Exemple pratique («Bon exemple»)
Optimisation énergétique d'un procédé de production alimentaire

Roberto Rossi, CSD Ingénieurs SA

Entreprise et conditions cadre

Sofinol SA, Bioggio

Refroidissement du procédé de production avec eaux souterraines Sofinol SA, Bioggio

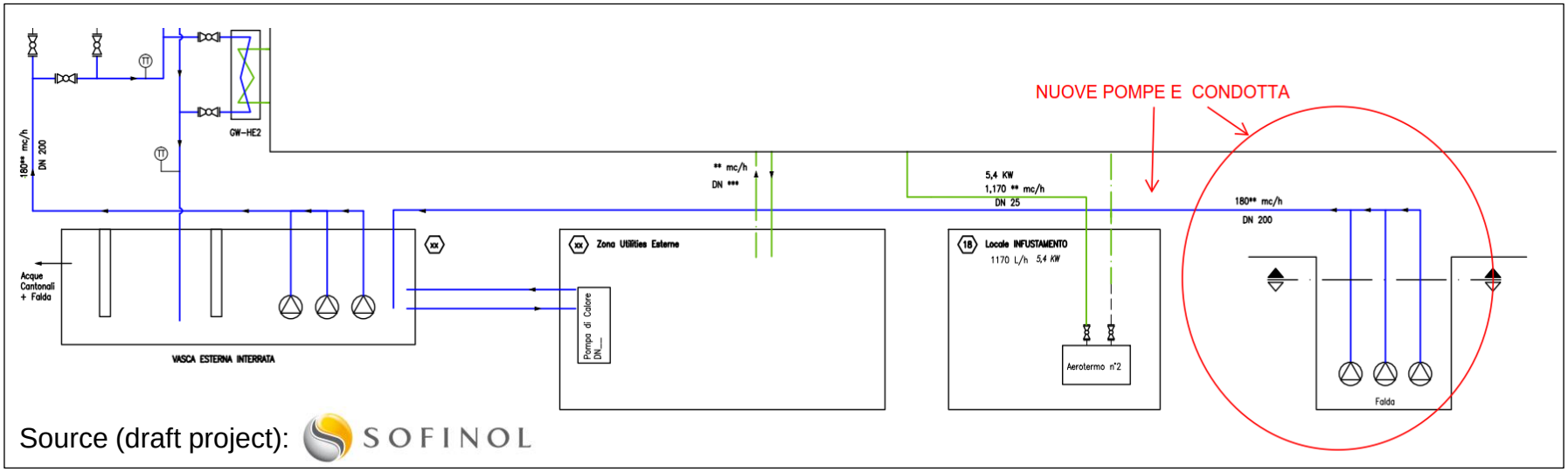
- Affinage d'huiles alimentars (OMEGA 3)
- Matières premières d'origine végétale ou animale
- Gros consommateur
- Plusieurs cycles de chauffage/refroidissement
- Grand consommateur
- Stratégie énergétique bien dévloppé (targets)
- Convention d'objectifs avec *act cleantech*

Source (draft project): SOFINOL

Entraînement à optimiser

Refroidissement du procédé de production avec eaux souterraines Sofinol SA, Bioggio

- Substitution des pompes immergées dans la nappe phréatique
- Reconstruction des conduites d'eau froide jusqu'au bassin de stockage pour le circuit primaire de refroidissement
- Nouvelle gestion des pompes dans le système



Source (draft project): SOFINOL

Fiches techniques 23 et 25

Fiche technique 23

topmotors.ch
impulsions efficaces

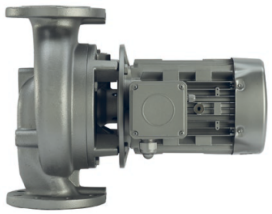
L'efficience est une priorité

Pompes

- Principaux critères de sélection et d'utilisation de pompes d'alimentation

Pompes efficientes – les cinq règles d'or du bon dimensionnement d'un système:

- **Dimensionnement:** Dimensionner l'installation en fonction des conditions effectives (besoin en eau, besoin en chaleur)
- **Pertes:** Dimensionner l'installation de manière à ce que les pertes d'énergie soient minimales (conduites courtes à grande section, pas d'étrangleurs ni de coudes inutiles)
- **Fonctionnement variable:** Adapter la quantité d'eau et la pression au besoin (commande en fonction du besoin)
- **Convertisseur de fréquence:** Réguler le régime du moteur d'entraînement (à la place d'un étrangleur ou d'une commutation graduelle)
- **Moteur efficient:** Adapter la puissance d'entraînement et la vitesse de rotation à la pompe et au besoin



L'Ordonnance de l'UE sur les pompes à eau (n° 547/2012 du 25 juin 2012) est entrée en vigueur le 1er janvier 2013.
Elle définit des prescriptions pour les pompes rotodynamiques destinées à l'eau potable, notamment pour cinq types de pompes:

- Pompe à aspiration axiale à paliers intégrés (ESOB); 1450 tr/min et 2900 tr/min
- Pompe monobloc à aspiration axiale (ESCC); 1450 tr/min et 2900 tr/min
- Pompe monobloc en ligne à aspiration axiale (ESCCi); 1450 tr/min et 2900 tr/min
- Pompe verticale multiétagée (MS-V); 2900 tr/min
- Pompe submersible multiétagée (MSS); 2900 tr/min

Pour obtenir la conformité UE, ces pompes doivent atteindre, dans les trois points de fonctionnement, les rendements minimums suivants, conformément à l'Annexe III de l'Ordonnance:

- Au point de rendement maximal (η_{BEP}). Les valeurs exigées diffèrent selon le type de pompe et deviendront plus strictes au 1er janvier 2015.
- En charge partielle, le rendement doit s'élever à au moins 94,7 % du η_{BEP}, en surcharge à au moins 98,5 % du η_{BEP}.

Cahier technique 25

topmotors.ch
impulsions efficaces

L'efficience est une priorité

Convertisseurs de fréquence

- Principales informations relatives au choix et à l'utilisation de convertisseurs de fréquence

Cinq points importants relatifs à l'utilisation de convertisseurs de fréquence:

- En présence d'un **besoin en puissance variable** fréquent sur une installation: envisager l'utilisation d'un CF.
- Les CF ne doivent être utilisés qu'avec **des entraînements correctement dimensionnés**; ils ne constituent pas des remèdes au surdimensionnement des installations.
- Régulation du régime selon un **critère de besoin univoque** à l'aide des capteurs adéquats: pression, température, débit, volume etc.
- **Les moteurs relativement anciens**, non conçus pour fonctionner avec des convertisseurs, ne sont pas nécessairement appropriés à ceux-ci, en raison d'un risque de défauts d'isolation.
- **Paramétrage soigneux** des valeurs de consigne en fonction du besoin effectif.

Illustration 1: Convertisseur de fréquence (CF).

Le cahier technique 25 facilite la prise de décision lorsqu'il s'agit de déterminer si, pour des systèmes d'entraînement ayant des charges variables, l'intégration d'un convertisseur de fréquence (CF) est pertinente, rentable et permet d'économiser de l'énergie. Il permet également de rappeler les éléments à prendre en compte lors de la planification et de l'exploitation de CF. Un CF engendre toujours une perte d'énergie supplémentaire et réduit en outre le rendement du moteur.

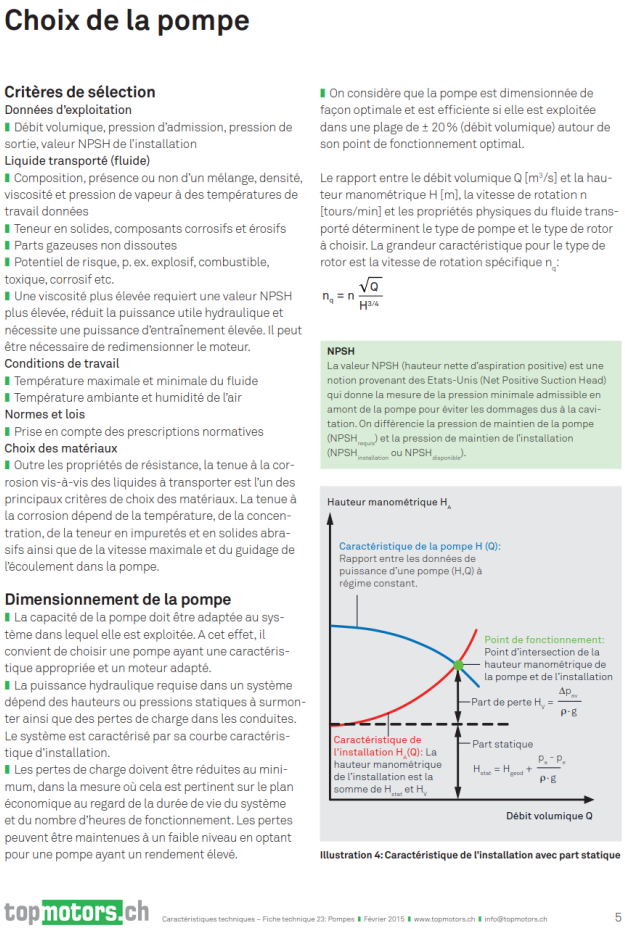
C'est pourquoi son utilisation doit être soigneusement étudiée et planifiée, de manière à réduire de façon optimale la consommation d'énergie électrique totale du système d'entraînement en termes de coût.

Agence suisse pour l'efficacité énergétique
S·A·F·E

Diagnostic - exemple

Contenus utiles au projet en question

1. Analyse du système
2. Choix du type de pompe
3. Gestion des pompes
4. Dimensionnement
5. Choix d'un moteur efficient
6. Utilisation d'un convertisseur de fréquence (Fiche technique 25)



Choix de la pompe

Critères de sélection

Données d'exploitation

- Débit volumique, pression d'admission, pression de sortie, valeur NPSH de l'installation

Liquide transporté (fluide)

- Composition, présence ou non d'un mélange, densité, viscosité et pression de vapeur à des températures de travail données
- Teneur en solides, composants corrosifs et érosifs
- Parts gazeuses non dissoutes
- Potentiel de risque, p. ex. explosif, combustible, toxique, corrosif etc.
- Une viscosité plus élevée requiert une valeur NPSH plus élevée, réduit la puissance utile hydraulique et nécessite une puissance d'entraînement élevée. Il peut être nécessaire de redimensionner le moteur.

Conditions de travail

- Température maximale et minimale du fluide
- Température ambiante et humidité de l'air

Normes et lois

- Prise en compte des prescriptions normatives

Choix des matériaux

- Outre les propriétés de résistance, la tenue à la corrosion vis-à-vis des liquides à transporter est l'un des principaux critères de choix des matériaux. La tenue à la corrosion dépend de la température, de la concentration, de la teneur en impuretés et en solides abrasifs ainsi que de la vitesse maximale et du guidage de l'écoulement dans la pompe.

Dimensionnement de la pompe

- La capacité de la pompe doit être adaptée au système dans lequel elle est exploitée. A cet effet, il convient de choisir une pompe ayant une caractéristique appropriée et un moteur adapté.
- La puissance hydraulique requise dans un système dépend des hauteurs ou pressions statiques à surmonter ainsi que des pertes de charge dans les conduites. Le système est caractérisé par sa courbe caractéristique d'installation.
- Les pertes de charge doivent être réduites au minimum, dans la mesure où cela est pertinent sur le plan économique au regard de la durée de vie du système et du nombre d'heures de fonctionnement. Les pertes peuvent être maintenues à un faible niveau en optant pour une pompe ayant un rendement élevé.
- On considère que la pompe est dimensionnée de façon optimale et est efficiente si elle est exploitée dans une plage de ± 20 % (débit volumique) autour de son point de fonctionnement optimal.

Le rapport entre le débit volumique Q [m³/s] et la hauteur manométrique H [m], la vitesse de rotation n [tours/min] et les propriétés physiques du fluide transporté déterminent le type de pompe et le type de rotor à choisir. La grandeur caractéristique pour le type de rotor est la vitesse de rotation spécifique n_q:

$$n_q = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

NPSH

La valeur NPSH (hauteur nette d'aspiration positive) est une notion provenant des Etats-Unis (Net Positive Suction Head) qui donne la mesure de la pression minimale admissible en amont de la pompe pour éviter les dommages dus à la cavitation. On différencie la pression de maintien de la pompe ($NPSH_{requis}$) et la pression de maintien de l'installation ($NPSH_{installation}$ ou $NPSH_{disponible}$).

Illustration 4: Caractéristique de l'installation avec part statique

Résultats du diagnostic

1. **Analyse du système**: Détermination des besoins max/min. en eau pour soutenir le circuit primaire (180 m^3/h)
2. **Choix du type de pompe**: profondeur 25 m: pompes immergées; homologuées pour eau potable
3. **Gestion des pompes**: pompes connectées en parallèle
4. **Dimensionnement:** réduction de la taille par rapport aux besoins; point de fonctionnement optimal
5. **Choix d'un moteur efficient**: de IE1 à IE4
6. **Convertisseurs de fréquence (CF):** pompes connectées en parallèle, avec un réservoirs d'accumulation ne nécessitant pas d'adaptation précise du débit volumétrique: pas de CF

Situation initiale

Pompes installées	P1	P2
Puissance motrice (kW)	30	51
Débit volumétrique Q (m³/h)	**108**	**252**
Hauteurs manométriques (m)	**76.6**	**37.3**
Rendement des moteurs (%)		90.3%
Fonctionnement annuel (h/a)		4'800
Eau utilisée (m³/a)		850'000

- Débit nécessaire (max): **180** m³/h
- Hauteur de positionnement dans la nappe phréatique: **- 25** m

Situation finale

Pompes installées	P1	P2	P3
Puissance motrice (kW)	8.5	17	26.3
Débit volumétrique Q (m³/h)	71	131	**174**
Hauteurs manométriques (m)	**25.2**	**26.8**	**28.9**
Rendement des moteurs (%)	92.8	94.1	94.7
Fonctionnement annuel (h/a)	1'600	1'600	1'600
Eau utilisée (m³/a)	113'600	209'600	278'400

- Débit nécessaire (max): **180 m³/h**
- Hauteur de positionnement dans la nappe phréatique: **- 25 m**

Résultats

- Économie d’énergie ca. 79'000 kWh/a
- Investissement (mise en œuvre de la mesure et la preuve de l’économie d’énergie y compris les coûts de gestion du projet) 96’000 CHF
- Durée de retour sur investissement 8.2 ans
- Économies en eaux souterraines 250’000 m^3/a
- Stabilité du système augmentée

Projet ProKilowatt

- (> 20.000 CHF)
- Préparation du dossier «online»
- Calcul des économies d'électricité cumulées
- Investissements (mise en œuvre, preuve de l'économie d'énergie, gestion du projet. Ev. les coûts externes rendus plausibles en transmettant des offres)
- Soumission du dossier
- Audit bureau CimArk SA
- Décision positive
- Exécution des travaux
- Paiement des subventions et monitoring

Résumé des données envoyées

Tarif moyen électricité	15 ct/kWh
Investissement calculé	96’474 CHF
Contribution maximale ProKilowatt	33’766 CHF
Contribution demandée	30’000 CHF
Économie d’électricité cumulée	1’642’500 kWh
Économie d’électricité cumulée imputable	882’832 kWh
Retour sur investissement sans subvention	8.2 a
Retour sur investissement avec subvention	5.6 a
Efficacité des coûts de projet	**3.40 ct**

Résultat auction ProKilowatt

Beitragsempfänger Organisation	Beitrag ProKilowatt [CHF]	Beitrag / Stromeinsparung [Rp./kWh]	Technische Ausrichtung
SWISS KRONO AG	75'000	1.64	Elektromotoren
GSMN Suisse SA	21'629	1.80	Innenbeleuchtung
Greiner Packaging AG	81'546	2.02	Innenbeleuchtung
Druckerei Kyburz AG	30'000	2.05	Öfen
Truninger Immobilen AG	21'500	2.06	Innenbeleuchtung (Büro)
Plaston AG	250'000	2.07	Sonstige Technologie
ABB Immobilien	21'000	2.08	Innenbeleuchtung
Coop Genossenschaft	1'087'428	2.09	Innenbeleuchtung
Greiner Packaging AG	30'492	2.43	Sonstige Technologie
Precicast SA	33'300	2.59	Druckluftkompressoren
Stahl Gerlafingen	248'646	2.74	Druckluftkompressoren
SBB Personenverkehr	315'000	2.83	Pumpensysteme
FZSoNick SA	30'000	2.84	Sonstige Technologie
SWISS KRONO AG	816'075	2.97	Trockner
Exten SA	110'000	2.98	Sonstige Technologie
Feldschlösschen Supply Company	62'350	3.01	UWP ≥ 100 W, Beleuchtung, Ventil. < 10 kW
ABB Immobilien AG	90'000	3.06	Innenbeleuchtung
Sofinol SA	30'000	3.40	Sonstige Technologie
Davos Kosters Bergbahnen AG	72'000	3.48	Elektromotoren
Bischofszell Nahrungsmittel AG	325'000	3.70	Kälteanlagen (Prozess)

Autre «bon exemple» Stations de pompage

- Préparation «check-list» sur la base de la fiche Topmotors 23/25
- Évaluation de l'état des stations:
  - Fonction, dimensionnement, ..
  - Gestion
  - Intégration dans le système
  - Potentiel d'amélioration
  - Coûts
- Recommandation aux exploitants
- Présentation au public
- Financement OFEN / Canton Tessin

RIDUZIONE DEI CONSUMI DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO NEGLI ACQUEDOTTI

19.01.2018

Immagine: www.haeny.com .

CSDINGEGNERI+ INGEGNOSI PER NATURA

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana SUPSI

SVGW SSIGE

Merci de votre attention