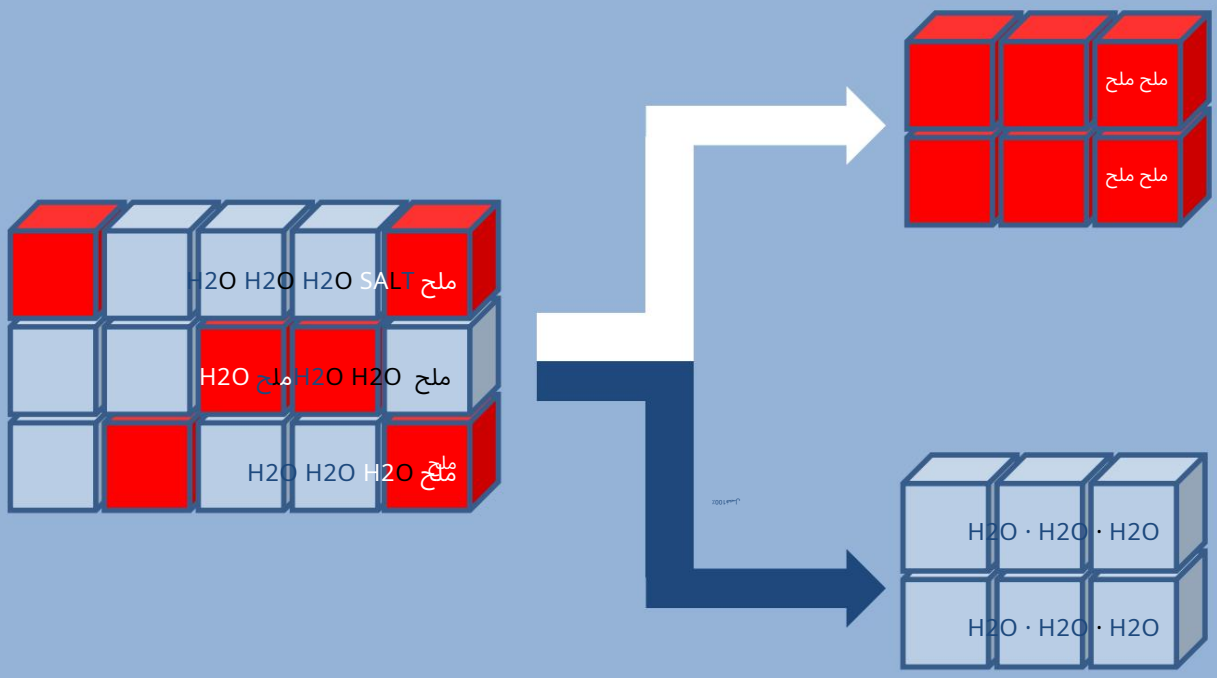
Machine Translated by Google

محلول ملحي خالٍ من السوائل

التفريغ (ZLD)

الأساسيات و

تصميم



دليل للتصور الأساسي لتصميم عملية ZLD / MLDوالتقنيات

ذات الصلة المعنية

LENNTECH
WATER TREATMENT SOLUTIONS

Machine Translated by Google

عندما بدأت البحث عن ، (Zero Liquid Discharge (ZLDاكتشفت أنه لا توجد أدلة مضغوطة لهذه العملية عبر الإنترنت. هذه هي الطريقة التي ولدت بها فكرة كتيب .ZLDيهدف هذا الدليل التقريبي إلى مساعدتك على فهم الأساسيات وتحديد الأفضل لحالة المعالجة بالمحلول الملحي. سيسعد فريقنا في BV Lenntechبمساعدتك في التفاصيل والعثور على أفضل الخيارات المتاحة التي من شأنها تقليل التكلفة وزيادة كفاءة مشروعك.

كريستوس شاريسياديس

R & Dمهندس

christos@lenntech.com

سبتمبر 2018

"tjilv"Zuinigheid met (التوفير والاجتهاد). كن مقتصدًا ، اعمل بجد! يتمسك الهولنديون بهاتين الفضيلتين فوق كل شيء.

Machine Translated by Google

فِهرِس

الفصل :1أساسيات محلول ملحي	1
.1ما هو محلول ملحي؟	1
.2تحلية المياه المالحة	1
2.1الكمية	3
2.2الجودة	3
2.3الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمحلول ملحي	4
2.3.1مضادات التكلس	5
الفصل الثاني: طرق المعالجة التقليدية بمحلول ملحي	8
.1التخلص التقليدي من المحلول الملحي	8
.2المقارنة	9
2.1مقارنة التكلفة	10
.3التشريعات التنظيمية	11
.4التنفيذ	11
.5البصمة	11
.6الموثوقية والقيود التشغيلية	11
.7تصريف المياه المالحة السطحية	13
7.1التأثيرات البيئية المحتملة	15
7.2متطلبات المعالجة بمحلول ملحي التناضح العكسي المحتمل	15
7.3تكاليف تصريف المياه السطحية	16
.8التخلص المشترك من المحلول الملحي مع مياه الصرف الصحي	18
8.1التأثيرات البيئية المحتملة	18
8.2التأثير على عمليات محطة معالجة المياه العادمة	18

Machine Translated by Google

8.3التأثير على إعادة استخدام المياه 19

8.4تكاليف تصريف المجاري الملحية 19

.9حقن محلول ملحي عميق 20

9.1التأثيرات البيئية المحتملة 21

9.2معايير وطرق تقييم الجدوى 21

9.3تكاليف بئر الحقن 22

.10برك التبخير المالح 23

10.1التأثيرات البيئية المحتملة 23

10.2معايير وطرق تقييم الجدوى 24

10.3تكاليف بركة التبخر 24

.11تطبيق محلول ملحي 26

11.1التأثيرات البيئية المحتملة 26

11.1.1الري 26

11.1.2التسلل السريع 27

11.2معايير وطرق تقييم الجدوى 27

الفصل :3تصميم ZLDالأساسي 28

.1ما هو ؟ZLD 28

.2السائقين 29

.3التطبيقات 30

.4تحديد العوامل 31

.5تكاليف التشغيل 31

.6التصميم الأساسي -كتل ZLD 32

6.1التركيز الأولي 33

.6.1.1غسيل كهربائي / عكس غسيل كهربائي 33

Machine Translated by Google

6.1.2.التناضح إلى الأمام 34

6.1.3.تقطير الغشاء 34

6.1.4أهمية التركيز المسبق في عملية ZLD 34

6.2التبخر والتبلور 36

7.الديلزة الكهربائية / عكس الضعف الجنسي 38

7.1وظيفة عملية EDR 39

7.2المزايا والعيوب 40

7.3تطبيقات صناعة العمليات 41

8.التناضح إلى الأمام 42

8.1وظيفة العملية 43

8.2المزايا والعيوب 45

8.3تطبيقات صناعة العمليات 46

9.التقطير بغشاء التلامس المباشر 47

9.1وظيفة العملية 47

9.2المزايا والعيوب 49

9.3تطبيقات صناعة العمليات 50

10.المبخرات 51

10.1اختيار المبخر المناسب 51

10.2تأثير فردي مقابل تأثير متعدد 52

10.3أنواع المبخر 54

10.4شرح العملية 55

10.5توفير الطاقة 56

10.5.1ضغط البخار الميكانيكي 57

11.المبلورات 59

Machine Translated by Google

11.1شرح العملية 59

11.2أملاح عالية الذوبان والمبخر BPR 60

.12الحد الأدنى لتصريف السائل (MLD) 62

MLD 12.1مقابل ZLD 62

12.2لماذا MLD؟ 62

12.3التكاليف المخفضة والأثر البيئي 64

12.4تقييم احتياجات MLD 64

الفصل 4: خيارات استعادة المياه المالحة من ZLD 66

Machine Translated by Google

الفصل :1محلول ملحي الأساسيات

.1ما هو محلول ملحي؟

المحلول الملحي على المدى الأوسع هو محلول سائل مع زيادة الملوحة ودرجة الحرارة وهو نتاج العديد من العمليات الصناعية والتعدين.

تشمل مصادر المحلول الملحي ،

(1تحلية المياه

(2عمليات التعدين

(3تعدين المحلول لقباب الملح لتخزين الهيدروكربونات

.2تحلية المياه المالحة

المحلول الملحي لتحلية المياه هو عبارة عن تيار سائل ناتج عن عملية التحلية يحتوي على تركيزات أعلى معظم المواد الصلبة الذائبة في التغذية وبعض إضافات المعالجة المسبقة (الكميات المتبقية من مواد التخثر ، ومواد الندف ، ومضادات التكلس) ، والملوثات الميكروبية ، والجسيمات التي تم رفضها بواسطة أغشية التناضح العكسي.

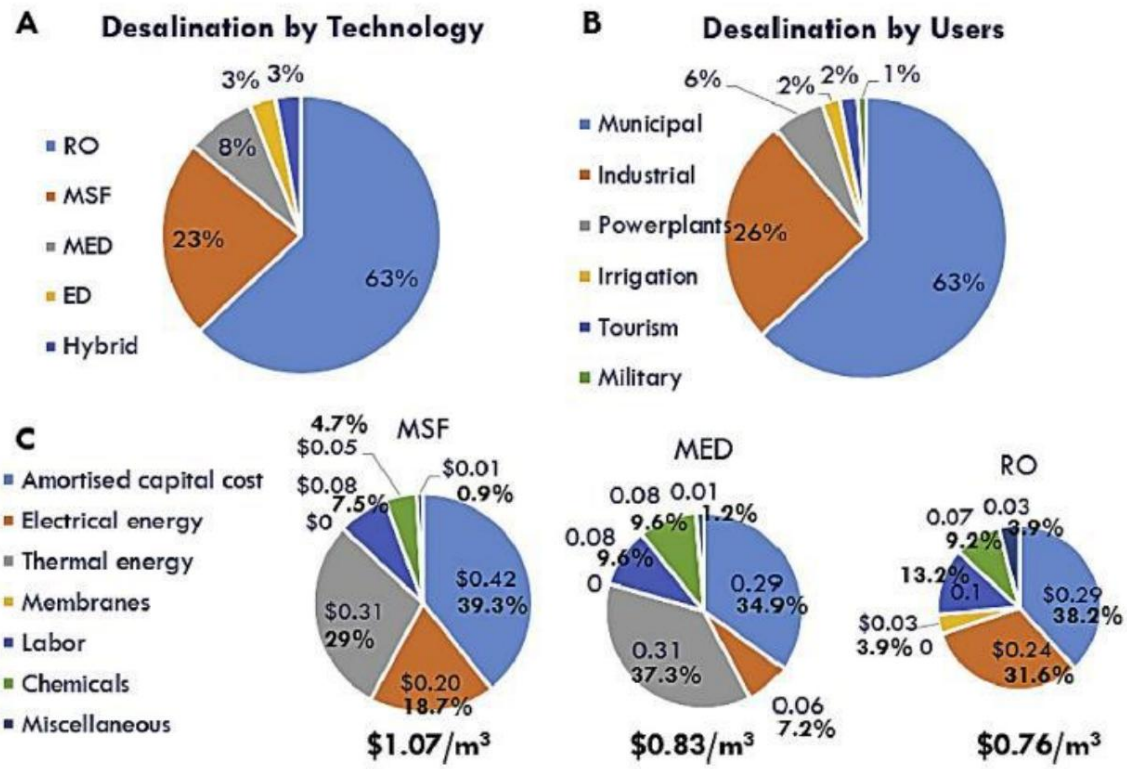
ازداد الطلب على العرض خلال العقد الماضي على كل من المياه الصالحة للشرب والمياه الصناعية ذات النوعية الجيدة. مع انخفاض مصادر المياه العذبة ، وزيادة السكان والتقدم الجديد في تكنولوجيا تحلية المياه ، تحول مزودو المياه إلى معالجة المياه قليلة الملوحة (BW)ومياه البحر (SW)لتلبية هذه المتطلبات.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

بحلول عام ، 2007ارتفع إجمالي المياه المنتجة في جميع أنحاء العالم إلى 47.6متر مكعب / يوم وبحلول عام 2015لتتضاعف مع 97.5متر مكعب / يوم بنسبة ٪ 45في الشرق الأوسط. ٪70من محطات التحلية بعد عام 2000كانت عبارة عن عمليات غشائية مما أدى إلى وصول إجمالي التناضح العكسي (RO)إلى ٪63من العمليات. ٪23عبارة عن فلاش متعدد المراحل (MSF)و ٪8تقطير متعدد التأثير (MED)والباقي عبارة عن غسيل كهربائي / (ED)عكس غسيل كهربائي (EDR)وهجينة. يمكن لمياه البحر RO (SWRO)تركيز تركيز الملح 1.3إلى 1.7مرة أعلى و MSF 1.1إلى 1.5مرة. تولد هذه العمليات ماء المنتج وبقايا سائلة بتركيز عالٍ من كلوريد الصوديوم (NaCl)و

الأملاح الذائبة الأخرى وتسمى محلول ملحي.



الشكل ، 1صناعة تحلية المياه حسب التكنولوجيا والمستخدمين ومكونات التكلفة (تفترض التكاليف تكلفة كهرباء 0.05دولار / كيلو وات في الساعة وسعر نفط 60دولارًا / برميل) ، تحلية المياه والاستدامة -تقييم ومنظور حالي ، Veera Gnaneswar Gude ، Water Research 89 (2016)

محلول ملحي مصطلح فضفاض للغاية في صناعة المياه ولكن هنا سنستخدمه للملوحة من 65000إلى 85000جزء في المليون (ملجم / لتر) إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)والتي لا يمكن معالجتها عن طريق عمليات التحلية التقليدية مثل RO(التناضحي (ROحد الضغط 70000جزء في المليون). على الرغم من أن التخلص منه قد يكون مشكلة حيث (1يزيد من ملوحة المسطحات المائية المستقبلة ، (2يؤثر على الحياة البحرية المحلية ، (3يحتوي على مواد كيميائية للمعالجة المسبقة وتنظيف الأغشية ، (4يحتوي على معادن من تآكل الأنظمة (النحاس ، (5 ، Cr) ، Mo ، Ni ، Feتخلق مشاكل جمالية (التلوين) ، (6تؤثر على طبقات المياه الجوفية القريبة من التسربات في أنابيب المحلول الملحي ، (7تسبب ضررًا دائمًا بسبب أعمال البنية التحتية للتصريف.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

إما أن يتم التخلص من المحلول الملحي بشكل مباشر قبل التخلص منه ولكن نظرًا للتشريعات الحكومية الأكثر تشددًا ، فإن طرق إدارة المياه المالحة التقليدية مثل تصريف المياه السطحية / العميقة ، وحقن الآبار العميقة أو التصريف إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي قد لا يكون خيارًا ممكنًا في المستقبل القريب.

2.1الكمية

تعتمد كمية المحلول الملحي على الطاقة الإنتاجية لمحطة التحلية ومعدل استعادتها والذي يتم التعبير عنه كنسبة مئوية (٪)من حجم المياه العذبة المنتجة إلى الحجم الإجمالي لمياه المصدر المالحة. استرداد BWROعادة من 70إلى ٪90و SWROعادة 40إلى .٪55ينتج عن الاسترداد العالي حجم تركيز أصغر (ملوحة أعلى) والعكس صحيح. يمكن حساب حجم المحلول الملحي الذي تنتجه محطة التحلية على النحو التالي:

$$Vb = Vp \times (1-R) / R. \quad (1)$$

أين،

Vp = تخلل الحجم

Vb = حجم المحلول الملحي

R = تخلل معدل الاسترداد (٪)

2.2الجودة

تعتمد جودة المحلول الملحي على ،

.1ملوحة العلف .2رفض أغشية تحلية المياه للملوحة .3الاسترداد الكامل

يتراوح عامل تركيز BWROعادةً من 4إلى 10بينما يكون SWROعادةً 1.5إلى 2.0مرة. يعتمد المحلول الملحي (TDSb) TDSعلى التغذية وتتخلل تركيزات (TDSf) TDSو (TDSpواستعادة المصنع ، (Y)

$$TDSb = TDSf \times 1 / (1-R) \times (RxTDSp) / (100x (1-Y)) \quad (2)$$

يمكن حساب التركيز على النحو التالي ،

$$CF (\%) = 1 / (1-R) \quad (3)$$

إذا كان ممر الملح الغشائي معروفًا ، فيمكن حساب CFعلى النحو التالي ،

$$CF (\%) = [1 - (R \times SP)] / (1-R) \quad (4)$$

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

أين

رفض الملح SP (٪) = 1 - ٪ تخلل = TDS (TDSp) / TDS (TDSf)تغذية (5)

يتم تقييد CFالملح بشكل أساسي بسبب الضغط الأسموزي المتزايد في المحلول الملحي. بالنسبة لـ SWRO ، هذا الحد هو ca. 65000إلى 80000ملجم / لتر. الاسترداد الأمثل لنظام SWROبمرور واحد هو 40إلى ٪45ويتحرك CFفي نطاق من 1.5إلى .1.8للمقارنة ، عادةً ما يكون لمصانع BWROمستردات من

70إلى ٪90وعوامل تركيز من 4إلى .10

اعتمادًا على جودة العلف ، يمكننا استخدام القواعد التالية للتنبؤ بجودة المحلول الملحي

.1درجة حموضة المحلول الملحي أعلى من العلف لأنها تحتوي على نسبة عالية من القلوية.
.2ترفض أغشية التناضح العكسي المعادن الثقيلة بنسب مماثلة للكالسيوم والمغنيسيوم .3يتم رفض معظم المواد العضوية في أقل من ٪95(باستثناء تلك ذات الوزن الجزيئي المنخفض .4 ((MW)من المحتمل أن تكون المياه الجوفية (GW)محلول ملحي BWROتكون لاهوائية وتحتوي على الهيدروجين

كبريتيد (H2S)

إذا تم تضمين المعالجة المسبقة في عملية التحلية ، فإن مياه تغذية التناضح العكسي ستقلل من مستويات مكونات معينة مثل المعادن المذابة والكائنات الدقيقة والجزيئات ولكن أيضًا زيادة طفيفة في تركيز الأيونات غير العضوية مثل الكبريتات والكلوريد والحديد في حالة استخدام مواد التخثر. قد يحتوي المحلول الملحي أيضًا على مواد عضوية متبقية من تكييف مياه المصدر بالبوليمرات ومضادات التكلس.

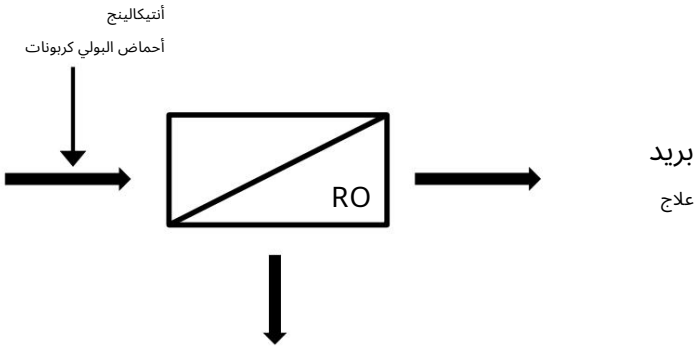
يحتوي المحلول الملحي المتولد على عكارة منخفضة (عادة أقل من ، (NTU 2وانخفاض إجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS)والطلب على الأكسجين الكيميائي الحيوي (BOD)(عادةً أقل من 5مجم / لتر) لأن معظم الجسيمات الموجودة في التغذية بسبب إزالتها من المعالجة المسبقة . ولكن إذا تم خلط التيارات الجانبية للمعالجة المسبقة للمصنع وتصريفها بالمحلول الملحي ، فقد يؤدي المزيج إلى زيادة التعكر والمواد الصلبة الذائبة وأحيانًا الطلب الأوكسجيني البيولوجي. يتم رفض الأحماض ومثبطات التقشر المضافة إلى مياه التغذية بواسطة غشاء SWROوتؤثر أيضًا على المحتوى المعدني ونوعية المحلول الملحي. عادة ما تكون مستويات مثبطات التقشر في التركيز أقل من 20مجم / لتر.

2.3الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمحلول ملحي

يتراوح معدل تحويل عمليات التناضح العكسي (الشكل (2بين 20إلى .٪50

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



الشكل ، 2رسم تخطيطي للإضافات الكيميائية في عملية التناضح العكسي.

2.3.1مضادات التكلس

أنواع التحجيم في محطات التناضح العكسي هي بشكل أساسي كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وكبريتات الباريوم. من أجل تطبيق controsمقياس ، العلاج الحمضي والجرعة المضادة للتكلس. في ، ROكان حمض الكبريتيك هو الأكثر استخدامًا ولكن استخدام مضادات التكلس ، مثل البولي فوسفات أو الفوسفونات أو أحماض البولي كربونات ، أصبح شائعًا جدًا بسبب الآثار السلبية للعلاج بالأحماض غير العضوية.

الجدول ، 1الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمحلول ملحي من تحلية مياه البحر والآثار البيئية / البيئية المحتملة من التخلص منه.

التأثيرات البيئية / البيئية	مصانع ال MSF	محطات التناضح العكسي	
الخصائص الفيزيائية			
يمكن أن تكون ضارة يقلل من الحيوية والتنوع البيولوجي بقيم أعلى ؛ غير ضار بعد التخفيف الجيد	أعلاه إلى 50000ملغم / لتر ، 15-5 ±درجة حرارة مياه البحر المحيطة	65000-85000ملجم / لتر في الجو المحيط درجة حرارة مياه البحر	الملوحة ودرجة الحرارة
طفو إيجابيًا أو محايدًا أو سلبًا اعتمادًا على العملية ، والاختلاط بمياه التبريد من محطات الطاقة المجمعة وطبقات الكثافة المحيطة			
يمكن أن تكون ضارة يمكن أن يكون محلي تأثير على التنوع البيولوجي		عافيه سلبا	كثافة عمود
/	يمكن أن يكون تحت مياه البحر المحيطة هل بسبب نزع الهواء الجسدي واستخدام كاسحات الأكسجين	إذا تم استخدام مآخذ الآبار: عادة ما تكون أقل من الأكسجين المذاب في مياه البحر المحيطة بسبب انخفاض محتوى الأكسجين المذاب مصدر المياه إذا فتح مآخذ مستخدمة: تقريبا نفس مياه البحر المحيطة DO تركيز	الأكسجين المذاب (DO)

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

مضافات التحكم في الحشف الحيوي والمنتجات الثانوية			
شديد السمية للعديد من الكائنات الحية في منطقة الخلط ، ولكن بسرعة متدهورة ، THM - RO - MSF	تقريبا. 25-10٪من جرعة تغذية مياه المصدر ، إذا لم يتم تحييدها	تستخدم للسيطرة على الحشف الحيوي ، هذه عادة ما يتم تحييدها من قبل يدخل الماء الأغشية لمنع تلف الغشاء	إذا كان الكلور أو المؤكسدات الأخرى الكلور
تأثيرات مسرطنة. الآثار المزمنة المحتملة ، الأكثر ثباتًا ، والتشتت مع التيار ، والطريق الرئيسي للخسارة هو التبخر الشامل	تكوين وتركيزات مختلفة ، عادة ثلاثي الميثان	عادةً ما يكون المحتوى منخفضًا دون المستويات الضارة	المواد العضوية المهلجنة
إزالة المواد الصلبة العالقة			
غير سامة. زيادة العكارة المحلية / قد يزعج البناء الضوئي؛ ممكن التراكم في الرواسب	غير موجود (العلاج غير مطلوب)	قد تكون موجودة إذا كان مصدر المياه مشروط وفلتر لا تتم معالجة مياه الغسيل العكسي. قد يتسبب في تلوين مياه الصرف إذا لم تتم موازنتها قبل التصريف	مواد التخثر (مثل كلوريد الحديد الثالث)
/	غير موجود (العلاج غير مطلوب)	قد يكون موجودًا إذا كان مصدر المياه مكيفًا والمرشح مساعدات التخثر (مثل بولي أكريلاميد) لا تتم معالجة مياه الغسيل العكسي	
إضافات التحكم في المقياس			
تدهور ضعيف أو معتدل +إجمالي الأحمال العالية تراكم مزمن آثار ، آثار جانبية غير معروفة	عادةً ما يكون المحتوى المنخفض أقل من المستويات السامة (يتفاعل مع مياه البحر لإحداث مركبات غير ضارة ، أي الماء والكبريتات. الحموضة تستهلك بواسطة مياه البحر القلوية بشكل طبيعي ، بحيث يكون الرقم الهيدروجيني للتصريف مشابهًا أو أقل قليلاً من أقل بقليل من مياه البحر المحيطة). عادة ما يكون المحتوى منخفضًا دون المستويات السامة مياه البحر المحيطة)	غير موجود (يتفاعل مع مياه البحر لإحداث مركبات غير ضارة ، مثل الماء والكبريتات ؛ الحموضة تستهلكها مياه البحر القلوية بشكل طبيعي ، بحيث عادة ما يكون الرقم الهيدروجيني للتصريف مشابهًا أو	حمض مضادات التكلس (H2SO4)
إضافات التحكم بالرغوة			
غير سام في التركيز المستويات. التحلل الجيد	عادةً ما يكون المحتوى منخفضًا دون المستويات الضارة	[illegible] (مثل بولي جليكول)	
الملوثات الناتجة عن التآكل			
النحاس- 100-15) MSFملجم / لتر) - سمية حادة منخفضة لمعظم الأنواع ؛ خطر كبير من التراكم والمدى الطويل تأثيرات؛ التراكم البيولوجي يتتبع المعادن فقط ؛ مكونات مياه البحر الطبيعية جزئيًا ؛ لا توجد آثار سامة أو طويلة المدى (باستثناء النيكل المحتمل في أطباء بلا حدود)	قد يحتوي على تركيزات مرتفعة من النحاس والنيكل إذا استخدام مواد غير مناسبة للمبادلات الحرارية	قد تحتوي على مستويات مرتفعة من الحديد والكروم والنيكل والموليبدينوم إذا كانت منخفضة الجودة استخدم فيها الفولاذ المقاوم للصدأ	معادن ثقيلة

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

كيماويات التنظيف			
عالية الحمضية أو القلوية محاليل التنظيف التي قد تسبب سمية بدون معادلة ، مطهرات شديد السمية عند مستوى منخفض للغاية التركيزات والمنظفات سمية معتدلة ؛ عوامل معقدة قابلة للتحلل بشكل سيئ للغاية محاليل تنظيف - MSFدرجة حموضة منخفضة ، مانع للتآكل -محاليل تنظيف حمضية عالية تسبب سمية دون تحييد سمية منخفضة ؛ فقير التحلل	محلول حمضي (pH 2)يحتوي على مثبطات التآكل مثل مشتقات بنزوتريازول	المحاليل القلوية (الرقم الهيدروجيني (12-11أو الحمضية (الرقم الهيدروجيني (3-2مع إضافات مثل: المنظفات (مثل دوديسيل كبريتات) ، والعوامل المعقدة (مثل ، (EDTAوالمواد المؤكسدة (مثل بيربورات الصوديوم) ، والمبيدات الحيوية (مثل الفورمالديهايد)	كيماويات التنظيف

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

الفصل :2

محلول ملحي تقليدي

طرق العلاج

.1التخلص التقليدي من المحلول الملحي

الخيارات الخمسة التقليدية لإدارة المحلول الملحي في الولايات المتحدة (الجدول 2والشكل ، (3

.1تصريف المياه السطحية .2 (45٪)تصريف
المجاري .3 (27٪)حقن الآبار العميقة .4 (13٪)
استعمال الأرض .5 (8٪)برك التبخير (4٪)

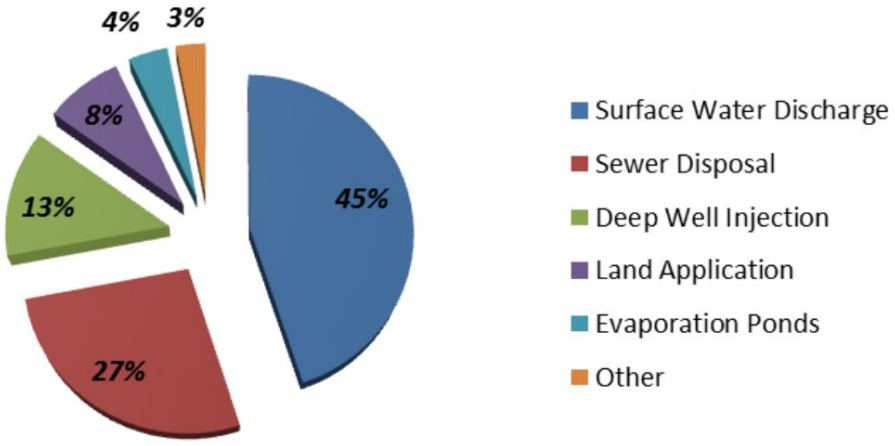
الجدول ، 2طرق التخلص من المحلول الملحي الأكثر شيوعًا في الولايات المتحدة

٪من الكل سعة	المبدأ والوصف	طريقة التخلص من المحلول الملحي
13	يتم حقن المحلول الملحي في التكوينات الصخرية المسامية تحت السطح	حقن الآبار العميقة
8	يستخدم المحلول الملحي لري المحاصيل والأعشاب التي تتحمل الملح	تطبيق الأرض

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

4	يسمح للمحلول الملحي بالتبخر في البرك بينما تتراكم الأملاح المتبقية في قاعدة البركة	برك التبخير
27	تصريف المحلول الملحي في نظام تجميع مياه الصرف الصحي الحالي. منخفضة التكلفة والطاقة	تصريف المجاري
45	يتم تصريف المحلول الملحي على سطح مياه البحر. الطريقة الأكثر شيوعًا لكل الأشخاص الكبار مرافق تحلية المياه في جميع أنحاء العالم	تصريف مياه البحر سطح
	يتم تفريغ المحلول الملحي من الشاطئ من خلال ناشرات متعددة المنافذ مثبتة في الجزء السفلي من بحر	تصريف مياه البحر المغمورة



الشكل ، 3طرق التخلص من المحلول الملحي الأكثر شيوعًا في الولايات المتحدة

يعتبر تصريف المياه السطحية هو البديل الأكثر شيوعًا لأنه يمكن تطبيقه على جميع أحجام محطات التحلية. التخلص من مياه المجاري هو الطريقة الأكثر تطبيقًا لتصريف محطات تحلية المياه الصغيرة. يعد تطبيق حقن الآبار العميقة أكثر ملاءمة لمصانع BWالداخلية المتوسطة والكبيرة الحجم. عادة ما يتم تطبيق برك استخدام الأراضي والتبخير في النباتات الصغيرة والمتوسطة الحجم حيث توفر ظروف المناخ والتربة معدلات تبخر عالية ونمو وحصاد نباتات ملحية على مدار العام.

.2المقارنة

يتم عرض المزايا والعيوب الرئيسية لخيارات إدارة المحلول الملحي الأكثر شيوعًا في الجدول .4

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

الجدول ، 4مقارنة بين طرق إدارة المحاليل الملحية

إدارة محلول ملحي طريقة	مزايا	سلبيات
تصريف المياه السطحية	.1يمكن استخدامها لجميع أحجام النباتات. .2فعالة من حيث التكلفة للمحلول الملحي المتوسط إلى الكبير معدلات التدفق	.1قد يكون للمحلول الملحي تأثير سلبي في الأحياء المائية النظام البيئي 2. إجراءات تصريح صعبة ومعقدة
تصريف المجاري	.1انخفاض تكاليف البناء والتشغيل .2سهولة التنفيذ .3انخفاض استهلاك الطاقة	.1يقتصر على تدفقات المحلول الملحي صغيرة الحجم الآثار السلبية المحتملة على عمليات معالجة مياه الصرف الصحي
حقن الآبار العميقة	.1مناسبة لمحطات تحلية المياه الداخلية .2تكاليف معتدلة .3انخفاض استهلاك الطاقة	.1ممكن فقط إذا كانت طبقة المياه الجوفية شديدة الملوحة متاح 2. تلوث محتمل للمياه الجوفية
برك التبخير	.1سهل البناء والتشغيل .2الاستخدام الداخلي والساحلي	.1يقتصر على تدفقات المحلول الملحي الصغيرة .2ارتفاع البصمة والتكاليف
تطبيق الأرض	.1سهل التنفيذ والتشغيل .2الاستخدام الداخلي والساحلي	.1ارتفاع الأثر والتكاليف .2يقتصر على المصانع الصغيرة

2.1مقارنة التكلفة

يعرض الجدول 5تكاليف تشييد 40.000متر مكعب / يوم من محطات تحلية المياه باستخدام المياه العذبة و التناضح العكسي للمياه المالحة بنسبة 10.000 - 80٪متر مكعب / اليوم من محلول ملحي و 45٪استرجاع 48.900 -متر مكعب / يوم من محلول ملحي على التوالي.

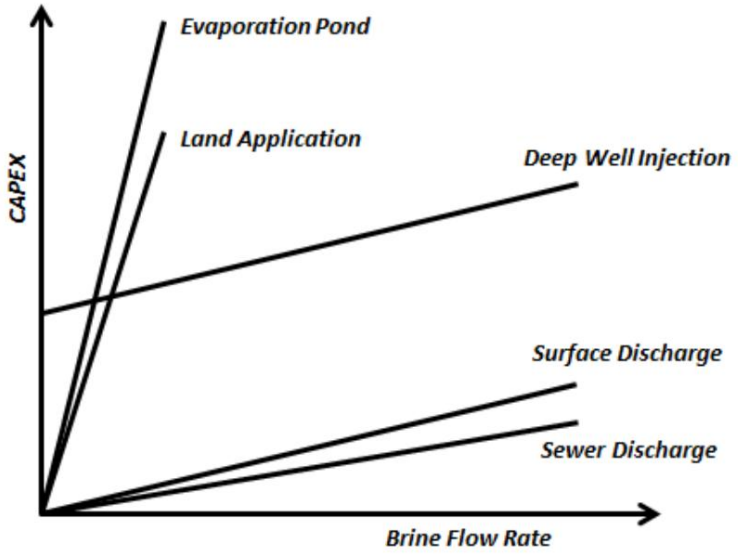
الجدول ، 5تكاليف البناء لطرق التخلص من المحلول الملحي لمحطة تحلية نظرية تبلغ 40.000متر مكعب / يوم

طريقة التخلص من المحلول الملحي	BWROمم) $)	SWROمم) $)
6.5-30	2-10	تصريف المياه السطحية
1.5-6	0.5-2	تصريف المجاري
15-25	4-8	حقن ا لآبار العميقة
140-180	30-50	بركة التبخر

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

رش الري	8-10	30-40



الشكل ، 4مقارنة تكلفة طرق التخلص من المحاليل الملحية الخشنة التقليدية

.3التشريعات التنظيمية

عادةً ما يتم تفريغ المياه المالحة في المجاري (تقتصر على تدفقات المياه المالحة الصغيرة) أو في المياه السطحية (البحر أو المحيط أو الأنهار) بشكل أفضل في التشريعات نظرًا لاستخدامها الشائع. عادة ما تكون أحواض التبخير المبطنة بنظام مراقبة التسرب أسهل في الحصول على تصريح بدلاً من تطبيق الأرض (التخلص من RIBوالري بالرش) لأنها أكثر حماية لخزانات المياه الجوفية المحلية.

.4التنفيذ

غالبًا ما تكون مدة إنشاء بعض أنظمة التخلص من المياه المالحة ، مثل مصبات المياه الطويلة في المحيط مع هياكل ناشرة معقدة ، هي نفسها في الغالب لوقت إنشاء محطة التحلية نفسها وتتضمن دراسات بيئية مطولة ومراجعة تنظيمية.

كما أن الضلوع الضلع وآبار الحقن العميقة تتضمن دراسات مفصلة وغالبًا ما تمتد من ستة أشهر إلى عام واحد حول ملاءمة الموقع والقيود. عادة ما يكون التصريف في المجاري الصحية أسهل طريقة لتنفيذ بديل إدارة المركز.

.5البصمة

أصغر موقع ينتمي عادةً إلى تصريف المجاري وعادة ما يكون لأحواض التبخر أكبر متطلبات الموقع.

.6الموثوقية والقيود التشغيلية

آبار الحقن العميقة ليست مناسبة في المناطق الزلزالية وتتطلب توفر طبقات المياه الجوفية العميقة وعالية الملوحة. ستحتاج آبار الحقن إلى فحص دوري و

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

الصيانة ، والتي تتطلب إما بديلًا احتياطيًا للتخلص أو تثبيت نسخة احتياطية
آبار.

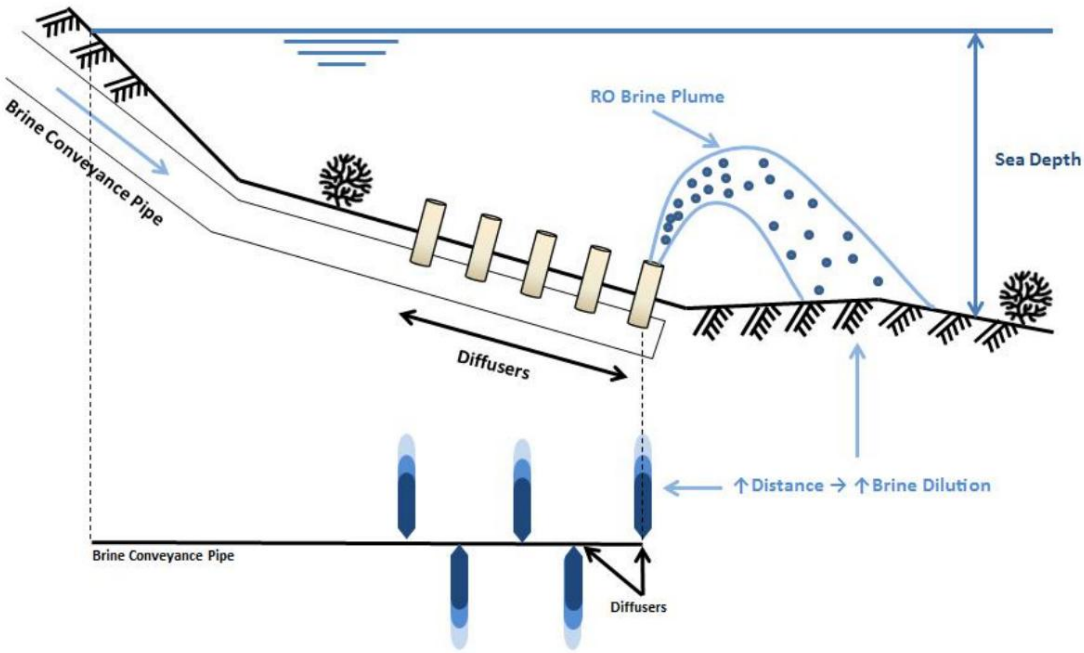
لا تعد آبار الشواطئ الضحلة مناسبة عندما يكون موقعها شديد التعرية للشواطئ.

قد تكون خيارات إدارة المياه المالحة مثل برك التبخير أو استخدام الأرض موسمية بطبيعتها ، وفي هذه الحالة يلزم وجود بديل احتياطي لتحسين موثوقيتها.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

7.تصريف المياه المالحة السطحية



الشكل ، 5محلول ملحي يتم تصريفه على سطح مياه البحر أو قبالة الشاطئ من خلال ناشرات متعددة المنافذ مثبتة في قاع البحر.

تصريف المحلول الملحي للمياه السطحية إلى مسطح مائي مفتوح مثل ،

سلبيات (-)	المزايا (+)
التأثير السلبي على النظام البيئي المائي	يمكن استخدامها للجميع أحجام النبات
إجراءات تصريح صعبة ومعقدة	فعالة من حيث التكلفة متوسط إلى كبير محلول ملحي معدلات التدفق

•خليج بحيرة مدية

•قناة مائلة للملوحة

•محيط

الطرق الأكثر استخدامًا لتصريف المحلول الملحي إلى المسطحات المائية هي ،

(1التصريف السطحي المباشر القريب أو البعيد من الشاطئ (2التصريف في محطة معالجة مياه الصرف الصحي

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

يتم تطبيق التصريف السطحي للمحلول الملحي وبقية مجاري نفايات محطة التحلية (بالقرب من الشاطئ أو في الخارج) بشكل أساسي لمشاريع تحلية المياه في جنوب غرب بكافة الأحجام. أكثر من 90٪من محطات تحلية المياه في جنوب غرب كبير في جميع أنحاء العالم تتخلص من المحلول الملحي بهذه الطريقة ، على سبيل المثال ، 462000متر مكعب / يوم من محطات التناضح العكسي للمياه العذبة في الخضيرة ، إسرائيل ، 136000متر مكعب / يوم من محطة تحلية المياه في طواسو في سنغافورة ، 64000متر مكعب / يوم منشأة لارنكا لتحلية المياه في قبرص ، ومعظم محطات التناضح العكسي للمياه العذبة الكبيرة في إسبانيا وأستراليا والوسط

شرق.

تم تصميم مصبات المياه المالحة لتصريف المركز وذلك لتقليل حجم المنطقة التي ترتفع فيها الملوحة بما يتجاوز تحمل المواد الصلبة الذائبة للنظام البيئي المائي.

يتم ذلك عن طريق تسريع خلط المحلول الملحي مع ماء الجسم المائي المستقبِل عن طريق ،

(1قدرة الخلط لمنطقة المد والجزر المحلية

(2تفريغ المحلول الملحي خارج منطقة المد والجزر وتركيب ناشرات في نهاية أنبوب التفريغ من أجل تحسين الخلط

عادة ما تتمتع مناطق المد والجزر القريبة من الشاطئ بقدرة محدودة على نقل وتبديد حمل الملوحة المرتفع. إذا تجاوز حمل الملح قدرة النقل في منطقة المد والجزر ، فإن الأملاح الزائدة سوف تتراكم ، مما يؤدي إلى زيادة الملوحة على المدى الطويل عادة بما يتجاوز مستوى قدرة النظام البيئي المائي. يمكن تحديد سعة نقل / خلط الملوحة في مناطق المد والجزر باستخدام النمذجة الهيدروديناميكية.

بالنسبة لمحطات التحلية الصغيرة 1000)متر مكعب / يوم) ، عادةً ما يتم إنشاء المصب كأنبوب مفتوح يمتد عدة مئات من الأمتار في الجسم المائي المستقبِل ، معتمداً على اضطراب الخلط في منطقة المد والجزر لتبديد المحلول الملحي وتقليل الملوحة في الظروف المحيطة. عادةً ما تقوم معظم محطات تحلية مياه البحر الكبيرة بتمديد تصريف المحلول الملحي خارج منطقة المد والجزر وتجهيز أنابيبها بالناثرات من أجل توفير الخلط الضروري الذي يمنع العمود الملحي الثقيل من التراكم في قاع المحيط ، مع الأخذ في الاعتبار الهيدروديناميكية الخاصة بالموقع المحدد. شروط.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

7.1التأثيرات البيئية المحتملة

القضايا الرئيسية لموقع مناسب لنظام تصريف المحلول الملحي هي ،

(1العثور على منطقة لا توجد بها أنواع مهددة بالانقراض وأنظمة بيئية مائية مجهدة (2ابحث عن موقع به تيارات قوية تحت الماء تسمح بالتبديد السريع والفعال للتصريف عالي الملوحة (3تجنب المناطق التي بها حركة مرور السفن التي يمكن أن تلحق الضرر بنظام تصريف المحلول الملحي وتغييره. أنماط الاختلاط (4تحديد موقع التصريف في المياه الضحلة نسبيًا وعلى مقربة من الخط الساحلي

لتقليل تكاليف البناء

تشمل القضايا البيئية الرئيسية المرتبطة بالتخلص من المياه المالحة في المياه السطحية ما يلي:

(1تحمل الملوحة في النظام البيئي المائي المحلي (2رفع تركيز بعض مكونات المياه إلى مستويات ضارة (3تغير اللون وانخفاض محتوى الأكسجين

يشتمل تقييم جدوى التخلص من المحلول الملحي في مسطح مائي سطحي على المفتاح التالي
مشاكل

(1تقييم تشتت عمود التصريف وإعادة تدويره (2تقييم سمية التصريف (3تقييم ما إذا كانت جودة مياه الصرف تلبي معايير جودة المياه من خلال

الوكالات التنظيمية ذات الصلة
(4تقييم قدرة ملوحة النظام البيئي المائي المحلي من أجل تصميم
التفريغ ضمن مسافة قليلة

7.2متطلبات المعالجة بمحلول ملحي التناضح العكسي المحتمل

عادة ، لا تتطلب المياه المالحة لتحلية المياه في جنوب غرب من مآخذ المحيطات المفتوحة معالجة قبل التصريف. نظرًا لحقيقة أن تكوينها الأيوني مشابه لتكوين منطقة التصريف في المحيط ، وبالتالي لا تشكل عادةً تهديدًا لاختلال التوازن الأيوني على النظام البيئي المحلي.

ثم يتم تصريف المحلول الملحي باستخدام نظام ناشر أو يتم مزجه بمياه البحر المصدر وصولاً إلى مستوى ملوحة يكون آمنًا للتصريف المباشر (عادة 40،000 مجم / لتر) دون الحاجة إلى

مزيد من الانتشار.

ومع ذلك ، إذا استخدمنا بئرًا لتجميع مياه البحر العلفية ، فقد يتغير لون مركز تحلية المياه بسبب زيادة تركيز الحديد أو انخفاض تركيز الأكسجين أو احتوائه على مكونات تنشأ الحاجة إلى المعالجة قبل تصريفها في المحيط.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

قد تحتوي مياه البحر التي يتم تجميعها من طبقات المياه الجوفية الساحلية الغرينية عن طريق آبار الشاطئ على مستويات عالية من الحديد (Fe)والمنغنيز (Mn)في شكل مختزل. في المعالجة بالتناضح العكسي ، يتم الاحتفاظ بالتغذية دون التعرض للهواء أو الأكسجين ، مما يحافظ على الحديد والمنغنيز في صورة مذابة مذابة تكون فيها عديمة اللون. ترفض أغشية التناضح العكسي بسهولة الأيونات الذائبة ويتم الاحتفاظ بها في محلول التحلية. في حالة تعرض هذا المركز للهواء ، سيتحول الحديد من الشكل المختزل (عادةً كبريتيد الحديديك ، (Fe2S3إلى شكل مؤكسد (هيدروكسيد الحديديك ، FeO (OH) .((FeO (OH)له لون أحمر ويمكن أن يؤدي إلى تدهور المظهر المرئي لمنطقة التفريغ. لذلك يجب أكسدة الحديد الموجود في مياه التغذية بشكل مخفض وإزالته في نظام المعالجة المسبقة أو يحتاج المحلول الملحي إلى المعالجة بالترسيب لإزالة الحديد .O (OH)

كما يمكن أن يؤدي تصريف المحلول الملحي مع الأكسجين الذائب المنخفض (DO)إلى استنفاد الأكسجين وإجهاد النظام البيئي المائي المحلي. في مثل هذه الحالة يجب إعادة تهوية المحلول الملحي.

7.3تكاليف تصريف المياه السطحية

تكاليف بناء تصريف المحلول الملحي للمياه السطحية هي دالة على العوامل المحددة للموقع التالي ،

(1معدل تدفق تصريف المحلول الملحي (2التصريف بالقرب من الشاطئ أو في الخارج (3مواد البناء (4تعقيد نظام موزع التصريف (5تكاليف نقل المحلول الملحي من محطة التحلية إلى تصريف المياه السطحية

المصب

(6تكاليف معالجة المحلول الملحي (إذا لزم الأمر) (7المراقبة البيئية للتصريف

علينا أيضًا أن نأخذ في الاعتبار تكاليف تركيب خط أنابيب المصب فوق أو تحت الأرض والتي ستؤثر على التكلفة الإجمالية. يمكن أن تؤدي ظروف الأرض غير العادية إلى زيادة تكلفة تركيب نظام خطوط الأنابيب بشكل كبير. عادة ما تكون تكلفة حفر الخنادق تحت الماء 3إلى 5مرات أكثر من حفر الخنادق على الأرض الجافة. لذا فبدلاً من تثبيت المصب في خندق ، غالبًا ما يتم وضعه في قاع المحيط ويتم تثبيته بواسطة كتل خرسانية تقع كل 5إلى 10أمتار على طول طول المصب بالكامل.

تتناسب تكاليف نقل المركز مع معدل تدفق المحلول الملحي والمسافة بين محطة التحلية ومخلفات التصريف. إن تكاليف إنشاء المصب وحجم المصب وتكوين نظام الناشر (الذي يتأثر بحجم (1حجم المحلول الملحي ، (2الملوحة و (3الظروف الهيدروديناميكية) خاصة بالموقع.

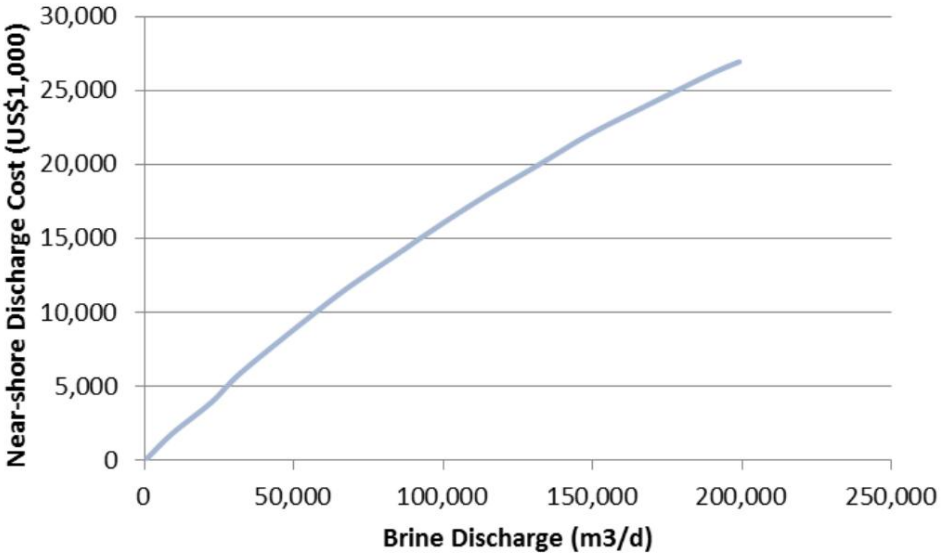
ويرد في الشكل 6نهج تقريبي لتكاليف تشييد عمليات تصريف المياه القريبة من الشاطئ كدالة لمعدل تدفق المحلول الملحي. ويصور الشكل 7تكلفة بناء الوحدة من البولي إيثيلين عالي الكثافة

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

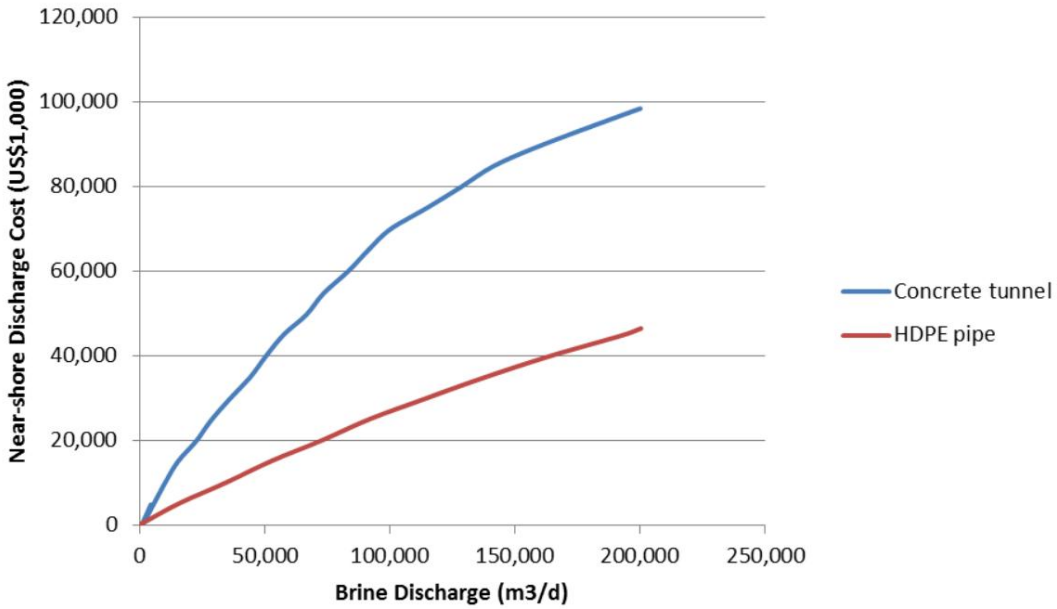
Machine Translated by Google

خط الأنابيب ومخلفات الأنفاق الخرسانية بالدولار الأمريكي / متر طولي بطول المصب دون تضمين تكاليف نقل المحلول الملحي من محطة التحلية إلى هيكل المصب ، لمعالجة المياه المالحة (إذا لزم الأمر) أو للمراقبة البحرية للتصريف. قد تكون تكاليف المراقبة البيئية كبيرة ، خاصة إذا كان التصريف حساسًا بيئيًا

منطقة.



الشكل ، 6تكاليف إنشاء تصريف المحلول الملحي بالقرب من الشاطئ



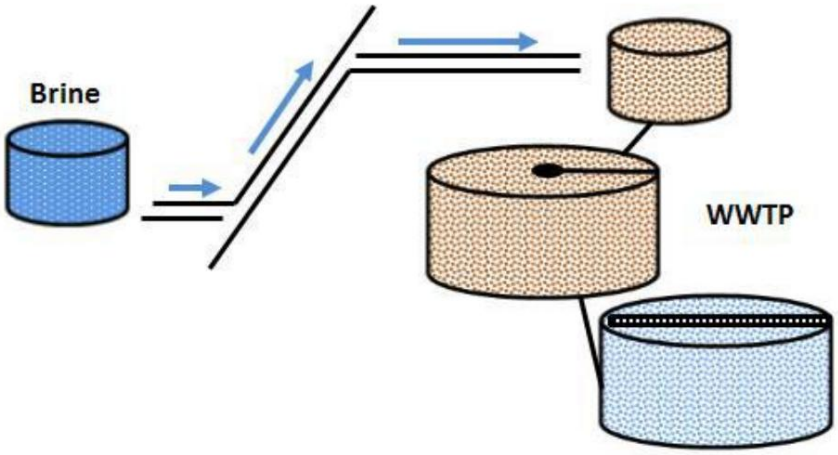
الشكل ، 7تكاليف تصريف المحلول الملحي بالقرب من الشاطئ

عادةً ما تكون عمليات التصريف القريبة من الشاطئ هي الخيار الأقل تكلفة. إن تسرب HDPEمن نفس الحجم يكون أكثر تكلفة بنسبة 30٪ونفق تحت الأرض أكثر تكلفة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

8.التخلص المشترك من المحلول الملحي مع مياه الصرف الصحي



الشكل ، 8تصريف المحلول الملحي في نظام تجميع مياه الصرف الصحي الحالي

سلبيات (-)	المزايا (+)
يقتصر على الحجم الصغير يطفو	البناء المنخفض و تكاليف العملية
ضار محتمل تأثيرات على محطات معالجة مياه الصرف الصحي عمليات	سهل التنفيذ
طاقة منخفضة / استهلاك	

يعتبر تصريف المحاليل الملحية إلى أقرب نظام صرف صحي مناسبًا فقط للأحجام الصغيرة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي ذات السعة الكبيرة ، نظرًا للتأثير المحتمل للمحلول الملحي المرتفع للمواد الصلبة الذائبة على عمليات معالجة مياه الصرف الصحي. في معظم البلدان ، يتم تنظيم تصريف المحلول الملحي في محطة معالجة مياه الصرف الصحي من خلال المتطلبات المطبقة على التصريفات الصناعية للسلطة المسؤولة.

8.1التأثيرات البيئية المحتملة

يمكن أن يكون لتصريف محطة التحلية إلى مجاري الصرف الصحي تأثيرات بيئية مشابهة لتلك الناتجة عن التصريف المشترك

التركيز ومخلفات معالجة مياه الصرف الصحي.

8.2التأثير على عمليات محطة معالجة المياه العادمة

طريقة التخلص من المحلول الملحي محدودة بسبب القدرة الهيدروليكية لنظام تجميع مياه الصرف الصحي وقدرة عمليات معالجة مياه الصرف الصحي.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

عادة ما يتم تقييد عملية المعالجة البيولوجية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بسبب الملوحة العالية (إجمالي المواد الصلبة الذائبة> 3000مجم / لتر). لذلك يجب تقييم تحمل الملوحة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي قبل تفريغ المحلول الملحي لمحطة تحلية المياه في المجاري. نظرًا لكون المواد الصلبة الذائبة المؤثرة 1000مجم / لتر في العديد من المرافق الواقعة على طول ساحل المحيط ، وأن المياه المالحة الملحية في مياه الصرف الصحي والمياه المالحة تبلغ 65000مجم / لتر ، يجب أن تكون سعة محطة معالجة مياه الصرف الصحي 30إلى 35مرة أعلى من الحجم اليومي للمحلول الملحي التفريغ للحفاظ على تركيز المواد الصلبة الذائبة المؤثرة 3000>مجم / لتر.

8.3التأثير على إعادة استخدام المياه

إذا كان هناك إعادة استخدام لمياه معالجة مياه الصرف الصحي ، فإن كمية المحلول الملحي تكون محدودة بما يلي:

(1ملوحتها (2تراكيز الصوديوم والكلوريدات والبورون

يمكن أن تؤثر هذه المكونات بشدة على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي السائلة خاصة إذا تم استخدامها للري بسبب عمليات معالجة محطة معالجة مياه الصرف الصحي النموذجية التي لا تزيل كمية كبيرة من هذه الملوثات. على الرغم من وجود محاصيل ونباتات بها نسبة تحمل أعلى من 1000مجم / لتر من المواد الصلبة الذائبة ، إلا أن معظم النباتات لا يمكنها تحمل مستويات الكلوريد> 250مجم / لتر. تحتوي مياه الصرف الصحي النموذجية على مستويات كلوريد 150 مجم / لتر ، بينما يمكن أن يحتوي محلول ملحي في جنوب غرب المحيط الهادئ على أكثر من 40000مجم / لتر.

8.4تكاليف تصريف المجاري الملحية

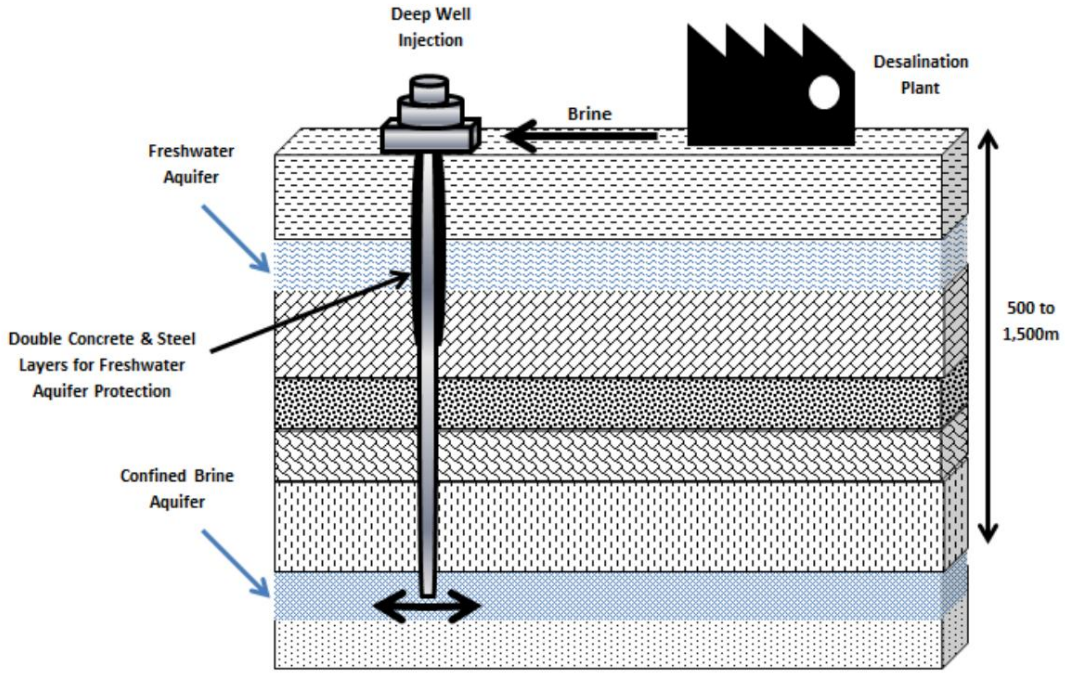
عادةً ما يكون تصريف المجاري الملحية أقل تكلفة ، خاصة إذا كان هناك بالفعل نظام لجمع مياه الصرف الصحي متاح بالقرب من موقع محطة تحلية المياه ، ويمكن لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي إدارة كمية المحلول الملحي.

الشروط وبالتالي التكاليف خاصة بالموقع ، والتكاليف الرئيسية هي لنقل التفريغ (محطة ضخ وخطوط الأنابيب) ورسوم التوصيل بالمجاري والمعالجة / التخلص (يمكن أن تختلف من منخفضة جدًا إلى عدة أوامر أكبر. من تكاليف النقل).

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

9.حقن محلول ملحي عميق



الشكل ، 9يتم حقن المحلول الملحي في التكوينات الصخرية المسامية تحت السطح

في هذا يتم حقن المحلول الملحي من كل حجم نبات في عمق مناسب

طبقة المياه الجوفية 500)إلى 1500م) المنفصلة عن طبقات المياه الجوفية العذبة أو المياه الجوفية فوق.

سلبيات (-)	المزايا (+)
فقط في حالة توفر طبقة المياه الجوفية المالحة المحصورة	مناسب للداخل النباتات
تلوث محتمل للمياه الجوفية	تكاليف معتدلة
طاقة مضخة إضافية استهلاك	

تتكون آبار التخلص من المحلول الملحي عادةً من ثلاث طبقات متحدة المركز أو أكثر من الأنابيب: غلاف السطح ، والغلاف ذي السلسلة الطويلة ، وأنابيب الحقن. يتكون بئر الحقن العميق من رأس بئر (مجهز بصمامات لازم الأمر) وعمود بئر مبطن محمي بطبقات متعددة من الغلاف والحشو.

يمكن أيضًا استخدام أنظمة آبار الشواطئ ذات التدفق الضحل. يؤدي التخلص من بئر الشاطئ إلى تصريف المحلول الملحي إلى طبقة المياه الجوفية الساحلية الضحلة نسبيًا غير المحصورة والتي تنقل المحلول الملحي في النهاية إلى المحيط المفتوح من خلال رواسب القاع. تُستخدم آبار شواطئ الصرف بشكل أساسي في محطات تحلية مياه البحر الصغيرة والمتوسطة الحجم.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

9.1التأثيرات البيئية المحتملة

من خلال 20عامًا من الخبرة في التخلص من المحلول الملحي باستخدام طريقة حقن الآبار العميقة في الولايات المتحدة ، فقد ثبت أنها موثوقة مع احتمالية منخفضة للتأثيرات السلبية على البيئة. ولكن أثناء التخطيط لتنفيذه ، يجب أن ننتبه إلى العوامل التالية التي قد تسمح بالهجرة الصاعدة للمياه المالحة والتلوث المحتمل لطبقات المياه الجوفية الضحلة ،

(1يمكن أن يؤدي التآكل أو ضغط التغذية المفرط إلى فشل غلاف بئر الحقن
وتسرب المحلول الملحي من خلال تجويف البئر
(2التكاثر الرأسي للمحلول الملحي خارج غلاف البئر إلى الخزان الجوفي الضحل (3إذا كانت الطبقة المحصورة المتراكبة ذات نفاذية عالية ، أو قنوات حل ، أو مفاصل ، أو عيوب ، أو كسور ، فسنحصل على هجرة عمودية للمحلول الملحي

(4الآبار المجاورة ، التي تم تدعيمها أو سدها بشكل غير لائق أو غير ملائمة
يمكن أن يوفر الغلاف مسارًا للمحلول الملحي المحقون

أثناء تشغيل البئر ، هناك مراقبة مستمرة لتدفق المحلول الملحي وضغط فوهة البئر.

يمكن أن تشير زيادة الضغط أثناء التشغيل الثابت إلى انسداد محتمل ، بينما يشير الانخفاض المفاجئ في الضغط إلى وجود تسريبات داخل الغلاف أو الجص أو الختم. يجب عليها أيضا التأكد من خلال الاختبارات الشهرية أن البئر لا يتسرب إلى التربة الجوفية أو مصادر المياه.

يجب تجنب الانسداد والتلوث والاختلافات الواسعة في معدلات تدفق المحلول الملحي والضغوط. يمكن أن يكون الانسداد ناتجًا عن نمو البكتيريا أو ترسيب المواد الصلبة العالقة أو الهواء المحبوس.

9.2معايير وطرق تقييم الجدوى

من أجل تطبيق أنظمة حقن الآبار العميقة للتخلص من المحلول الملحي ، يجب أن يكون لدينا طبقات مياه جوفية محصورة ذات سعة تخزين كبيرة مع نفاذية جيدة للتربة. يجب أن نتجنب المناطق ذات النشاط الزلزالي المرتفع أو المواقع القريبة من الصدوع الجيولوجية التي يمكن أن تؤدي إلى اتصال هيدروليكي مباشر بين المخزن وخزان المياه العذبة.

عادة ما تحتاج تصاريح التشريع إلى قابلية نقل المياه الجوفية للتخزين والمواد الصلبة الذائبة ، ووجود طبقة عازلة هيكلية وحاصرة بين طبقة المياه الجوفية المستقبلة ، ووجود طبقة علوية 10،000>مجم / لتر من المواد الصلبة الذائبة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

9.3تكاليف بئر الحقن

تتأثر تكاليف آبار الحقن العميقة بشكل أساسي بعمق البئر وقطر أنابيب البئر وحلقات الغلاف. يعطي الجدول التالي مقاربة تقريبية لتكاليف إنشاء آبار الحقن العميقة كدالة لتدفق المياه المالحة (م / 3د) وعمق البئر (م).

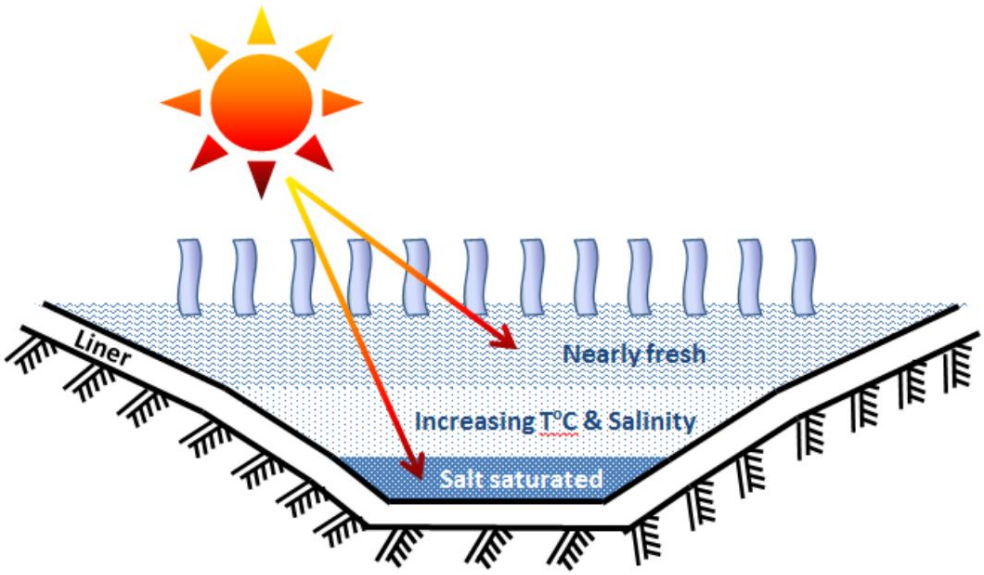
الجدول ، 6تكاليف إنشاء آبار الحقن العميقة للتخلص من المحلول الملحي

تكاليف البناء ($)كدالة لتدفق المحلول الملحي المعدل ، Q(م / 3د) وعمق البئر ، ح (م)	التفريغ النموذجي السعة (م / 3د)	حسنًا القطر (م)
× 165س × 310 +ح 100000 +	1000-2000	100
× 180س × 1250 +ارتفاع 160.000 +	4500-6500	200
× 165س × 2000 +ارتفاع 290.000 +	10000-15000	300
× 160س × 2800 +ارتفاع 330.000 +	من 15000إلى 30000	400
× 150س × 4500 +ارتفاع 370.000 +	30.000-50.000	500

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

10.برك التبخير المالح



الشكل ، 10المحلول الملحي يسمح له بالتبخر في البرك بينما تتراكم الأملاح المتبقية في قاعدة البركة

أحواض التبخير هي أحواض ترابية ضحلة مبطنة تتركز فيها

سهولة التنفيذ ولكن غالبًا ما يتبخر بالكامل نتيجة للإشعاع الشمسي. عندما تتبخر المياه العذبة من البرك ، تترسب المعادن الموجودة في المركز في بلورات الملح ، والتي يتم حصادها بشكل دوري والتخلص منها خارج الموقع. يمكن تصنيف أحواض التبخير على أنها ،

سلبيات (-)	المزايا (+)
ارتفاع البصمة و التكاليف	يتبخر بالكامل
الاستخدام الداخلي والساحلي يقتصر على النباتات الصغيرة	

(1التقليدية

(2تدرج الملوحة الشمسي

صُممت أحواض التبخير التقليدية فقط للتخلص من المحلول الملحي ، بينما تولد الأحواض الشمسية الكهرباء من الطاقة الشمسية.

10.1التأثيرات البيئية المحتملة

عادة ما تتطلب لوائح الجودة إنشاء برك التبخر مع بطانة غير منفذة لحماية طبقات المياه الجوفية الأساسية. إذا كان المحلول الملحي يحتوي على تركيزات عالية من الملوثات السامة (على سبيل المثال ، مستويات عالية من المعادن النزرة) ، فقد يلزم إنشاء بركة مزدوجة البطانة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

إذا لم يتم تبطين البرك أو تلف بطانة النقطة ، فقد يتسرب جزء من المحلول الملحي إلى طبقة المياه الجوفية أسفل البركة ويتسبب في تدهور جودة المياه. لذلك فإن

أنظمة الكشف عن التسرب تحت الأرض

مثبتة تحت البطانة أو

استخدام 3بئر على الأقل لمراقبة المياه الجوفية ، واحدة مثبتة على التدرج العلوي لتدفق المياه الجوفية ، وواحدة في منتصف نظام البركة بقراءات شهرية.

10.2معايير وطرق تقييم الجدوى

تعتمد أحواض التبخير على المناخ مع ارتفاع درجة الحرارة المحلية والإشعاع الشمسي مما يوفر لنا معدلات تبخر أعلى ويجعل خيار التخلص من المحلول الملحي أكثر قابلية للتطبيق. بشكل عام ، يكون التبخر الشمسي ممكنًا فقط في المناخات الدافئة والجافة نسبيًا مع ،

(1ارتفاع معدلات التبخر (2انخفاض معدلات هطول الأمطار (3انخفاض الرطوبة

نحتاج أيضًا إلى تضاريس مسطحة وتكلفة أرض منخفضة. طريقة التخلص من المحلول الملحي هذه غير قابلة للتطبيق في المناطق ذات معدل التبخر السنوي 1.0>متر / سنة ومعدل هطول الأمطار السنوي> 0.3متر / سنة (معدل هطول الأمطار المرتفع يقلل معدلات التبخر).

كلما زادت الرطوبة ، انخفض معدل التبخر. عندما يكون المتوسط السنوي> ، ٪60فإن أحواض التبخير لا تعد خيارًا عمليًا للتخلص من المحلول الملحي.

ينخفض معدل التبخر مع زيادة مستويات المواد الصلبة والملوحة في الأحواض مما يقلل من
حجم المحلول الملحي مفيد.

10.3تكاليف بركة التبخر

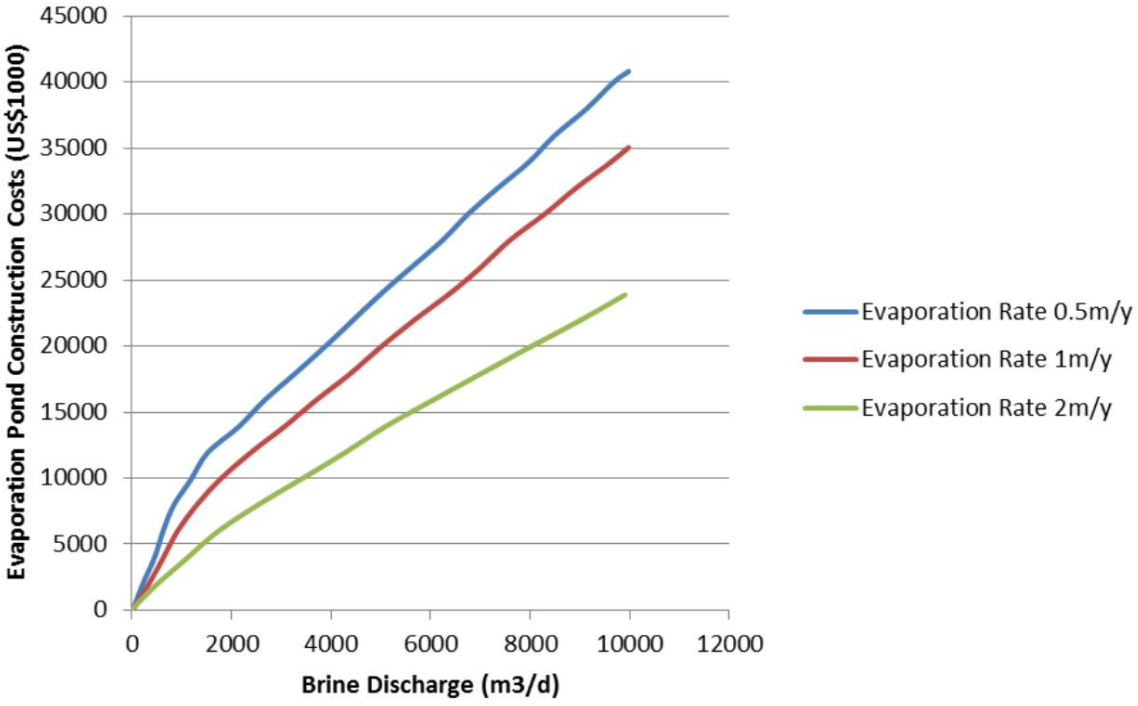
العوامل الرئيسية التي تؤثر على تكلفة برك التبخير هي:

(1معدل التبخر (المناخ المحلي) (2حجم المحلول الملحي وتركيز الملح
(3تكاليف الأرض والأعمال الترابية (4تكاليف البطانة

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

يعطي الشكل 11نهجًا تقريبيًا لتكلفة إنشاء نظام بركة التبخر كدالة لمعدل التبخر وتدفق التركيز.

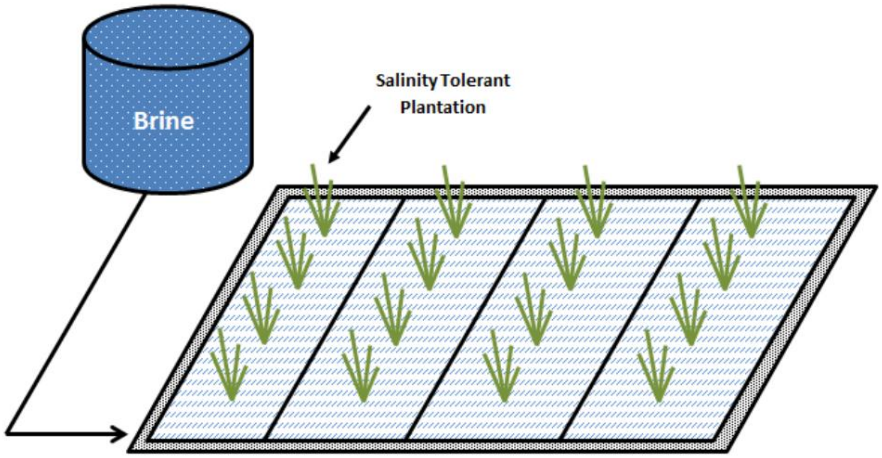


الشكل ، 11تكلفة إنشاء نظام بركة التبخر الملحي للتخلص من المياه المالحة

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.11تطبيق محلول ملحي



الشكل ، 12يستخدم المحلول الملحي لري المحاصيل والأعشاب التي تتحمل الملح

عادةً ما يتم تطبيق طريقة التخلص من المحلول الملحي باستخدام طريقة تطبيق الأرض لمحطات تحلية المياه صغيرة الحجم ويقتصر استخدامها على المناخ والتطبيق الموسمي ووجود ظروف الأرض والمياه الجوفية المتاحة. الطريقة لها مساران متاحان ،

(1الري بالرش بالمحلول الملحي على النباتات المتحملة للملوحة (2تسلل الأحبار من خلال أحواض الترشيح الترابية السريعة (RIBs)

11.1التأثيرات البيئية المحتملة

11.1.1الري

محلول ملحي

قد يؤثر الري سلبًا على الخزان الجوفي للمياه الجوفية الذي يستقبل طبقات المياه الجوفية العميقة المعزولة عن التفاعل المباشر أو غير المباشر معها

التركيز.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

11.1.2التسلل السريع

عادة ما يواجه التخلص من المحلول الملحي بالتسلل مشاكل في الحصول على تصريح إذا كان المركز يحتوي على الزرنيخ أو النترات أو الملوثات الأخرى المنظمة في مياه الشرب. الخيار ، إذا كان مسموحًا به ، هو تخفيفه لتلبية المعايير المطلوبة. يتم استخدام آبار المراقبة لتقييم تأثير أنظمة RIBعلى طبقات المياه الجوفية.

11.2معايير وطرق تقييم الجدوى

عوامل الجدوى الرئيسية لاستخدام تطبيقات الأرض للتخلص المركز هي ،

(1المناخ. تنظيمي

المتطلبات ومعايير جودة المياه الجوفية

لاستخدام الطريقة بنجاح ، يجب أن يكون هناك موقع متاح منخفض التكلفة بالقرب من محطة تحلية المياه مع مستوى منخفض نسبيًا من المياه الجوفية ومناخ دافئ وجاف. في ظروف المناخ البارد ونباتات معينة ، قد نحتاج إلى استخدام صهاريج التخزين خلال الفترة التي لا يمكن فيها استخدام المحلول الملحي (عادة من شهرين إلى ستة أشهر) أو يكون لدينا خيار التخلص الاحتياطي.

مع زيادة ملوحة المحلول الملحي ، أصبح من الصعب استخدام تطبيقات الأرض للتخلص من المحلول الملحي ، لذلك في كثير من الحالات يجب تخفيف المحلول الملحي من أجل تلبية قيود الجودة و / أو حدود تحمل ملوحة الغطاء النباتي. عادةً ما نستخدم مياه الصرف الصحي أو المياه منخفضة الملوحة المستخرجة من طبقات المياه الجوفية الضحلة.

يعتبر نوع التربة أيضًا ذا أهمية كبيرة حيث تكون التربة الطينية والرملية مناسبة عادةً. يفضل استخدام التربة المحايدة والقلوية لأنها تقلل من ترشيح المعادن النزرة. يفضل المواقع التي يقل منسوب المياه الجوفية فيها عن 2متر. إذا كان مستوى المياه الجوفية بالموقع أقل من 3أمتار من السطح ، عندئذٍ يلزم وجود نظام تصريف. عادةً ما تكون المنحدرات التي تصل إلى 20٪مناسبة لاستخدامات الأراضي.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

الفصل 3: ZLD

التصميم الأساسي

1.ما هو ZLD؟

Zero Liquid Discharge (ZLD)هي عملية معالجة هدفها إزالة جميع النفايات السائلة من النظام. ينصب تركيز ZLDعلى تقليل المياه العادمة اقتصاديًا وإنتاج مياه نظيفة مناسبة لإعادة الاستخدام.

تتكون تقنيات ZLDبشكل تقليدي من مكثفات المحلول الملحي والمبلورات التي تستخدم التبخر الحراري لتحويل المحلول الملحي إلى ماء عالي النقاء ومنتج جاف صلب جاهز للتخلص من مكب النفايات أو لاستعادة الملح. في حين أن أنظمة المبخر / التبلور هي الأكثر استخدامًا في عمليات ZLD ، فإن التقنيات الواعدة الأخرى ED / EDR)و FOو MDالتي سيتم شرحها لاحقًا) مع عمليات الاسترداد العالية قد اتخذت موطئ قدم وتستخدم في مجموعات مختلفة من أجل خفض التكلفة و رفع كفاءة الأنظمة.

اللوائح الحكومية الأكثر صرامة بشأن تصريف المحلول الملحي بسبب التأثير البيئي تجعل ZLDضروريًا عندما تكون المياه شحيحة أو تكون المسطحات المائية المحلية محمية بموجب القانون. وبالتالي ، فإن العديد من المنشآت الصناعية ومياه الصرف الصحي تساهم في إيجاد طرق جديدة لمعالجة هذه المشكلة حتى الآن حيث يتم تصريف المياه المالحة إلى المياه السطحية القريبة أو البحر ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.2السائقين

التورط الصناعي مع محلول ملحي ذو شقين. تتطلب العديد من العمليات الصناعية المياه التي تلوثها وقد يتسبب إطلاقها في أضرار لا رجعة فيها للبيئة المحلية.

في الهند وخلال العقد الماضي بسبب التلوث الشديد للمياه المحلية بمياه الصرف الصناعي ، تم اتباع لوائح صارمة تجعل ZLDضروريًا لضمان مستقبل الأنهار والبحيرات. في أوروبا وأمريكا الشمالية ، تم تطبيق التوجه نحو الصفر ZLDبسبب ارتفاع تكاليف التخلص من مياه الصرف الصحي في المرافق الداخلية. تزداد هذه التكاليف بشكل كبير بسبب الغرامات الحكومية وتكاليف تقنيات التخلص.

يمكن أيضًا استخدام ZLDلاستعادة الموارد القيمة من مياه الصرف الصحي التي يمكن بيعها أو

أعيد استخدامها في العملية الصناعية. بعض الأمثلة هي كالتالي،

إنتاج سماد قيمة كبريتات البوتاسيوم (K2SO4)من منجم ملح.

منشأة

تقليل تكاليف معالجة مياه الصرف الصحي في مناجم الفحم عن طريق استعادة الصوديوم النقي
كلوريد (NaCl)الذي يمكن بيعه كملح طريق

•تم العثور على الليثيوم (Li)في المحاليل الملحية لحقول النفط الأمريكية عند نفس المستوى تقريبًا
رواتب أمريكا الجنوبية

•يمكن استرداد الجبس (CaSO4.2H2O)من مياه المناجم ومياه الصرف الصحي الناتجة عن تحلية غاز المداخن
، (FGD)والتي يمكن بيعها بعد ذلك لاستخدامها في تصنيع الحوائط الجافة

المزايا الأخرى لتطبيق ZLDهي:

انخفاض حجم المياه العادمة يقلل من تكاليف إدارة النفايات. إعادة تدوير المياه في الموقع وبالتالي تقليل الحاجة إلى تناول المياه والوفاء بها

مع احتياجات العلاج.

تقليل تكاليف النقل بالشاحنة للتخلص خارج الموقع وما يتصل بذلك
المخاطر البيئية.

الجدول ، 6برامج تشغيل ZLD

.1تلبية اللوائح الحكومية الصارمة للتخلص من المياه المالحة
.2استعادة المواد القيمة في مجاري النفايات

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.3تقليل حجم النفايات وتكاليف الإدارة
.4إعادة تدوير المياه في الموقع
.5تقليل تكاليف الشاحنات للتخلص منها خارج الموقع

.3التطبيقات

هناك مجموعة متنوعة من المصادر لتيارات تدفق التصريف والتي تشمل:

تفجير برج التبريد في الصناعات الثقيلة ومحطات الطاقة. تتدفق مياه الصرف الصناعي من المنسوجات ، وتحويل الفحم إلى مواد كيميائية ، والأغذية ومنتجات الألبان

أو صناعات البطاريات

بشكل أكثر تحديدًا ، يمكننا الرجوع إلى التطبيقات التالية (الجدول ، (7

الجدول ، 7تطبيقات تيار مياه الصرف الصحي ZLD

تصريف الألغام	رفض نظام الغشاء (NF ، MF ، UF ، RO)
تصريف الكبريتات الغازية إلى السائل ، (FGD) تحويل الفحم إلى تطبيقات الصرف الكيميائية (CTX)	
المياه المنتجة (تقليدية ، تكسير ، تفجير الغسيل تبلد)	
نفايات إزالة المعادن	ماء حقن أكاسيد النيتروجين
المكب العصارة	دورة مجمعة للتغويز المتكامل (IGCC) المياه الرمادية

يمكن تصنيف مصادر التفريغ بشكل أكبر وفقًا للحجم والتعقيد. يجب أن يأخذ حل ZLDالأخير في الاعتبار جنبًا إلى جنب مع موقع تيار النفايات.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.4تحديد العوامل

تعتمد أهم العوامل التي تحدد تصميم ZLDعلى ،

.1الملوثات المحددة في تيار التصريف .2حجم المادة المذابة

.3معدل تدفق التصميم المطلوب

يتم عرض الملوثات المثيرة للقلق في الجدول ، 8

الجدول ، 8المكونات الكيميائية النموذجية للقلق

الصوديوم (+ Na)		الفوسفات (PO4 $^{3-}$)		كبريتات (SO4 $^{2-}$) (السترونتيوم (+ S2
الأمونيا (NH3)	(K +) COD / TOC / BOD البوتاسيوم		زيت وشحم	الفلورايد (-F)
الكالسيوم (+ Ca2)		البورون (م (+	Barium (Ba2+)	Nitrate (NO3 $^{-}$)
كلوريد (-Cl)	المغنيسيوم (+ Mg2)	القلوية	السيليكا	-

يجب قياس هذه المعلمات بدقة قبل طلب عرض أسعار من أجل الحصول على تقدير دقيق لتكلفة النظام. إذا كان العلف عرضة للتغيرات في التدفق وتركيز الملوثات ، فإن خزانات التخزين المؤقتة تنظم القمم.

.5تكاليف التشغيل

كل تقنية تشكل سلسلة ZLDلها تكلفة شراء معينة ، ولكن المعلمة المهمة لحساب التكاليف وفي النهاية فترة الاسترداد هي تكاليف التشغيل.

يمكن أن يتغير OPEXبشكل كبير بناءً على العملية المختارة خاصة لمرافق توليد الطاقة الكهربائية والبخار. للاستثمار طويل الأجل الفوائد والعيوب

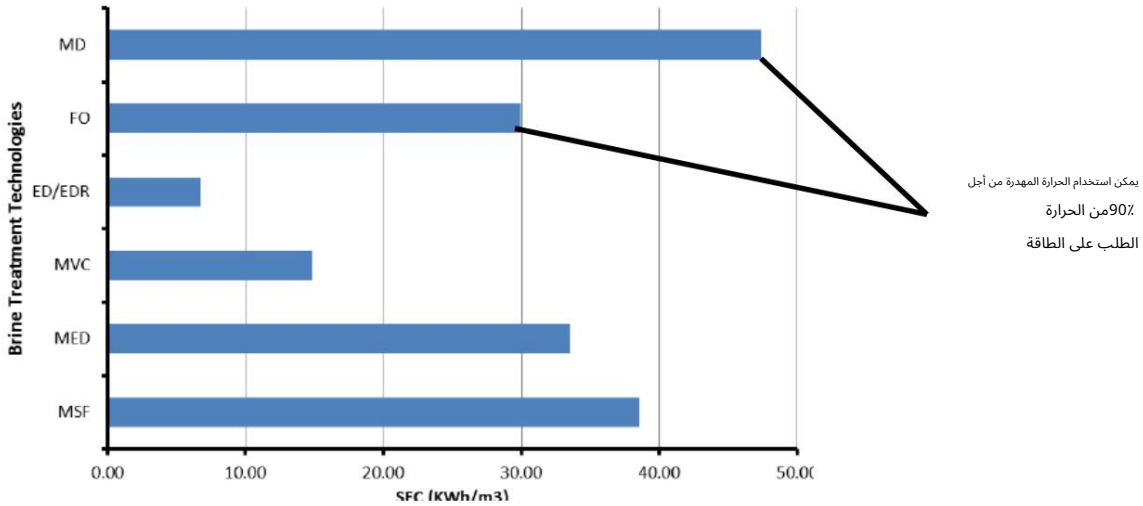
ماكس TDS (ملغم / لتر)	الحجم التصميمي (م مكعب / يوم)	(م 3 / د)	مجموع له. مقابل (KWh/m3)	طاقة كهربائية (KWh/m3)		علاج محلول ملحي تكنولوجيا
250000	1800	<75000	38.56	77.5	3.68	أطاردة مدود
250000	1،375	<28000	33.50	69.52	2.22	مع
250000	1750	<3000	14.86	0	14.86	MVC
150.000	/	/	6.73	0	6.73	ED / EDR
200000	/	/	29.91	65.4	0.475	فو
250000	/	/	47.41	100.85	2.03	MD

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

يجب تقييم كل خيار بالإضافة إلى ما يعمل بشكل أفضل لكل شركة وموظفيها العاملين. سيساعد هذا في الحصول على استثمار تكلفة أولي مقابل استثمار طويل الأجل.

الجدول ، 9استهلاكات الطاقة المحددة (SECs)لتقنيات معالجة المحلول الملحي ، الوميض متعدد المراحل ، (MSF)التقطير متعدد التأثيرات ، (MED)ضغط البخار الميكانيكي ، (MVC)الغسيل الكهربائي ، (ED / EDR)التناضح الأمامي ، (FO)التقطير الغشائي . قيم استهلاك الطاقة هي متوسط 13دراسة مقارنة على تقنيات ZLDتتراوح من .2107- 2004هناك حاجة إلى توضيحات لـ ED / EDRو FOو (1 .MDيعتمد ED / EDR SECعلى ملوحة العلف حيث تتطلب الملوحة العالية ثقوبًا أعلى ، (2يعتمد FO SECعلى محلول السحب وطريقة التجديد. تفترض معظم الأوراق استخدام الأملاح المحللة للحرارة وتجديدها عند درجة حرارة 60درجة مئوية. يمكن الحصول على 90٪من الطاقة الحرارية اللازمة عن طريق الحرارة المهدرة إذا كانت متوفرة ، (3يعتمد MD SECعلى التكوين. تكوين IMDالأكثر شيوعًا في الدراسات هو Direct Contact MD (DCMD)نظرًا لبساطته. يمكن الحصول على 90٪من الطاقة الحرارية اللازمة عن طريق الحرارة المهدرة إذا كانت متوفرة ، وأخيرًا (4تم أخذ المكافئ الكهربائي الكلي باستخدام ما يلي ، .Total El.ما يعادل .El =الطاقة × 0.45 +الطاقة الحرارية بسبب كفاءة محطة الطاقة الحديثة (وفقًا للورقة ذات الصلة).



الشكل 12مقارنة الرسم البياني لتقنيات المعالجة بالمحلول الملحي SECs(انظر التوضيحات في وصف الجدول (4

في ملاحظة أخيرة لتحليل التكلفة والعائد ، يجب دائمًا مراعاة عوامل مثل ،

(1الضرائب أو رسوم الشراء الإضافية

(2تكاليف المرافق المحتملة في منطقة التثبيت

(3الرسوم التنظيمية البيئية أو التصاريح

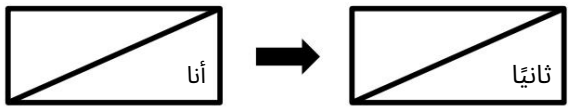
(4اختبار الامتثال المنتظم

6.التصميم الأساسي -كتل ZLD

على الرغم من المصادر المتغيرة لتيار مياه الصرف الصحي ، فإن نظام ZLDيتكون بشكل عام من خطوتين تم تمثيلهما في الشكل .13

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



ثانيًا. التبخر / التبلور .Iما قبل التركيز

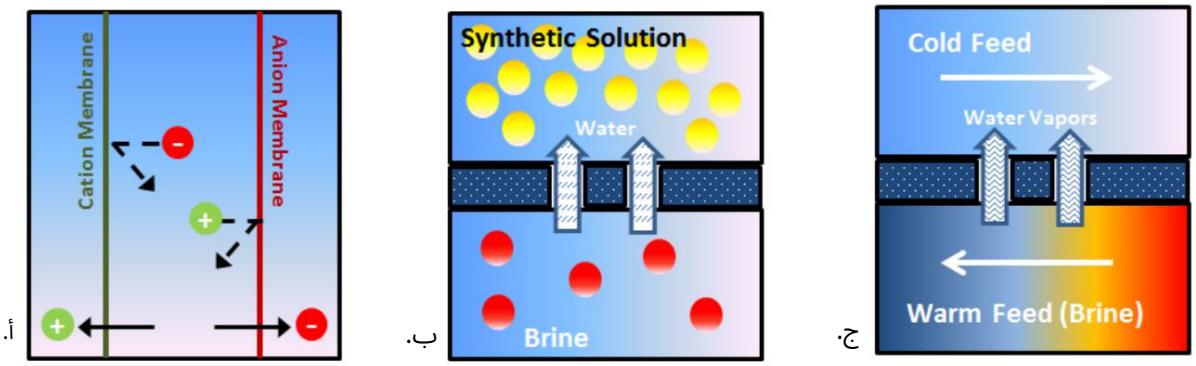
الشكل ، 13كتل ZLDالأساسية

.1ما قبل التركيز. عادة ما يتم تحقيق التركيز المسبق للمحلول الملحي باستخدام مركّزات محلول ملحي غشاء أو بالديلزة الكهربائية .(ED)تعمل هذه التقنيات على تركيز مجرى المياه على درجة ملوحة عالية ويمكنها استرداد ما يصل إلى 60-80٪من المياه.

.2التبخر / التبلور. تتمثل الخطوة التالية بالعمليات الحرارية أو التبخر في تبخير كل المياه المتبقية وتجميعها وتدفعها لإعادة استخدامها. تذهب النفايات المتبقية بعد ذلك إلى جهاز التبلور الذي يغلي كل الماء حتى تتبلور جميع الشوائب ويتم ترشيحها كمادة صلبة.

6.1التركيز الأولي

يعد التركيز المسبق لتيار النفايات السائلة خطوة مهمة للغاية نظرًا لحقيقة أنه يقلل من حجم النفايات ويقلل بشكل كبير من خطوة التبخر / التبلور المكلفة للغاية. عادة ما يتم تحقيق ذلك عن طريق التحليل الكهربائي (ED)أو عمليات الغشاء التي تتكون من التناضح الأمامي (FO)والتقطير الغشائي (MD)(الشكل .13)



أ. ب. ج.

الشكل ، 13تقنيات المعالجة بمحلول ملحي ، (أ) التحليل الكهربائي ، (ب) التناضح الأمامي ، (ج) التقطير الغشائي

يمكن أن تعمل EDو FOو MDبكفاءة مع محتوى ملوحة أعلى بكثير من (150.000 RO)جزء في المليون و 200000جزء في المليون و 250.000جزء في المليون و 70.000جزء في المليون على التوالي).

.6.1.1غسيل كهربائي / عكس غسيل كهربائي

الديلزة الكهربائية هي عملية غشائية تستخدم الأقطاب الكهربائية لإنشاء مجال كهربائي يدفع الأيونات السالبة والموجبة عبر أغشية شبه منفذة مع ربط أنواع موجبة أو سالبة الشحنة على التوالي. يستخدم EDفي مراحل متعددة لتركيز محلول ملحي إلى مستويات التشبع. غالبًا ما يتم استخدامه مع التناضح العكسي لاستعادة عالية جدًا للمياه. ED

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

يختلف عن التناضح العكسي لأنه يزيل الأيونات وليس الماء والعكس صحيح بالنسبة للتناضح العكسي. بسبب

هذه الحقيقة لا تتم إزالة السيليكا والمواد العضوية الذائبة باستخدام EDوهو أمر مهم إذا كان سيتم إعادة استخدام التيار النظيف. يتطلب EDالمواد الصلبة ، كما هو الحال مع التناضح العكسي ، وإزالة المواد الصلبة والعضوية من العلف.

عكس غسيل الكلى (EDR)

في ، EDRيتم عكس قطبية الأقطاب الكهربائية عدة مرات في الساعة ويتم تبادل المياه العذبة والمياه العادمة المركزة داخل كومة الغشاء لإزالة القاذورات والقشور.

6.1.2.التناضح إلى الأمام

FOهي عملية غشاء تناضحي مع غشاء شبه نافذ على عكس ROلا يستخدم الضغط المطبق من أجل تحقيق فصل الماء عن المواد المذابة مثل الأيونات والجزيئات والجزيئات الأكبر. وهذا يعني قدرًا أقل من الطاقة للعملية مقارنةً بالتناضح العكسي. بشكل عام ، يستخدم FOالطاقة الحرارية والكهربائية. يمكن استبدال الطاقة الحرارية بالحرارة المنخفضة الدرجة التي يمكن العثور عليها في كل مكان في معظم المناطق الصناعية أو المجاورة.

6.1.3.تقطير الغشاء

MDهي عملية نقل مدفوعة حرارياً تستخدم أغشية كارهة للماء. القوة الدافعة في الطريقة هي فرق ضغط البخار بين جانبي مسام الغشاء ، مما يسمح بنقل الكتلة والحرارة لمكونات المحلول المتطاير (مثل الماء). إن بساطة MDجنبًا إلى جنب مع حقيقة أنه يمكن استخدام الحرارة المهدرة و / أو مصادر الطاقة البديلة ، مثل الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية ، تمكن MDمن الاندماج مع العمليات الأخرى في أنظمة متكاملة ، مما يجعلها تقنية فصل واعدة.

6.1.4أهمية التركيز المسبق في عملية ZLD

تتمتع تقنيات التركيز المسبق بمستويات عالية جدًا من الاسترداد ولكنها عادةً لا تكون كافية مثل تقنيات التبخر الحراري النموذجية لدفع المحلول الملحي إلى مستويات تركيز التشبع.

فلماذا هم مهمون جدا؟ السبب هو CAPEX / OPEXللمبخرات / المبلورات.

(1نظرًا لطبيعة المحلول الملحي المسببة للتآكل ، فإنه يتطلب المزيد والمزيد من السبائك المعدنية المقاومة لمقاومة التآكل مع زيادة التركيز. هذا يعني أنه كلما كانت وحدة التبخير / التبلور أكبر ، كلما كان رأس المال المطلوب أكبر (والذي يمكن أن يكون ٪70-60من العملية برمتها). (2ارتفاع الطلب على الطاقة بسبب ارتفاع درجة غليان المحلول الملحي مع زيادة التركيز. سيتم شرح كلتا النقطتين بشكل أكثر تحليليًا في صفحات الويب الخاصة بالتبخر / التبلور.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

دعنا نحاول صياغة مثال مرئي للوضع. لنفترض أن لدينا محلول ملحي 100متر مكعب في اليوم ونريد معالجته باستخدام تركيبة MD-MVC-Crystallizer.لنفترض أن لدينا (مناهج تقريبية من القيم المتاحة في الأوراق ذات الصلة) ،

• MD(استرداد / (75٪مزيج الحرارة المهدرة المتاح 90٪ من الطاقة الحرارية يمكن استبدالها بالحرارة المهدرة سينخفض استهلاك الطاقة من 47.41إلى 6.57كيلو واط ساعة / متر مكعب

• MVCمع استرداد 90٪متوسط 14.86 KWh / m3جهاز تبلور مع استرداد 50٪متوسط 50 KWh / m3

لذا ، بالنظر إلى التاريخ الأخير ، دعنا نرى كيف ستتم عملية المحلول الملحي.

100م 3محلول ملحي 25 (-75٪) MD م 3محلول ملحي 2.5 (-90٪) MVC م 3محلول ملحي تبلور 1.25 (-50٪)م 3 محلول ملحي مدفوع إلى الطرد المركزي أو الضغط بالحزام

هذا يترجم إلى 100م 3 m3 + 25 m 657KWh + 371.5 KWh 1+426 KWh = 3,153.5 KWh / 100 m3 = 1,153.5 KWh / 100 m3 x 6.57 KWh/

إذا لم تكن لدينا خطوة تركيز مسبق وقمنا بتوجيه المحلول الملحي مباشرة إلى المبخر ، فسيكون الطلب على الطاقة ،

100 m3 x 14.86 KWh/m3 + 10 m3 x 50 KWh/m3 = 1,486 KWh + 500 KWh = 1,986 KWh/ 100 m3

محلول ملحي

1.72 = 1،153.5 KWh (MD-MVC-Crystallizer) / 1.986 KWh (MVC-Crystallizer)أو 172٪زيادة في استهلاك الطاقة لمعالجة المحلول الملحي بدون خطوة تركيز مسبق!

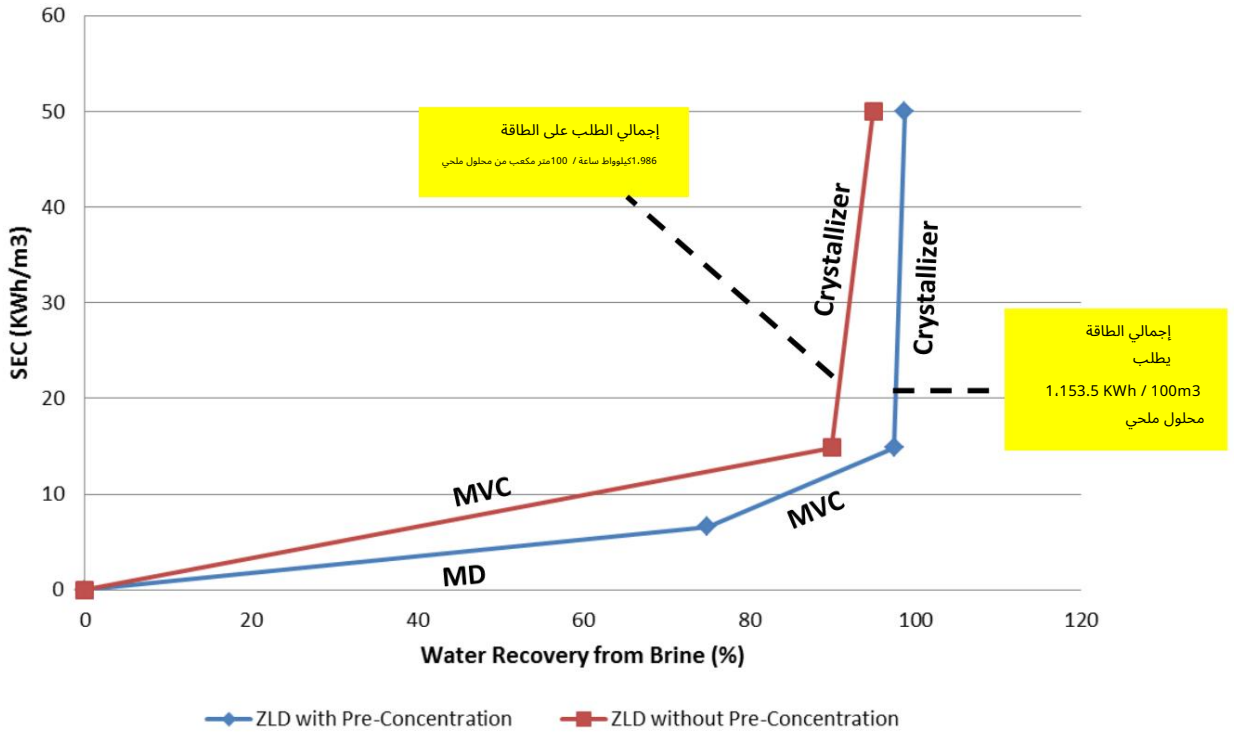
الجدول ، 10الاسترداد النسبي للمياه (٪)لكل مجموعة (مع التركيز المسبق وبدونه) جنبًا إلى جنب مع SECsلكل تقنية.

ZLD مع وبدون تركيز مسبق				
الاسترداد (KWh / m3) SEC	الاسترداد (٪)	SEC (KWh / m3)		
0	0MD	6.57	75	
14.86	90MVC	14.86	97.5	
50	95 المبلور	50	98.75	

يعطينا التصور الرسومي للجدول 10الشكل ، 14

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



الشكل ، 14عمليات استرداد المياه النسبية (٪)من كل مجموعة (مع التركيز المسبق وبدونه) جنبًا إلى جنب مع SECsلكل تقنية

لذا فإن خطوة ما قبل التركيز لم تقلل تكاليف الطاقة إلى أقل من النصف فحسب ، بل زادت أيضًا من توفر الاسترداد للنظام. ناهيك عن تقليص الحجم المحتمل لـ MVCمن 100إلى 25m3و Crystallizerمن 10إلى 2.5m3مما يعني توفيرًا ضخمًا في .CAPEX / OPEX

من المهم هنا أن نبدأ الحديث عن مفهوم الحد الأدنى من التصريف السائل .(MLD)

MLDهو نظام استرداد عالي دون الذهاب إلى ZLDبسبب التكاليف والتعقيد

المتعلقة بهذا الأخير. تمت مناقشة MLDلاحقًا.

6.2التبخر والتبلور

بعد التركيز المسبق لتيار النفايات ، فإن الخطوة التالية هي استخدام العمليات الحرارية أو التبخر لتوليد مادة صلبة وإعادة استخدام الماء المتبخر. التبخر هو في الأساس نقل الحرارة إلى سائل مغلي بقصد تركيز مذاب غير متطاير من مذيب ، والذي يكون عادة ماء ، عن طريق غليان المذيب. عادة ما تتوقف عملية التبخر قبل أن يبدأ المذاب في الترسب ، وإلا فإنه يعتبر تبلورًا.

يعتبر تبخر الفيلم المتساقط طريقة فعالة في استخدام الطاقة للتبخر تركز الماء حتى نقطة التبلور الأولية (التشبع الفائق). ستؤدي إضافة الحمض إلى تحييد المحلول ، لذلك عند تسخينه ، لمنع التقشر وإلحاق الضرر بالمبادلات الحرارية. دي

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

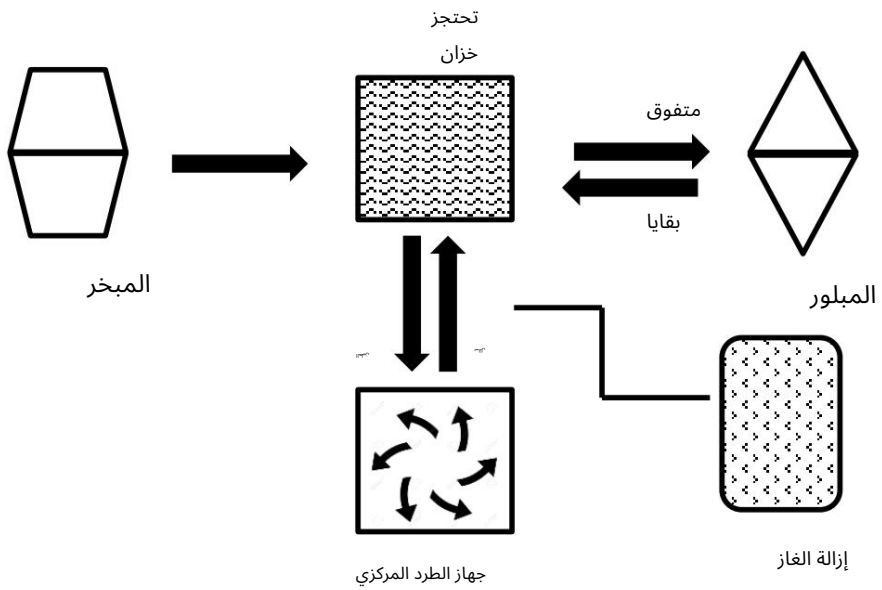
Machine Translated by Google

غالبًا ما تستخدم التهوية لإطلاق الأكسجين المذاب وثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى غير القابلة للتكثيف.

يذهب المحلول الملحي الخارج من المبخر إلى جهاز بلورة دوران قسري حيث يتركز الماء بما يتجاوز قابلية ذوبان الملوثات والبلورات المتكونة. يتم نزع الماء الناتج عن طريق مكبس ترشيح أو جهاز طرد مركزي ويتم إرجاع المركز (المحلول الأم) إلى جهاز التبلور.

يعود المكثف (الماء) الذي تم جمعه من الخطوات الثلاث إلى العملية ، مما يلغي تصريف السوائل في النظام. في حالة وجود مواد عضوية ، قد تكون هناك حاجة لتلميع المكثفات قبل إعادة استخدامها. ثم يتم نقل ماء المنتج إلى خزان.

النفايات الصلبة ، في هذه المرحلة ، ستذهب إما إلى مكب النفايات أو لإعادة استخدامها.

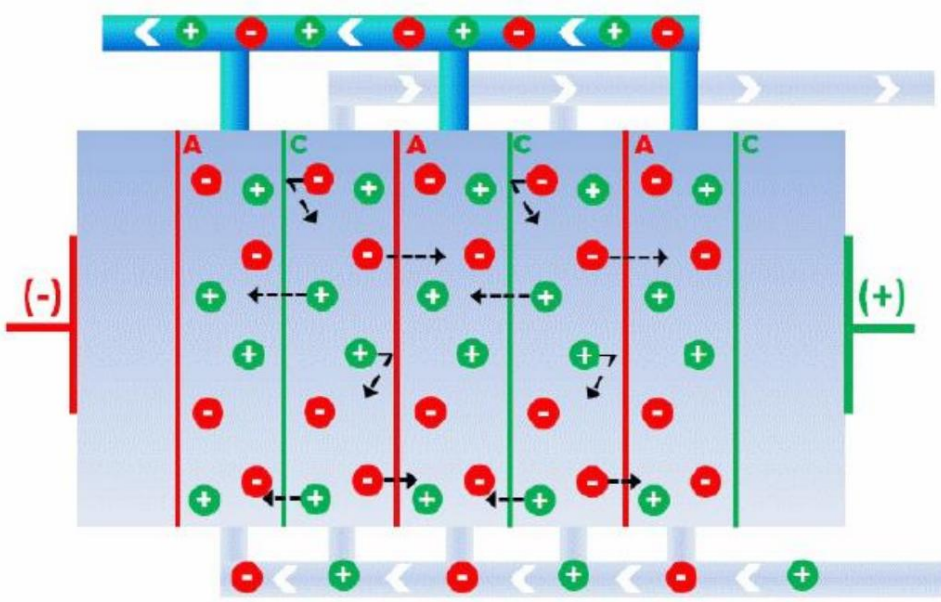


الشكل ، 15مرحلة التبخر / التبلور ZLD

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

7.الديلزة الكهربائية / عكس الضعف الجنسي



الشكل ، 16تخلق الأقطاب الكهربائية مجالًا كهربائيًا يدفع الأيونات السالبة والموجبة من خلال أغشية أنيون شبه نافذ وأغشية كاتيون مرفقة
سالبة أو موجبة على التوالي الأنواع. يستخدم EDفي عدة
مراحل تركيز المحلول الملحي إلى مستويات التشبع.

Advantages (+)	Disadvantages (-)
Treating >70,000 ppm (RO limit), No concentration limit	Current Density Limit
No applied Pressure → ↓Fouling	Doesn't remove microorganisms and organic contaminants
↓Fouling & No regeneration chemicals required → ↓↓Chemicals	↑Energy as ↑Salt Feed Concentration
<Energy than Distillation processes (MED, MVC)	↑CAPEX for ↓Salt Feed Concentration
↑Membrane life	-
↑↑Recovery	-
Energy Consumption; 6.73 KWh/m³ (high salinities require high SEC)	
Applications 1) Treatment of >70,000 ppm saline solution (Brine) 2) Demineralization (e.g. Boiler Feed, Food, Chemical industries) 3) Recovery of Electrolytes, Acids 4) Desalination of Industrial Wastewater for Reuse	

الديلزة الكهربائية هي عملية غشائية تستخدم أغشية أنيون انتقائية متناوبة (AMs) وأغشية انتقائية كاتيون ، (CMs)توضع بين الأنود (+)والكاثود .(-)بسبب المجال الكهربائي المطبق ، ستتحرك الأنيونات نحو الأنود وستتحرك الكاتيونات نحو الكاثود. الأنيونات

تم إيقافها بواسطة CMsوالكاتيونات بواسطة ، AMsمما أدى إلى إنشاء تدفق عملية بتركيز أيون منخفض (مخفف) وتدفق عملية بتركيز أيون عالٍ (مركز).

زوج من CMو AMوكلا المنطقتين بين هذه الأغشية هو زوج من الخلايا. زوج الخلايا هو

الوحدة الأساسية للمكدس ، ويتم تكرارها "(س)" مرة.

يختلف عدد أزواج الخلايا في المكدس الفعلي اعتمادًا على نظام الغسيل الكهربي ، مع ما يصل إلى 600زوج من الخلايا في نطاق صناعي نموذجي

نظام.

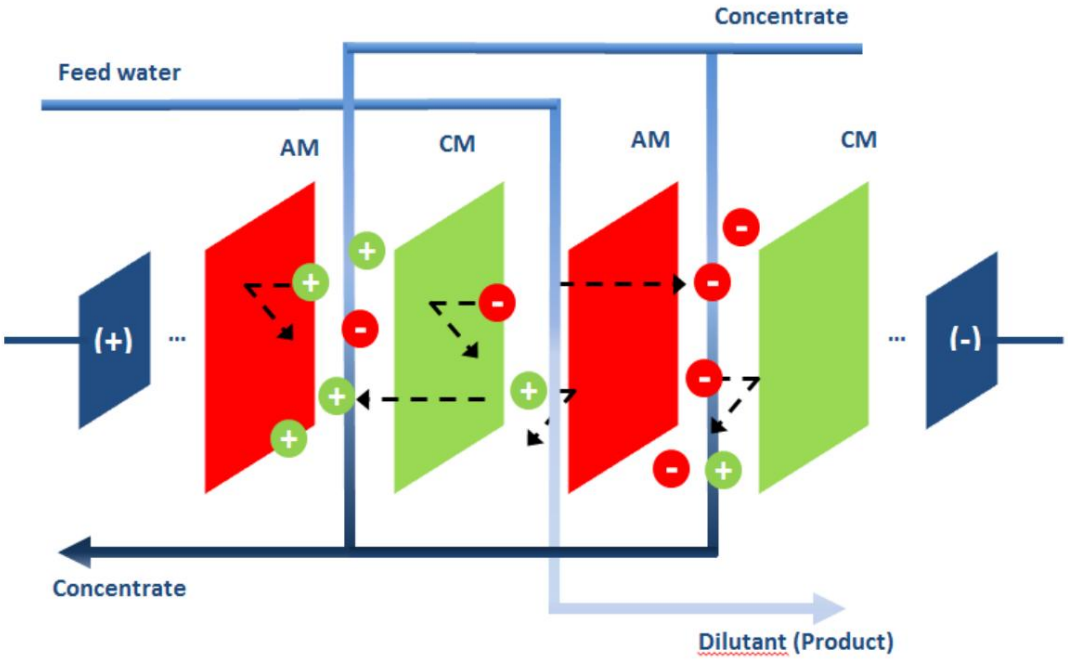
في الغسيل الكهربائي ، المواد الصلبة العالقة التي تحمل

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

يمكن أن تزيد الشحنات الكهربائية الموجبة أو السالبة من مقاومة الغشاء بشكل كبير ، وتترسب على سطح الغشاء. ومع ذلك ، تم التخلص من المشكلة في الديال الكهربائي إلى حد كبير عن طريق عكس قطبية الجهد الكهربائي المطبق في فترات زمنية معينة مما يؤدي إلى إزالة الجسيمات المشحونة التي ترسبت على الأغشية. يشار إلى هذه التقنية باسم انعكاس الغسيل الكهربي .(EDR)

7.1وظيفة عملية EDR



الشكل ، 17وصف تخطيطي لعملية عكس غسيل الكلى

يوجد في كل كومة EDRقطبان على الجانب الخارجي مغموران في محلول ملح مائي قادر على توصيل التيار الكهربائي ويسمح بمجال كهربائي ليكون

وضعت حول المكدس. يتم ضخ محلول الملح من أجل الحفاظ على التوازن الأيوني. نظرًا لوجود محلول الملح (تيار التغذية) أيضًا بين أغشية التبادل الأيوني ، سينتج عن المجال الكهربائي نقل أيوني. في الفراغات بين الأقطاب الكهربائية ، والتي تحمل علامة "مخفف" ، ستنتشر الكاتيونات من خلال CMإلى القطب السالب (الكاثود) بينما تنتشر الأنيونات عبر AMإلى القطب الموجب (الأنود).

تنتقل الأيونات التي تغادر تغذية المادة المخففة إلى حجرة التغذية المركزة المجاورة مما يؤدي إلى انخفاض تركيز الأيونات في غرف المخفف لعملية .EDR في غرف التركيز ، ستحاول الكاتيونات الانتقال إلى القطب السالب ولكن سيتم حظرها بواسطة AMوستحاول الأنيونات الانتقال إلى القطب الموجب ولكن سيتم حظرها بواسطة .CMهذا يؤدي إلى زيادة تركيزات كل منهما في

غرف التركيز.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

في ، EDRيتم عكس الجهد عند الأقطاب الكهربائية كل 60-30دقيقة مما يعكس أيضًا اتجاه نقل الأيونات ويسبب إزالة المواد المشحونة كهربائيًا من سطح الغشاء والتي قد تسبب أضرارًا خطيرة وربما لا يمكن إصلاحها. يوصى عمومًا بإزالته مسبقًا ،

•جزيئات مشتتة ، •غروانية

•أحماض الدبال

•زيوت ودهون

متوسط العمر الافتراضي لأغشية الضعف الجنسي ما بين 5و 7سنوات.

7.2المزايا والعيوب

مزايا:

EDRله خصائص مفيدة تشكله كنجاح. الأول هو قدرة EDRعلى الأداء بمستوى عالٍ للغاية لاستعادة المياه ، وذلك بسبب انعكاس القطبية الذي يسمح بمعالجة الأعلاف التي تحتوي على عوامل مقياس ملوحة مركزة تتجاوز التشبع ، دون أي مواد كيميائية.

مع إضافة مادة مقاومة التكلس EDRتزيد من تحمل الملح بدرجة أكبر.

على عكس ، ROوهي عملية مدفوعة بالضغط ، يعمل EDRعن طريق تدفق مياه التغذية على سطح أغشية التبادل الأيوني ، بينما يزيل المجال الكهربائي الأيونات عبر الأخير. لا يحتوي EDRعلى طبقة قذرة مضغوطة مثل ROمما يحد من كفاءة الاسترداد.

سلبيات:

العيب الرئيسي هو أنه بعد كثافة تيار معينة (حد الكثافة الحالية) ، لم يعد انتشار الأيونات عبر أغشية EDRخطيًا للجهد المطبق ولكنه يؤدي إلى تفكك الماء (تقسيم الماء إلى + Hو OHأيونات) ويقلل من النظام . كفاءة. لذلك يجب أن يعمل EDRدائمًا أقل من حد الكثافة الحالية. تتوفر إجراءات القياس التجريبية لتحديد CDLلتغذية معينة.

عيب آخر لـ EDRهو أنه لا يزيل الكائنات الحية الدقيقة والملوثات العضوية ، وبالتالي فإن المعالجة اللاحقة ضرورية دائمًا إذا كانت المياه عالية الجودة مطلوبة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

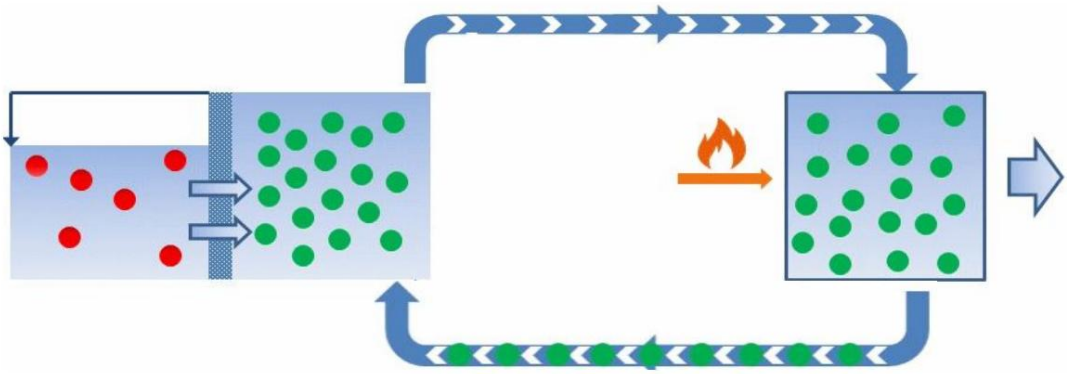
7.3تطبيقات صناعة العمليات

.1تركيز محلول ملحي
.2نزع المعادن (مثل مياه تغذية الغلايات)
.3تحلية المياه العادمة الصناعية لإعادة استخدامها .4نزع المعادن من المنتجات الغذائية .5استعادة
الإلكتروليتات أو الأحماض القيّمة من الشطف
الحمامات في المعالجات المعدنية (السطحية) .6القطاعات التي يلزم فيها إزالة الأيونات من أ
تدفق العملية أو يجب أن يتركز (مثل صناعة المواد الكيميائية)

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.8التناضح إلى الأمام



الشكل ، 18يتم فصل محلول المحلول الملحي عن محلول اصطناعي بواسطة a
غشاء شبه نافذ يسمح بمرور جزيئات الماء فقط. ال
الاختلاف في التركيز (الجزيئات المحتوية على الأملاح >>رسم الأنواع -الجزيئات الخضراء) يخلق تدفقًا للمياه إلى المحلول
الاصطناعي. يتم توجيه المحلول التركيبي المخفف إلى خطوة التجديد حيث يتم رسم الأنواع

يتم دفعها مرة أخرى إلى العملية ويتم أخذ الماء كمنتج.

التناضح الأمامي (FO)هو عملية غشاء تناضحي بغشاء شبه نافذ لا يستخدم الضغط المطبق على عكس التناضح العكسي (RO)من أجل تحقيق فصل الماء عن المواد المذابة مثل الأيونات والجزيئات والجزيئات الكبيرة. وهذا يعني قدرًا أقل من الطاقة للعملية مقارنةً بالتناضح العكسي. بشكل عام ، يستخدم FOالطاقة الحرارية والكهربائية. يمكن الاستعاضة عن الطاقة الحرارية بالحرارة المهدرة منخفضة الدرجة والتي يمكن العثور عليها في كل مكان في معظم الصناعات أو في مكان قريب

المناطق.

التطبيقات الحرارية + الكهربائية

الكهربائية فقط

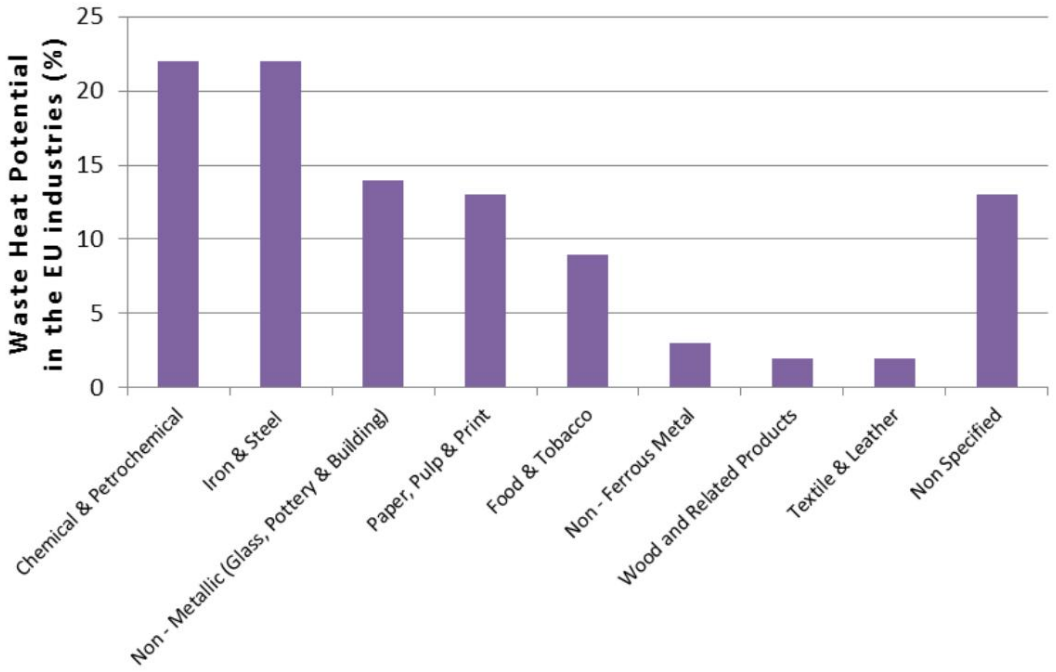
Advantages (+)	Disadvantages (-)
Treating >70,000 ppm	Internal Concentration Polarization
↓Energy	Reverse Salt Flux
Reversible Fouling	Choosing the right Draw Solution
↓↓Chemicals	Choosing the right membrane
↑ Rejection of Boron & TrOCs	–
Energy Consumption; 29. 91 KWh/m³ = 0.46 KWh/m³ Electrical + 29.45 KWh/m³ Thermal	

Applications

1) Treatment of >70,000 ppm saline solution (Brine)
2) Oil & Gas Wastewater
3) Heavy Metal Wastewater (Mining & Metallurgy)
4) ↑ Organic WW (e.g. Landfill Leachate)

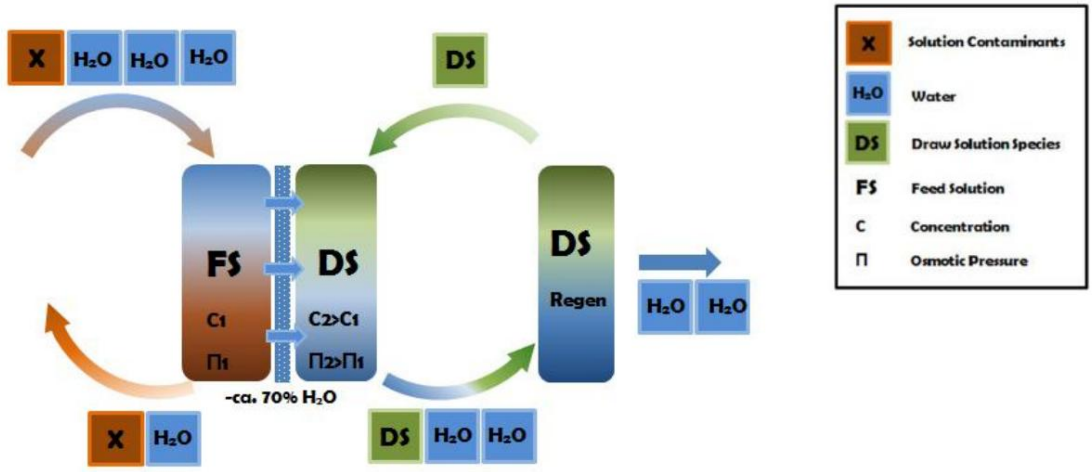
حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



الشكل ، 19إمكانات حرارة النفايات لكل قطاع صناعي في الاتحاد الأوروبي ، (٪)التقييم الأولي لإمكانية الحرارة المهدرة في الصناعات الأوروبية الرئيسية (2017)

8.1وظيفة العملية



الشكل ، 20التخطيطي المبسط لعملية FO

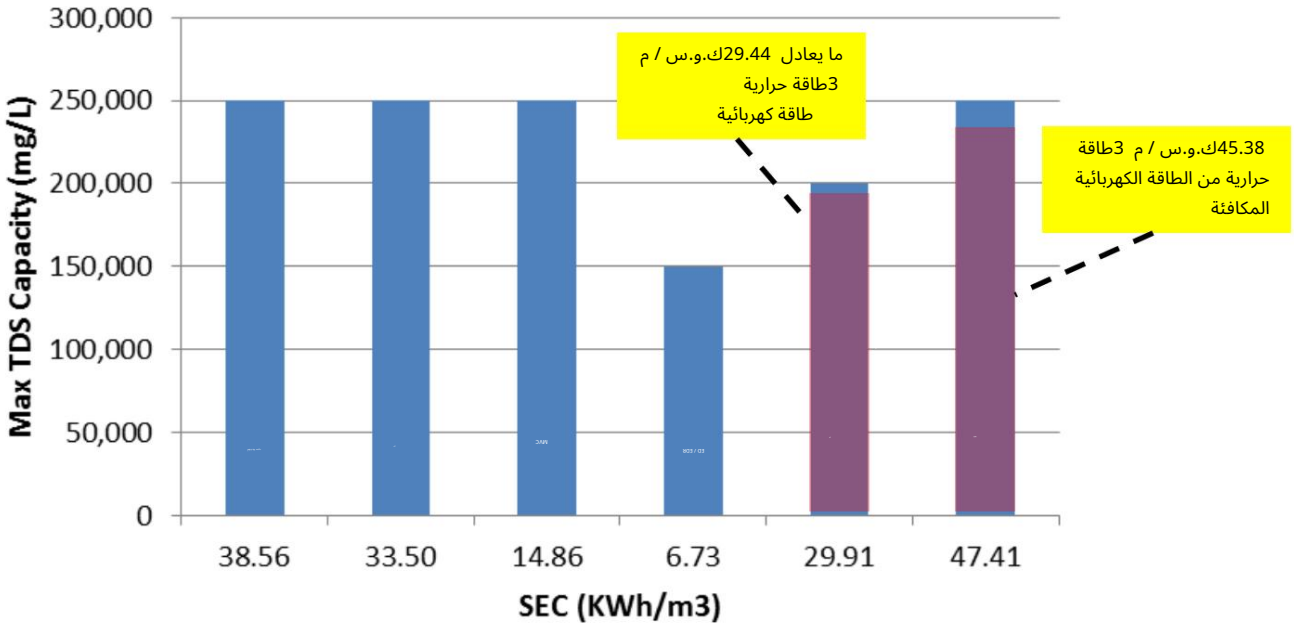
يستخدم FOفرق الضغط الاسموزي (Δπ)بين محلول التغذية (تركيز C1)ومحلول السحب الاصطناعي ، (DS)والذي نعده باستخدام .1 - π2 = Δπ π1 بسبب C2 > C1 π2 < ، Δπستبدأ جزيئات الماء من العلف بالانتقال إلى محلول السحب ، مما يخلق تدفقًا للمياه يزيل ca. 70٪ ماء من العلف (بحد أقصى 65٪استرجاع (R)لمياه البحر SWRO ، وRO و80٪للمياه المالحة .(BWRO ، ROأيضًا نظرًا لحقيقة أن FOلا يستخدم المطبق

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

الضغط للتغلب على الضغط الأسموزي ، يمكنه التعامل مع مستويات TDSأعلى بكثير من RO(حوالي 200000جزء في المليون (ملجم / لتر) لـ FOو 70000جزء في المليون (ملجم / لتر) للتناضح العكسي). هذه الحقيقة تجعل FOمثاليًا للتعامل مع المحاليل الملحية عالية الملوحة.

IFO ca. 70٪استرداد المياه ، حتى 200000جزء في المليون (ملجم / لتر) تحمل المواد الصلبة الذائبة عند التغذية



الشكل ، 21استهلاكات الطاقة المحددة (SECs)لتقنيات المعالجة بمحلول ملحي بوحدة KWh / m3مقابل سعة TDSالقصوى في mg / L(جزء في المليون). في سلسلة لدينا فلاش متعدد المراحل ، (MSF)تقطير متعدد التأثير ، (MED)ضغط بخار ميكانيكي ، (MVC)غسيل كهربائي / عكس غسيل كهربائي ، (ED / EDR)تناضح أمامي ، (FO)تقطير غشاء .(MD)يمكن لـ FOو IMDالاستفادة من الحرارة المهدرة لما يصل إلى 90٪من الطلب على الطاقة الحرارية.

يعتمد تدفق الماء في FOعلى ،

(1فرق الضغط الأسموزي

(2هيكل الغشاء

(3أنواع DS

(4خصائص تلوث العلف

أغشية FOذات بنية بسيطة (CTA)وهيكل مركب .(TFC)أظهرت أغشية TFCأداءً أفضل في مقياس المختبر في جميع أنحاء العالم.

عادةً ما تكون أنواع DSعبارة عن أملاح غير عضوية يمكن الاحتفاظ بها في حلقة التجديد لفترة طويلة قبل أن نحتاج إلى إضافة المزيد في هذه العملية.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

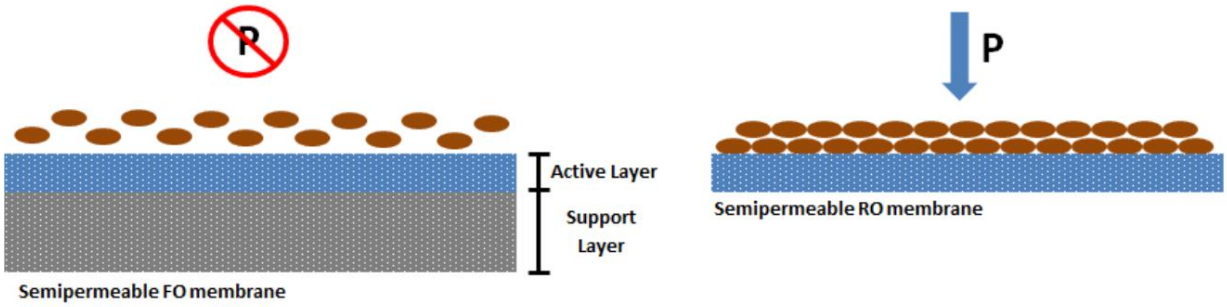
Machine Translated by Google

8.2المزايا والعيوب

مزايا:

نظرًا لعدم استخدام الضغط المطبق ، فإن طبقة القاذورات على سطح الغشاء ليست مضغوطة مما يعني أن طرق التنظيف الفيزيائية يمكن أن تستعيد تدفق الماء من الغشاء (الشكل .(4وهذا يعني استخدام أقل للمواد الكيميائية وتحسين عمر الغشاء وتكاليف أقل بشكل عام.

أغشية TFC FO أداء ، أملاح غير عضوية لـ ، DSتلوث من RO(قابل للانعكاس لـ ، (FOالمواد الكيميائية المعنية



الشكل ، 22شرح طبيعة القاذورات القابلة للانعكاس لـ .FOعلى اليمين لدينا غشاء ROنموذجي حيث نضغط من أجل دفع الماء من خلاله. يخلق الضغط المطبق "طبقة عجينة" من ملوثات مياه التغذية على سطح الغشاء. من ناحية أخرى ، لدينا على اليسار غشاء FOحيث لا يوجد ضغط ، وبالتالي فإن ترسب الملوثات فضفاض للغاية ويمكن إزالتها بالطرق الفيزيائية (مثل الغسيل العكسي الاسموزي)

سلبيات:

يعاني التناضح الأمامي من مشكلتين رئيسيتين ،

(1تركيز الاستقطاب (CP)

(2عكس تدفق الملح

تركيز الاستقطاب في أغشية FOخارجي (ECP)وداخلي .(ICP)يعد ECPظاهرة شائعة في عمليات التناضح العكسي ويمكن تقليله من خلال تحسين ظروف التدفق المتقاطع باستخدام الفواصل على سطح الأغشية.

في ICP DSتتراكم جزيئات DSداخل مسام الغشاء وتخفض تدرج الضغط الاسموزي ، وبالتالي تخفض فرق الضغط الاسموزي الذي يمثل القوة المتحركة لعملية .FOفي السنوات الأخيرة ، كان هناك جهد مكثف من قبل المجتمع العلمي لمحاربة تأثير برنامج المقارنات الدولية ، وكانت هناك بعض النتائج الواعدة جدًا باستخدام الأساليب الفيزيائية التي يمكن أن تحسن الكفاءة العالية بالفعل لـ .FO

 FOتدفق المياه بواسطة برنامج المقارنات الدولية (يمكن تخفيفه بالطرق الفيزيائية) ، يمكن أن تلوث أنواع DSالتغذية بتدفق الملح العكسي (يجب توخي الحذر عند اختيار (DS

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

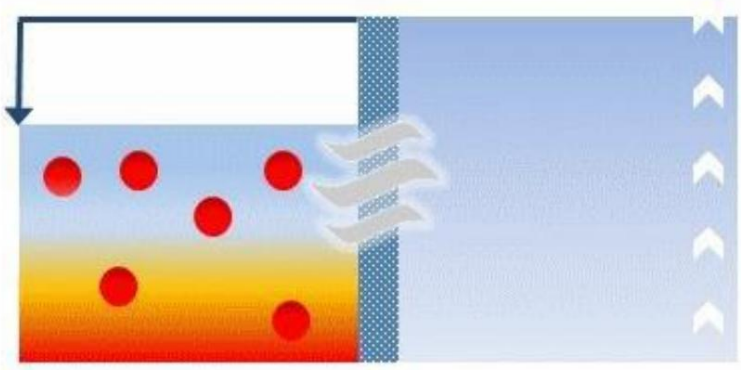
8.3تطبيقات صناعة العمليات

.7تركيز محلول ملحي
.8النفط والغاز .9المياه العادمة المعدنية (التعدين والتعدين)
.10رشيح طمر النفايات .11معالجة تفجير أبراج التبريد .12المواد الغذائية
والمشروبات

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

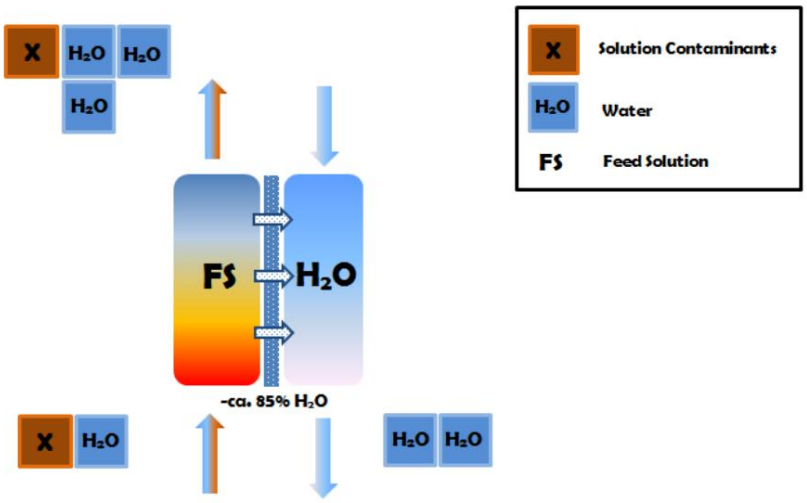
9.التقطير بغشاء التلامس المباشر



الشكل ، 23يتم فصل محلول المحلول الملحي الدافئ عن الماء المبرد بواسطة غشاء مسعور يسمح بمرور الأبخرة فقط. كالماء
تمر الأبخرة عبر الغشاء ، ويتم تقليل حجم المحلول الملحي بشكل كبير. يمر المنتج من خلال مبادل حراري للحفاظ على الدورة الدموية.

التقطير الغشائي (MD)هو عملية نقل مدفوعة حرارياً تستخدم أغشية كارهة للماء. القوة الدافعة في الطريقة هي فرق ضغط البخار بين جانبي مسام الغشاء ، مما يسمح بنقل الكتلة والحرارة لمكونات المحلول المتطاير (مثل الماء). إن بساطة MDجنبًا إلى جنب مع حقيقة أنه يمكن استخدام الحرارة المهدرة و / أو مصادر الطاقة البديلة ، مثل الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية ، تمكن MDمن الاندماج مع العمليات الأخرى في أنظمة متكاملة ، مما يجعلها تقنية فصل واعدة.

9.1وظيفة العملية



الشكل ، 24تخطيطي مبسط لعملية .MD

يتم الحصول على القوة الدافعة لعملية MDمن خلال فرق ضغط البخار الناتج عن اختلاف درجة الحرارة عبر الغشاء. لأن القوة الدافعة ليست حرارية خالصة

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

القوة الدافعة ، MDيمكن الاحتفاظ بها عند درجة حرارة أقل بكثير 60-30)درجة مئوية) من التقطير الحراري التقليدي. تمنع طبيعة الغشاء الكارهة للماء دخول جزيئات الماء بسبب التوترات السطحية. ومع ذلك ، فإن هذا الأخير لا ينطبق على أبخرة الماء ، والتي تخلق فرقًا في الضغط وتنتقل عبر نظام مسام الغشاء ، وتتكثف على الجانب الآخر البارد من الغشاء. عملية إزالة كاليفورنيا. 85٪ماء من محلول التغذية ويمكن تلخيصه في ثلاث خطوات: (1)تكوين فجوة بخار في واجهة محلول التغذية الساخنة -الغشاء. (2)نقل طور البخار من خلال النظام الصغير الذي يسهل اختراقه ؛ (3)تكثيف البخار في واجهة الغشاء الجانبي البارد - محلول نفاذ.

الطريقة التي يتم بها إنشاء فرق ضغط البخار عبر الغشاء هي

التي يحددها تكوين وحدة .MDفي التكوين الأكثر شيوعًا ، التقطير الغشائي التلامسي المباشر ، (DCMD)سائل التكثيف من جانب النفاذية (غالبًا ماء نظيف) الذي يكون على اتصال مباشر مع

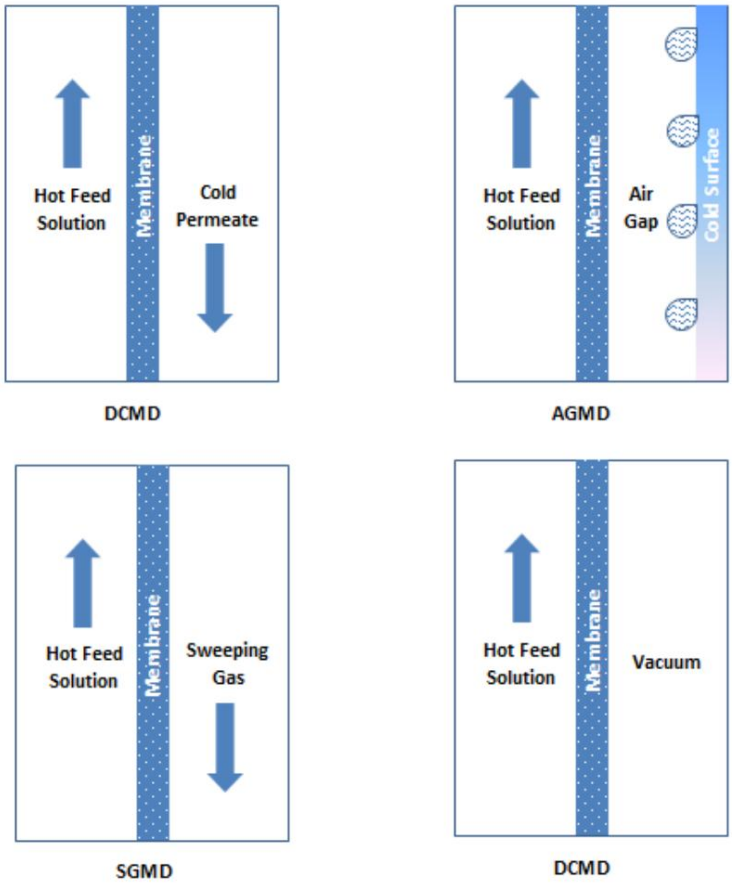
أ ل يتكون

بالإضافة إلى ذلك، غشاء.

يمكن تجميع المذيب المتبخّر عليه

يمكن أن يكون سطح التكثيف

مفصولة عن الغشاء عن طريق فجوة هوائية (AGMD)أو فراغ ، (VMD)أو يمكن تفريغها عن طريق غاز كنس بارد خامل (SGMD).



الشكل ، 25تكوينات .MD

اختيار الغشاء هو العامل الأكثر أهمية في أداء فصل .MDهناك نوعان شائعان من تكوينات الغشاء ،

(1غشاء ليفي مجوف مُعد بشكل أساسي من مادة البولي بروبيلين (PP)والبولي فينيلدينفلورايد (PVDF)و ، Polytetrafluoroethylene (PTFE) - PVDFالمركب

مادة

(2غشاء لوح مسطح مُعد بشكل رئيسي من ، PTFE ، PPو PVDF

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

يتميز PTFEبأعلى درجة من الكراهية للماء ، واستقرار كيميائي وحراري جيد ومقاومة للأكسدة ، ولكنه يتمتع بأعلى موصلية مما يؤدي إلى زيادة نقل الحرارة من خلال أغشية PTFE(وبالتالي تقليل فرق درجة الحرارة ونقل البخار). يتمتع PVDFبمقاومة جيدة للماء ومقاومة حرارية وقوة ميكانيكية ويمكن تحضيره بسهولة في أغشية بهياكل مسامية متعددة الاستخدامات. يُظهر PPحراريًا وكيميائيًا جيدًا

مقاومة.

9.2المزايا والعيوب

مزايا:

(1متطلبات الطاقة المنخفضة

(2لا يتأثر كثيرًا بالتركيز الاستقطاب (3الرفض النظري بنسبة 100٪للمكونات غير المتطايرة ، ولا يوجد حد لتركيز العلف

تتمثل مزايا ، MDمقارنة بطرق الفصل التقليدية ، بشكل أساسي في الضغط المنخفض ومتطلبات درجة الحرارة المنخفضة 60-30)درجة مئوية) مما يؤدي إلى انخفاض تكاليف الطاقة وتقليل الخواص الميكانيكية للوحدات. على عكس التقطير والتناضح العكسي ، يمكن فصل محلول التغذية عند درجة حرارة أقل من نقطة الغليان (عند الضغط الجوي). مع متطلبات الحرارة المنخفضة الدرجة ، يمكن استخدام حرارة النفايات الصناعية ، وكذلك مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية.

أيضًا بالمقارنة مع التناضح العكسي ، يكون MDأقل عرضة لقيود التدفق الناتجة عن استقطاب التركيز. يمكن أن تنتج درجات حرارة التغذية المنخفضة جدًا معدلات عالية بشكل معقول من مياه المنتج وقد تكون أكثر عملية بالنظر إلى طبيعة بعض شوائب المياه (على سبيل المثال ، مشكلات القياس عند درجة حرارة عالية). نظريًا ، يوفر MDاحتباسًا بنسبة 100٪للمواد المذابة غير المتطايرة ، حيث لا يوجد حد لتركيز الإمداد.

سلبيات:

(1استهلاك طاقة مرتفع نسبيًا (على الرغم من أن مصدر الطاقة منخفض الدرجة

درجة حرارة)

(2تكلفة وحدة مرتفعة نسبيًا

(3التدفق المنخفض مقارنة بالأغشية الأخرى المدفوعة بالضغط

(4قد تتسبب المواد الخافضة للتوتر السطحي أو الملوثات البرمائية في ترطيب الغشاء (تتسرب التغذية المالحة عبر الغشاء وتلوث النفاذية)

العوامل الرئيسية التي لا تزال تعيق التطبيق الصناعي MDهي التدفق المنخفض نسبيًا للتخلل مقارنة بعمليات الأغشية القائمة على الضغط ، وانخفاض التدفق الناتج عن استقطاب التركيز ، والقاذورات وترطيب المسام للغشاء ، والتكلفة العالية لوحدات MDوالحرارة العالية استهلاك الطاقة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

9.3تطبيقات صناعة العمليات

.13تركيز محلول ملحي
.14معالجة تفجير أبراج التبريد .15إزالة المكونات المتطايرة (مثل الأمونيا)
.16تنقية المياه في الصناعات الدوائية والكيميائية والنسيجية
.17الأغذية والمشروبات .18تركيز الموارد

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.10المبخرات

التبخر مثل التجفيف ، يزيل المواد المتطايرة من المحلول لكن العمليتين تختلفان فيما يلي ،

التبخر

oإزالة معظم الماء من المحلول

oيحدث عادة عند نقطة غليان الماء. التجفيف

إزالة

كمية الماء من

مادة صلبة (رطوبة) oتحدث عند درجة

حرارة أقل من نقطة الغليان وتتأثر عادة بالرطوبة

تشمل المبخرات مبادل حراري

المهمة التي هي غليان الحل و

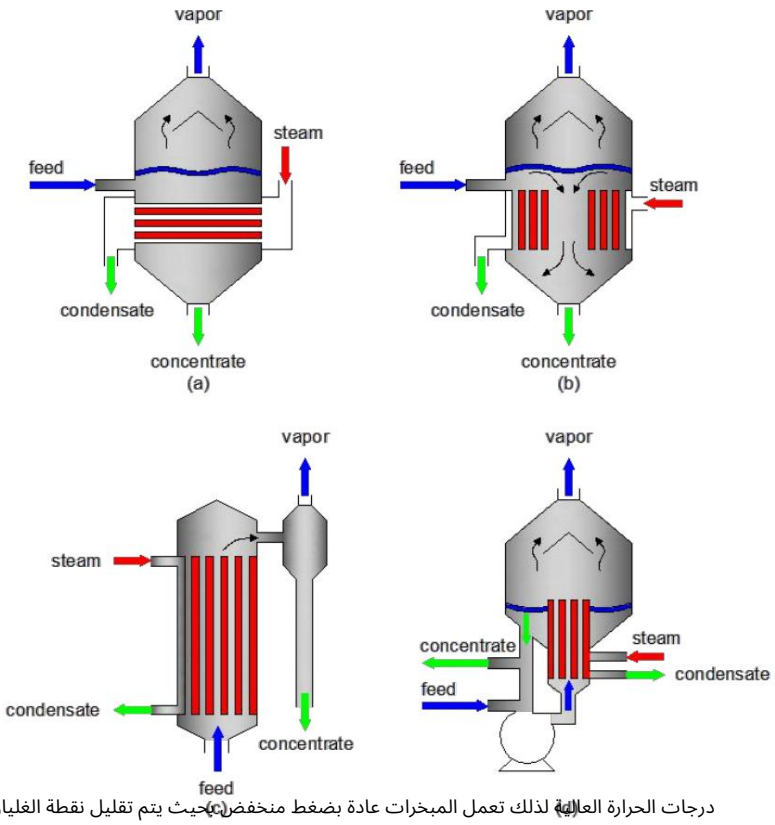
لديهم أيضًا طريقة لفصل البخار عن محلول الغليان.

يمكن تصنيف أنواع المبخرات وفقًا لطولها والمواضع (الأفقية أو

الرأسية) لأنابيب المبخر (الشكل (1التي يمكن

تكون داخل أو خارج السفينة الرئيسية.

لا يمكن تحمل معظم المواد



درجات الحرارة العالية لذلك تعمل المبخرات عادة بضغط منخفض حيث يتم تقليل نقطة الغليان .(BP)هذا يعني أنه يلزم وجود مضخة فراغ أو نظام تفريغ بقاذف نفاث

للتأثير الأخير للمبخر.

الشكل 26أنواع المبخر. (أ) الأنبوب الأفقي ، (ب) الأنبوب الرأسي ، (ج) الأنبوب الرأسي الطويل و (د) الدوران القسري

10.1اختيار المبخر المناسب

يتم اختيار المبخر المناسب كل حالة على حدة وفقًا لعدد من العوامل ،

1. يُطعم
2. لزوجة المحلول (وزيادتها أثناء التبخر)
3. طبيعة المنتج والمذيب (مثل الحساسية للحرارة والتآكل)

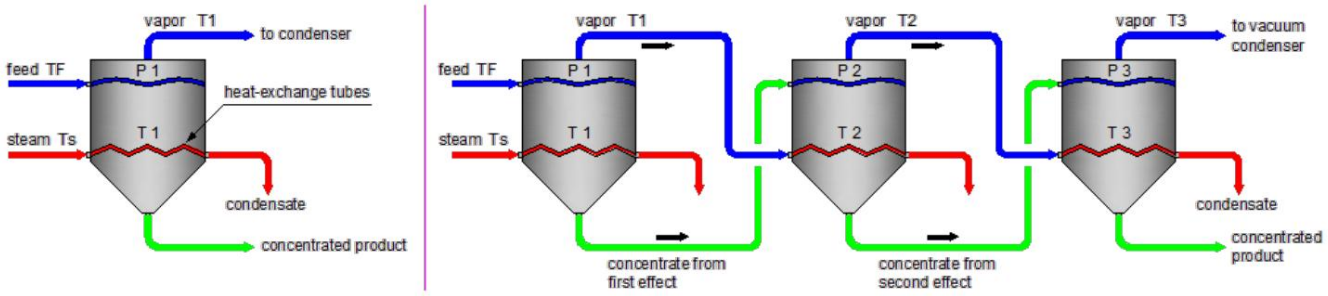
حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

4. خصائص القاذورات
5. خصائص الرغوة

المبخر يكتب	حالة الأعلاف							مناسب للحرارة حساس مادة
	اللزوجة ، cP			الإرغاء	تحجيم أو القاذورات	إنتاج البلورات	المواد الصلبة في تعليق	
	قليل <100	واسطة 100-1000	عالي					
رزنامة (أنبوب قصير عمودي)								✗
قسري الدوران								✓
فيلم السقوط								✗
طبيعي الدوران								✗
فيلم مهتاج (تمريرة واحدة)								✓
أنبوب طويل فيلم السقوط								✓
أنبوب طويل رفع الفيلم								✓

10.2تأثير فردي مقابل تأثير متعدد



الشكل ، 26تكوينات المبخرات ذات التأثير الفردي والمتعدد.

هناك ثلاثة معايير تؤثر على أداء المبخر ،

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.1السعة (كجم تبخر / الوقت)
.2الاقتصاد (كغم مبخر / كغم من مدخلات البخار)
.3استهلاك البخار (كجم / ساعة)

حيث الاستهلاك =القدرة / الاقتصاد.

الاقتصاد (أو الاقتصاد البخاري) هو كيلوغرام الماء المتبخر من جميع التأثيرات (لكل كيلوغرام من البخار المستخدم). بالنسبة للمبخر ذو التأثير الفردي ، يكون اقتصاد البخار كاليفورنيا. ، (1>) 0.8والذي يترجم إلى 0.8طن من البخار اللازم لتبخير طن واحد من الماء.

من أجل تقليل الاقتصاد البخاري للمبخر ، يستخدم التصميم متعدد التأثير أبخرة العادم من المنتج لتسخين تأثير التبخر في اتجاه مجرى النهر وتقليل استهلاك البخار.

قدرة المبخر متعدد التأثير (تأثيرات (nكاليفورنيا. *قدرة المبخر ذات التأثير الفردي والاقتصاد حوالي * 0.8ن.

تحتاج المبخرات أيضًا إلى مضخات وأنابيب ربط وصمامات مطلوبة لنقل السائل من تأثير إلى تأثير آخر ، كما أنها تزيد من النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية الخاصة بالمبخرات.

عملية.

الجدول ، 11تقليل اقتصاد بخار المبخر باستخدام مبخر ثلاثي التأثير

اقتصاد بخار بخار مباشر			
1كجم / ساعة100٪			-1تأثير النبات
3كجم / ساعة33٪			-3تأثير النبات

تأثير واحد (SE)

سعة صغيرة ولكنها مهدرة للطاقة 1)كجم بخار يتبخر 1كجم ماء) الانخفاض الكلي في درجة الحرارة للتأثير الفردي يساوي إلى حد ما التأثير المتعدد

تأثير متعدد (ME)

•كل تأثير فردي سيكون له اختلاف أقل في درجة الحرارة ، وبالتالي مساحة عالية من
أسطح التدفئة •تكلفة رأس المال أكثر تكلفة •تكلفة التشغيل -الاقتصاد بالبخار ، مطلوب فقط للتأثير الأول 1)كجم يتبخر بخار

3كجم ماء)

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

10.3أنواع المبخر

درجة حرارة العلف لها تأثير مهم على اقتصاد المبخر وأدائه. إذا لم يكن بالفعل عند نقطة الغليان ، فيجب أن تحدث تأثيرات الحرارة. إذا كانت التغذية أعلى من نقطة الغليان ، فسيتم استخدام تبخر الفلاش عند المدخل.

عادة ، يتم تسخين محلول التغذية بمبادل حراري مسبق لتقليل الطلب على حرارة التبخر عن طريق نقل الحرارة من المكثفات الساخنة إلى تيار التغذية.

يتم بعد ذلك خلط التغذية الساخنة مع سائل المبخر ويتم تسخين الخليط بواسطة المبادل الحراري الرئيسي الذي يمكن أن يستخدم البخار أو الكهرباء أو الزيت الساخن أو أي أشكال أخرى من الطاقة المتاحة. يغلي الخليط ، وينتج تيار سائل مركز وتيار بخار ماء يمكن تصريفه أو تكثيفه.

كان تبخر ضغط البخار (VC)هو المعيار القياسي لتقنية ZLDعلى مدى العقود الماضية ، حيث استعاد كاليفورنيا. 95٪ماء من العلف. يمكن بعد ذلك دفع تيار السائل المركز (المحلول الملحي) إلى وحدة التبلور من أجل التصلب.

التبخر مكلف إلى حد ما وغير مجدي اقتصاديًا بمعدلات تدفق تغذية كبيرة ، وهذا هو السبب في تطبيق خطوة التركيز المسبق على عملية .ZLD

هناك أنواع مختلفة من المبخرات ،

أ. سقوط الفيلم ب.

فيلم صاعد

ج. تداول قسري

د. كشط السطح / رقيقة ه. المبخر المركب

أهمها ،

أ. مبخرات الفيلم المتساقطة (FFEs)

تتميز FFEsبالعديد من ميزات التبخر متعدد التأثيرات الموفرة للطاقة وإعادة ضغط البخار الميكانيكي. يعمل FFEبدرجة حرارة تشغيل صغيرة جدًا ويسمح ،

(1أدوات تحكم سهلة (2بدء التشغيل والإغلاق بسرعة بسبب الحد الأدنى من توقف السوائل

يتم اختيار FFEsللتيارات اللزجة مع تركيزات صغيرة من المواد الصلبة العالقة. تتميز FFEبسعة معدلات تدفق صغيرة إلى كبيرة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

ب. مبخرات التدوير القسري (FCEs)

نظرًا لارتفاع معدل تدفق الدورة الدموية والتبخر الذي يحدث خارجيًا للمبادل الحراري ، يتم اختيار FCEsللتيارات عالية اللزوجة التي تحتوي على تركيز كبير من المواد الصلبة العالقة والملوثات القاذرة. لديها معدلات تدفق متوسطة إلى كبيرة.

ج. المبخرات ذات الأغشية الرقيقة / (TFEs)المجففات

يتم اختيار TFEsفي الغالب من أجل تقليل محتوى الماء إلى أقل من 5٪(التبلور).
مثل ، FFEsمن السهل التحكم في هذه التقنية وسريعة بدء التشغيل والإغلاق بسبب انخفاض السائل للغاية. يتم اختيار TFEsللمنتجات عالية التحجيم والسوائل عالية اللزوجة. لديها معدلات تدفق صغيرة إلى متوسطة.

عادة ما يكون تيار نواتج التقطير في المبخرات أقل من 10جزء في المليون TDS(إجمالي المواد الصلبة الذائبة). الأكثر استخدامًا هو FFE(ويسمى أيضًا مكثف المحلول الملحي) الذي يمكن أن يقود تركيز التغذية حتى 300000جزء في المليون مما يؤدي إلى ارتفاع نقطة الغليان (BPR)من المحلول الملحي ويتطلب إما منطقة نقل حرارة كبيرة (رأس مال كبير) أو درجة حرارة حرارة كبيرة OPEX)كبير).

10.4شرح العملية

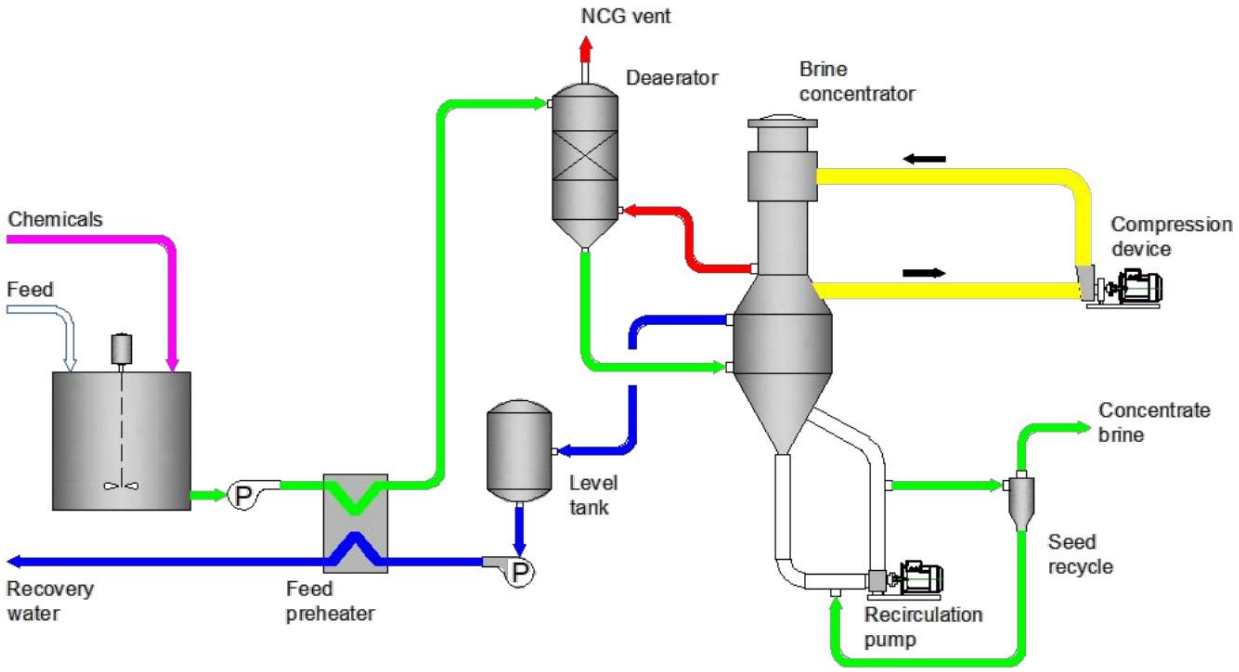
يمكن للمبخرات معالجة مجاري المياه ذات التركيز العالي للكلوريدات وفصل الماء نظريًا عن جميع الأنواع الذائبة لإنتاج منتج صلب ثابت يمكن طمره ومنتج ماء مقطر عالي الجودة.

خطوات عملية التبخر هي (الشكل ، (27

(1الإضافة الكيميائية (خزان التغذية) (2التسخين المسبق (التسخين المسبق للتغذية) (3نزع الهواء (4التبخر الأولي (مُركّز المحلول الملحي)

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



الشكل ، 27مخطط تدفق عملية التبخر

الخطوات 1و ؛ 2يضاف الحمض إلى خزان التغذية لتحييد قلوية البيكربونات من أجل تسخين المحلول مسبقًا في المبادلات الحرارية للوحة. تمت إضافة مضادات التكلس أيضًا لمنع التقشر في أجهزة التسخين المسبق باستخدام كربونات الكالسيوم.

الخطوه ؛3يتم تفريغ تيار التسخين المسبق باستخدام البخار من المبخر (الخط الأحمر في الشكل (3لإزالة ثاني أكسيد الكربون المذاب (تقليل القلوية) ، والأكسجين المذاب ، وأي غازات أخرى غير قابلة للتكثيف من أجل تقليل احتمالية تآكل المبخر.

الخطوة ؛ 4يحدث معظم تبخر الماء داخل وعاء تركيز المحلول الملحي الذي يتم بذره بكبريتات الكالسيوم لتقليل القشور. عادة ما تكون مياه الصرف مشبعة بكبريتات الكالسيوم ، والتي سوف تترسب وتشكل قشورًا على أنابيب المبخر. باستخدام بلورات بذور كبريتات الكالسيوم ، تترسب كبريتات الكالسيوم المذابة بشكل تفضيلي على بلورات البذور بدلاً من أنابيب المبخر.

تتطلب العملية أيضًا كهرباء لدورة ضغط البخار الميكانيكي .(MVC)نظرًا لأن MVCيعيد تدوير حرارة التبخر الكامنة ، فإن مدخلات الطاقة منخفضة جدًا ، في نطاق 15كيلو واط في الساعة / متر مكعب من التغذية (أعط رابطًا إلى الجدول 4من صفحة .(ZLDلتقليل حجم وتكلفة فاصل البخار والضاغط ، يحدث التبخر عند الضغط الجوي.

10.5توفير الطاقة

تتضمن بعض الطرق المطبقة لتقليل استهلاك الطاقة لمحطات التبخير ما يلي:

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

•ترتيب التأثير المتعدد • (ME)إعادة ضغط البخار الحراري (TVR)إعادة
ضغط البخار الميكانيكي (MVR)ضغط البخار الميكانيكي (MVC)
استخدام طاقة النفايات

بالنسبة للمبخرات ، يعتبر أسلوب MVCهو الأكثر استخدامًا.

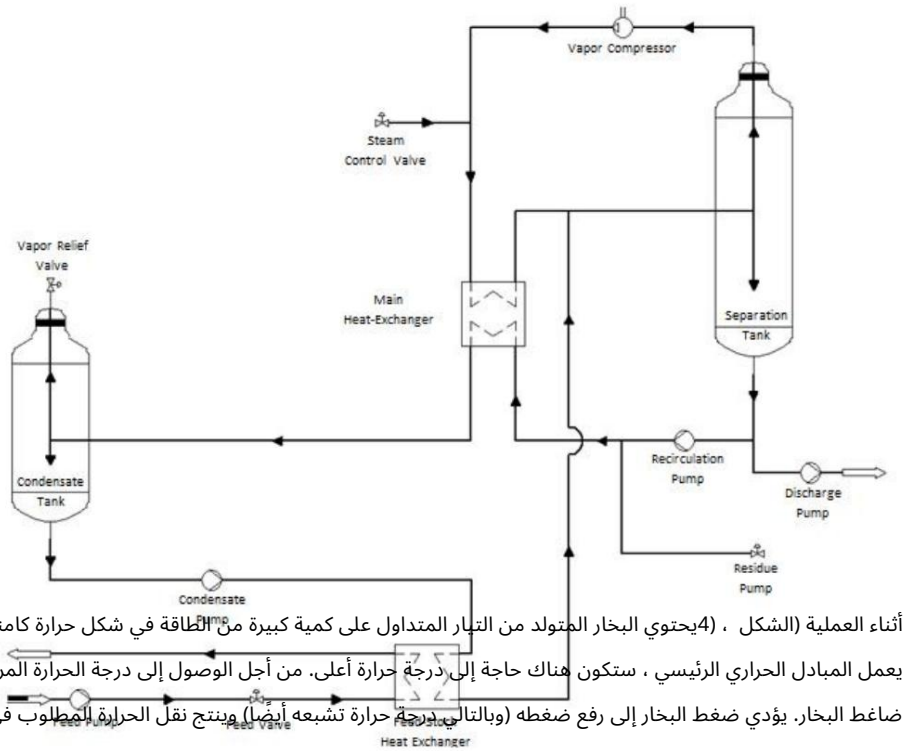
10.5.1ضغط البخار الميكانيكي

في MVC
المبخر ، الحرارة
نقلها إلى
تعميم تيار عن طريق التكثيف
بخار

ضاغط (ضواغط) (زيادة البخار

ضغط درجة الحرارة). في القيام بذلك
يتطلب طاقة أقل بكثير من الافتراضي

المبخر.



أثناء العملية (الشكل ، (4يحتوي البخار المتولد من التيار المتداول على كمية كبيرة من الطاقة في شكل حرارة كامنة عند درجة حرارة ماء الصرف المغلي. لكي يعمل المبادل الحراري الرئيسي ، ستكون هناك حاجة إلى درجة حرارة أعلى. من أجل الوصول إلى درجة الحرارة المرتفعة المطلوبة ، يتم ضغط البخار بواسطة ضاغط البخار. يؤدي ضغط البخار إلى رفع ضغطه (وبالتالي درجة حرارة تشبعه أيضًا) وينتج نقل الحرارة المطلوب في المبادل الحراري الرئيسي مما يسمح بإعادة تدوير الطاقة الموجودة في البخار ، مما يحسن بشكل كبير من إجمالي كفاءة الطاقة.

الشكل ، 24عملية ضغط البخار الميكانيكي

.1تنتقل مياه الصرف الناتجة عن التغذية من مضخة التغذية إلى المبادل الحراري لمادة التغذية وفي تيار التدوير. يقوم المبادل الحراري للمواد الأولية بنقل الحرارة المعقولة من الحرارة

المكثفات لتغذية المبرد.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

.2تقوم مضخة إعادة التدوير بتدوير المياه العادمة من خزان الفصل عبر المبادل الحراري الرئيسي ، إلى لوحة الفتحة ، والعودة إلى خزان الفصل. يتم نقل الحرارة الكامنة من البخار المضغوط إلى مياه الصرف الصحي عبر المبادل الحراري الرئيسي.

.3يتم استخدام لوحة الفتحة لتقليل ضغط التيار المتدفق. يكون ضغط المصب منخفضًا بدرجة كافية للسماح بوميض التيار المتداول في سائل وبخار

عناصر.

.4يتدفق السائل والبخار بعد ذلك إلى خزان الفصل حيث يتم فصلهما. يخرج البخار السائل من الخزان في الأسفل ويتدفق مرة أخرى إلى مضخة إعادة التدوير. يخرج تيار البخار من الخزان في الأعلى ويتدفق إلى ضاغط (ضواغط) البخار.

.5يتم توفير وسادة ضباب أعلى خزان الفصل لإزالة قطرات السائل الصغيرة من البخار.

.6يضغط ضاغط البخار البخار (يرفع درجة الحرارة والضغط) ، ويرسل البخار إلى المبادل الحراري الرئيسي ، حيث ينقل الحرارة الكامنة إلى مياه الصرف في حلقة إعادة التدوير.

.7يخرج مكثف درجة الحرارة العالية من المبادل الحراري الرئيسي ويتدفق إلى خزان التكثيف ، حيث يتم فصل أي بخار متبقي. ثم يتم ضخ المكثف الساخن إلى المبادل الحراري لمادة التغذية ، حيث ينقل الحرارة المعقولة إلى مياه الصرف الصحي الواردة.

.8عند الوصول إلى الحالة المستقرة عند التركيز المستهدف ، يتم تطهير المياه العادمة المركزة من حلقة إعادة التدوير ، باستخدام صمام البقايا. اعتمادًا على توازن الطاقة ، يمكن إضافة الطاقة إلى النظام عن طريق السخانات الكهربائية / بخار المعالجة أو يمكن إزالة الطاقة الزائدة من النظام بواسطة صمام تنفيس البخار.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

11.المبلورات

التبلور هو إنتاج مادة صلبة (بلورية أو راسب) تتكون من سائل متجانس يتركز في مستويات التشبع الفائق (التركيز> الذوبان) عند درجة الحرارة تلك.

عمليات التبلور المتاحة هي الثلاث التالية ،

1.التشبع الفائق عن طريق تبريد المحلول مع تبخر بسيط

2.التشبع الفائق عن طريق تبخر المذيب مع القليل من التبريد

3.التبخير عن طريق مزيج من التبريد والتبخر في مبخر ثابت الحرارة
(بلورات الفراغ)

يمكن أن تتحمل المبلورات التبلور المستمر لجميع أملاح الصوديوم قليلة الذوبان وعالية الذوبان مثل كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم ، دون تحجيم مفرط وترددات التنظيف. وهذا يعني زيادة استهلاك الطاقة المحدد (OPEX)وارتفاع تكلفة رأس المال المحددة .(CAPEX)

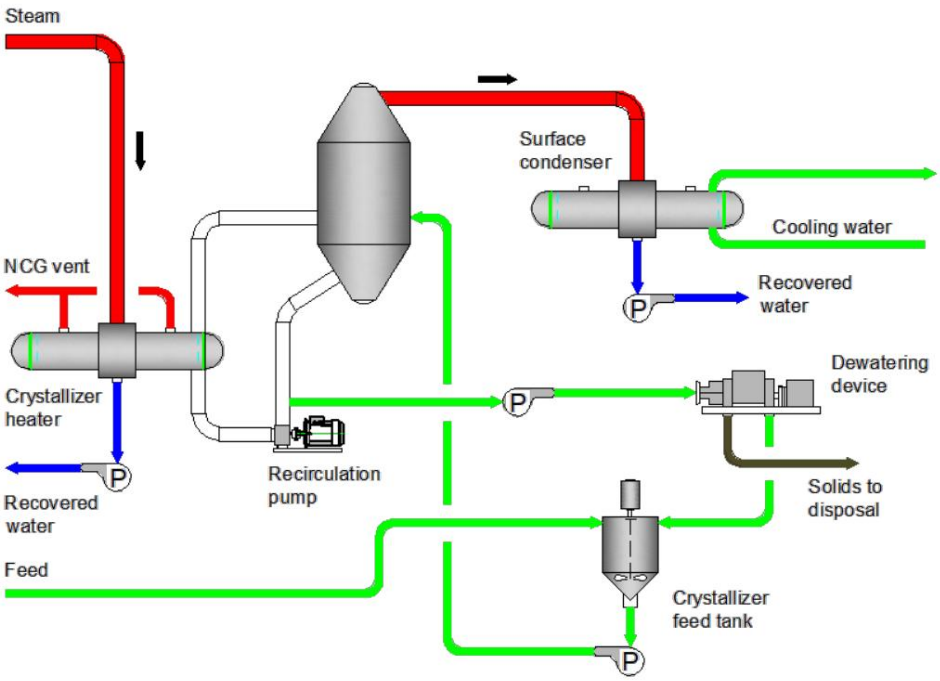
عادةً ما يستخدمون البخار الحي ولكن يمكنهم أيضًا استخدام تقنية MVR(التدوير القسري) لإعادة تدوير البخار من أجل تقليل استهلاك الطاقة وبالتالي النفقات التشغيلية. تعمل بلورات التدوير القسري على تركيز تفريغ المحلول الملحي من معدات تركيز المنبع ، على الرغم من أن تدفقات مياه الصرف الصغيرة يتم معالجتها في بعض الأحيان مباشرةً باستخدام بلورة دوران قسري. تعطي المنتجات الثانوية الصلبة خيار استرداد الأملاح القيمة في نهاية عملية .ZLD

11.1شرح العملية

يحدث التبلور في مبخر-تبلور التدوير القسري ، حيث لدينا توليد وزيادة البلورات داخل المحلول السائب (الشكل .(29يتبع مخطط المبخر / التبلور جهاز نزح المياه (جهاز طرد مركزي أو مرشح ضغط) ، والذي يفصل بلورات الملح عن ملاط المنتج. يتم إرجاع المحلول الأم إلى جهاز التبلور لمزيد من التركيز.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



الشكل ، 29عملية التبلور.

عادةً ما يتم تغذية مبخر التدوير القسري بواسطة مصدر خارجي لتسخين البخار والذي يتم استخدامه بسبب ارتفاع نقطة الغليان (BPR)للمحلول عند التركيز العالي. يحتاج المبلور إلى كاليفورنيا. أكثر قليلاً من 1طن من البخار لتبخير 1طن من الماء.

11.2أملاح عالية الذوبان والمبخر BPR

باستخدام مبخر الفيلم المتساقط لتقليل حجم المحلول الملحي يمكننا إزالة ٪75إلى ٪95من الماء. في حالة وجود أملاح عالية الذوبان في تيار التغذية ، يصعب تبخر آخر ٪5إلى ٪25من الماء.

عندما يزداد تركيز أيون الأملاح ، تزداد درجة حرارة غليان المحلول أيضًا. تسمى الزيادة في درجة حرارة الغليان لمحلول أعلى من الماء عند ضغط معين بـ .BPR

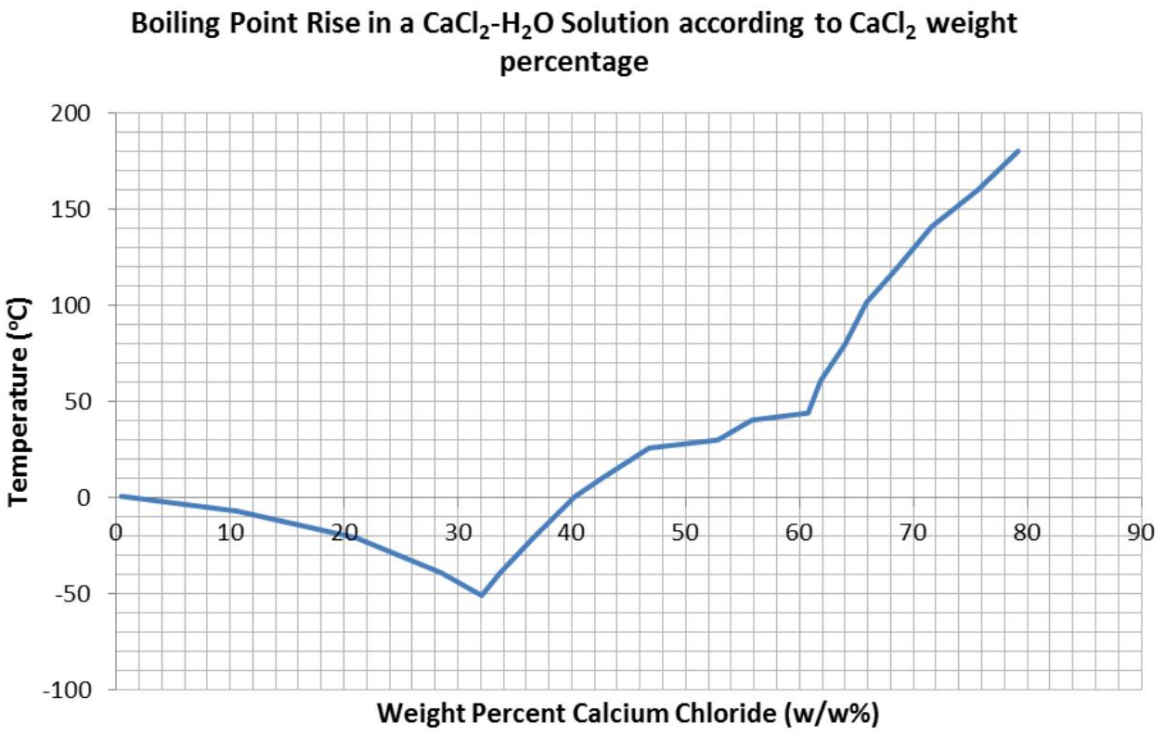
لنأخذ على سبيل المثال كلوريد الكالسيوم (CaCl2)وهو الملح المذاب الرئيسي في تفجير الحجر الجيري الرطب .FGDيوضح الرسم البياني في الشكل 30 زيادة درجة حرارة نقطة الغليان مع زيادة تركيز كلوريد الكالسيوم في المحلول. يتقاطع المنحنيان عند

حد الذوبان لكلوريد الكالسيوم في محلول الغليان. كلوريد الكالسيوم قابل للذوبان في الماء بشكل كبير. كمحلول يتركز بالتبخر عند 1جو ، (atm)تستمر نقطة غليانه في الارتفاع ، حتى يتم الوصول إلى حد الذوبان البالغ حوالي ٪75بالوزن ويتبلور ثنائي هيدرات كلوريد الكالسيوم (CaCl2.2H2O)من المحلول . يوضح الشكل 2كذلك أن محلول مشبع من كلوريد الكالسيوم عند ضغط 1ضغط جوي له درجة حرارة غليان تبلغ

ما يقرب من 176.6 ا 58.8من C (350F) ، BPR ا (138F). ج

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google



الشكل ، 30تمثيل رسومي للعلاقة بين درجة حرارة الغليان لمحلول كلوريد الكالسيوم النقي مقابل منحنى قابليته للذوبان عند الضغط الجوي. كلما زادت النسبة المئوية لوزن كلوريد الكالسيوم في المحلول ، تزداد درجة غليان المحلول.

عند درجة الحرارة المرتفعة هذه ، يحافظ كلوريد الكالسيوم ، مثل كلوريد المغنيسيوم (MgCl2)وكلوريد الأمونيوم ، (NH4Cl)على التحلل المائي في الماء مما يعني أنه يطلق حمض الهيدروكلوريك الذي يهاجم الصلب بقوة. كلما ارتفعت درجة الحرارة ، زاد معدل التحلل المائي ، لذلك تحتاج أوعية المبخر وسطح نقل الحرارة إلى مواد بناء قادرة على مقاومة الطبيعة شديدة التآكل لهذه الأملاح عند التركيزات العالية ودرجات الحرارة. هذه سبائك نبيلة باهظة الثمن ، مثل التيتانيوم المخلوط بالبلاديوم وسبائك النيكل والكروم والموليبدينوم المرتفعة التي تصعد رأس المال بشكل كبير وتشكل استخدام مُبلور يمثل تحديًا اقتصاديًا في معظم تطبيقات .ZLD

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

12.الحد الأدنى لتصريف السائل (MLD)

12.1 ZLD مقابل MLD

لفترة طويلة ، تم اقتراح ZLDكطريقة صديقة للبيئة لمساعدة الصناعة على تلبية متطلبات التفريغ الصارمة بشكل متزايد وإعادة تدوير تيارات مياه الصرف الصحي. ومع ذلك ، فإن عمليات ZLD

(1معقدة تقنيًا (2باهظة الثمن (3ليست بالضرورة صديقة للبيئة نظرًا لما تحتويه من مواد وطاقة إضافية

يتطلب

لذا فإن المزيد والمزيد من المستخدمين النهائيين ، من أجل تحسين بصمتهم المائية ، يتبنون نهج الحد الأدنى من التصريف السائل (MLD)لمشكلة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام تقنيات قائمة على الترشيح يمكن الاعتماد عليها والتي يمكن أن تحقق استردادًا عاليًا للمياه بجزء بسيط من تكاليف .ZLD

12.2 لماذا MLD؟

يمكن أن يساعد اتباع نهج MLDفي عمليتك المستخدمين على تقليل النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية بشكل كبير ، نظرًا لأن إزالة آخر 5إلى ٪ 10 من السائل من أجل تحقيق ZLDيمكن أن يكون مكلفًا للغاية. من أجل فهم هذا بشكل أفضل ، سنأخذ MD-MVC- Crystallizerمن صفحة ZLDالخاصة بـ Lenntech(أعط رابطًا) ولكن هذه المرة سنبدأ في حساب إجمالي استرداد المياه من تمرير واحد SWRO(مع استرداد .(٪ 45

100م 3من مياه التغذية المعالجة المسبقة ممر واحد RO(استرداد 55 = (1-0.45) 100 (٪45م 3محلول ملحي MD (استرداد 13.75 = (1-0.75) × 55 (٪75م 3محلول ملحي MVC (90٪ استرداد) 1375 = (1-0.9) × 13.75 م 3محلول ملحي تبلور (استرداد بنسبة 0.68 = (1-0.5) 1.375 (٪50م 3محلول ملحي جهاز طرد مركزي لضغط الحزام

الطاقة المطلوبة لهذا المخطط هي ،

100م 3.5 × 3كيلوواط ساعة / م 3.88 × 55 + 3(RO)كيلو واط ساعة / م 13.75 + 3(MD) م 18.3 × 3كيلوواط ساعة / م 1.375 + 3 م 50 × 3كيلوواط ساعة / م 350 = 3كيلوواط ساعة 361.35 + (RO)كيلوواط ساعة KWh / 100m3 = 984.43 KWh (Crystallizer) 68.75 + 204.33 KWh (MVC) + (MD)مياه التغذية

حتى ، MDاستعاد النظام 100]م 45 = 0.45 × 3م 55] + [3م (RO)] 41.25 = 0.75 × 3م 86.25 = [3م (MD)] 3تتخلل بتكلفة 711.55 = 361.35 KWh (MD) + 350 KWh (RO)كيلو واط ساعة.

من MVCإلى الأمام ، يستعيد النظام (13.75 = 86.25 - 100)]م 12.375 = 0.9 × 3م (1.375 = 12.375 - 13.75)] + [3م (MVC) 0.688 = 0.5 × 3م 3(تبلور)] 13.06 =م 3نفاذة عند أ تكلفة 201.33كيلوواط ساعة 68.75 + (MVC)كيلوواط ساعة 270.08 = كيلوواط ساعة.

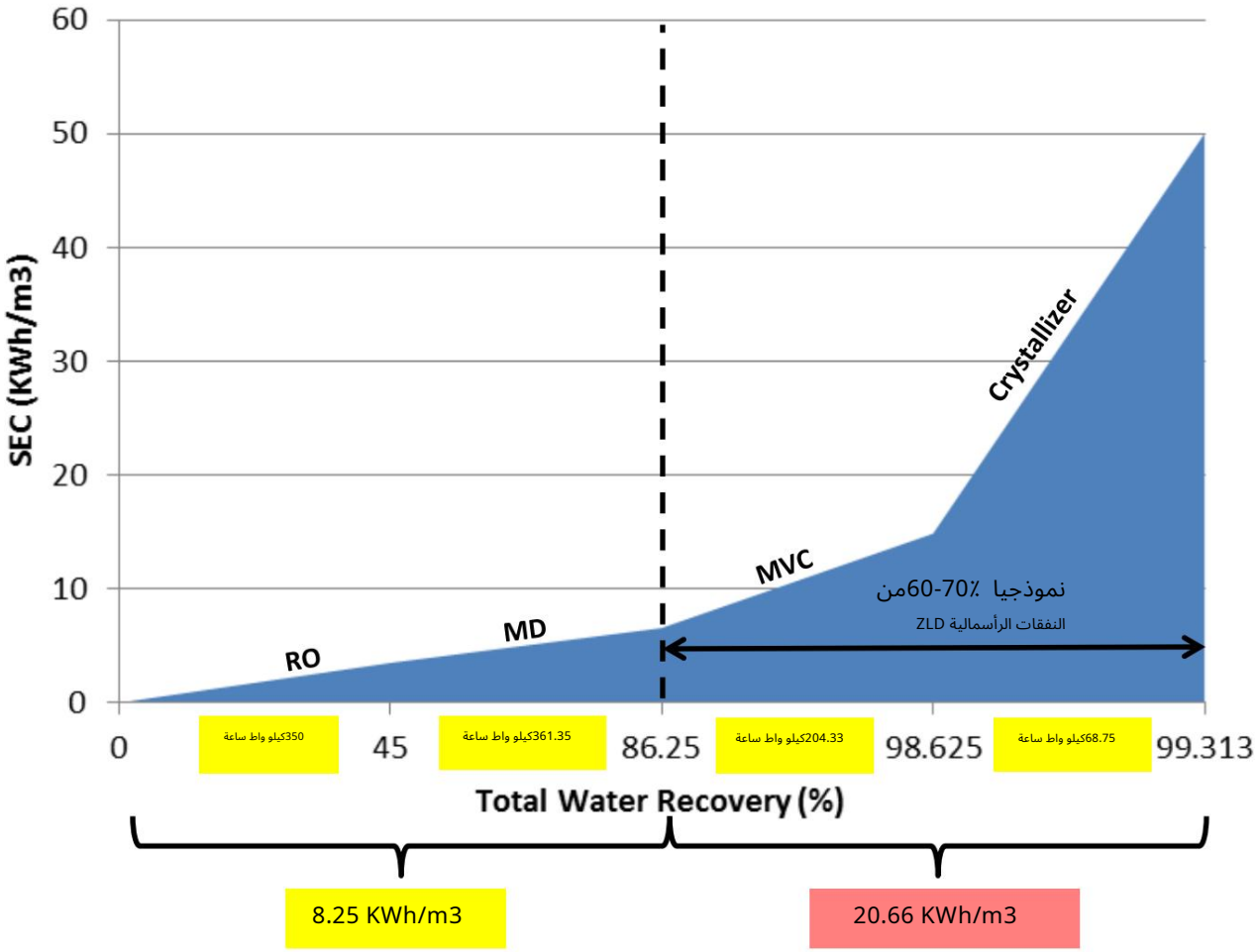
حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

ما ننتهي به هو 711.55 KWh لـ 86.25 m3متخلل (واحد RO - MDو 270.08 KWh لـ 13.06 m3تتخلل .(Crystallizer - MVC)وهذا يعني أن RO-MD)واحد) ينتج نفاذية بتكلفة 8.25 KWh / m3 = 711.55 KWh / 86.25 m3وأن Crystallizer (MVC -)ينتج نفاذية عند . 20.66 KWh / m3 = 270.08 KWh / 13.06 m3دعونا نلقي نظرة على هذه النقطة في الجدول 12 وتمثيلها الرسومي الشكل ، 31

الجدول ، 12قيم الاسترداد و SECلخطة عملية معالجة المياه .RO-MD-MVC-Crystallizer

	SEC (KWh / m3) (٪) الاسترداد	
RO		345
MD		86.25
MVC		98.625
المبلور		99.313



الشكل ، 31إجمالي استرداد المياه لعملية RO-MD-MCV-Crystallizerمقابل SECsالخاصة بهم. في الرسم البياني توجد أيضًا قيم الطلب على الطاقة في كل مرحلة من مراحل العملية جنبًا إلى جنب مع الطلب على الطاقة / متر مكعب في MLDومرحلة .ZLDتصل العملية إلى مرحلة MLDمباشرة بعد MDو ZLDبعد جهاز التبلور.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

كما نرى ، فإن الطلب على الطاقة لمزيد من الانتعاش بعد MDيرتفع بمقدار 20.66 KWh / m3 / 8.25 KWh / m3 = 2.50أو !250%في هذه المرحلة ، يجب على كل مستخدم أن يقرر ما إذا كانت الخطوة الإضافية للأمام تستحق العناء حقًا.

قد يكون ZLDمفيدًا عند وجود تشريعات صارمة أو في المناطق الحساسة للمياه في العالم ، عندما يكون لكل قطرة أهمية ولكنه يمثل تحديًا اقتصاديًا للغاية. يمكن للخطوات القليلة الأخيرة اللازمة لتحقيق ZLDالكامل أن تضاعف التكاليف تقريبًا.

حدث مثال واقعي ممتاز من MLDفي مصنع تجميع المركبات جنرال موتورز (GM)في سان لويس بوتوسي ، المكسيك. تقع المحطة في منطقة قاحلة ونائية لا يوجد فيها مجاري استقبال أو مجاري بلدية متاحة لتصريف مياه الصرف الصحي. باستخدام مزيج من تقنية التناضح العكسي ، وعملية التليين الكيميائي عالية السرعة وغيرها من التقنيات ، يقوم المصنع باستعادة وإعادة استخدام 90٪من مياهه العادمة من الدرجة الثالثة ، مع تصريف ما تبقى من 10٪من النفايات السائلة في البرك الشمسية المجاورة للتبخر.

يمكن لخيارات التكنولوجيا الأخرى مثل HPROو EDRو FOو ، MDكما يمكن لمجموعاتها وهجائنها أن تزيد من معدل الاسترداد (70-80٪)وتتطلب طاقة أقل بكثير من التبخر الحراري ، مما يقلل من حجم الأخير وبالتالي جهاز التبلور (إذا كان ZLDمطلوبًا)

12.3التكاليف المخفضة والأثر البيئي

أقوى حجة في متابعة MLDهي تقليل CAPEXو OPEXعند مقارنتها بتصميم .ZLDتعتبر تكاليف عمليات الغشاء والترشيح ضئيلة نسبيًا مقارنة بتقنيات ZLDالحرارية.

يمكن للتطورات التكنولوجية الجديدة أن تقلل من حجم المبخرات والمبلورات وربما تقلل من استخدامها. في الوقت نفسه ، تتمتع هذه التقنيات بقدرة أعلى على الاسترداد. نظرًا لأن بعضها يمكن أن يستفيد من الحرارة المهدرة ، فمن المهم جدًا النظر فيها للحصول على مزايا إضافية لتوفير التكاليف والكفاءة في تصميم عملية .MLD.

12.4تقييم احتياجات MLD

من أجل فهم ما إذا كانت حالة معينة مناسبة لـ ، MLDفإن السؤال الأول هو ما إذا كانت هناك حاجة إلى إعادة استخدام المياه. إذا كان الأمر كذلك ، فقد يكون نهج MLDهو المطلوب. إذا كانت هناك حاجة للوفاء بالتشريعات المحلية فيما يتعلق بتصريف النفايات السائلة ، فيمكن أن يكون MLDجزءًا من الحل الذي قد يشمل / ZLDأحواض التبخير / حقن المياه الجوفية.

الخطوة التالية هي تحديد مجاري النفايات الخاصة بك من حيث التدفق وملوثاتها وتركيزات كل منها. لا تتطلب كل حالة نفس العلاج. من خلال التحقق من مجاري النفايات ، يمكننا حساب نهج أكثر اقتصادا واستدامة لكل حالة. على سبيل المثال ، تتطلب مياه المكثفات ومياه العواصف معالجة قليلة جدًا أثناء مجاري النفايات

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

من المرجح أن تتطلب التركيزات العالية من المركبات العضوية والأملاح والمعادن والمواد الصلبة العالقة معالجة مكثفة.

من الاحتياجات المائية والتشريعات والمتطلبات البيئية ، بالإضافة إلى ميزانية النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية ، يمكن أن يكون MLDخيارًا جيدًا لمجموعة واسعة من المواقع الصناعية والبلدية التي ترغب في تحسين تأثيرها المائي بشكل فعال من حيث التكلفة.

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

الفصل :4محلول ملحي ZLD

خيارات الاسترداد

أصبحت تحلية المياه عالية الملوحة أكثر شيوعًا لدعم الطلب المتزايد على المياه في جميع أنحاء العالم. رغم أن تحلية المياه لا تأتي بثمن بخس. هناك العديد من المشاكل المرتبطة بتحلية المياه ، والتي هي بشكل أساسي ،

1. النفقات الرأسمالية والنفقات
2. إدارة المياه المالحة والتخلص منها

يمكن أن يكون التخلص من المحلول الملحي جزءًا كبيرًا من إجمالي تكاليف المشروع ، اعتمادًا على ،

1. الحجم
2. نوع التفريغ

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

من أجل التعامل مع إدارة المياه المالحة ، كانت هناك جهود متزايدة في جميع أنحاء العالم لتقليل أحجام المحلول الملحي بتقنيات عدم تفريغ السوائل .(ZLD)

يتمثل أحد الخيارات لتقليل التكاليف المرتبطة بـ ZLDفي استعادة الملوثات القيمة في تيارات المحلول الملحي لتحلية المياه. بهذه الطريقة يمكن بيع المواد المستردة وبالتالي زيادة أرباح محطة تحلية المياه. بدلاً من ذلك ، يمكن استخدام المواد المستردة داخل المنشأة الصناعية باستخدام عملية تحلية المياه وبالتالي تقليل تكلفة التشغيل.

تعتمد جدوى عملية استعادة المواد من المحلول الملحي على القيود الفنية للتقنيات المتاحة واعتبارات الطاقة والتكلفة ، ولكن أيضًا من

تقلبات السوق للمواد التي يتم استردادها.

تتمثل الطريقة التقريبية لجدوى مشروع استعادة المعادن في الخوارزمية التالية ، حيث تحتاج ملوثات التدفق المربحة المحتملة إلى تحقيق عدم المساواة ،

(6)

الكمية الحالية 0

أين،

P = سعر السوق للمادة

C = تركيز العنصر في المحلول الملحي

Qc = معدل تدفق المحلول الملحي

OM = تكاليف التشغيل والصيانة

في الجدول التالي نقدم الفرص الرئيسية لاستعادة المواد من محلول ملحي لتحلية المياه ،

الجدول ، 13خيارات استعادة المعادن من المحلول الملحي لتحلية المياه.

فرص السوق	السلع الأساسية	عنصر
-الطلب متوقع في آسيا والجنوب أمريكا -ستلبي احتياطيات البورون الطلب العالمي في المستقبل المنظور	عنصر البروم (Br2) الأسمدة العضوية البروميدية مثبطات اللهب إضافات البنزين	البروم

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

-الطلب متوقع في الولايات المتحدة الأمريكية -يتوقع إنتاج الجبس من محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالفحم -التطبيقات الممكنة للسلع منخفضة الجودة: CaCl2في قمع الغبار ؛ و CaCl2 أو CaSO4في التربة الصودية العلاج -كريات كربونات الكالسيوم المنتجة في منشأة BWRO وبيعها	كربونات الكالسيوم، الجير (CaO) كبريتات الكالسيوم كلوريد الكالسيوم	الكالسيوم
-تسويق سائل الحفر وفتح مواسير الحفر وعلاج بعض الأورام	معدن السيزيوم	السيزيوم
-الطلب على هيدروكسيد الصوديوم خلال الخمس سنوات الماضية -الطلب العالمي على الكلور الركود الاقتصادي	غاز الكلور (Cl2) حمض هيبوشوروس هيدروكسيد الصوديوم الصلبة سائل مركّز هيدروكسيد الصوديوم	الكلور والصوديوم هيدروكسيد
-لا يتنافس إنتاج معدن المغنيسيوم من مياه البحر مع طرق الإنتاج الحالية -الطلب المتوقع على المغنيسيا المكلس الكاوية وهيدروكسيد المغنيسيوم في المستقبل القريب -تستورد الولايات المتحدة حاليًا غالبية المغنيسيا المستهلكة	معدن المغنيسيوم مغنيسيا Mg (SO4) ، Mg (OH) 2 ، MgCl2 ، MgOالاصطناعية	المغنيسيوم

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

- الطلب العالمي المتوقع على استهلاك النيتروجين للأسمدة -بسبب أسعار الغاز الطبيعي المستقرة ، يتوسع إنتاج تثبيت النيتروجين	الأمونيا واليوريا نترات الأمونيوم فوسفات الأمونيوم كبريتات الامونيوم حمض النيتريك	نتروجين
- بنسبة 4٪سنويا على مستوى العالم لاستهلاك البوتاس نتيجة النمو السكاني و زيادة الطلب على الأسمدة -البوتاسيوم كسماد لا يحتوي على بدائل.	البوتاس (K2O)على شكل كلوريد البوتاسيوم أو كبريتات البوتاسيوم أو كبريتات المغنيسيوم البوتاسيوم	البوتاسيوم
-احتمال الاهتمام باستخدام الروبيديوم في الحوسبة الكمومية وفي الساعات الذرية والموصلات الفائقة وللاستخدامات الطبية الحيوية. -طلب قليل	معدن الروبيديوم كربونات الروبيديوم كلوريد الروبيديوم هيدروكسيد الروبيديوم يوديد الفضة روبيديوم	الروبيديوم
-تستهلك مركبات الصوديوم بكميات كبيرة من قبل مجموعة متنوعة من المستخدمين النهائيين و الصناعات	ملح هيدروكسيد الصوديوم كبريتات الصوديوم	صوديوم
- الطلب على السترونشيوم منذ عام 1997 -من المتوقع أن يصل استهلاك السترونشيوم إلى في المستقبل القريب ، في التطبيقات التقليدية (مثل السيراميك والزجاج والمغناطيس) ، والتطبيقات المتقدمة (مثل الأدوية)	معدن السترونشيوم كربونات السترونشيوم نترات السترونشيوم أكسيد السترونشيوم (سترونشيا) هيدروكسيد السترونشيوم بيروكسيد السترونشيوم	السترونتيوم

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com

Machine Translated by Google

	سيليستيت (كبريتات السترونشيوم)	
- يتوقع الطلب بسبب إنتاج بطاريات ليثيوم أيون.	كربونات الليثيوم هيدروكسيد الليثيوم كلوريد الليثيوم	الليثيوم
- من المتوقع أن يصل الطلب العالمي إلى 110كيلو طن / سنة بحلول عام 2030. -اليورانيوم المستخرج من تكاليف مياه البحر يمكن أن يكون بين 280-220دولار / كجم-يو مع الإبلاغ عن انخفاض الأسعار بين / 2850-689كجم-يو	أوكتوكسيد التريورانيوم	اليورانيوم

لينتيك لينتيك

info@lenntech.com هاتف. 31-152-610-900 +هاتف.

www.lenntech.com 31-152-610-900 +فاكس. www.lenntech.com 31-152-616-289 +فاكس. 31-152-616-289 +

حقوق النشر Lenntech BV 1998-2018 ©جميع الحقوق محفوظة ، هاتف: ، 31152610900+بريد إلكتروني: info@lenntech.com