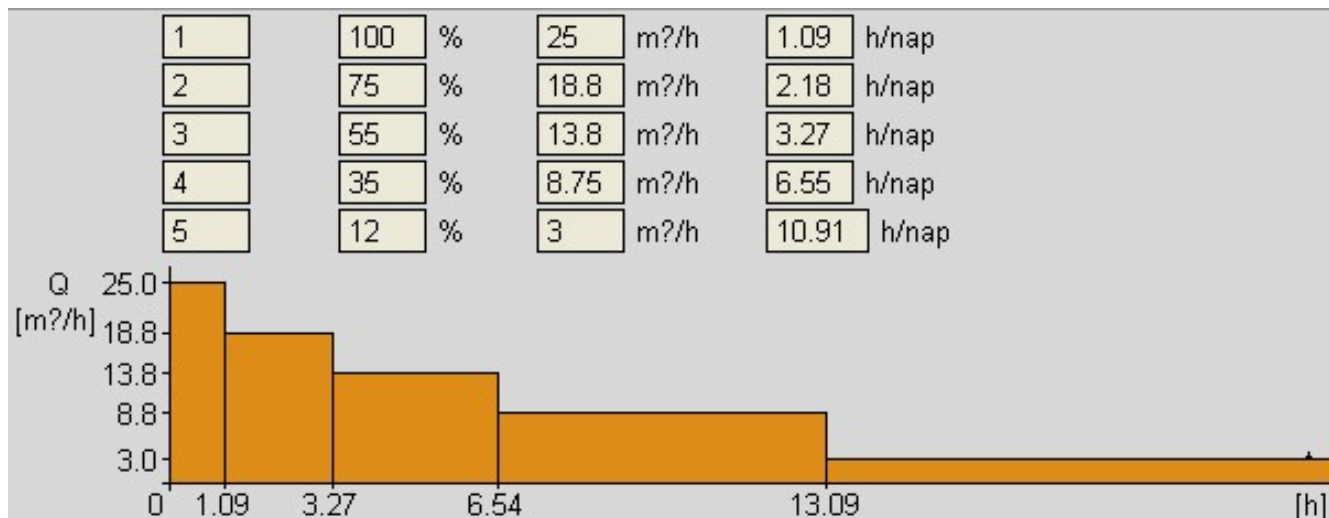


- ✓ Az üzemelő gép munkapontja egészen balra tolódik a jelleggörbén, ahol a gépegység hatásfoka igen alacsony.
- ✓ Ilyen esetben már gazdaságosabb, ha a berendezés szakaszos üzemmódban működik.



- ✓ Hidrofor tartály méretezésének alapja a Q_{min} térfogatáram
- ✓ Nem 1 db szivattyú névleges térfogatárama
- ✓ Túlméretezett tartály súlyos vízminőségi kockázatot okoz

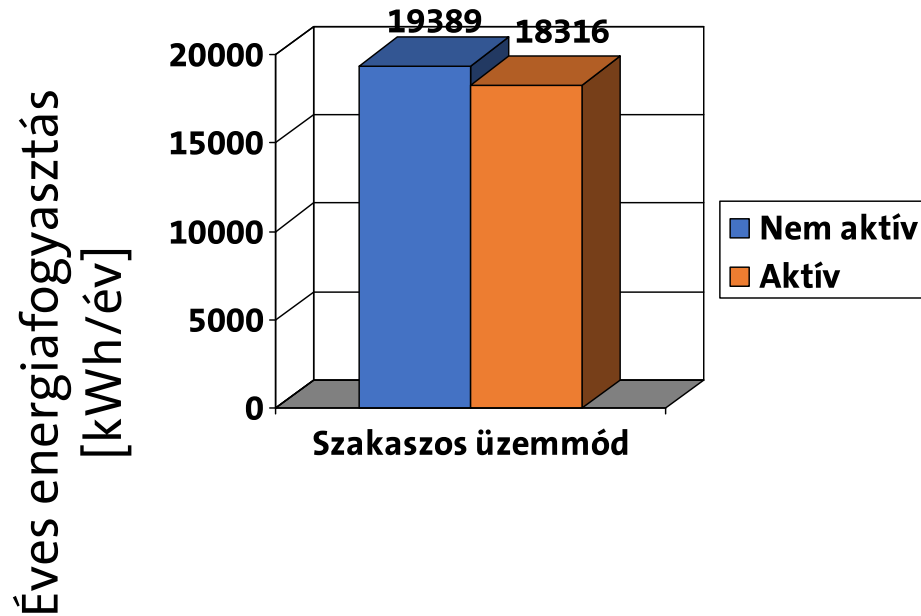
Minimum fogyasztás szakaszos üzemmóddal



Hydro MPC-E 3 CRIE 10-9
 $Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

- Adott egy nyomásfokozó a fenti terhelési profillal.
- Üzemidő 12 %-ában 3 m³/h alatti a fogyasztás.

Minimum fogyasztás szakaszos üzemmóddal



- A szakaszos üzemmód aktiválása 6 % megtakarítást eredményezett.

Összegzés

- Ha a gépek egységteljesítménye lehetővé teszi, részesítsük előnyben az E-típusú szabályozást.
 - A teljes terhelési tartományban jobb eredő hatásfokot biztosít.
 - Kevésbé érzékeny a kiválasztási hibákra, a méretezési állapot változásaira.
 - Gyorsabb, és stabilabb szabályozást tesz lehetővé.