آلات هيدروليكية

المحاضرة السابعة

أ.د./ محمود محمد حجازي

أستاذ الهندسة الزراعية

كلية الزراعة – جامعة عين شمس

E-mail: mahmoudhegazi47@hotmail.com

توزيع المقرر علي أسابيع الفصل الدراسي

الأسبوع	موضوع المحاضرة
الأول	مقدمة
الثاني	المضخات وأنواعها
الثالث	مضخات الطرد المركزي
الرابع	المضخات التربينية والغاطسة
الخامس	أنواع المضخات الأخري
السادس	خصائص السريان في مضخات الطرد المركزي
السابع	منحنيات الأداء (الضغط والتصرف-القدرة الكفاءة)
الثامن	إمتحان نصف العام
التاسع	إختيار المضخات - التكهف
العاشر	صيانة وتشغيل المضخات
الحادي عشر	حواقن الكيماويات في الري الضغطي
الثاني عشر	الصمامات والنظم الهيدرولية
الثالث عشر	المضاغط - التوربينات – الرفاصات
الرابع عشر	الامتحان العملي

صافى ضاغط السحب الموجب
Net positive suction head (NPSH)

- هى عبارة عن الضغط المطلق للماء عند مركز المضخة،
- عند تشغيل المضخة الطاردة المركزية يجب ان يكون ضاغط السحب بالاضافة الى فواقد الضغط الاخرى بالاحتكاك في المصفاه وانبوب السحب واى وصلات على انبوب السحب من صمامات او خلافة اقل من الضغط الجوى النظرى ويمكن حساب من العلاقة الاتية:
- صافى ضاغط السحب الموجب المتاح :
- $NPSH\ (a) = BP - SH - FL - VP - FS$
- حيث أن :

BP = الضاغط الجوى عند فتحة السحب معبرا عند بارتفاع عمود الماء.

SH = ضاغط السحب (وحدة طول) (إذا كان السائل أسفل المضخة، يكون لها قيمة سالبة)

FL = فاقد الضغط بالاحتكاك في المصفاه وانبوب السحب والاجزاء المركبة علية وينتج عن:

- أ – الاحتكاك والاضطراب في المياه المتحركة.
- ب- الفاقد الناتج من التغيرات المفاجئة في قوة دفع الماء.
- ج – تسرب الضاغط خلف المروحة.
- د – الاحتكاك الميكانيكى بين اجزاء المضخة نفسها

VP = الضغط البخارى للماء وذلك عند درجة الحراره المعطاه.

FS = معامل الامان ويمكن اخذه بمقدار 0.6 متر.

- $NPSH$ = صفه خاصة بالمضخة وعادة توجد ضمن مواصفات المضخة من قبل المصنع.
- يرتبط صافي عمق السحب الموجب بمقدار الرفع الذي يمكن أن تصل الية نتيجة التفريغ الجزئي للمضخة. حين اذن الضغط الجوي يدفع السائل للمضخة.
- وهي طريقة لحساب اذا كانت المضخة قادرة علي العمل أم لا.
- عند التصميم يراعى تجنب تشغيل المضخة عند اقصى ضاغط سحب عملى حيث ان تجمع المواد الطافية في مصدر المياه امام شبكة الشفط، بالاضافة الى تزايد الاحتكاك في انبوب السحب بمرور الزمن قد يسبب عدم تشغيل المضخة، ويلزم في بدء تشغيلها ملىء انابيب السحب والمضخة بالمياه يدويا او بإزاحة الهواء بواسطة مضخة ماصة.
- التصحيح التقريبى للضغط الجوى فوق مستوى سطح البحر يكون بطرح حوالى 1.2 متر لكل 1000 متر فوق مستوى سطح البحر.
- لذا يكون الفاقد في الاحتكاك في انبوب السحب اقل ما يمكن، وعلية يكون قطر انبوب السحب عادة اكبر من قطر انبوب الطرد، وتكون المضخة اقرب ما يمكن لمصدر المياه.

Minimum NPSHA

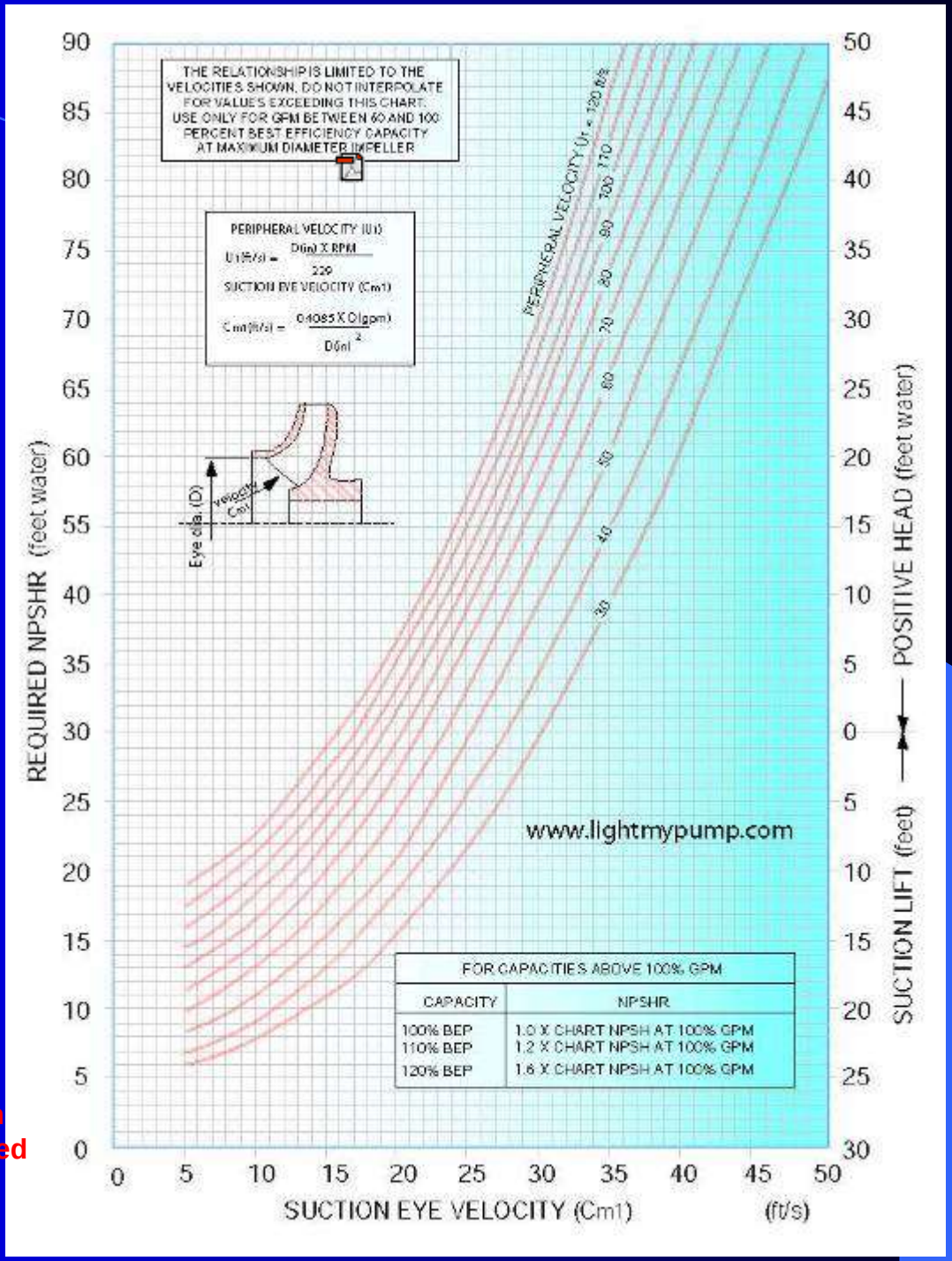
- **هامش الأمان أوأقل صافي ضاغط سحب موجب يجب أن يكون متاح يعتمد جزئيا علي مقدار طاقة السحب للمضخة.**
- **قيمة طاقة السحب للمضخة تزداد مع:**
  - قطر غلاف السحب
  - سرعة الدوران.
  - السرعة النوعية للسحب
  - الوزن النوعي للسائل.
  - أي شيء يزيد من سرعة دوران الريش، معدل تدفق المضخة، الوزن النوعي، يزيد من طاقة السحب للمضخة.

- صافي ضاغط السحب الموجب المطلوب

NPSHR

Net Positive Suction Head Required

- الشركات تحدد NPSHR للمضخة عند تدفق محدد، وضاغط كلي، وسرعة، قطر الريشة.



(source: Centrifugal Pump Design & Application by Val.S.Labanoff and Robert R Ross, contributed by a pump forum friend, Ravi Sankar.

- يجب أن تكون NPSH(r) < NPSH(a) للسماح بتشغيل المضخة بدون حدوث تكهف cavitations (ينصح بأن يكون الاختلاف حوالي 1م).
- الحقيقة التي نتذكرها أن الماء يغلي غالباعند أقل من 100 ºC إذا كان الضغط المؤثر علية أقل من الضغط البخاري ، بمعني الماء عند 95 ºC يكون ماء ساخن عند مستوي البحر لكن عند مستوي 1500 فوق سطح البحر فإنة يغلي ويتبخر.
- الضغط البخاري للماء عند 95 ºC يساوي 84.53 kPa .

هذا يوضح لماذا الضغط البخاري يؤخذ في الاعتبار دائما في حساب NPSH عندما تتجاوز درجة الحرارة 30-40 ºC.

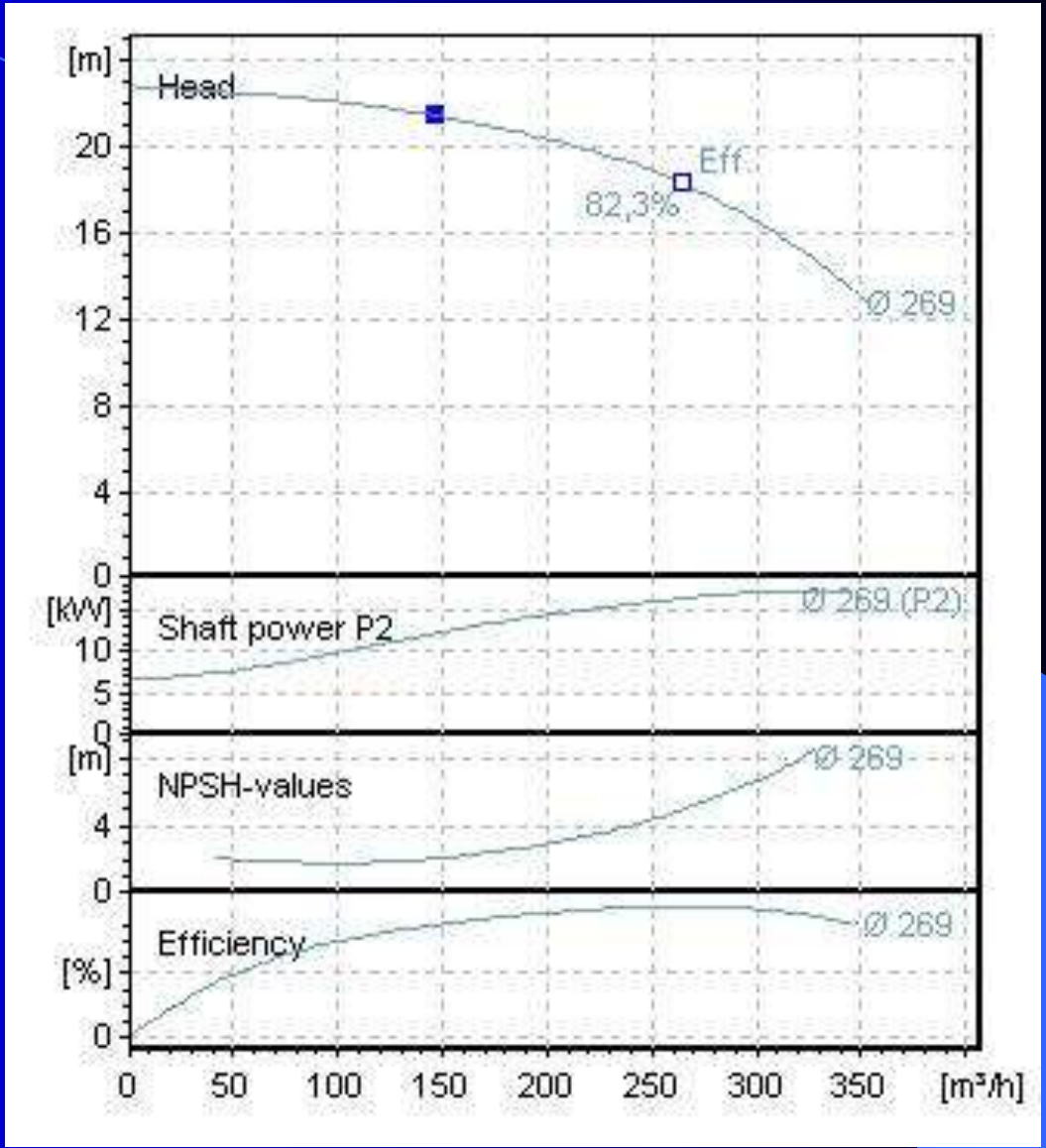
صافي ضاغط السحب الموجب المطلوب للمضخة NPSH(r) ، ويمكن قراءتة من منحني أداء المضخة.

منحني Q-H ، القدرة ، NPSH ،
الكفاءة

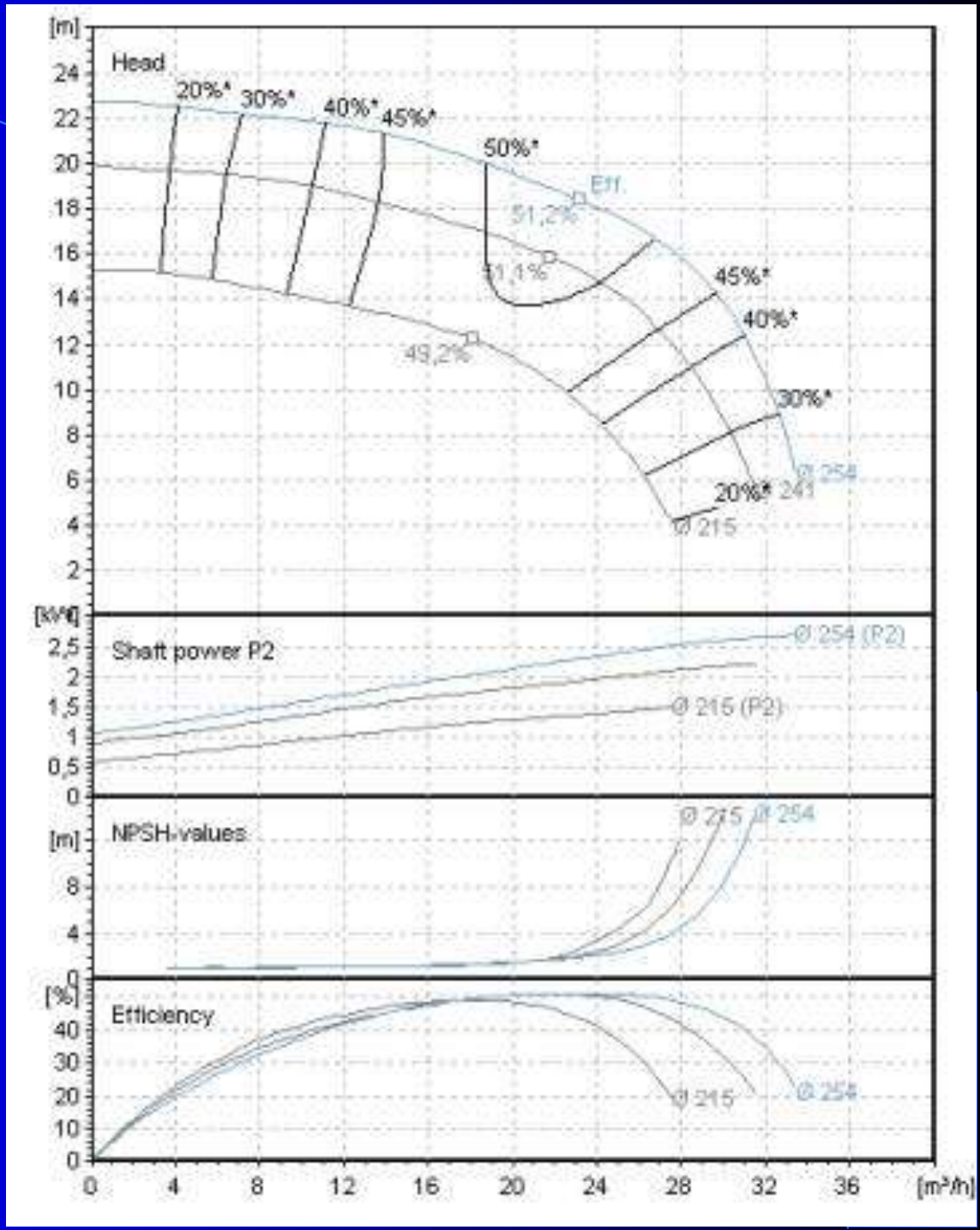
Head H(Q)
Power P(Q)
- Shaft power $P_2(Q)$
- Power input $P_1(Q)$

Efficiency
- Hydraulic efficieny h_{hydr}
- Total efficieny h_{tot}

$NPSH_{req}(Q)$
Speed n(Q)

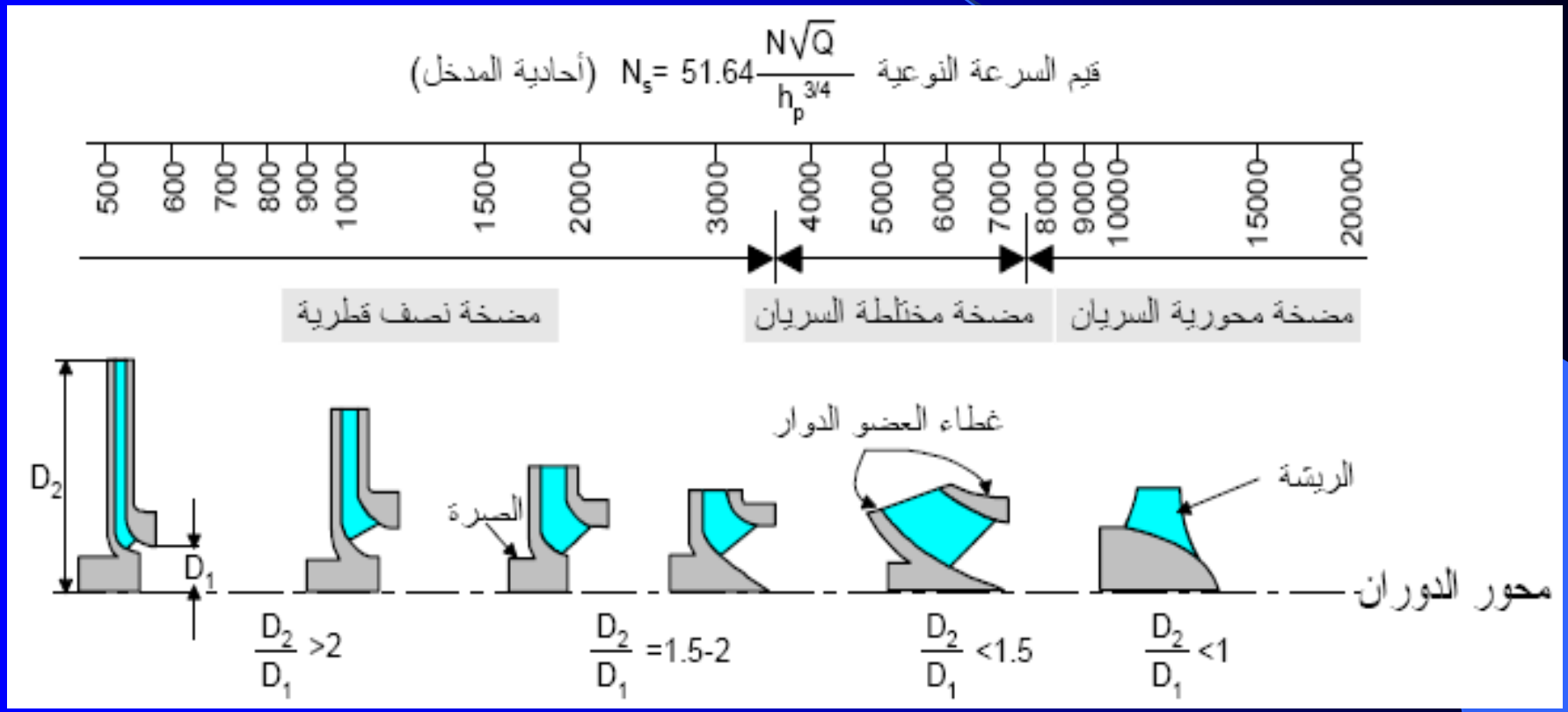


http://impeller.net/magazine/Enc_en/doc47x.asp



http://impeller.net/magazine/enc_en/doc48x.asp

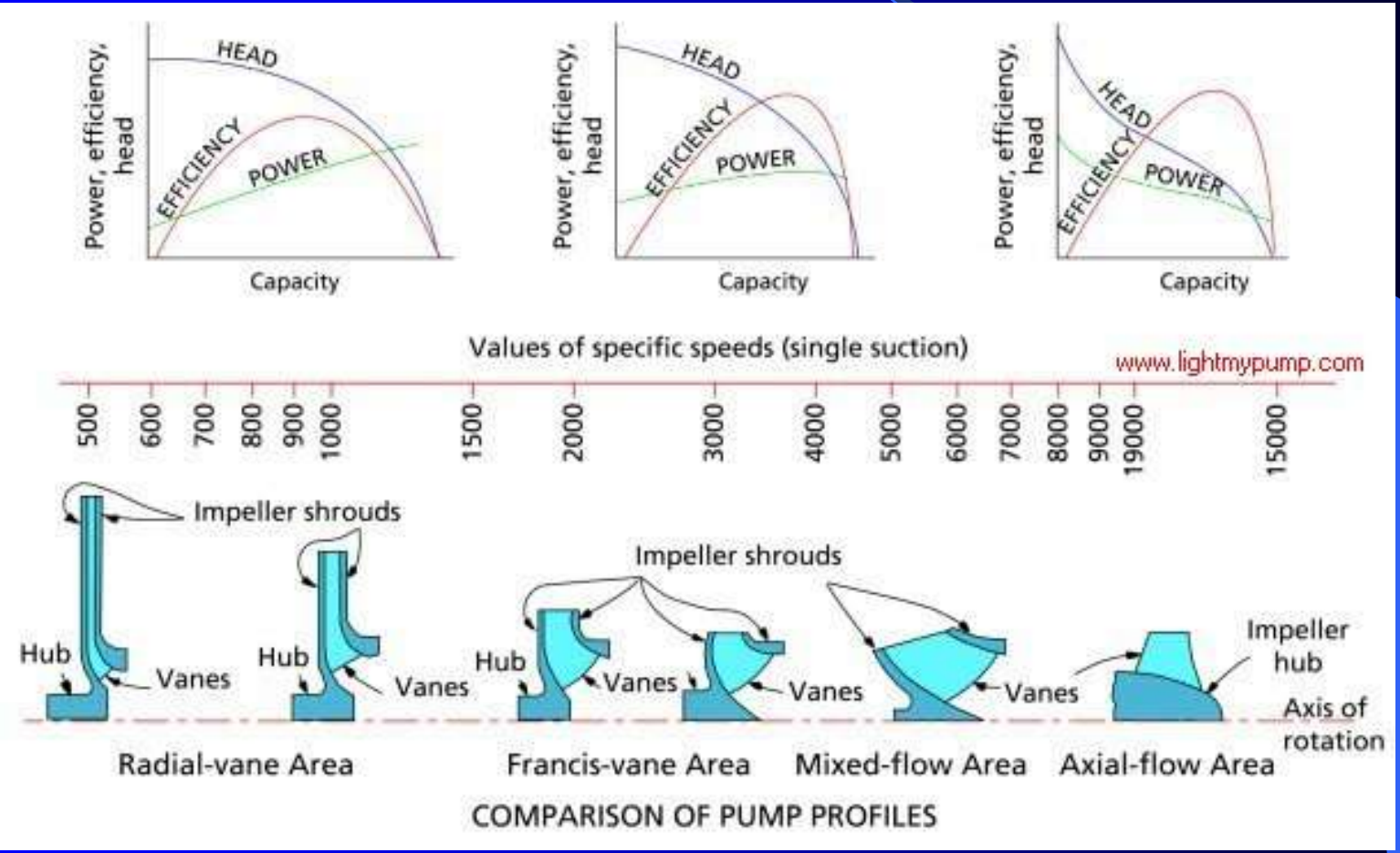
مدى السرعات النسبية لكل نوع من انواع المضخات



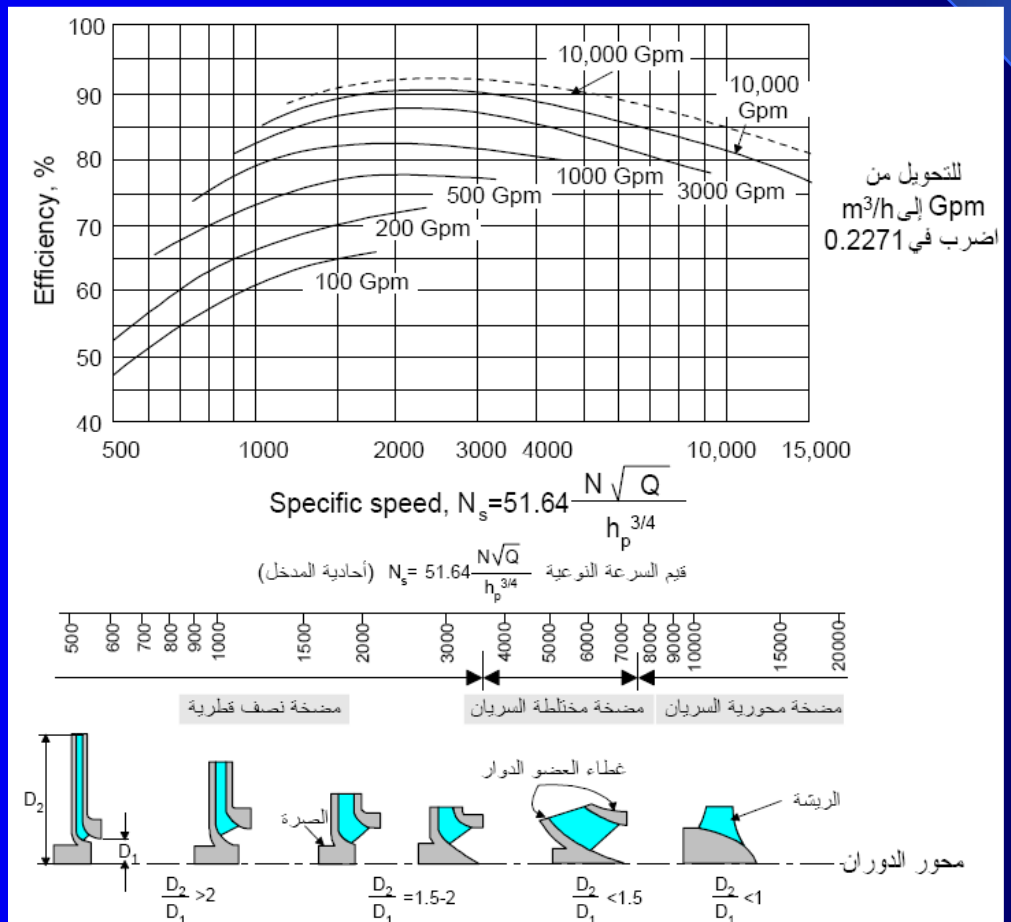
Mac123 . pdf

Specific speed: a number that provides an indication what type of pump (for example radial, mixed flow or axial) is suitable for the application.

السرعة النوعية



- ويوضح الشكل كفاءة مضخة مروحية مقابل السرعة النوعية.
- المضخة الطاردة المركزية منخفضة السرعة النوعية، ومنخفضة التصرف ولكنها ذات ضغط عالى، بينما تمتاز المضخات المروحية بسرعة نوعية عالية وتصرف كبير وضاغط منخفض. اما المضخات ذات الانسياب المختلط فلها سرعات نوعية بين العالية والمنخفضة.



علاقة أداء المضخة والسرعة الدورانية

- قوانين المضخات الطاردة المركزية تنص نظريا على ان :
- 1 – يتناسب التصرف (Q) طرديا مع سرعة المروحة (N) $Q \ \alpha \ N$
- 2 – يتناسب الضاغط (H) طرديا مع مربع سرعة المروحة $H \ \alpha \ N^2$
- 3 – تتناسب القوى المحركة (القدرة الفرملية BHp) طرديا مع مكعب سرعة المروحة $BHp \ \alpha \ N^3$

أى ان في حالة تغير السرعة الدورانية (بفرض ثبات قطر الريشة) نجد أن:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad , \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad , \quad \frac{BHp_1}{BHp_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

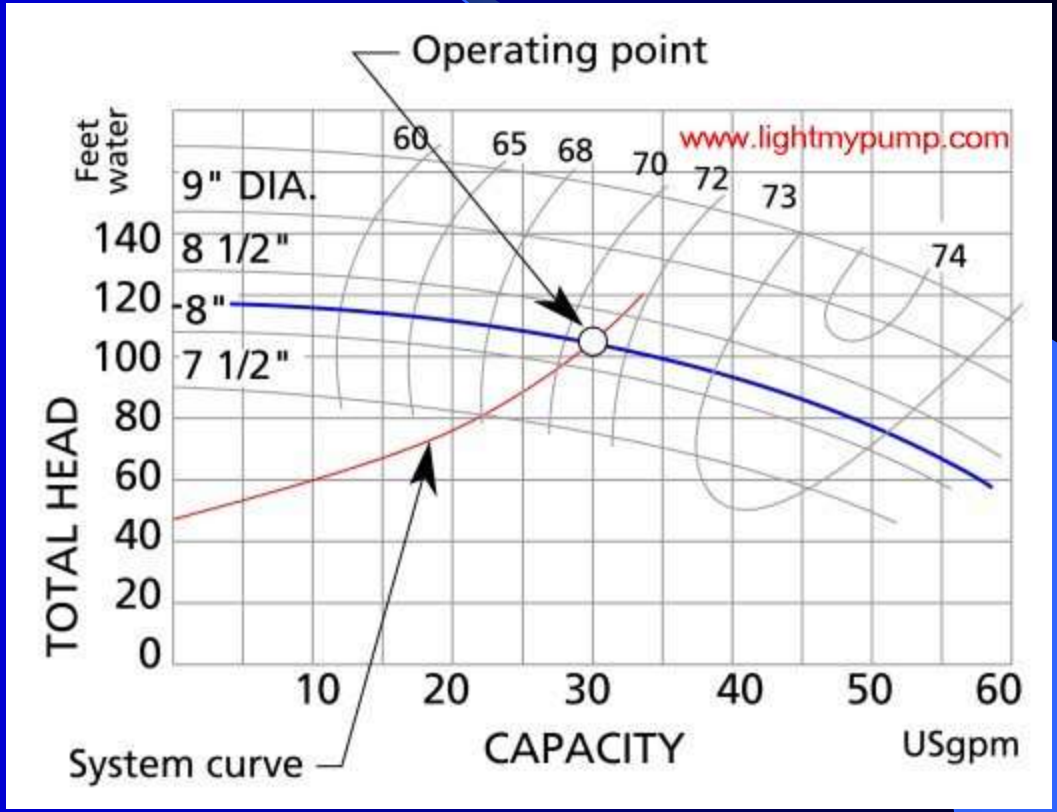
كذلك تغير قطر المروحة في مضخة ذات حجم معين يعنى زيادة السرعة المحيطية ولهذا التغيير نفس تأثير تغير السرعة الدورانية للمروحة.

قوانين المضخات Affinity Laws

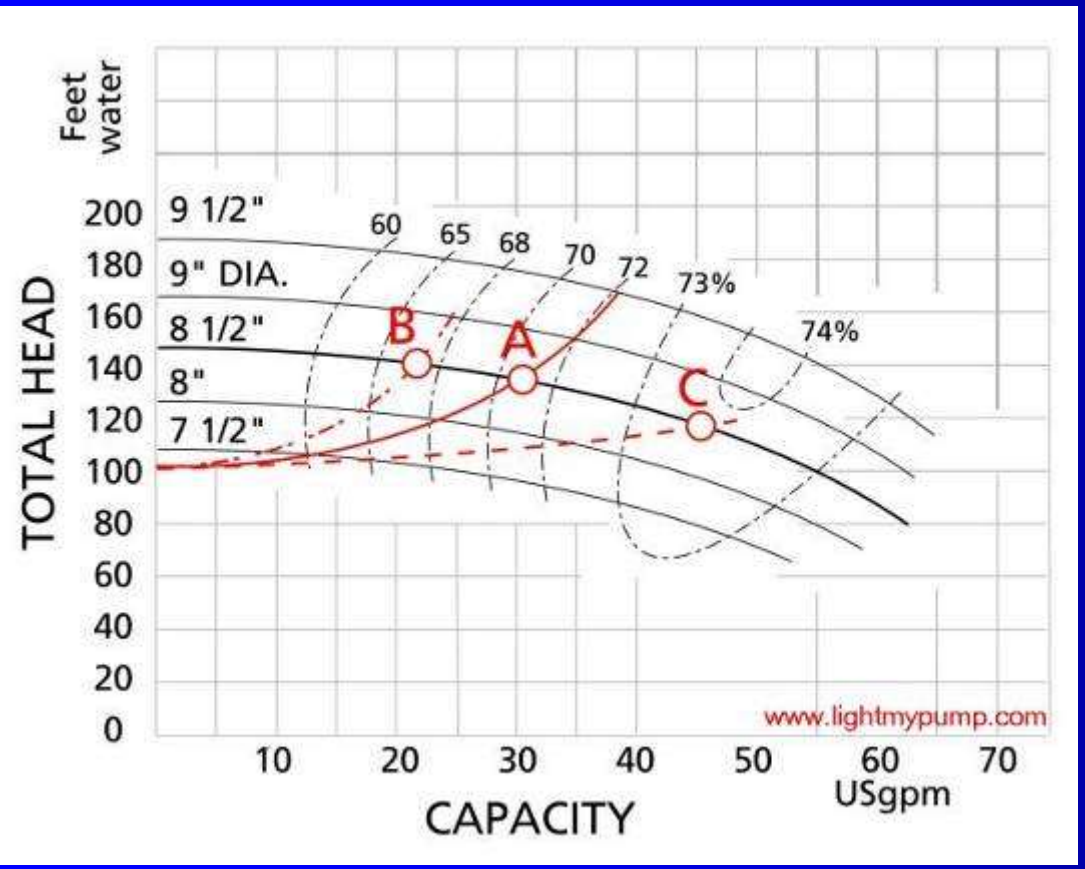
- تطبق القوانين عمليا علي كل مضخات الري ولكنها تطبق بدقة للمضخات الطاردة المركزية الأفقية وتعطي نتائج تقريبية جيدة للمضخات التربينية الرأسية..
  - E_p ربما تتغير قليلا ولكن لايمكن أن يتنبأ بها.
  - **أساليب تغيير السرعة:**
  - البكرات – نسبة التروس- صمام خانق – سرعة المحرك.

Operating point نقطة التشغيل

نقطة التشغيل (معدل التدفق والضاغط الكلي) التي تعمل عندها المضخة. وتقع عند نقطة تقاطع منحني النظام مع منحني أداء المضخة. وهي تتوافق مع التدفق والضاغط المطلوب للعمل.

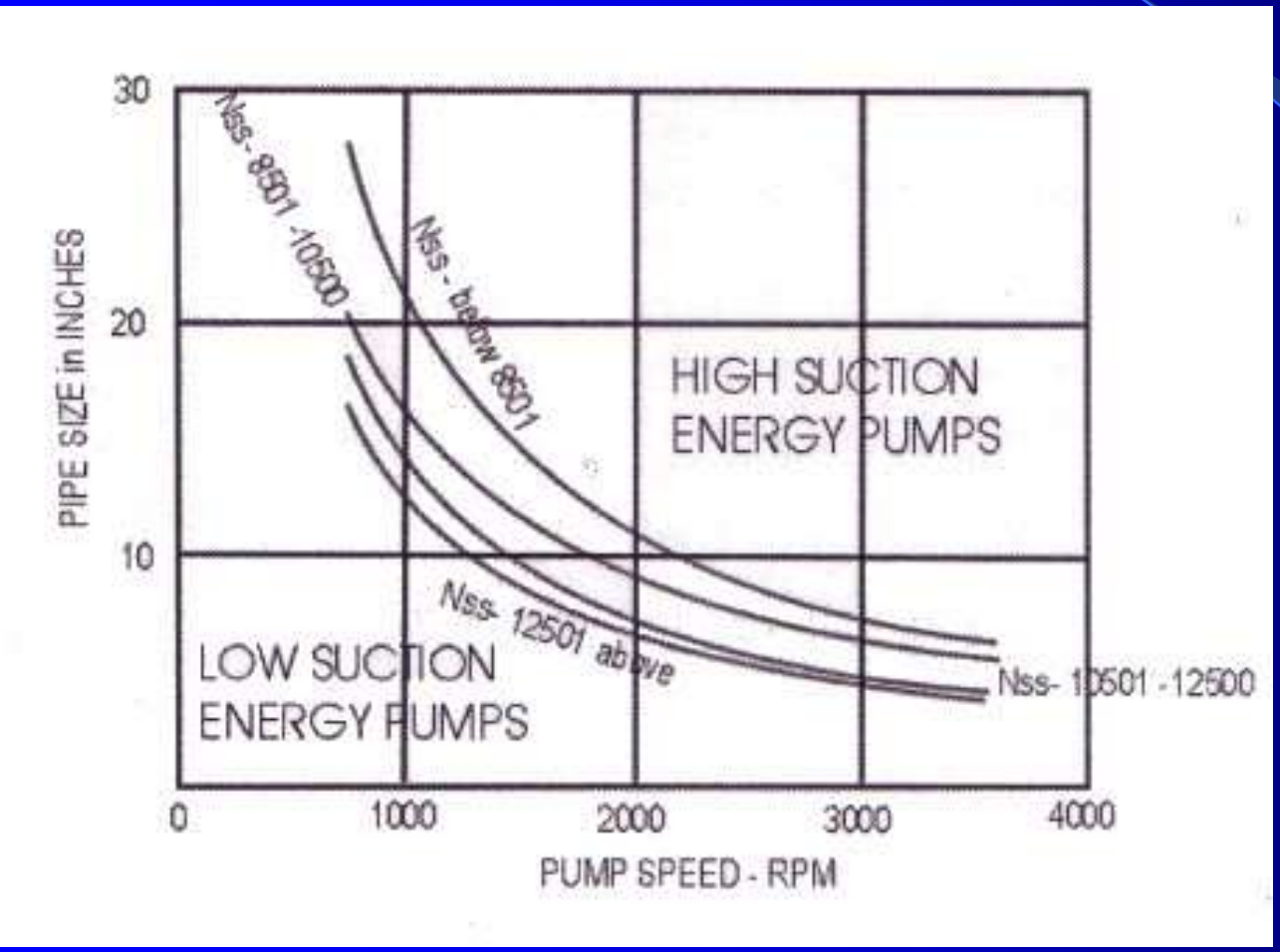


التغير في النظام مثل فتح أو غلق الصمامات أو استعمال أنابيب أطول أو أقصر سوف تغير من فاقد الاحتكاك وهذا يغير من من منحني النظام ومن نقطة التشغيل.



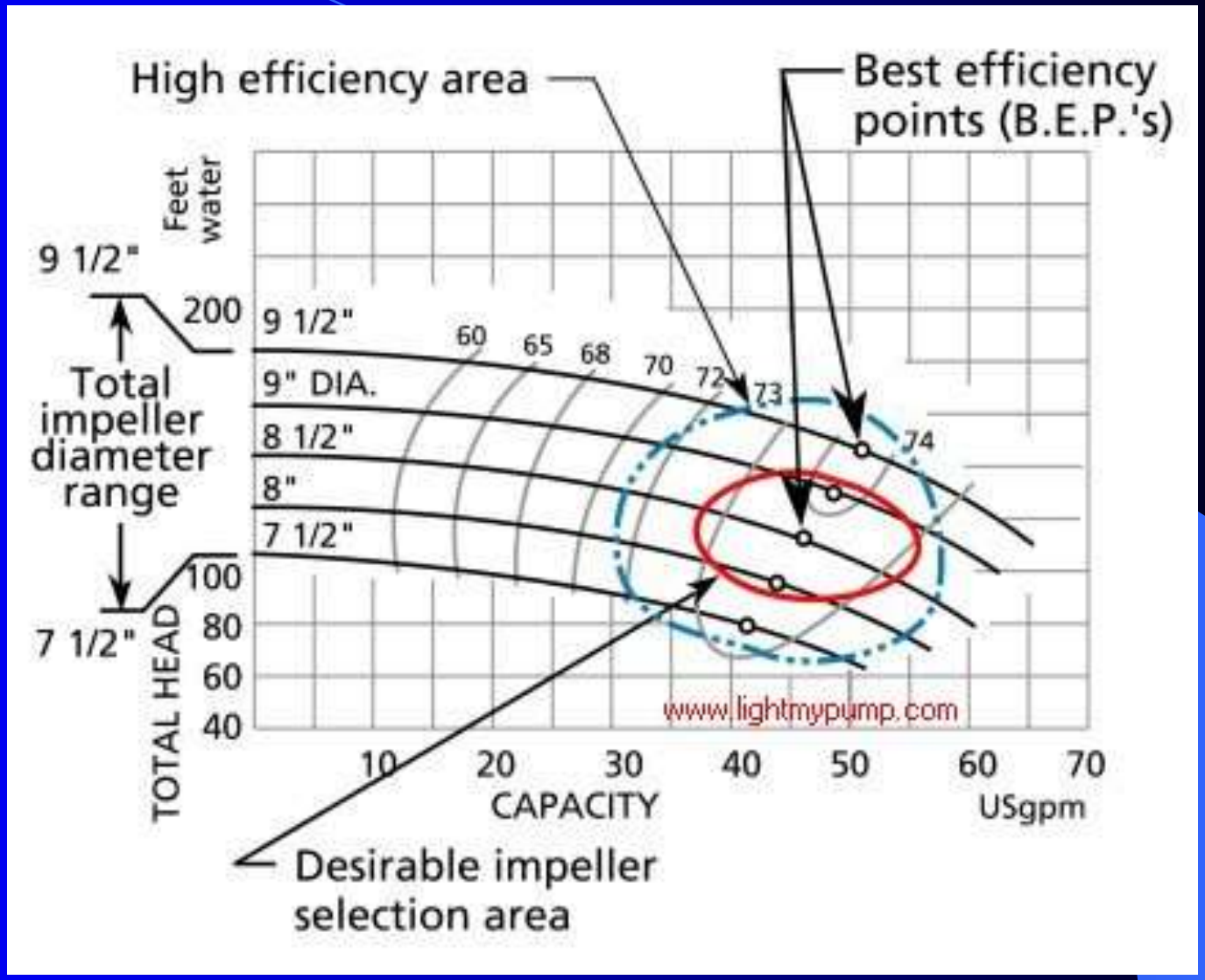
- يوضح المنحني أن النظام بة ضاغط استاتيكي 100 قدم والمقاومة الكلية للنظام حوالي 20 قدم (المنحني A). هناك صمام عند تصرف المضخة مغلق جزئيا. إذا زاد ضاغط الاحتكاك (بمعني غلق الصمام) حينئذ نقطة التشغيل تنتقل من A الي النقطة B ويقل التدفق. إذا قل فاقد الاحتكاك (فتح الصمام) تنتقل نقطة التشغيل الي C ويزداد التدفق.

Visual Glossary.htm

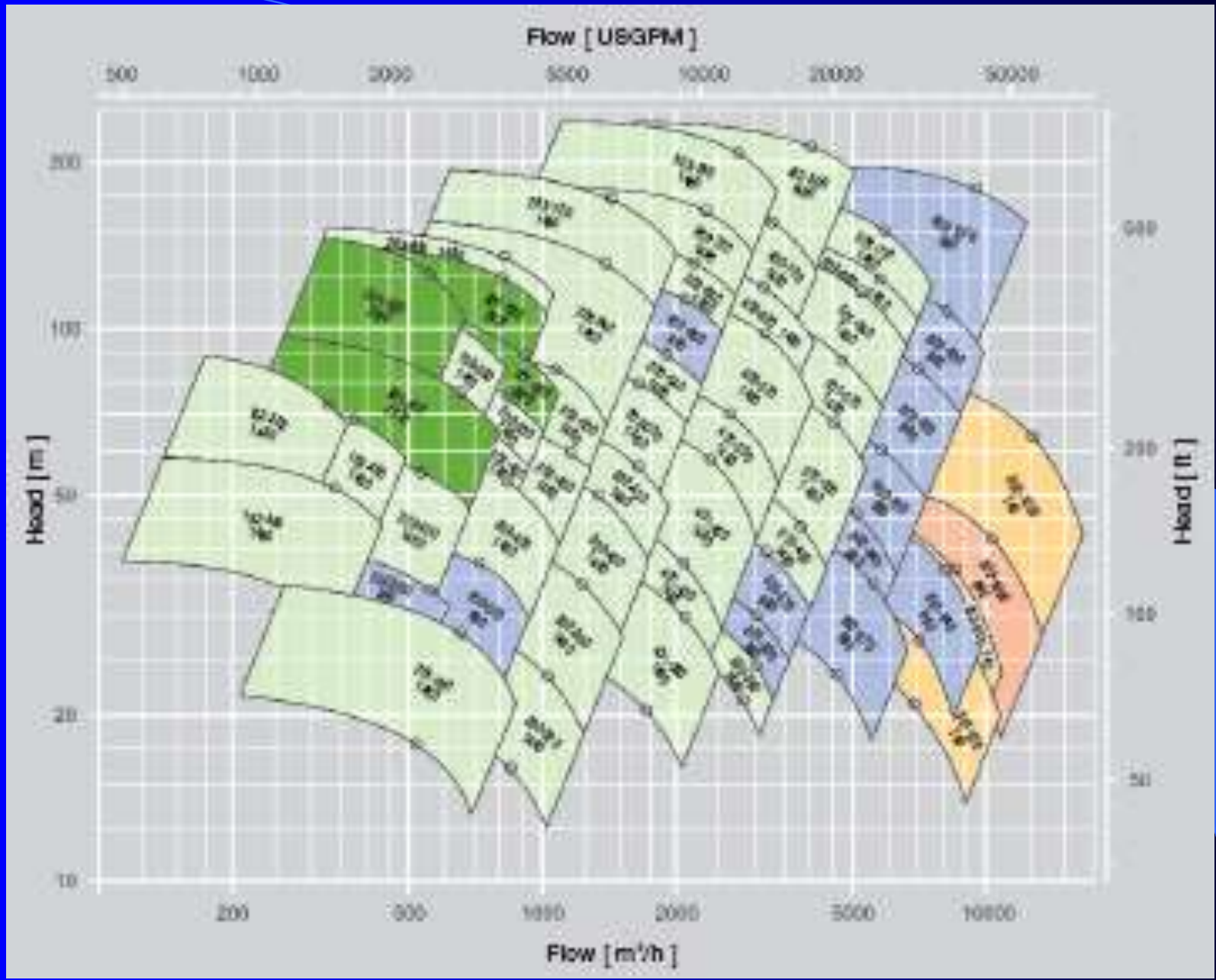


- أي شيء يزيد سرعة الجزء الدوار ، معدل التدفق للمضخة أو الوزن النوعي يزيد من طاقة السحب للمضخة.

Visual Glossary.htm



PUMP\Visual Glossary.htm



PUMP\ SMN_SBR-8282

قراءة منحنيات المضخة الطاردة المركزية

Reading Centrifugal Pump Curves

- أداء المضخة الطاردة يعبر عنة بواسطة منحنيات عديدة تدل اما علي:
  - أقطار ريش مختلفة عند سرعة ثابتة أو
  - سرعات مختلفة مع ثبات قطر المروحة.

http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

- يبدأ المنحني من عند نقطة غلق التصرف (صفر تدفق) وعنده أقصي ضاغط. ومع امتداد المنحني يقل الضاغط بزيادة التدفق حتي يصل الي نهاية المنحني وهذة خارج مدي التشغيل الموصى به للمضخة.
- التدفق والضاغط مرتبطان مع بعضهما ، فلايمكن أن يتغير أحدهما بدون أن يتغير الآخر.
- العلاقة بينهما ثابتة حتي تتلف أو يحدث أي أضرار للمضخة تغير من خصائصها.
- المضخة لايمكنها أن تنمي الضغط الا إذا وجد ضاغط عكسي (نتيجة الضاغط الاستاتيكي وفواقد الاحتكاك).
- لذلك أداء المضخة لايمكن تقديرة بدون معرفة بيانات كاملة عن تشغيل النظام.

http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

بالرجوع الي الشكل التالي نشاهد :

- منطقة ملونة وهي منطقة التشغيل.
- ثلاثة منحنيات لثلاثة أقطار مختلفة أو لسرعات مختلفة.
- منحنيات القدرة أو القوة المطلوبة للمضخة (تقرأ القدرة عند نقطة التشغيل)
- نقطة أفضل كفاءة BEP
- مدي التشغيل الموصى بة (التشغيل خارج هذا المدي يقلل من رفع المضخة)
- NPSHR المطلوبة

الأرقام داخل الدائرة تدل علي استخدام المنحنيات التالية (بمعني استخدام ريش بقطر أصغر أو سرعات أقل):

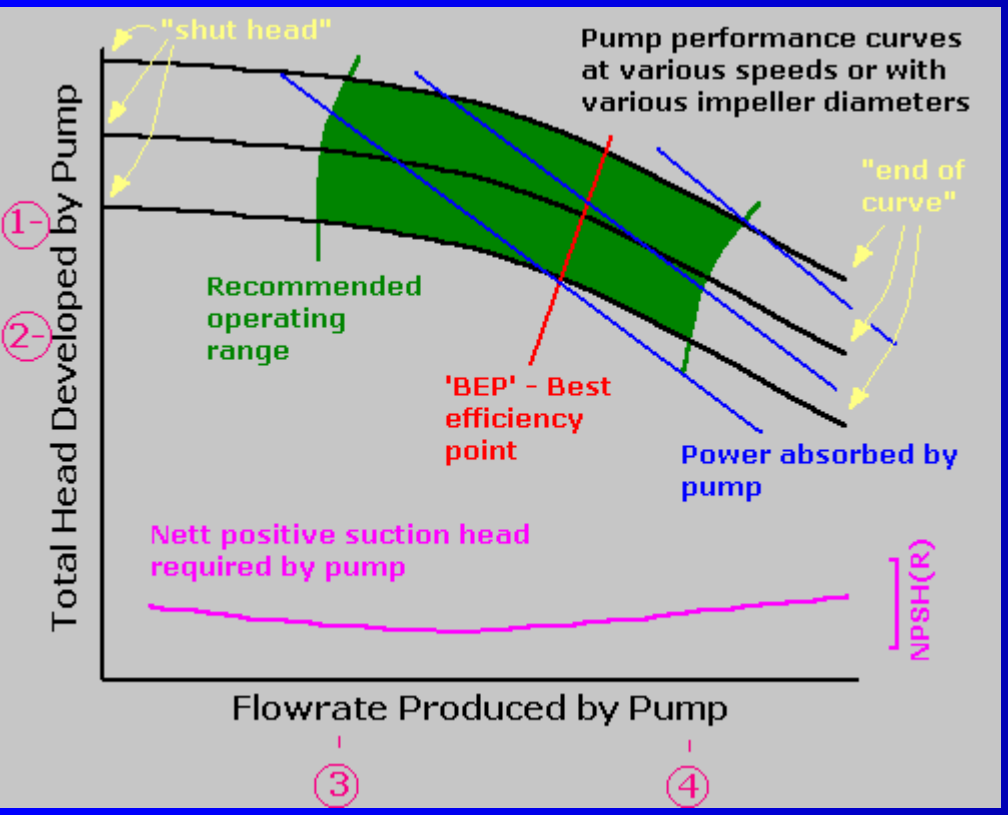
1- أقصي ضاغط يوصي بة.

2- أقل ضاغط يوصي بة.

3- أقصي تصرف يوصي بة.

4- أقل تصرف يوصي بة.

- النقط تشير الي ضاغط الغلق ونهاية المنحني.



http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

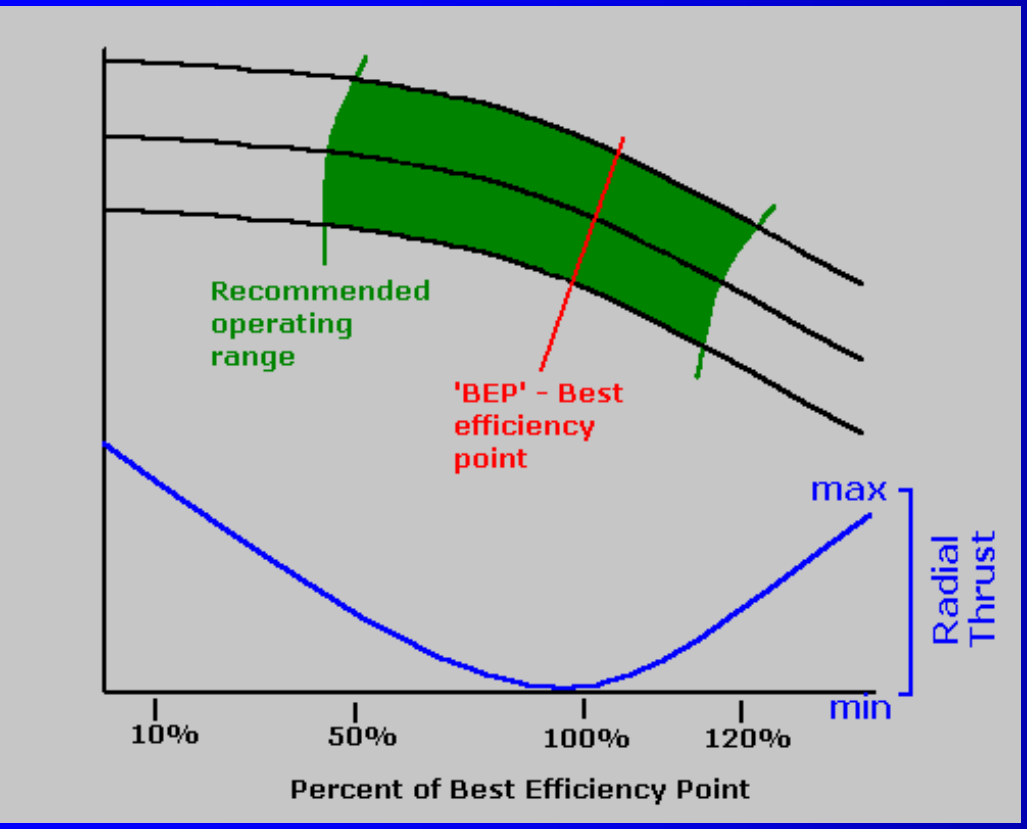
- **يلاحظ:**
- الطاقة المطلوبة للمضخة تقرأ عند نقطة تقاطع منحني الطاقة مع منحني المضخة عند نقطة التشغيل.
- وذلك لايتضمن حجم المحرك المطلوب driver size . هناك طرق مختلفة لتقدير ذلك.
- 1- اختيار السرعة المحرك الملائمة أو مدي التشغيل – معظم طرق التكاليف فعالة عندما لاتختلف ظروف التشغيل بدرجة كبيرة.
- 2- تقرأ الطاقة عند نهاية المنحني – معظم الطرق الشائعة تتأكد من ملائمة القدرة لمعظم ظروف التشغيل.
- 3- قراءة القدرة يضاف اليها 10 % - تستعمل عادة فقط في المصفاة refinery أو التطبيقات الأخري حيث لا يوجد هناك اختلاف في خصائص النظام.
- 4- باستخدام منحني النظام تؤخذ كل ظروف التشغيل في الاعتبار – أفضل طريقة عندما تملأ الأنابيب الطويلة ، اختلافات كبيرة في الضاغط الاستاتيكي، أو يوجد سيفون مؤثر.

مدي تشغيل المضخة الطاردة المركزية
Centrifugal Pump Operating Range

- أ- كل المضخات لها حدود للتشغيل.
- يؤخذ ذلك في الاعتبار مع أي مضخة سواء كانت مضخة إيجابية أو طاردة مركزية.
- المضخة الطاردة المكزية الحلزونية من المضخات الشائعة الاستخدام لها محددات إضافية لمدي التشغيل ،إذا لم تؤخذ في الاعتبار يمكن أن تقل عمر تشغيل أجزاءها .
- ب- نقطة أفضل كفاءة **"BEP" - Best Efficiency Point** في الشكل التالي ليست النقطة الوحيدة للتشغيل لأعلي كفاءة لكن أيضا النقطة التي عندها السرعة وكذلك الضغط يكون متساوي أو متماثل حول الجزء الدوار والحلزون.
- عند تحرك نقطة التشغيل بعيدا عن **"BEP" ، تتغير السرعة والضغط المؤثر علي جانب واحد للمروحة . هذا الضغط غير المتساوي علي الريش ينتج عنة قوي قطرية تؤثر علي انحراف عمود الادارة نتيجة:**
- حمل زائد علي كر اسي التحميل.
- انحراف زائد للإحكام الميكانيكي mechanical seal
- تآكل غير متساوي لعمود الادارة
- الأضرار الناتجة يمكن أن تتضمن انخفاض عمر أجزاء المضخة وتلفها. الحمل القطري يكون أقصاة عند ضاغط الغلق.

http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

- **ج-** خارج مدي التشغيل الموصي بة يحدث أضرار للمضخة نتيجة السرعة الزائدة والاضطراب.
- نتيجة الدوامات يحدث التكهف وأضرار التكهف قادرة علي تحطيم غلاف المضخة، الصفيحة الخلفية، الريش في فترة قصيرة من التشغيل.
- للرجوع الي الشكل التالي فإنة يدل علي أن مدي التشغيل تقريبا ما بين 50 – 120 % من نقطة أفضل كفاءة.



د – عند إختيار مضخة محددة، من الأهمية عدم إضافة هامش أمان علي البيانات الخاطئة غير الدقيقة.

منحني النظام الفعلي ربما يتقاطع مع منحني المضخة عند نقطة خارج مدي التشغيل الموصي بة . في الحلات المتطرفة نقطة التشغيل ربما لا تسمح بتبريد كافي للمضخة ونتائج خطيرة.

و- أفضل ممارسة تؤكد علي أن نقطة التشغيل للمضخة أثناء التشغيل (باستعمال قياس التدفق ومقياس الضغط) لإجازة لتسمح بضبط صمام االتصرف أو وصلات مسار موازي للتأكد من التشغيل الصحيح وطول فترة الخدمة.

http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

تركيب المضخات علي التوالي
Pumps in Series

- كما في:
- المضخة المساعدة Booster pump
- المضخة التربينية متعددة المراحل Multi-stage turbine pump
- $Q_1 = Q_2$
- $TDH_{tot} = TDH_1 + TDH_2$
- يزداد الضاغط مع ثبات التصرف
- $bhp_{tot} = bhp_1 + bhp_2$

$$E_p = \frac{\frac{Q(TDH_{tot})}{3960}}{bhp_{tot}}$$

-**Q** in gpm; TDH_{tot} in ft, bhp_{tot} in horsepower

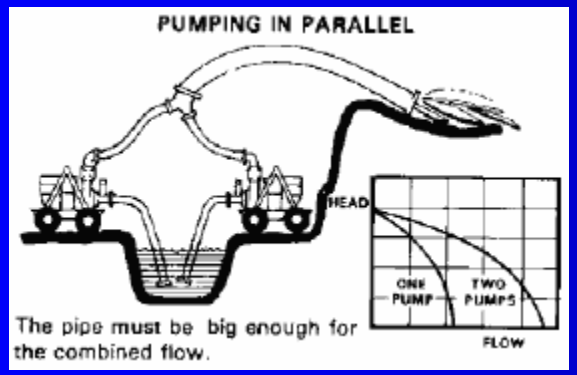
تركيب المضخات علي التوازي
Pumps in Parallel

- يزداد التصرف مع ثبات الضاغط
- $Q_{tot} = Q_1 + Q_2$
- $bhp_{tot} = bhp_1 + bhp_2$

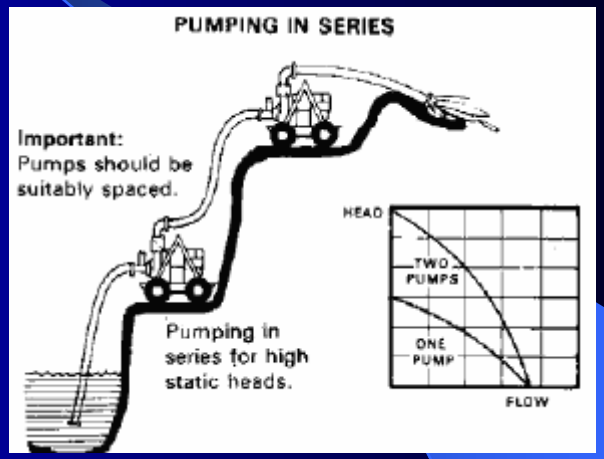
Pump Efficiency

$$E_p = \frac{\frac{(Q_{tot})H}{3960}}{bhp_{tot}}$$

- Q_{tot} in gpm; H in ft, bhp_{tot} in horsepower

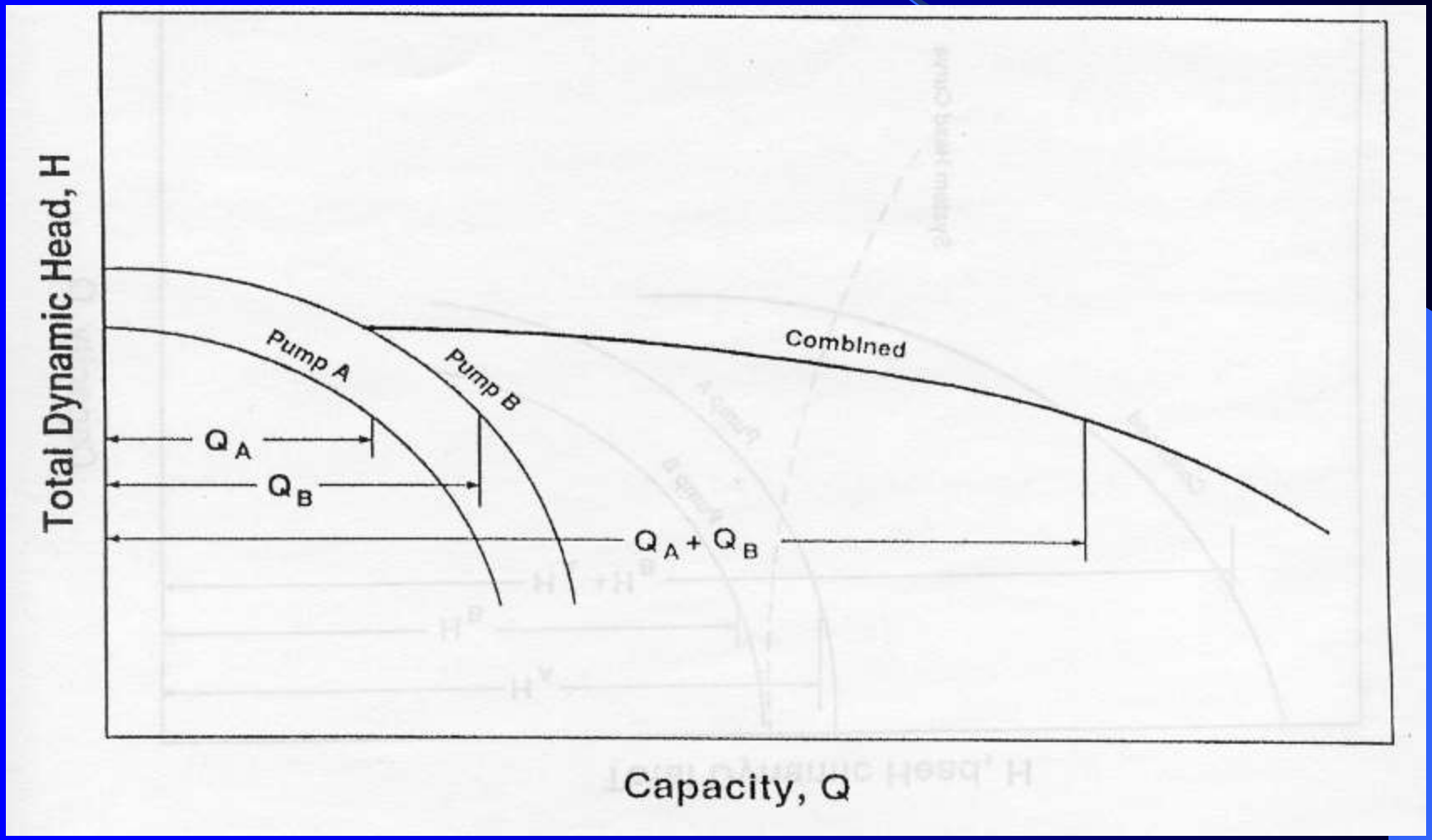


تركيب المضخات علي التوازي



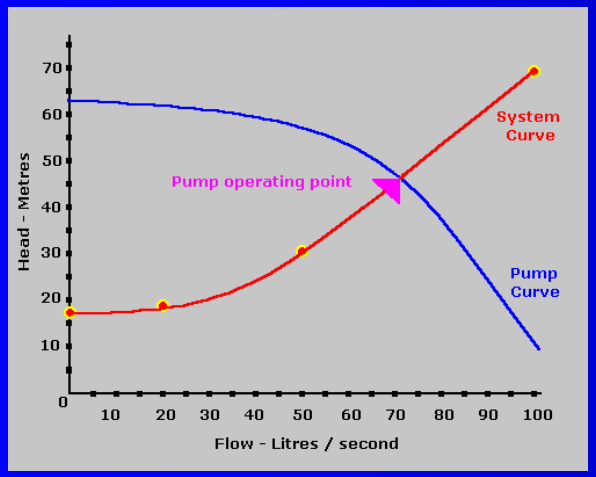
تركيب المضخات علي التوالي

تركيب المضخات علي التوازي
Pumps in Parallel *Contd…*



System Curves for multiple branches

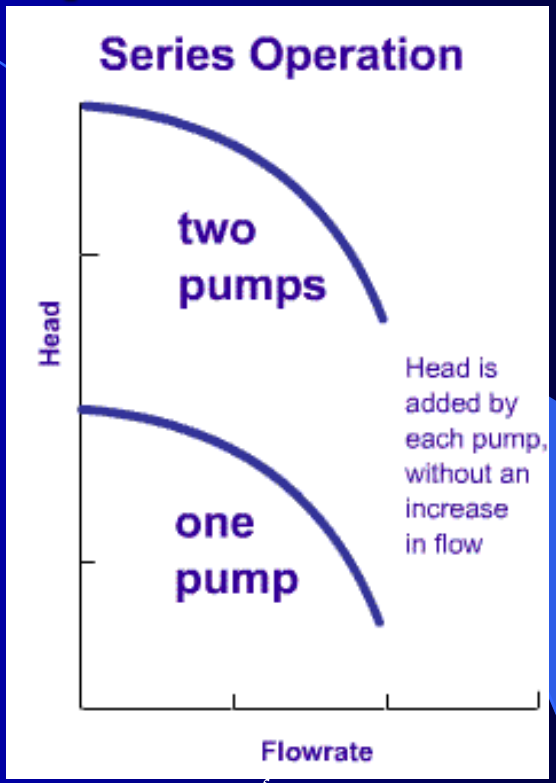
- مما سبق تعرفنا علي أساسيات رسم منحني النظام لأنبوب واحد متصل بتصرف المضخة.
  - ماذا لو كان هناك أكثر من أنبوب؟
  - إذاكان لدينا أنبوبان أو أكثر متصلان بتصرف المضخة، يجمع التدفق الكلي للأنابيب مع الضاغط الشائع.
  - التدفق الكلي يمكن أن يوقع في منحني النظام. يستعمل أعلي ضاغط استاتيكي عند صفر تدفق علي المنحني.



http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

تشغيل المضخات علي التوالي وعلي التوازي
Parallel & Series Operation

- استخدام أكثر من مضخة لزيادة معدل التدفق يكون التوصيل علي التوازي. Parallel pumping
- استخدام أكثر من مضخة لزيادة الضاغط يكون التوصيل علي التوالي Series pumping.
- تشغيل المضخات تحت هذة الظروف ربما يتضح أنة بسيط، ولكنة أكثر تعقيدا بأعتبار أن:
- في تطبيقات التوصيل علي التوالي : نأخذ بعين الاعتبار معدل الضخ، مانع التسرب لعامود الادارة shaft seal شبكة الأنابيب والوصلات.
- يكون الوضع حرج للتأكد من كلا المضختان تعملان خلال المدي الموصي بة وتمد المياة بمعدل ثابت.

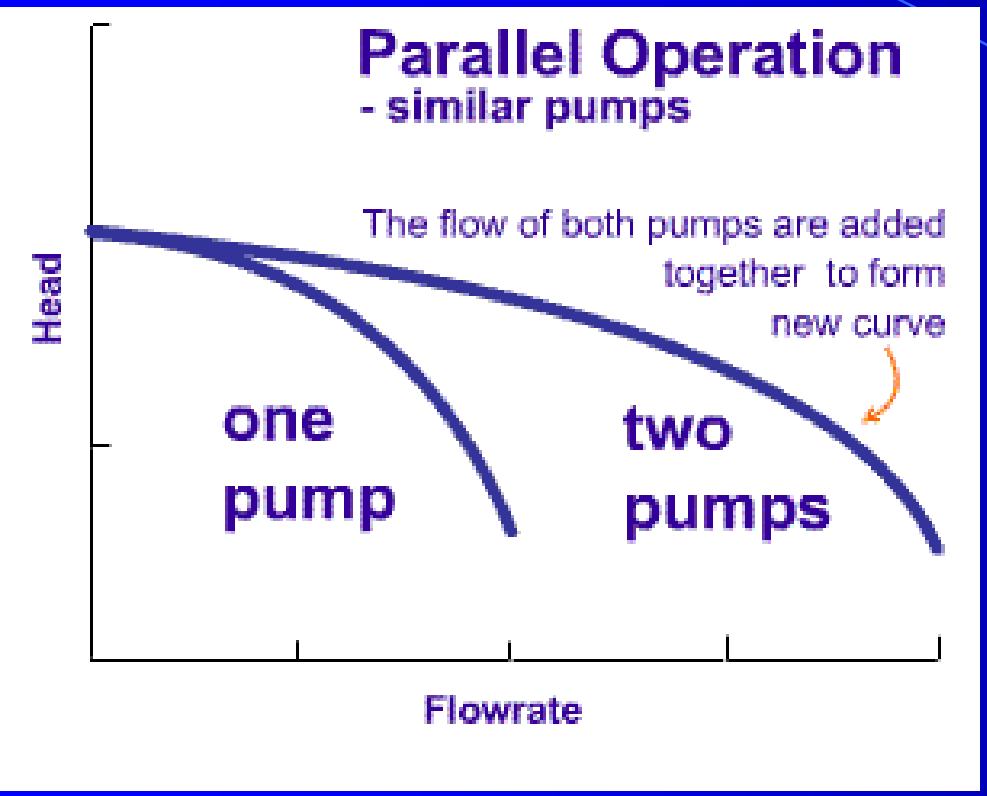


- من السهل رسم منحني لأكثر من مضخة ، يرسم منحني المضخة الأولي ثم المضخة الثانية ، يضاف الضاغط الناتج من كل مضخةعند نفس التدفق.
- يمكن إضافة أكثر من منحني بنفس الطريقة.

http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

- في تطبيقات التوصيل علي التوازي : نأخذ بعين الاعتبار ملائمة المضخات لمنحني النظام **system curve**
- (غالبا 2 مضخة تعطي امداد أكثر من مضخة واحدة نتيجة فاقد الاحتكاك الزائد .
- أيضا نأخذ بعين الاعتبار أن المضخة تعمل خلال المدي الموصي بة).
- يكون من المطلوب صمام عدم رجوع خاصة إذا كان أحدي المضخات تعمل بمفردها.
- المضخات المتباينة أو المضخات الموضوعة علي مستويات مختلفة تتطلب دراسة خاصة.

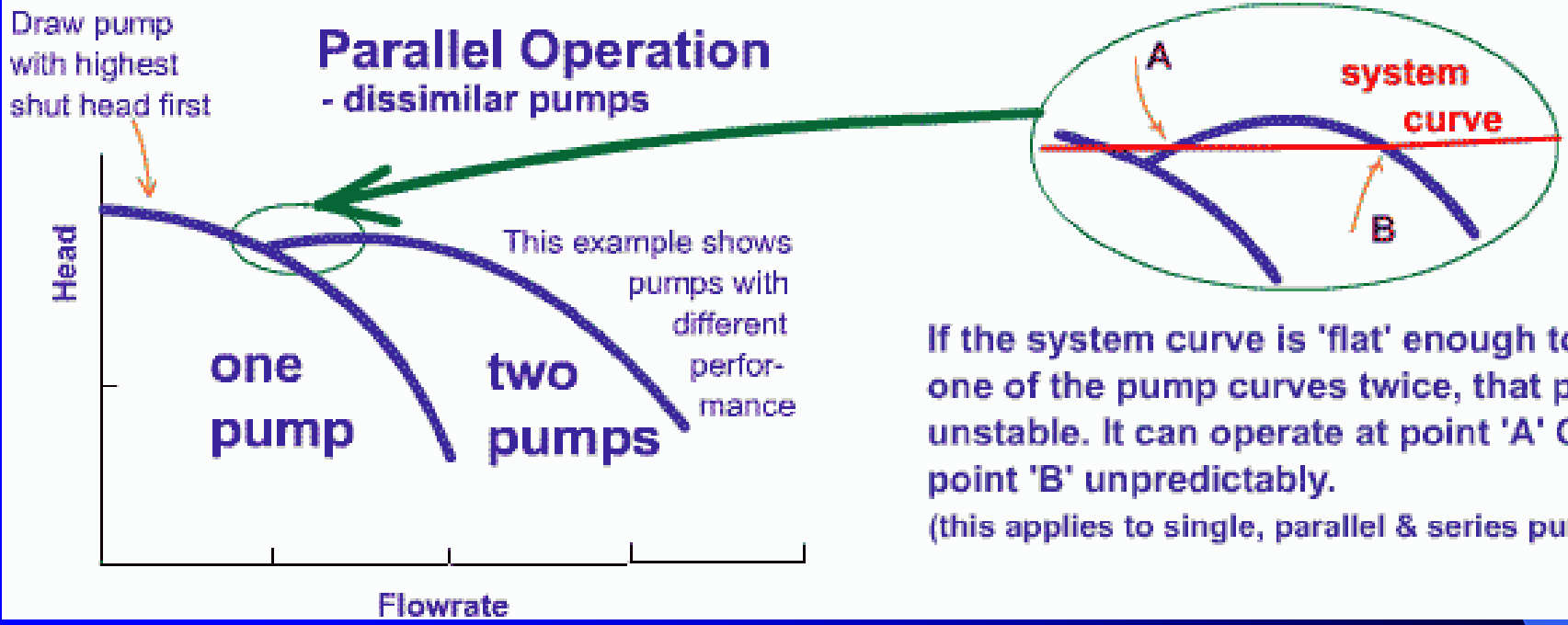
http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9



- من السهل رسم منحني لأكثر من مضخة ، يرسم منحني المضخة الأولي ثم المضخة الثانية ،
- يضاف التصرف الناتج من كل مضخةعند نفس الضاغط .
- يمكن إضافة أكثر من منحني بنفس الطريقة.

http://www.pumphire.com.au/consult/nav-left/l-pumpED.htm#ps9

Parallel Operation
- dissimilar pumps



If the system curve is 'flat' enough to cross one of the pump curves twice, that pump is unstable. It can operate at point 'A' OR point 'B' unpredictably.

(this applies to single, parallel & series pumping)