

تصميم خطوط أنابيب نقل البترول

طرق نقل البترول :

يتم نقل مختلف أنواع البترول ومنتجاته إما عن طريق خطوط الأنابيب أو باستخدام سيارات الشحن (اللوارى) أو باستخدام صهاريج السكة الحديد أو باستخدام الناقلات البحرية (السفن) ويتميز النقل بخطوط الأنابيب باستمرار عملية النقل بصرف النظر عن نوع السائل المنقول أى يتم نقل مختلف أنواع السوائل بالتعاقب داخل خط الأنابيب وليس نقل نوع واحد من السوائل كما يتم باستخدام سيارات الشحن (اللوارى) أو صهاريج السكة الحديد أو الناقلات البحرية (السفن) .

تصنيف أنظمة خطوط الأنابيب :

تصنف أنظمة خطوط الأنابيب الخاصة بنقل البترول إلى ثلاثة أنواع :

١. نظام التجميع : Gathering System

خط الأنابيب والمعدات الأخرى المستخدمة لنقل الزيت الخام ومنتجاته من الآبار المنفردة ومواقع الإنتاج الأخرى إلى موقع رئيسي يسمى نظام تجميع ، وتكون أنظمة التجميع أساساً من فروع خط أنابيب تسري إلى محطات خط رئيسي أو مواقع أخرى حيث يتم نقل الزيت ومنتجاته إلى نظام خط رئيسي ، وتكون معظم الأقطار الشائعة للخطوط بتلك التفريعات من ٤ إلى ١٢ بوصة ويحتوى نظام التجميع عادة على محطات ضخ لتجمیع الزيت من بئر مفرد ويكون خط الأنابيب المستخدم بنظام التجميع قصير بالمقارنة بخطوط الأنابيب الرئيسية ويتراوح مدى الطول من أمتار قليلة إلى عدة كيلو مترات .

٢. نظام الخط الرئيسي : Trunk Line System

وتكون المرحلة الثانية هي نقل الزيت الخام ومنتجاته عن طريق خطوط أنابيب رئيسية Trunk Pipe-Lines ويستخدم نظام الخط الرئيسي لنقل البترول ومنتجاته من الآبار و مواقع الإنتاج الأخرى إلى مناطق المعالجة أو التكرير والتسويق وذلك بكميات كبيرة ولمسافات طويلة .

٣. أنظمة التوزيع : Distribution Systems

يتم نقل المنتجات البترولية من مصادر الإمداد مثل معامل التكرير والموانئ البحرية إلى مناطق الاستهلاك أساساً بواسطة أنظمة خط التوزيع Pipe Line Distribution Systems ، وتكون معظم المنتجات البترولية هي أنواع البنزين المختلفة ، وفقد النفاثات ، الكيروسين ، السولار ، المازوت وكذلك البوتاجاز المسال وتختلف خطوط أنابيب التوزيع للمنتجات عن خطوط أنابيب الزيت الخام في أنها عادة تبدأ بأنظمة ذات سعات كبيرة وتتفرع إلى أنظمة ذات سعات أصغر كإمدادات للمواقع المختلفة .

رأس المال اللازم لمشروع خط الأنابيب :

يستهلك رأس المال اللازم للمشروع أساساً في تكاليف إنشاء خط الأنابيب وأيضاً تكاليف إنشاء محطات الضخ .

(١) تكاليف إنشاء خط الأنابيب :

يعتبر رأس المال المستثمر في إنشاء خط الأنابيب (دولار/طن أو دولار/كيلومتر) يتناسب مع وزن مواسير الخط وهو يساوى ثمن المواسير = $A \times$ وزن المواسير، حيث أن A معامل وأن وزن المواسير يعتمد على قطر وسمك وطول هذه المواسير.

(٢) تكاليف إنشاء محطات الضخ :

يعتبر رأس المال المستثمر في إنشاء محطة للضخ (دولار/ حصان) يتناسب مع قدرة هذه المحطة وهو يساوى الثمن الأساسي للمضخات .

التكاليف السنوية لمشروع خط الأنابيب :

تنقسم التكاليف السنوية للمشروع إلى البنود الآتية :

- ١ - مصاريف التشغيل والصيانة لخط الأنابيب ومحطات الضخ وتشمل إستهلاك التيار الكهربائي والمياه وقطع الغيار والوقود والزيوت ، وتكاليف أعمال الصيانة التي تتم عن طريق الغير.
- ٢ - المرتبات والأجور.

- ٣ - الضرائب والتأمينات وما شابه ذلك .
- ٤ - مصاريف الإهلاك السنوية لخط الأنابيب ومحطات الضخ وتعرف بأنها نسبة رأس المال المستثمر لإنشاء خط الأنابيب أو محطات الضخ إلى العمر الإفتراضي لخط الأنابيب أو محطات الضخ حيث يتم حساب مصاريف الإهلاك السنوية لخط الأنابيب بتقسيم رأس المال المستثمر لإنشاء خط الأنابيب على العمر الإفتراضي للخط (حوالى ٣٣ عاماً) وكذلك يتم حساب مصاريف الإهلاك السنوية لمحطات الضخ بتقسيم رأس المال المستثمر لإنشاء محطات الضخ على العمر الإفتراضي للمضخات (حوالى ٢٥ عاماً) .
- ٥ - أي مصروفات أخرى مثل الفائدة على رأس المال المفترض . وبذلك يمكن حساب تكلفة نقل البترول وهي تساوى

$$\frac{\text{إجمالي التكاليف السنوية للمشروع (دولار)}}{\text{كمية السائل المنقول في العام (طن)}} = \text{تكلفة النقل (دولار/طن)}$$

وبناء على ما سبق يتم تحديد سعر نقل البترول بخط الأنابيب بضرب تكلفة النقل في معامل بحيث لا يتعدى سعر نقل البترول بالطرق الأخرى وتعتمد قيمة هذا المعامل على أسعار النقل للشركات الأخرى المنافسة

أسس اختيار قطر خط الأنابيب :

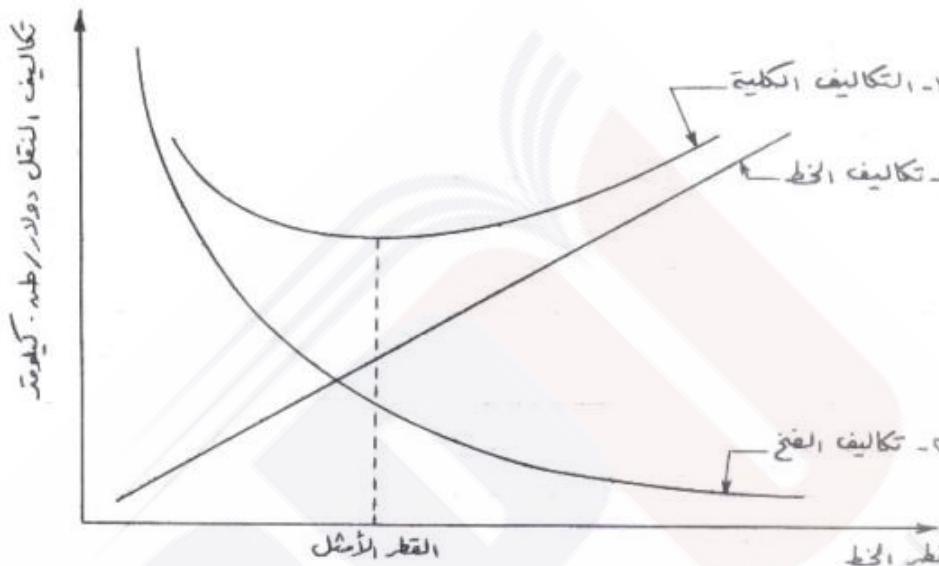
يعتمد اختيار قطر خط الأنابيب على عمل دراسة تشمل الآتي :

- ١ - حساب تكاليف خط الأنابيب ، وهي كما بالشكل (١١) منحنى ١ تزداد بزيادة قطر الخط .
- ٢ - حساب تكاليف وحدات الضخ وهي كما نرى منحنى ٢ تقل بزيادة قطر الخط .

ويجمع المنحنيين ١ ، ٢ نحصل على التكاليف الكلية السنوية منحنى ٣ والقطر الأمثل إقتصادياً لخط الأنابيب هو القطر الذي له أقل تكلفة كلية وقد وجد أن السرعة المناسبة للسوائل في الأنابيب في هذه الحالة تتراوح بين ١:٣ متر/ثانية .

ويتضح من الخبرة العملية أن السرعة تقترب من ١ متر/ثانية للسوائل مرتفعة اللزوجة وأيضاً تقترب من ٣ متر/ثانية للسوائل منخفضة اللزوجة ويعتبر هذا المدى لسرعة سريان السوائل داخل الأنابيب هو القيد لرفع كفاءة خط الأنابيب .

و عند اختيار قطر خط الأنابيب يجب أن يوحذ في الاعتبار معامل الخدمة Service Factor لخطة النقل السنوية وهو يكون في حدود ٨٢٪ بمعنى أن يتم نقل الكمية المطلوبة سنوياً خلال ٣٠٠ يوم فقط وذلك حتى لا يؤثر إيقاف الخط لأى سبب على تحقيق الكمية المنقولة سنوياً ولذلك تكون الكمية المنقولة بالمتر المكعب في الساعة تساوى



شكل (١١)

$$Q = \frac{(million\ ton\ / year) \times 10^6}{7200 \times sp.gr}$$

حيث أن sp.gr هي الكثافة النسبية للسائل المنقول بالخط وأيضاً تكون الكمية

$$Q = 1.824 V D_i^2$$

حيث أن V هي سرعة السائل داخل الخط بالمتر/ثانية

D_i هو القطر الداخلى لخط الأنابيب بالبوصة ، ومما سبق يتضح أنه لكي يتم نقل البترول بصورة إقتصادية بمعنى تحقيق أقل تكلفة كلية للمشروع يكون الحد الأدنى للكمية المنقولة في الساعة لخط الأنابيب تساوى $Q_{min} = 1.824 D_i^2$ وأيضاً بهدف رفع كفاءة خط الأنابيب يكون الحد الأقصى للكمية المنقولة في الساعة تساوى $Q_{max} = 5.472 D_i^2$

العوامل المؤثرة على التكاليف الكلية السنوية للنقل بخط الأنابيب :

يتضح مما سبق أن التكاليف السنوية للنقل تنخفض بزيادة الكميات المنقولة سنويًا وأن مسافة النقل لها تأثير قليل جدًا ، وقد تختلف التكاليف السنوية للنقل بإختلاف مواصفات السائل المنقول بخط الأنابيب ونذكر على سبيل المثال العوامل الآتية :

١ - تصبح التكاليف السنوية للنقل أقل ما يمكن عند نقل سائل واحد ذو لزوجة منخفضة بخط الأنابيب .

٢ - تزداد التكاليف السنوية للنقل بخط الأنابيب الذى ينقل سوائل متعددة بسبب التركيبات الإضافية والخطوط الفرعية .

٣ - تزداد التكاليف السنوية للنقل بخط الأنابيب المعزول حراريًا بسبب أعباء تكاليف العزل الحراري للخط وتتكاليف زيادة عمق الخط تحت الأرض عن العمق الطبيعي وتتكاليف تسخين السائل وأيضاً إرتفاع القدرة اللازمة لضخ السائل اللزج .

تصميم خط الأنابيب :

لتصميم خط أنابيب يجب أولاً تحديد البيانات الآتية :

١ - يتم تحديد مدى الكميات المطلوب نقلها أى الكمية المبدئية والقصوى

Initial And Ultimate Throughput

٢ - يتم تحديد الضغط الآمن الذى يتحمله معدن خط الأنابيب وفي أغلب الأحيان يكون هذا الضغط فى حدود ٧٠ كجم/سم^٢ .

٣ - يتم تحديد الضغط عند نهاية خط الأنابيب أى الضغط عند محطة الإستلام وهو يكون فى حدود ٢ كجم/سم^٢ .

٤ - يتم تحديد طول خط الأنابيب أى المسافة بين محطة التدفيع ومحطة الإستلام .

خطوات التصميم :

١ - يتم حساب مدى لأقطار الخطوط التى تستوعب مدى الكميات المطلوب نقلها أى الحد الأدنى والأقصى لأقطار الخطوط ، وبما أن الكمية المنقولة بالметр المكعب فى الساعة تساوى $Q = 1.842V D_i^2$ فـ تكون القطر الداخلى لخط الأنابيب بالبوصة يساوى

$$D_i = \sqrt{\frac{Q}{1.824V}}$$

الحد الأدنى للقطر الداخلى نضع الكمية القصوى **Ultimate Throughput** وأيضاً
في المعادلة السابقة $V=3\text{mt/sec}$

$$\text{Minimum } D_i = \sqrt{\frac{Q_{ult}}{1.824 \times 3}}$$

وكذلك لإيجاد الحد الأقصى للقطر الداخلى نضع الكمية القصوى
Ultimate Throughput وأيضاً $V=1.5 \text{ mt/sec}$ في المعادلة السابقة

$$\text{Maximum } D_i = \sqrt{\frac{Q_{ult}}{1.824 \times 1.5}}$$

٢ - يتم حساب فاقد الإحتكاك أى تقريباً فاقد الضغط المرتبط بمدى الكميات المطلوب نقلها
ونذلك لمدى الأقطار التى تم اختيارها فى الخطوة السابقة عن طريق معادلة حساب
فاقد الإحتكاك آخذأ فى الإعتبار المعطيات .

٣ - يتم تسجيل نتائج الحسابات فى جدول كالتالى :

رأس المال اللازم لإنشاء خط الأنباب ومحطات الضخ	تكليف إنشاء محطات الضخ $\alpha(P_1-P_2)$	تكليف إنشاء خط الأنباب αD_i	الكمية المنقولة بالمتر المكعب فى الساعة	فاقد الضغط على طول الخط (P_1-P_2)	أقل إجهاد خضوع لمعدن المواسير $\min \sigma_y$	القطر الداخلى للخط D_i	قطر الخط سمك الخط

ويمكن التحكم فى العوامل المتغيرة مثل قطر الخط وفاقد الضغط على طول الخط بهدف
إيجاد أقل قيمة ممكنة لرأس المال المستخدم لإنشاء خط الأنابيب ومحطات الضخ علماً بأن
معظم رأس المال المستخدم يستهلك فى إنشاء خط الأنابيب نفسه ، وقد يتضح أنه لتصميم

خط أنابيب بأقل رأس مال فإنه يجب اختيار المواسير ذات الأقطار الصغيرة وفي هذه الحالة فإن محطات الضخ قد تكون متقاربة وهذا يحقق أعلى إستفادة من الإستثمارات المدفوعة في أي وقت فور صخ هذه الإستثمارات ويجب أن تلائى ضخ أي إستثمارات غير ضرورية مبكراً حيث أنه يتسبب في عدم الإستفادة من هذه الإستثمارات عدة سنوات .

مثال على تصميم خط أنابيب :

مطلوب نقل سائل لمسافة قدرها ٩٠ كيلو متر وبكمية قدرها ٢ مليون طن سنوياً سوف تزداد مستقبلاً إلى ٥ مليون طن سنوياً .

الحل : نحسب أولاً الكميات المبدئية والقصوى المطلوب نقلها بالметр المكعب في الساعة بفرض أن السائل المطلوب نقله هو الماء

$$Q_{Initial} = 2 \times 10^6 \text{ ton / year} = \frac{2 \times 10^6}{7200 \text{ sp.gr}}$$

$$Q_{Initial} = 277.77 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q_{Ultimate} = 5 \times 10^6 \text{ ton / year} = \frac{5 \times 10^6}{7200 \text{ sp.gr}} = 694.44 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

ثم نحسب الحد الأدنى والأقصى لأقطار الخطوط التي تستوعب مدي الكميات المطلوب نقلها

$$\min D_i = \sqrt{\frac{694.44}{5.472}} = 11.265 \text{ inch}$$

$$\max D_i = \sqrt{\frac{694.44}{2.736}} = 15.93 \text{ inch}$$

ومما سبق نستنتج أن أدنى وأقصى قطر لنقل هذا المدى من الكميات يساوى ١٢ بوصة على التوالى ، وبذلك يمكن اختيار ٣ أقطار لخط الأنابيب اللازم لنقل هذا المدى من الكميات المطلوب نقلها وهذه الأقطار هي ١٢ بوصة ، ١٤ بوصة و ١٦ بوصة .

أولاً : خط أنابيب بقطر ١٢ بوصة بمحطة ضخ واحدة لنقل الكمية المبدئية ويتم إضافة محطة ضخ مساعدة في منتصف الطول تقريباً فيما بعد ثم بعد ذلك يتم إضافة عدد ٢ محطة ضخ مساعدة على مسافة ربع طول الخط تقريباً من بدايته ونهايته لنقل الكمية القصوى

وفي هذه الحالة يتم حساب فاقد الإحتكاك أى فاقد الضغط المرتبط بمدى الكميات

المطلوب نقلها كالتالى :

للخط ١٢ بوصة Standard weight سماكة الخط = .٣٧٥ بوصة

$$D_f = 12.75 - 2(0.375) = 12'' \text{ and } L = 190 \text{ kmt}$$

(١) للكمية المبدئية $Q_I = 277.77 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$V = \frac{277.77}{1.824(12)^2} = 1.057 \text{ mt/sec}$$

بتطبيق معادلة حساب فاقد الإحتكاك للسريان المضطرب داخل الأنابيب

$$h_f = 17.5425 \times \frac{1^{0.25}(190)277.77^{1.75}}{12^{4.75}} = 471.2 \text{ mt}$$

و بذلك يكون فاقد الإحتكاك في صورة ضغط يساوى $471.2 \times \frac{SP.GR}{10} = 47.12 \text{ kg/cm}^2$

ويتضح مما سبق أنه يكفي تركيب محطة ضخ واحدة في بداية الخط وذلك لنقل الكمية

المبدئية .

(٢) للكمية القصوى $Q_u = 694.44 \text{ m}^3/\text{hr}$

نكرر نفس الخطوات السابقة

$$V = 2.64 \text{ mt/sec}$$

$$h_f = 234.2 \text{ kg/cm}^2$$

وحيث أن فاقد الضغط يتعدى الضغط الآمن الذي يتحمله معدن خط الأنابيب ، لذلك

يكون عدد محطات الضخ المطلوبة لنقل الكمية القصوى يساوى

$$\frac{234.2}{70} = 3.346$$

ومما سبق يتضح أنه يجب تركيب ٤ محطات ضخ على طول الخط وذلك لنقل الكمية

القصوى .

ثانياً : خط أنابيب بقطر ١٤ بوصة بمحطة ضخ واحدة لنقل الكمية المبدئية ثم بعد

ذلك يتم إضافة محطة ضخ مساعدة في منتصف طول الخط تقريراً لنقل

الكمية القصوى

وفي هذه الحالة يتم حساب فاقد الإحتكاك أى فاقد الضغط المرتبط بمدى الكميات

المطلوب نقلها كالتالى :

للخط ١٤ بوصة Standard weight سماكة الخط = ٠.٣٧٥

$$D_i = 14 - 2 (0.375) = 13.25^{\prime \prime}, L = 190 \text{ kmt}$$

$$Q_I = 277.77 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (1) \text{ للكمية المبدئية}$$

$$V = 0.867 \text{ mt/sec}$$

$$h_f = 29.43 \text{ kg/cm}^2$$

ويتضح مما سبق أنه يكفي تركيب محطة ضخ واحدة في بداية الخط وذلك لنقل الكمية المبدئية .

$$Q_u = 694.44 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (2) \text{ للكمية القصوى}$$

$$V = 2.168 \text{ mt/sec}$$

$$h_f = 146.3 \text{ kg/cm}^2$$

وبذلك يكون عدد محطات الضخ المطلوبة لنقل الكمية القصوى يساوى $\frac{146.3}{70} = 2.09$

ويتضح مما سبق أنه يجب تركيب محطتين ضخ على طول الخط وذلك لنقل الكمية القصوى .

ثالثاً : خط أنابيب بقطر ١٦ بوصة بمحطة ضخ واحدة لنقل الكمية المبدئية والقصوى

وفي هذه الحالة يتم حساب فاقد الإحتكاك أى فاقد الضغط المرتبط بمدى الكميات

المطلوب نقلها كالتالى :

للخط ١٦ بوصة Standard weight سماكة الخط = ٠.٣٧٥

$$D_i = 16 - 2 (0.375) = 15.25^{\prime \prime}, L = 190 \text{ Kmt}$$

$$Q_I = 277.77 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (1) \text{ للكمية المبدئية}$$

$$V = 0.6548 \text{ mt/sec}$$

$$h_f = 15.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_u = 694.44 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (2) \text{ للكمية القصوى}$$

$$V = 1.637 \text{ mt/sec}$$

$$h_f = 75 \text{ kg/cm}^2$$

وبذلك يكون عدد محطات الضخ المطلوبة لنقل الكمية الفصوى يساوى

$$\frac{75}{70} = 1.07$$

ويتضح مما سبق أنه يكفى تركيب محطة ضخ واحدة فى بداية الخط وذلك لنقل الكمية المبدئية والقصوى .

ومما سبق يتضح أيضاً أن الإختيار الأول للقطر وهو ١٢ بوصة هو الأنسب حيث له أقل رأس مال وأيضاً يحقق أعلى إستفادة من الإستثمارات المدفوعة في أي وقت فور ضخ هذه الإستثمارات .

وأن الإختيار الثالث للقطر وهو ١٦ بوصة ، رغم أنه سيتحقق مدى الكميات المطلوب نقلها (المبدئية والقصوى) اعتباراً من بداية تشغيل المشروع إلا أنه غير مناسب لأنه يستوجب ضخ إستثمارات غير ضرورية مبكراً حيث لا يتم الإستفادة من هذه الإستثمارات عدة سنوات هذا بالإضافة إلى كبر رأس المال اللازم للمشروع .

ويوضح جدول (٤) طريقة اختيار القطر المناسب لخط الأنابيب من بين مجموعة من الأقطار وذلك لنقل كمية قدرها $1331 \text{ م}^3/\text{s}$ أي $7944 \text{ م}^3/\text{ يوم}$ من الزيت لمسافة قدرها ٨٠٥ كيلو متر حيث أن كثافة الزيت تساوى $8398 \text{ جم}/\text{سم}^3$ عند 15.6°C وزوجته تساوى ١٤.٤ سنتى ستوكس .

وقد يتضح أن الخط قطر ١٦ بوصة هو الأنسب إقتصادياً لأن له أقل تكلفة نقل للمتر المكعب وكذلك أن قيمة إجمالي المبالغ المستثمرة تكون مناسبة بالمقارنة بأقطار الخطوط الأخرى .

ويوضح جدول (٥) طريقة اختيار التعديل المناسب لرفع الكمية المنقولة بنسبة ٥٥% من $1331 \text{ م}^3/\text{s}$ إلى $496.5 \text{ م}^3/\text{s}$ أي من $7944 \text{ م}^3/\text{ يوم}$ إلى $11916 \text{ م}^3/\text{ يوم}$ بخط الأنابيب قطر ١٦ بوصة وذلك بالمقارنة بين ثلاثة طرق لرفع الكفاءة وهي :

التعديل أ : إنشاء خط ١٢ بوصة (Loop) موازي للخط الموجود ١٦ بوصة على مدى الطول الكلى للخط وهو ٨٠٥ كيلومتر مع إضافة طلبات لمحطى الضخ الموجودين بالفعل .

التعديل ب : إنشاء خط ١٦ بوصة (Loop) موازي للخط الموجود ١٦ بوصة بطول ٥٧٩ كيلومتر مع إضافة طلبات لمحطى الضخ الموجودين بالفعل .

التعديل ج : إنشاء محطى رفع ببنية إضافية مع إضافة طلبات لمحطى الضخ الموجودين بالفعل .

وقد يتضح أن التعديل ج يكون أحسن الإختيار لأنه يحقق أقل قيمة لإجمالي المبالغ المستثمرة وكذلك يحقق أقل تكلفة نقل للمتر المكعب وذلك بالمقارنة بالتعديلات الأخرى .

وقد يتضح أن أي قطر لخط الأنابيب يحقق أقل تكلفة للنقل خلال مدى من الكميات المنقولة ، على سبيل المثال لخط أنابيب طوله ١٦٠٩ كيلومتر ينقل كمية قدرها ٣٦٦ م^٣/ساعة من الزيت فإذا كان القطر الأمثل اقتصادياً في هذه الحالة هو ٢٠ بوصة (على أساس أن سرعة الزيت داخل الخط ١ متر/ثانية) فإنه يمكن لهذه الحكمة المنقولة أن تتضاعف إلى ١٣٢٤ م^٣/ساعة بدون تغير ملحوظ في تكلفة نقل المتر المكعب لأن إجمالي التكاليف السنوية سوف تزداد في هذه الحالة مما يعادل تقريراً تأثير زيادة الكمية المنقولة .

بينما على الجانب الآخر أي إنخفاض في الكمية المنقولة يسبب زيادة سريعة في تكلفة نقل المتر المكعب ولذلك فإن اختيار قطر الخط يعتمد على وجود بيانات دقيقة عن الكميات المنقولة مما يمكننا من اختيار نوع وحجم نظام نقل السوائل .

قطر خط الأنابيب	١٢ بوصة	١٦ بوصة	٢٠ بوصة
الضغط الكلى المطلوب	٤٢ كجم/سم ^٢	٤١ كجم/سم ^٢	٥٠ كجم/سم ^٢
عدد محطات الرفع	٥	٢	١
الضغط لكل محطة رفع	٨٤.٤ كجم/سم ^٢	٧٠.٥ كجم/سم ^٢	٥٠ كجم/سم ^٢
المبلغ المستثمر لإنشاء خط الأنابيب	١٢٠ مليون دولار	١٦٠ مليون دولار	٢٢٤ مليون دولار
المبلغ المستثمر لإنشاء المحطات	٥٥.٥ مليون دولار	٢١ مليون دولار	١٠ مليون دولار
إجمالي المبالغ المستثمرة	١٧٥.٥ مليون دولار	١٨١ مليون دولار	٢٣٤ مليون دولار
تكلف التسغيل السنوية :			
المرتبات والأجور لمحطة الرفع الأولى	٥٧٠ ألف دولار	٥٧٠ ألف دولار	٥٧٠ ألف دولار
المرتبات والأجور لمحطات الرفع البينية	٤٠٠ ألف دولار	٤٠٠ ألف دولار	-
المرتبات والأجور لمحطة الإستقبال	٣٠٠ ألف دولار	٣٠٠ ألف دولار	٣٠٠ ألف دولار
مصاريف الوقود والزيوت	٢٠٠ ألف دولار	٢٠٠ مليون دولار	٢٨٠ ألف دولار
مصاريف الصيانة	١٩٩ مليون دولار	١٤٦ مليون دولار	١٢٩ مليون دولار
مصاريف الإهلاك للخط (%)	٣.٦ مليون دولار	٤.٨ مليون دولار	٦.٧٢ مليون دولار
مصاريف الإهلاك للمحطات (%)	٢.٢ مليون دولار	٨٤٠ ألف دولار	٤٠٠ ألف دولار
الضرائب (١% من إجمالي الاستثمار)	١.٧٥٥ مليون دولار	١.٨١ مليون دولار	٢.٣٤ مليون دولار
أى مصروفات أخرى	-	-	-
إجمالي التكاليف السنوية	١٤.٤١٥ مليون دولار	١٠.٩٨ مليون دولار	١١.٩ مليون دولار
تكلفة نقل المتر المكعب	٤.٩٧ دولار/م ^٣	٣.٧٨٧ دولار/م ^٣	٤.١ دولار/م ^٣

جدول (٤)

إجمالي التكاليف السنوية

ملحوظة : تكلفة نقل المتر المكعب = الكمية المنقولة يومياً × ٣٦٥

التعديل ج	التعديل ب	التعديل أ	
-	-	١٢٠ مليون دولار	المبلغ المستثمر الجديد لخط ١٢ بطول ٥٨٠ كم
-	١١٥.٢ مليون دولار	-	المبلغ المستثمر الجديد لخط ١٦ بطول ٥٧٩ كم
٥ مليون دولار	٥ مليون دولار	٥ مليون دولار	المبلغ المستثمر الجديد لإضافة طلبيات للمحطات
٢٦ مليون دولار	-	-	المبلغ المستثمر الجديد لإنشاء محطة رفع بيئية
٣١ مليون دولار	١٢٠.٢ مليون دولار	١٢٥ مليون دولار	إجمالي المبالغ المستثمرة الجديدة
			نفقات التشغيل السنوية المضافة :
٨٠٠ ألف دولار	-	-	المرتبات والأجور
١.٦ مليون دولار	٤٠٠ ألف دولار	٤٠٠ ألف دولار	الوقود والزيوت
٨٠٠ ألف دولار	٥٢٠ ألف دولار	٦٠٠ ألف دولار	الصيانة
-	٣.٤٥٦ مليون دولار	٣.٦ مليون دولار	إهلاك خط الأنابيب (%) ٣%
١.٢٤ مليون دولار	٢٠٠ ألف دولار	٢٠٠ ألف دولار	إهلاك المحطات (%) ٤%
٣١٠ ألف دولار	١.٢٠٢ مليون دولار	١.٢٥ مليون دولار	الضرائب (١% من إجمالي الاستثمار)
-	-	-	أى مصروفات أخرى
٤.٧٥ مليون دولار	٥.٧٧٨ مليون دولار	٦.٠٥ مليون دولار	إجمالي التكاليف السنوية المضافة
٣.٢٧٦ دولار /م ^٣	٣.٩٨٥ دولار /م ^٣	٤.١٧ دولار /م ^٣	تكلفة نقل المتر المكعب

جدول (٥)