

8 listopada 2002

C 100H

Dotyczy następujących rodzajów i zakresów granulacji ziaren
Standard, PL, FL, DL, S, MB, C, Purofine i Puropack

Kationit silnie kwaśny

PUROLITE

© 1998 THE PUROLITE COMPANY

Tabela 3 – Standardowe warunki pracy (przeciwprądowa demineralizacja wody)

Operacja	Szybkość	Roztwór	Czas, min	Ilość
Eksploatacja	8-40 OZ/h*	Woda surowa	-	-
Płukanie wsteczne	15-30 m/h (rys. 2) (5°-20°C)	Woda surowa	5-20	2-4 OZ
Regeneracja	2-8 OZ/h	4-10% HCl lub	10-60	40-120 g/l
		0,5-6% H ₂ SO ₄	10-60	40-120 g/l
Płukanie (wolne, przeciwprąd)	2-8 OZ/h	Woda uzdatniona	15-40	2-4 OZ
Płukanie (szybkie, współprąd)	8-40 OZ/h	Woda surowa	15-40	3-6 OZ

*OZ=Objętość złoża

WŁASNOŚCI EKSPLOATACYJNE

Własności eksploatacyjne **Purolite C 100** w cyklu wodorowym zależą od:

1. ilości, stężenia i rodzaju stosowanego kwasu regenerującego,
2. szybkości przepływu wody przez złożo,
3. stosunku sodu do całkowitej ilości kationów w wodzie do uzdatnienia,
4. stosunku magnezu do całkowitej twardości oraz zasadowości.

W odniesieniu do p. 1-3 **Purolite C 100** oferuje powtarzalne osiągi wynikające z dokładnej kontroli własności fizycznych, szczególnie zakresu wielkości cząstek i integralności perełek, oraz własności chemicznych i uwodnienia. Własności żywicy zapewniają dobrą charakterystykę dyfuzji podczas regeneracji, stały spadek ciśnienia w zalecanych granicach szybkości przepływu i stałą jakość uzdatnionej wody, zgodnie z warunkami eksploatacji.

Regeneracja przy użyciu kwasu solnego, w przeciwieństwie do kwasu siarkowego, oferuje wyższą pojemność wymienną oraz mniejszy poślizg jonowy z następujących powodów:

1. Niższa masa molowa cząsteczek; ta sama ilość jonów wodorowych otrzymywana jest przy 75% wagowych 100% czystego kwasu solnego jako czynnika regenerującego na jednostkę objętości żywicy (g/l) w porównaniu z kwasem siarkowym.
2. Aby zapobiec wytrącaniu siarczanu wapnia podczas lub po regeneracji złoża, konieczne jest stosowanie mniejszych stężeń kwasu siarkowego, zmniejszając efektywność regeneracji. Szczegóły podano niżej.
3. Kwas siarkowy jest słabszym kwasem, gdyż część jego protonów jest powiązana jako mniej zjonizowana grupa HSO₄⁻.
4. Zarówno jony siarczanowe, jak i wodorosiarczanowe są mniej ruchliwe od jonów chlorkowych co utrudnia dyfuzję w głąb żywicy

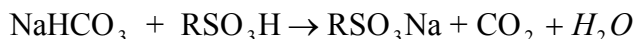
Kwas siarkowy jest czasami preferowany z przyczyn ekonomicznych, z powodu łatwiejszej obsługi (mniej oparów) lub z powodu większej dostępności.

Aby zoptymalizować osiągi przy zastosowaniu kwasu siarkowego, zaleca się regenerację etapową. Cytowane dalej dane oparte są na tej podstawie.

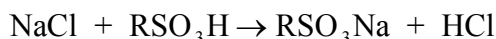
Przy rozważaniu stosowania w większych instalacjach przemysłowych, zaleca się projektowanie cykli pracy nie krótszych niż 4 godziny. Eksploatacja w mniejszych jednostkach przy większych szybkościach przepływu jest możliwa pod warunkiem akceptacji większego poślizgu.

POŚLIZG KATIONÓW

Podczas eksploatacji współprądowej można spodziewać się znacznego poślizgu kationów. Z najbardziej rozpowszechnionych jonów w znaczących stężeniach, sód jest najłatwiej wiązany i niezmiennie jest jonem odpowiedzialnym za poślizg kationów. Jak można się spodziewać, duży stosunek sodu do innych kationów w wodzie wlotowej powoduje duże trwałe poślizgi sodu w wodzie uzdatnionej. Wyższe poziomy regeneracji zmniejszą resztkowy sód i zatem zmniejszą poślizg sodu. Poślizg sodu jest również funkcją zasadowości wody wlotowej. Wodorowęglan sodu działa jako zasada produkująca CO₂ i związany wodór, który nie konkuruje o miejsca jonowymiennie:



zwiększając efektywność pobrania sodu, w porównaniu na przykład z chlorkami:



W pracy przeciwprądowej żywica przy wylocie ze złoża jest znacznie lepiej zregenerowana do postaci wodorowej a zatem poślizg sodu znacznie zmniejsza się.

TRWAŁOŚĆ CHEMICZNA I TERMICZNA

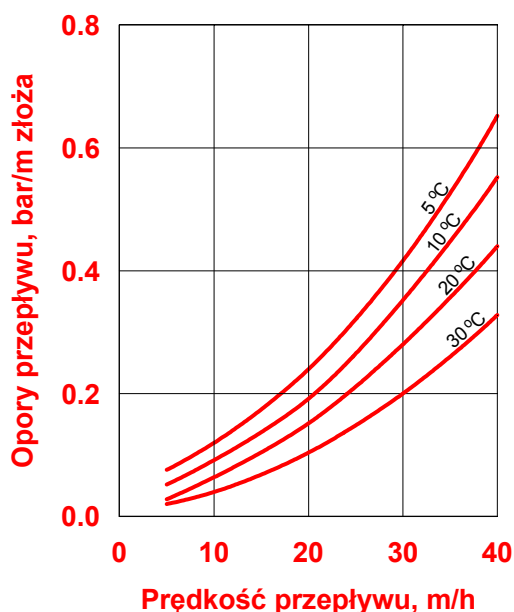
Purolite C 100H jest nierozpuszczalny w rozcieńczonych lub średnio stężonych kwasach, zasadach i we wszystkich typowych rozpuszczalnikach. Jednak wystawienie na działanie znaczących ilości wolnego chloru, jonów „podchlorynowych” lub innych silnych czynników utleniających przez pewien okres czasu zdegraduje strukturę i zniszczy usieciowanie. Może to zmniejszyć pojemność wymienną, zwiększyć pochłanianie wody i zmniejszyć wytrzymałość mechaniczną. Należy zatem unikać tego rodzaju kontaktu. Żywica ta, jak wszystkie konwencjonalne usieciowane żywice typu polistyrenowego, jest termicznie bardziej stabilna w postaciach sodowej, wapniowej i magnezowej niż w postaci wodorowej i jest odporna na temperatury do 150°C. W postaci wodorowej żywica powoli ulega autohydrolizie z pewną utratą pojemności w temperaturach powyżej 120°C. Może być użyta w wyższych temperaturach, ale należy wziąć pod uwagę skróconą żywotność przy ocenie możliwości procesu.

CHARAKTERYSTYKA HYDRAULICZNA

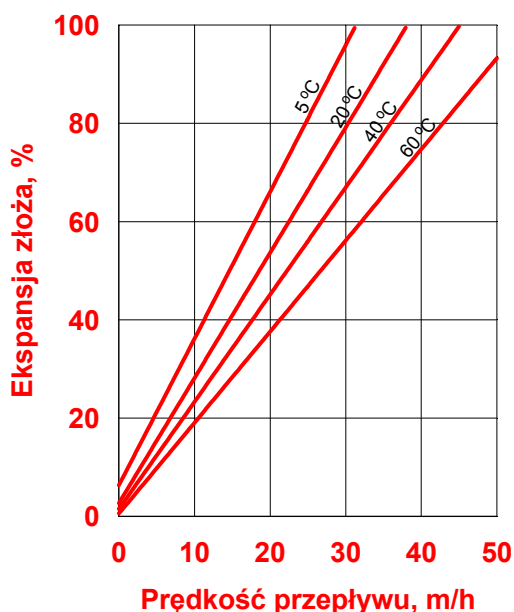
Spadek ciśnienia przez prawidłowo ułożone złożo żywicy jonowymienniej zależy od rozkładu wielkości cząstek, głębokości złoża i objętości wolnych przestrzeni, szybkości przepływu i lepkości (a zatem i temperatury) roztworu zasilającego. Czynniki wpływające na którykolwiek z tych parametrów, na przykład obecność zanieczyszczeń mechanicznych filtrowanych przez złożo, nietypowa ściśliwość żywicy lub niekompletne sortowanie złoża mają negatywny wpływ na pracę złoża, powodując zwiększenie spadku ciśnienia.

Typowe wartości spadku ciśnienia przez złożo **Purolite C 100** podane są na Rys. 1.

Rys. 1. Spadek ciśnienia w funkcji prędkości przepływu



Rys. 2. Ekspansja złoża przy płukaniu wstecznym



Podczas płukania wstecznego w systemach współprądowych objętość złoża żywicy powinna być rozszerzona między 50 a 75%, aby uwolnić złożo z nierozpuszczonych zanieczyszczeń z medium zasilającego, usunąć pęcherze powietrza i wolne przestrzenie, i możliwie dobrze przesortować cząstki żywicy, zapewniając minimalny opór przepływu. Przemycanie wsteczne należy stopniowo rozpoczynać, aby zapobiec wstępnemu wzrostowi i w konsekwencji wymyciu cząstek żywicy ze zbiornika. Rozszerzanie złoża wzrasta z szybkością przepływu, a maleje z temperaturą, jak pokazano na Rys. 2. Należy zawsze uważać, aby zapobiec stratom żywicy związanym ze zbyt dużym przypadkowym rozszerzeniem złoża. W systemach przeciwprądowych głównym celem jest zachowanie sortowania złoża. Jednak po okresie kilku cykli złożo może ulec ściśnięciu lub zanieczyszczeniu zawieszonymi ciałami stałymi. W zależności od konstrukcji instalacji przeciwprądowej żywica może być przemycana wstecznie in situ jak w pracy współprądowej, przerzucona do drugiego zbiornika przemycania wstecznego celem rozbicia i czyszczenia. W przypadkach, gdy przepływ wody podczas uzdatniania odbywa się do góry a regeneracja odbywa się w dół, zawieszona ciała stałe są usuwane podczas procedury regeneracji. Również złożo jest rozluźniane przez odwrócenie przepływu przy przejściu do szybkiego płukania i jest ono przesuwane do kolektora wylotowego.

KONWERSJA JEDNOSTEK

1 kg/cm²/m (kilogram na cm kwadratowy na metr złoża) = 1,03 atm/m

DANE EKSPLOATACYJNE

Jak wskazano powyżej, własności eksploatacyjne różnią się w zależności od tego, czy do regeneracji stosuje się kwas siarkowy lub solny, czy stosuje się tryb współprądowy czy przeciwprądowy. Zatem dane eksploatacyjne składają się z czterech kompletów krzywych pracy i poślizgu dla każdej z powyższych kombinacji.

REGENERACJA WSPÓLPRĄDOWA PRZY UŻYCIU KWASU SOLNEGO

Do regeneracji można stosować kwas o stężeniach 4-10%. Żelazo nagromadzone w złożu na ogół jest wymywane podczas każdego cyklu regeneracji, zatem gdy obecne jest żelazo w wodzie zasilającej ten czynnik regenerujący jest preferowany w stosunku do kwasu siarkowego. Dane eksploatacyjne odnoszące się do poziomu regeneracji, zawartości sodu w wodzie zasilającej i procentowej zasadowości podano na Rys. 3-6. Przykład sposobu użycia krzywych podany jest dalej. Pojemność wymienna przy średnich szybkościach przepływu może być po prostu odczytana z krzywych, gdy procent sodu, w stosunku do całkowitej ilości kationów (%Na/RK) w wodzie zasilającej jest mniejszy od 50. Eksploatacja przy wodzie zasilającej o większym % udziale Na daje większe pojemności. Poślizg sodu jest również większy i może rosnać wolniej w pobliżu punktu końcowego, zatem pojemność może szerzej wahać się w zależności od dopuszczalnego poślizgu. Dla poziomów sodu powyżej 75% można osiągnąć nieco wyższe pojemności od tych cytowanych, ale przy większym poślizgu sodu. Między 50% a 75% można interpolować pojemność między Rys. 3 i 4. Małe zmiany pojemności według procentowego udziału zasadowości w stosunku do całkowitej ilości anionów (lub całkowitej ilości kationów) można interpolować między podanymi wartościami 0-50-100%. Wyższe temperatury eksploatacji powyżej 20°C również umożliwiają wzrost pojemności o 5% przy 35°C lub powyżej. Jeżeli zastosuje się eksploatację przy 5-10°C, zaleca się współczynnik konstrukcyjny wynoszący 0,85.

Podstawowy poślizg sodu (w ppm Na) podano na Rys. 5 według poziomu regeneracji i procentu sodu w stosunku do całkowitej ilości kationów (%Na/RK) dla wody zasilającej zawierającej równoważnik kwasowości mineralnej wyrażonej jako, 500 ppm jako węglan wapnia (= 10 mval/l). Poślizgi są interpolowane dla pośrednich poziomów sodu. Również poślizg zależy bezpośrednio od równoważnika kwasowości mineralnej, zatem współczynnik korekcyjny poślizgu K zastosowany jest do podstawowego poślizgu z Rys. 5.

Oczywiście jakiegokolwiek poślizg sodu daje wyższe przewodnictwo po filtrze anionowym w systemie. Przewodnictwo wylotowe będzie zmieniać się w zależności od poślizgu anionów związanego z sodem. Na początku może to być wodorotlenek, gdy wylotowa część złoża w kolumnie anionitowej jest mocno zregenerowana. Jednak z uwagi na to, że krzemionka wykazuje najmniejsze powinowactwo do wymiany anionowej, często poślizg sodu będzie odpowiedzialny za zwiększenie poślizgu krzemionki. W trakcie wyczerpywania żywicy anionowej przeciek może stać się chlorkiem sodu lub mieszaniną chlorku sodu i kwasu solnego. To ostatnie spowoduje szybkie zwiększenie przewodnictwa uzdatnionej wody z jednostki anionowej.

REGENERACJA PRZECIWPŁĄDOWA PRZY UŻYCIU KWASU SOLNEGO

Praca przeciwprądowa oferuje sposób redukcji poślizgu sodu (a zatem i poślizgu krzemionki) do bardzo niskich poziomów. Również oferuje lepsze wartości pojemności pracy i wykorzystania czynnika regenerującego. Użycie tego sposobu regeneracji daje wyższą jakość zdekationizowanej wody przechodzącej do układu anionitu dla drugiego etapu demineralizacji. Zmniejsza to obciążenie na kolejnym złożu mieszanym, poprawiając końcową jakość uzdatnionej wody.

Krzywe eksploatacyjne pracy przeciwprądowej przy użyciu kwasu solnego podane są na Rys. 7-10. Rys. 7 i 8 podają pojemność pracy dla zakresów poziomu sodu (jako procent całkowitej ilości kationów), odpowiednio 0-50% i 75-100%, na którą również wpływa % zasadowości/całkowitej ilości kationów. Pojemność pracy dla poziomów sodu 50-75% powinna być interpolowana.

Dane podane są dla głębokości złoża 1,2 metra. Praca przy 1,5 metrach zapewni 5% wzrost pojemności. Wyższe temperatury pracy powyżej 20°C również dają 5% wzrost przy 35°C lub powyżej. Jeżeli zastosuje się ciągłą pracę przy 5-10°C, zaleca się konstrukcyjny współczynnik bezpieczeństwa wynoszący 0,85.

Rys. 9 podaje podstawowe poślizg sodu w zależności od procentu sodu w całkowitej ilości kationów, a Rys. 10 podaje współczynnik korekcyjny na % zasadowości w wodzie zasilającej.

REGENERACJA WSPÓŁPRĄDOWA PRZY UŻYCIU KWASU SIARKOWEGO

Współprądowa pojemność pracy przy użyciu kwasu siarkowego jest poprawiana poprzez zastosowanie regeneracji etapowej. Przy rozpoczęciu procesu regeneracji, gdy ładunek wapnia na żywicy może być duży, stężenie kwasu siarkowego powinno być ograniczone, w zależności od proporcji wapnia do całkowitej ilości kationów w wodzie zasilającej. Po usunięciu głównej części wapnia stężenie kwasu siarkowego może być zwiększone, aby zwiększyć ogólną efektywność regeneracji. Zalecane stężenia kwasu dla każdego etapu podano na Rys. 21. Cytowane dane oparte są na regeneracji etapowej. Rys. 11-14 podają dane o pracy współprądowej, która zmienia się w zależności od stosunku sodu, wapnia i magnezu do całkowitej ilości kationów i stężenia równoważnej kwasowości mineralnej (RKM). Dalsze współczynniki korekcyjne dla zasadowości i szybkości przepływu podane są na Rys. 19 i 20. Zmiany w pojemności pracy są małe dla % sodu 0-30% i tak jak w przypadku kwasu solnego zaleca się, aby ograniczyć pojemność dla zmniejszenia wysokiego poślizgu sodu dla % sodu powyżej 75%. Dla poziomów sodu między 30% a 75% można interpolować dwa komplety krzywych.

REGENERACJA PRZECIWPŁĄDOWA PRZY UŻYCIU KWASU SIARKOWEGO

Rysunki 15-18 podają dane przy użyciu warunków przeciwpłądowych, które są zalecane, gdy wymagany jest niski poślizg sodu. Regeneracja etapowa jest również zalecana w pracy przeciwpłądowej, zatem Rys. 21 ma także zastosowanie.

Wszystkie cztery metody regeneracji podlegają małej korekcji na pojemność związanej z szybkością przepływu (Rys. 20).

OBLICZENIA POJEMNOŚCI PRACY

Jeżeli znana jest analiza wody zasilającej i szybkość przepływu podczas pracy, poziomu regeneracji, określone są jakość i ilość uzdatnionej wody, można bezpośrednio użyć krzywe pojemności i poślizgu do wyznaczenia pojemności pracy żywicy. Zatem można obliczyć objętość żywicy do urządzenia do produkcji określonej ilości wody o wymaganej jakości. Na wybór poziomu regeneracji i szybkości przepływu może wpływać kilka czynników takich jak dopuszczalny poślizg sodu w uzdatnionej wodzie, konieczność neutralizacji nadmiaru czynnika regenerującego z jednostek kationowych i anionowych, aby uzyskać obojętny wyciek, konieczność optymalizacji kosztów kapitałowych i eksploatacyjnych, dostępność czynników regenerujących, wybór odpowiednich przerw między regeneracjami, itd. W następującym przykładzie zilustrowano użycie krzywych pojemności roboczych i poślizgu dla określonego uzdatniania, w tym poziomu regeneracji i szybkości przepływu.

ANALIZA WODY ZASILAJĄCEJ

	mval/l	ppm jako CaCO ₃	Całkowita ilość kationów
Ca	2,5	125	25
Mg	2,5	125	25
Na	5,0	250	50
Suma	10,0	500	100
Zasadowość: % zasadowości / całkowitej ilości kationów = 40			

Obliczenie pojemności

Dla wody zasilającej z 25% wapnia i 25% magnezu, dwuwartościowe jony (twardość całkowita) równa się 50%. Podobnie jony jednowartościowe (Na) = 50%

Na podstawie Rys. 11 określamy podstawową pojemność pracy c_b przy 64 g/l H₂SO₄ i 50% Ca i Mg poprzez interpolację = 0,68 val/l dla 30% Na

$$= 0,82 \text{ val/l dla } 75\% \text{ Na}$$

$$= 0,74 \text{ val/l dla } 50\% \text{ Na}$$

Współczynnik korekcyjny: dla procentu zasadowości wynoszącego 40, Rys. 19

$$c_1 = 0,975$$

dla szybkości przepływu, Rys. 20

$$c_2 = 0,95$$

Stąd pojemność pracy = $c_b \times c_1 \times c_2 = 0,74 \times 0,975 \times 0,95 = 0,68$ val/l.

Po zastosowaniu przyjętego współczynnika bezpieczeństwa wynoszącego 0,9 otrzymujemy pojemność pracy = $0,68 \times 0,9 = 0,61$ val/l.

UZDATNIANIE

Demineralizacja

Regeneracja H_2SO_4 przy 64 g/l,

Współprąd : 40 OZ/h

Początek cyklu : FMA+5%

Koniec cykl : FMA-5%

Poślizg sodu

Podstawowe poślizg sodu B_m dla H_2SO_4 przy 64 g/l przy 50%

Zasadowość / całkowita ilość kationów

Z Rys. 13 dla FMA 500 ppm
= 35 ppm

Z Rys. 14 dla FMA 300 ppm

Współczynnik poślizgu sodu $K_1 = 0,6$

Stąd poślizg Na = $35 \times 0,6$

= 21 ppm

Korekcja na szybkość przepływu

(wyjaśnienie Rys. 20)

Przy pracy mniej niż 40 OZ/h przy typowych ilościach ciał rozpuszczonych korekcje są zwykle małe; ten przykład:

korekcja dla szybkości przepływu 40 OZ/h,

Całkowita ilość kationów = 10 mval/l,

$OZ/h \times mval/l = 40 \times 10 = 400$

Zasadowość = 40%

Stąd $c_2 = 0,95$

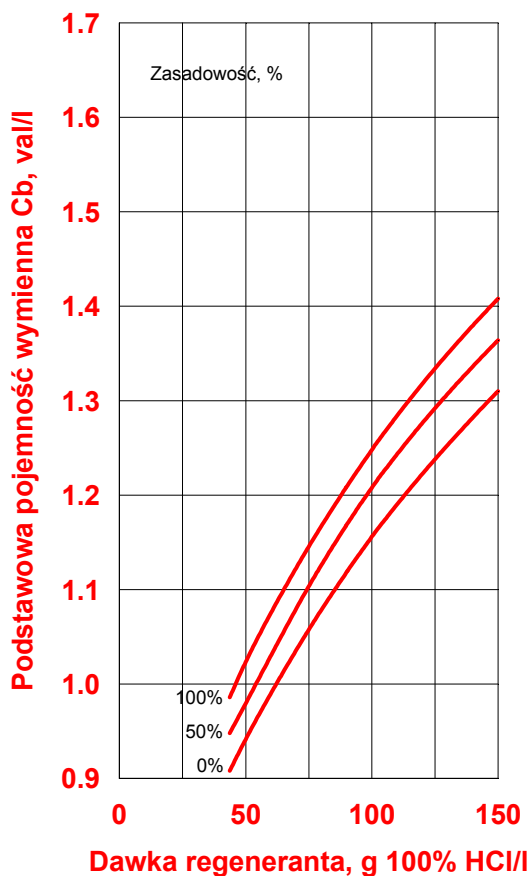
KONSTRUKCJA INSTALACJI

Jeżeli, a często takie przypadki występują, wymagany jest obojętny wyciek czynnika regenerującego i limituje się dopuszczalny poślizg krzemionki w uzdatnionej wodzie, dawkę czynnika regenerującego wymagany do zapewnienia wymaganego poślizgu krzemionki dla wody z jednostki anionitowej ustala się na podstawie odpowiednich danych technicznych. Na tej podstawie wyznacza się poziom czynnika regenerującego dla kationitu (korekcja na sól) i K_2 (należy wziąć pod uwagę korekcję na temperaturę czynnika regenerującego), aby określić wymagane podstawowe poślizg B_m . Stąd poziom regeneracji dający B_m uzyskuje się z Rys. 4. Następnie oblicza się pojemność roboczą jak podano w przykładzie powyżej. Oczywiście może wystąpić konieczność modyfikacji obliczeń pierwszego projektu, aby wziąć pod uwagę czynniki wymienione powyżej, takie jak, szybkość przepływu powinna być w wymaganych granicach, wycieki są zobojętniane, itd.

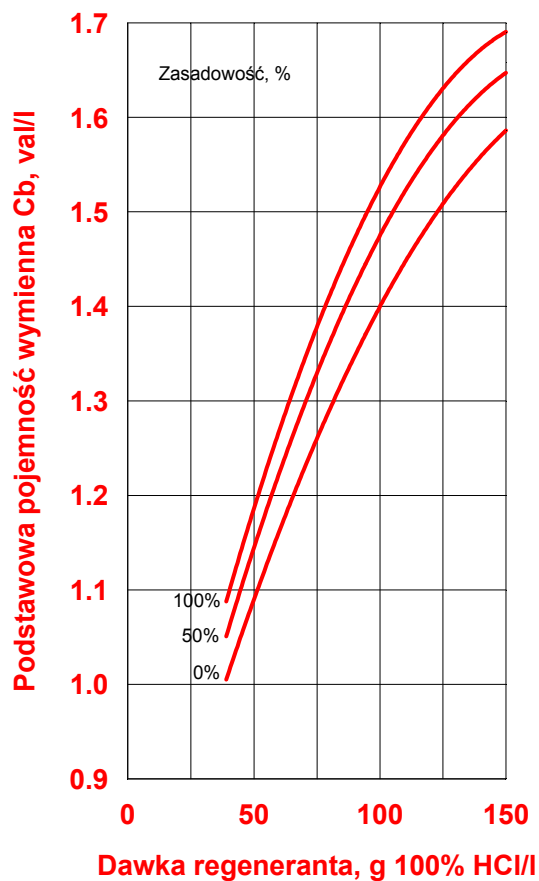
REGENERACJA WSPÓŁPRĄDOWA, HCl

Punkt końcowy = 5% redukcji kwasowości mineralnej

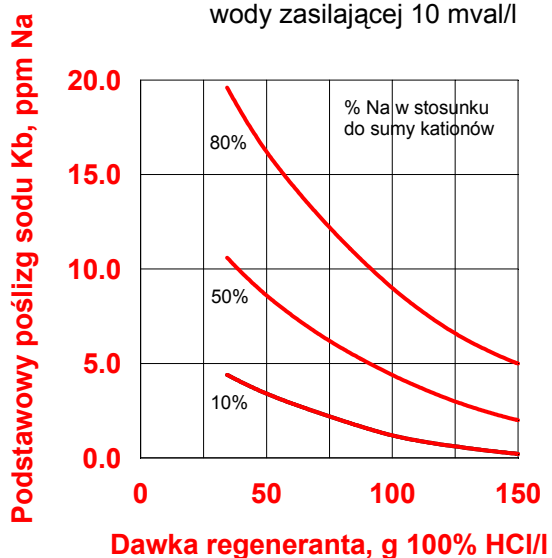
Rys. 3. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 0-50% w stosunku do sumy kationów



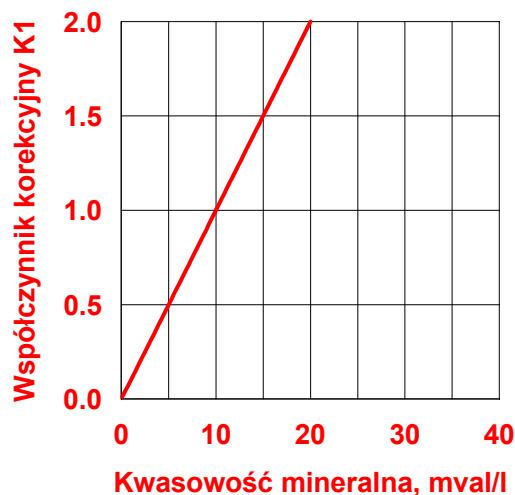
Rys. 4. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 75-100% w stosunku do sumy kationów



Rys. 5. Poślizg sodu
Kwasowość mineralna
wody zasilającej 10 mval/l



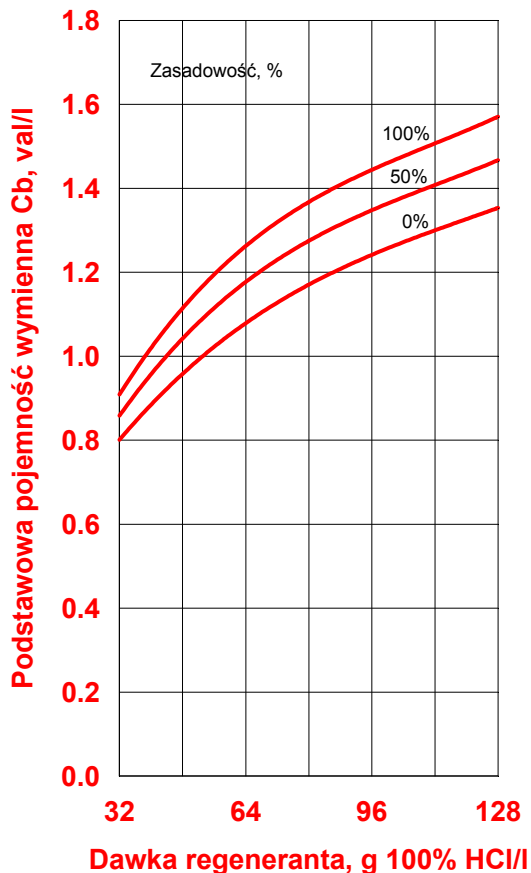
Rys. 6. Korekcja poślizgu sodu ze względu na kwasowość mineralną



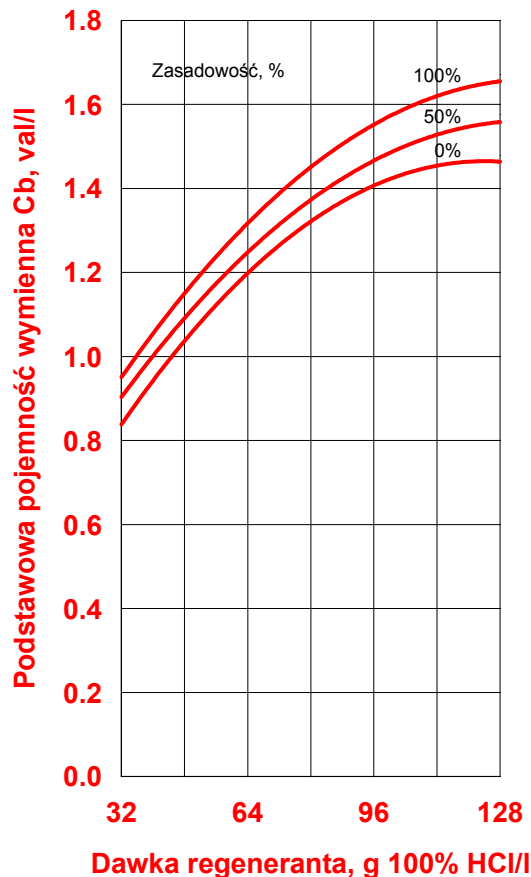
REGENERACJA PRZECIWPŁĄDOWA, HCl

Punkt końcowy = 500 ppb Na

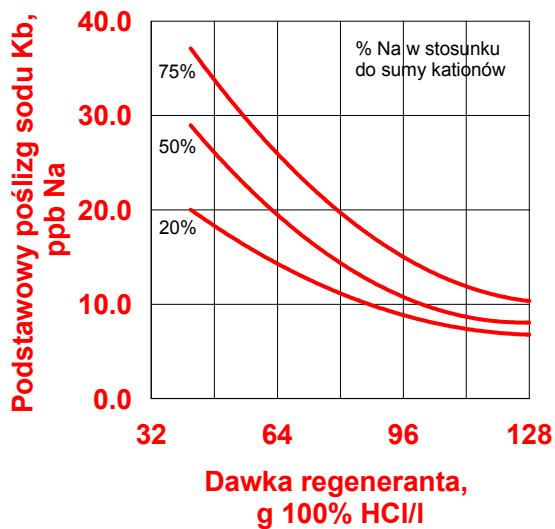
Rys. 7. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 0-50% w stosunku do sumy kationów



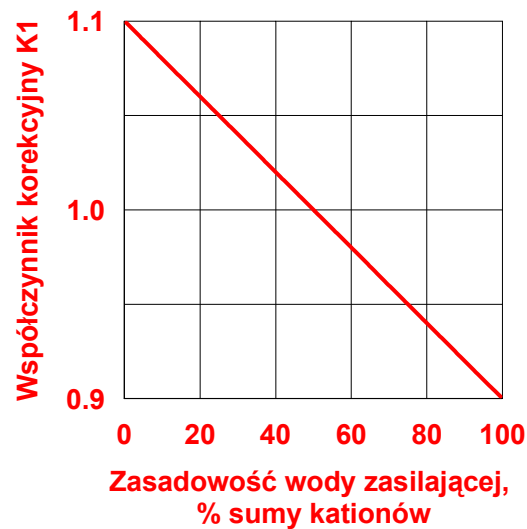
Rys. 8. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 75-100% w stosunku do sumy kationów



Rys. 9. Poślizg sodu
Zasadowość wody zasilającej
10 mval/l



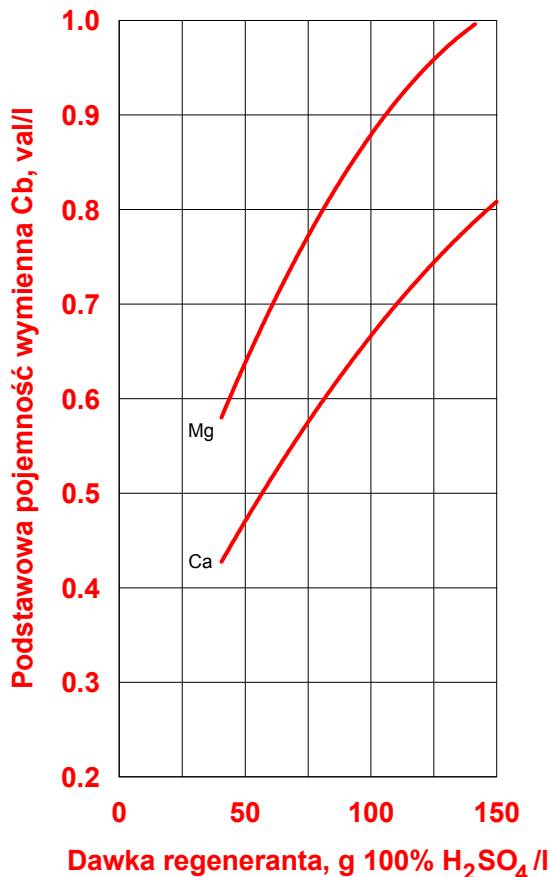
Rys. 10. Korekcja poślizgu sodu ze względu na zasadowość



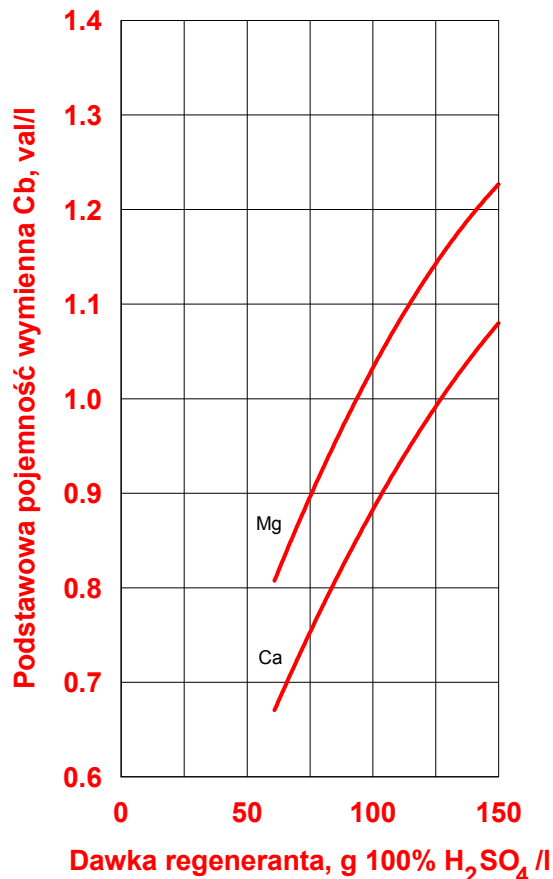
REGENERACJA WSPÓŁPRĄDOWA - STOPNIOWA, H₂SO₄

Punkt końcowy = 5% redukcji kwasowości mineralnej

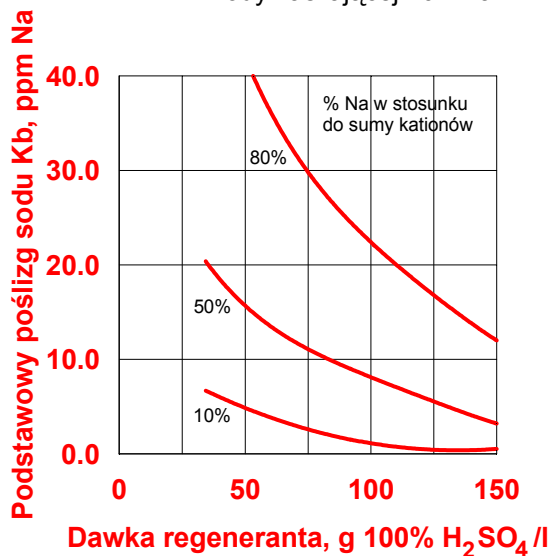
Rys. 11. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 0-50% w stosunku do sumy kationów



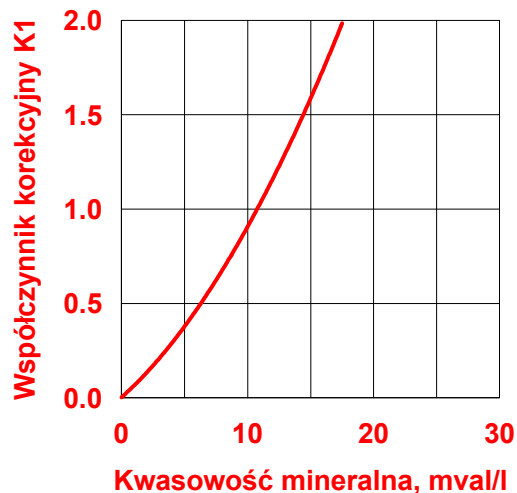
Rys. 12. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 75-100% w stosunku do sumy kationów



Rys. 13. Poślizg sodu
Kwasowość mineralna
wody zasilającej 10 mval/l



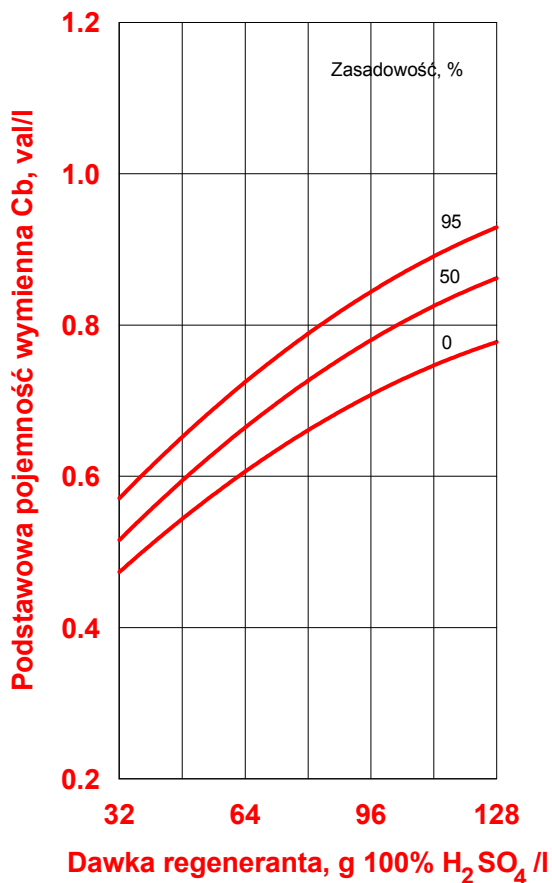
Rys. 14. Korekcja poślizgu sodu ze względu na kwasowość mineralną



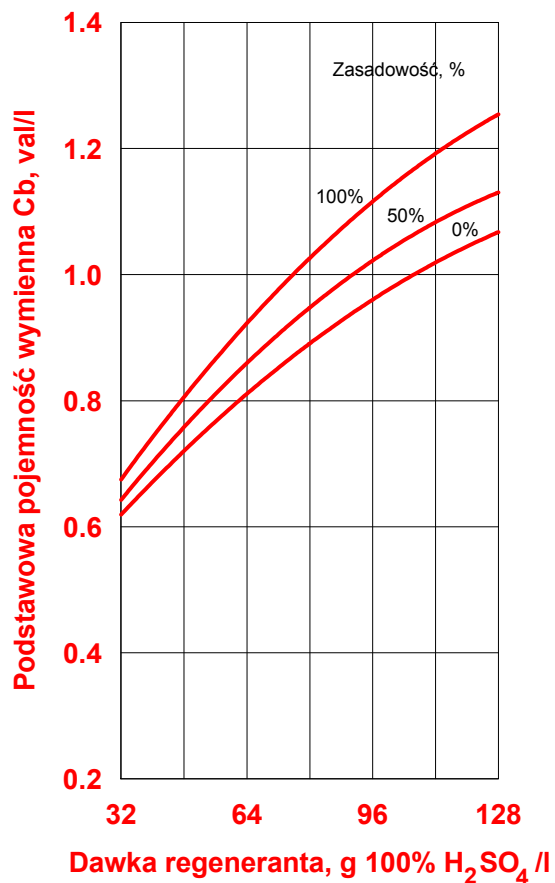
REGENERACJA PRZECIWPŁĄDOWA - STOPNIOWA, H₂SO₄

Punkt końcowy = 500 ppb Na

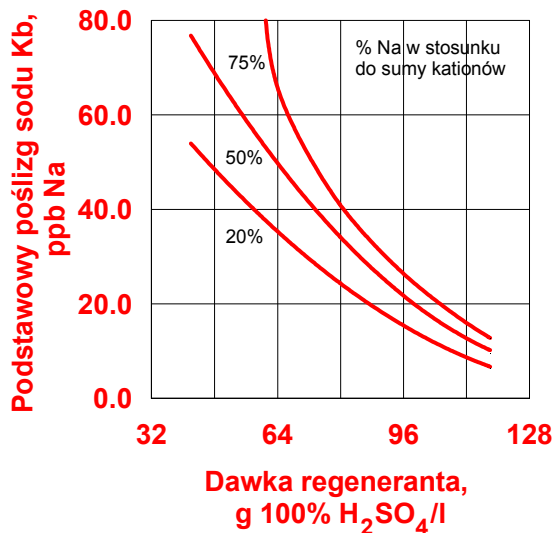
Rys. 15. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 0-50% w stosunku do sumy kationów



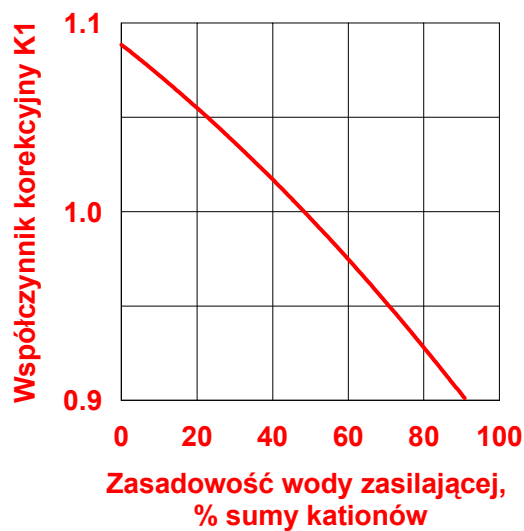
Rys. 16. Podstawowa pojemność wymienna dla zawartości Na 75-100% w stosunku do sumy kationów



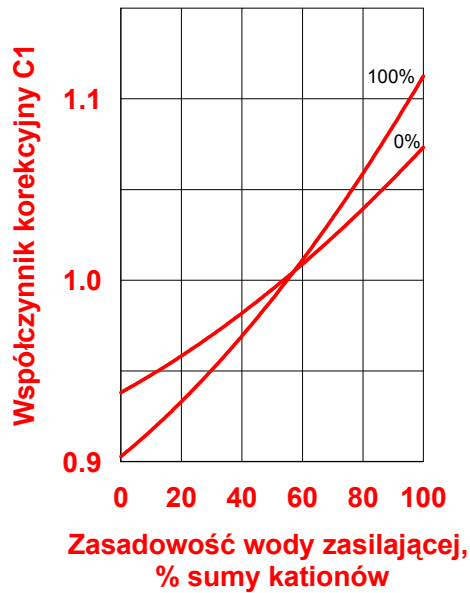
Rys. 17. Poślizg sodu
Zasadowość wody zasilającej
50%



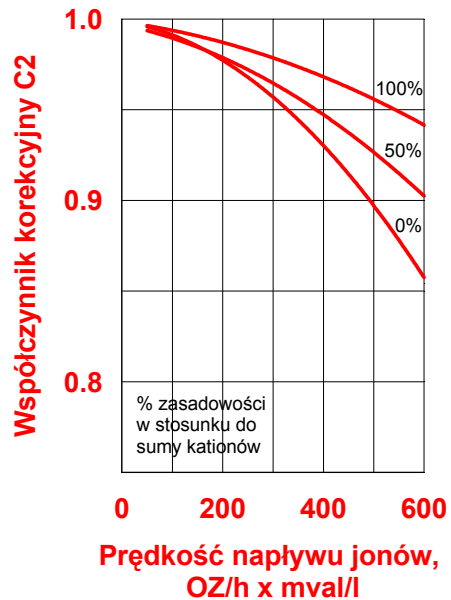
Rys. 18. Korekcja poślizgu sodu ze względu na zasadowość



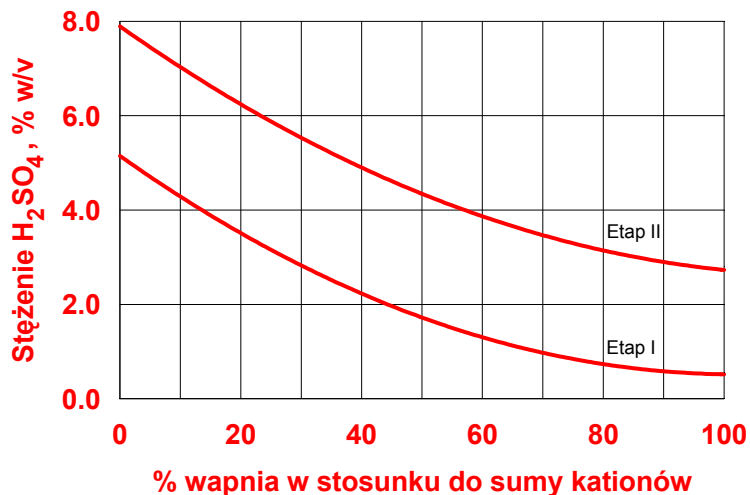
Rys. 19. Korekcja pojemności wymiennej ze względu na zasadowość H_2SO_4 – regeneracja współprądowa



Rys. 20. Korekcja pojemności wymiennej ze względu na obciążenie złoża (ogólnie)



Rys. 21. Zalecane stężenie H_2SO_4 przy regeneracji stopniowej



Ilość regeneranta:
 Krok 1: 1/3 ilości regeneranta, g/l
 minimalna ilość 30 g/l
 Krok 2: pozostała ilość regeneranta