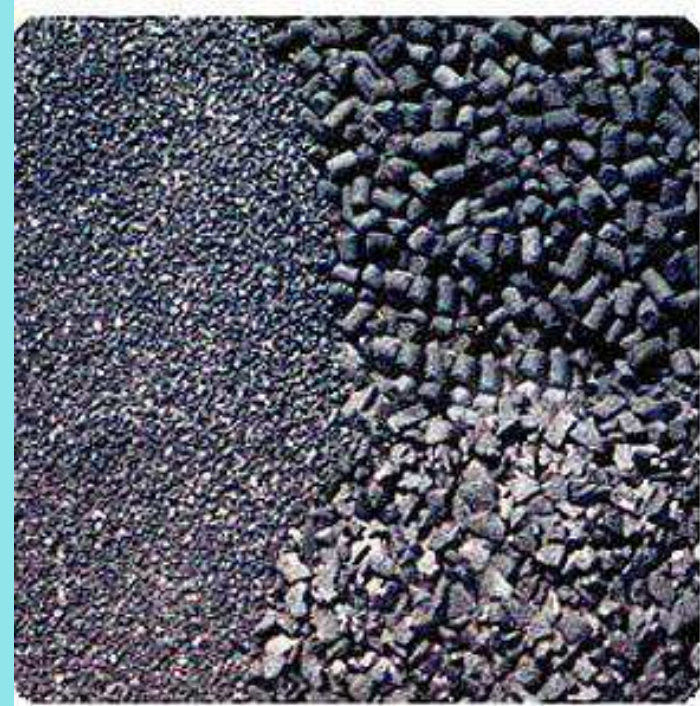


Vodní hospodářství jaderných energetických zařízení

Chemická úprava vody / ionexy

Úvodní informace

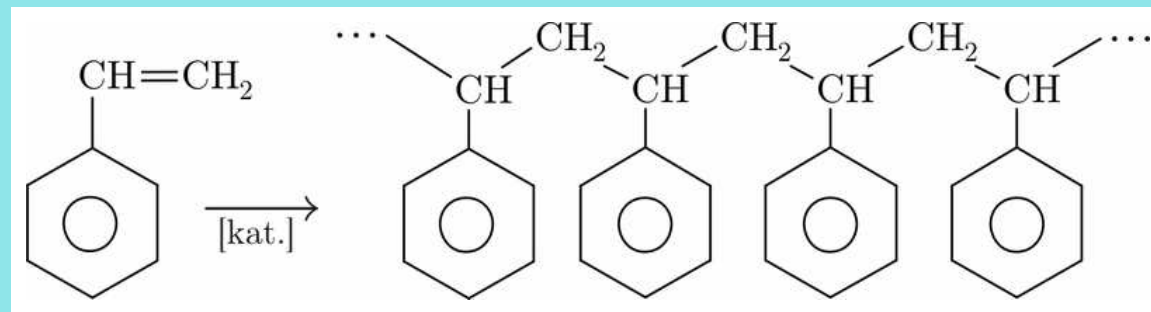
- výměnné schopnosti některých látek byly známé již v kolem poloviny 19tého století
 - ♦ přírodní zeolity (podvojně hlinito-sodné křemičitany)
 - ♦ umělé zeolity – výroba tavením směsi Na_2SiO_3 a Al_2O_3 → posléze další postupy
 - ♦ sulfonované uhlí (tzv. uhlíkaté zeolity) – antracit nebo vybrané nízkopopelnaté uhlí zpracované např. H_2SO_4
 - ♦ problémy
 - nízká vyměňovací kapacita
 - křehkost, ostrohrannost (Zeolity), drobivost (uhlí) ⇒ vyplavování fragmentů měničů do upravované vody
- výrazný pokrok umožnily až iontoměniče na bázi syntetických organických materiálů



Chemická úprava vody / ionexy

Úvodní informace

- v první polovině 20tého století (≈ 1935) se objevily první vhodné fenolové pryskyřice
- před polovinou století ($\approx 1945 - 1950$) pak první moderní pryskyřice na bázi polymerů a kopolymerů (spojení dvou nebo více různých monomerů) styrenu, kyseliny akrylové, kyseliny metakrylové apod.

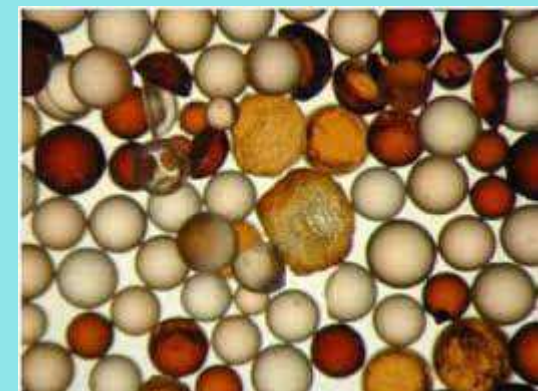
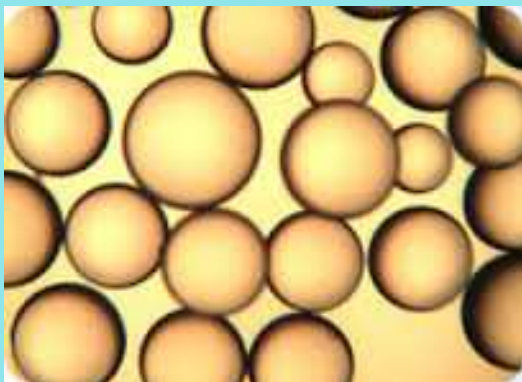


polymerizace styrenu (fenyletylen, vinylbenzen) na polystyren

Chemická úprava vody / ionexy

Jak vypadá ionex?

- syntetické vysokomolekulární organické látky
- podmínkou je dostatečná pórovitost – zásadní vliv na vyměňovací kapacitu a rychlost
- základní skelet nese na povrchu náboj (zajištěno pomocí funkčních skupin)
- nejčastěji založené na bázi styrenu, akrylátu, fenolformaldehydových pryskyřic atd.
- síťovacím činidlem je obvykle divinylbenzen (vinylstyren)
 - ♦ spojuje jednotlivé polymerní řetězce
 - ♦ koncentrace DVB určuje do značné míry selektivní a bobtnací vlastnosti ionexu

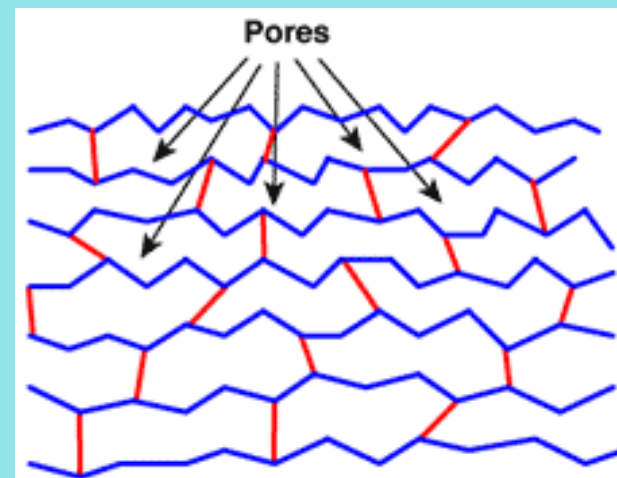
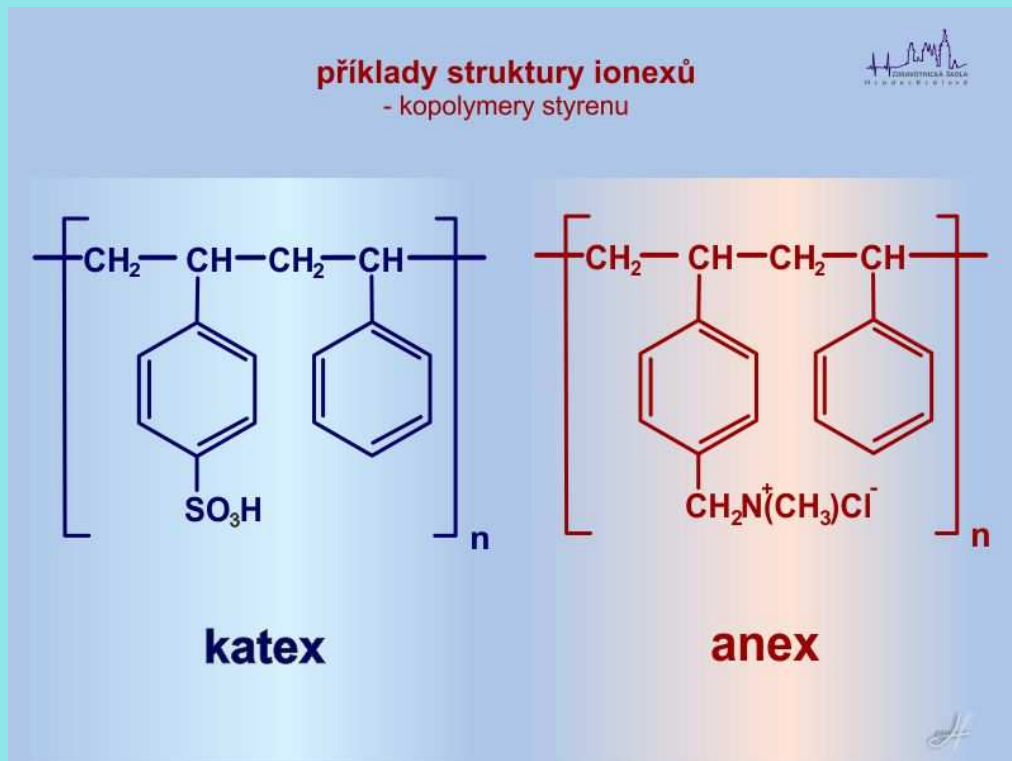


Chemická úprava vody / ionexy

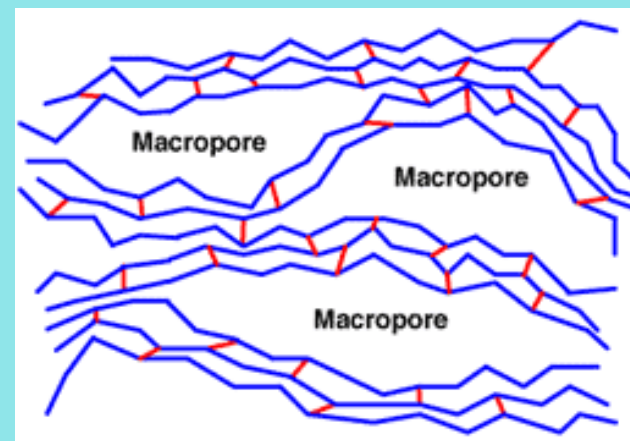
Jak vypadá ionex?

- na polymerním skeletu (nejužívanější formou jsou kuličky) je ukotvena funkční skupina
- funkční skupina je ve vodném prostředí schopná disociace
- jeden druh iontu (kation nebo anion) je pevně zakotven na nerozpustném polymerním skeletu
- iont opačného náboje je po disociaci funkční skupiny volně pohyblivý a schopen výměny
 - ♦ např. silně kyselý katex pro změkčování vody (Na^+ forma) \rightarrow funkční skupina $[-\text{SO}_3^- \text{Na}^+]$ \rightarrow SO_3^- je fixován na skelet Na^+ je volný
 - ♦ sodík je díky větší afinitě ionexu k iontům Ca^{++} a Mg^{++} tzv. vyměněn za tyto ionty \Rightarrow pokles koncentrace Ca^{++} a Mg^{++} kationtů \rightarrow voda je změkčená
 - ♦ vratná reakce \rightarrow regenerace se provádí 10% roztokem NaCl \rightarrow dochází k opačné výměně a k převedení katexu zpět do provozní formy

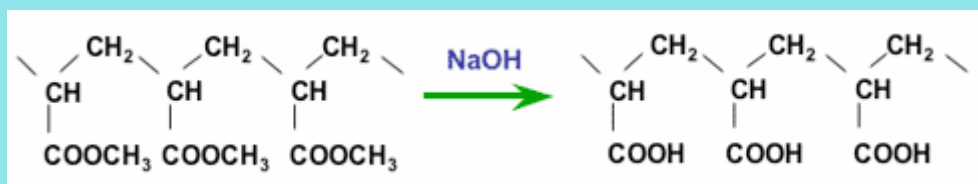
Struktura ionexů



Gelová struktura



Makropórézní struktura



Slabě kyselý katex akrylátového typu

Chemická úprava vody / ionexy

Základní kategorizace ionexů

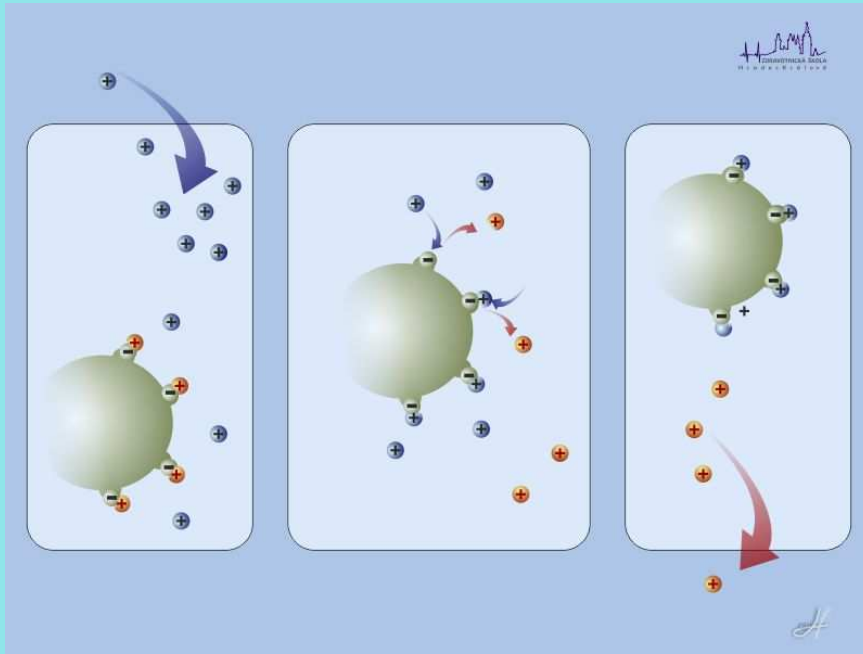
- struktura nosného skeletu
 - ♦ gelové – velké množství malých pórů \Rightarrow větší kapacita / menší odolnost proti zanášení velkými molekulami např. anionty huminových kyselin
 - ♦ makroporézní – součástí struktury jsou též velké póry \Rightarrow dobrá odolnost proti zanášení / menší kapacita \rightarrow výhodné kombinace ionexů s různým typem skeletu
- chemická povaha nosného skeletu
 - ♦ styren-DVB – v současnosti nejvíce rozšířený typ skeletu
 - ♦ akrylát – pružnější skelet \rightarrow lepší odolnost proti zanášení u obou typů
- náboj vyměňovaného iontu
 - ♦ anexy – vyměňují záporně nabitě ionty (zpravidla za OH^-)
 - ♦ katexy – vyměňují kladně nabitě ionty (zpravidla za H^+)
- acidita
 - ♦ kyselé
 - ♦ bazické
- podle velikosti nosných částic na polysférické (starší typy) a monosférické

Chemická úprava vody / ionexy

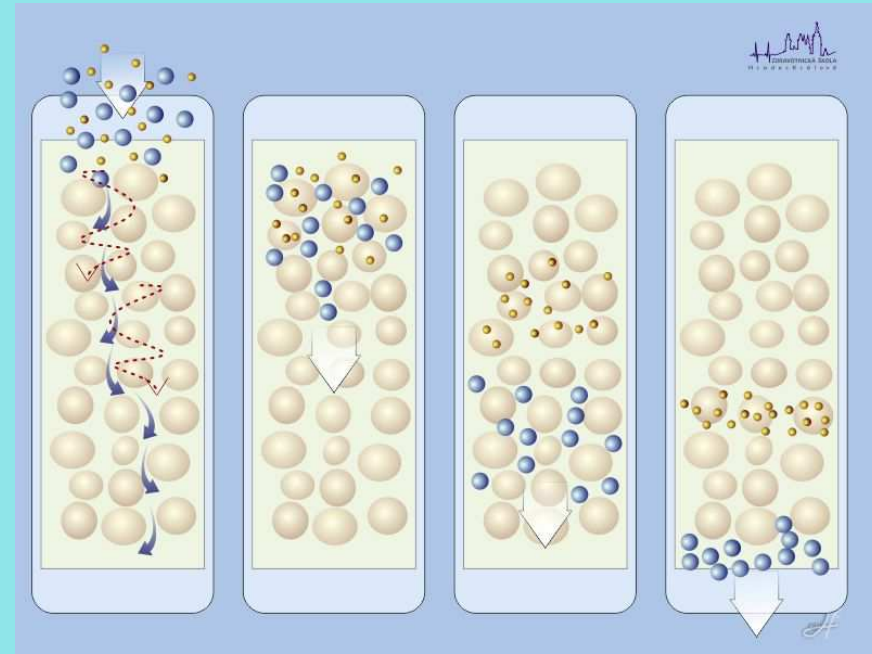
Chemická klasifikace ionexů

- anexy – vyměňují obsažené anionty za OH^- aniont podle schopnosti disociace dělíme anexy na:
 - ♦ slabě bazické – schopné disociace pouze v neutrálním a kyselém pH → funkční skupinou obvykle bývají aminoskupiny $[-\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-N}(\text{CH}_3)_2]$
 - ♦ silně bazické – schopny disociace při jakémkoli pH → funkční skupiny obvykle na bázi kvartérní amoniové soli → dělí se na dva typy:
 - typ 1 – má na atomu dusíku navázané tři methylové skupiny $[-\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-]$
 - typ 2 – má na atomu dusíku navázané dvě methylové skupiny a jednu ethylovou skupinu $[-\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-N}(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2\text{OH})\text{OH}^-]$
- katexy – vyměňují obsažené kationty za H^+ kationt podle schopnosti disociace dělíme katexy na:
 - ♦ slabě kyselé – schopné disociace pouze v neutrálním a zásaditém pH → funkční skupina obvykle bývá karboxylová $[-\text{COOH}]$ – pouze akrylát
 - ♦ silně kyselé – schopny disociace při jakémkoli pH → funkční skupina obvykle bývá siřičitanová $[-\text{C}_6\text{H}_5\text{-SO}_3\text{H}]$ – pouze DVB-styren

Jak to funguje?

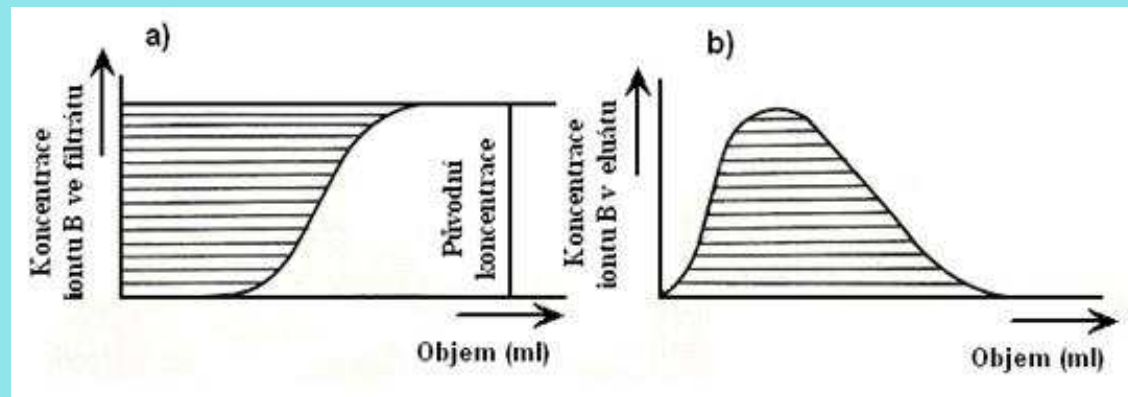


Výměna iontů na kuličce

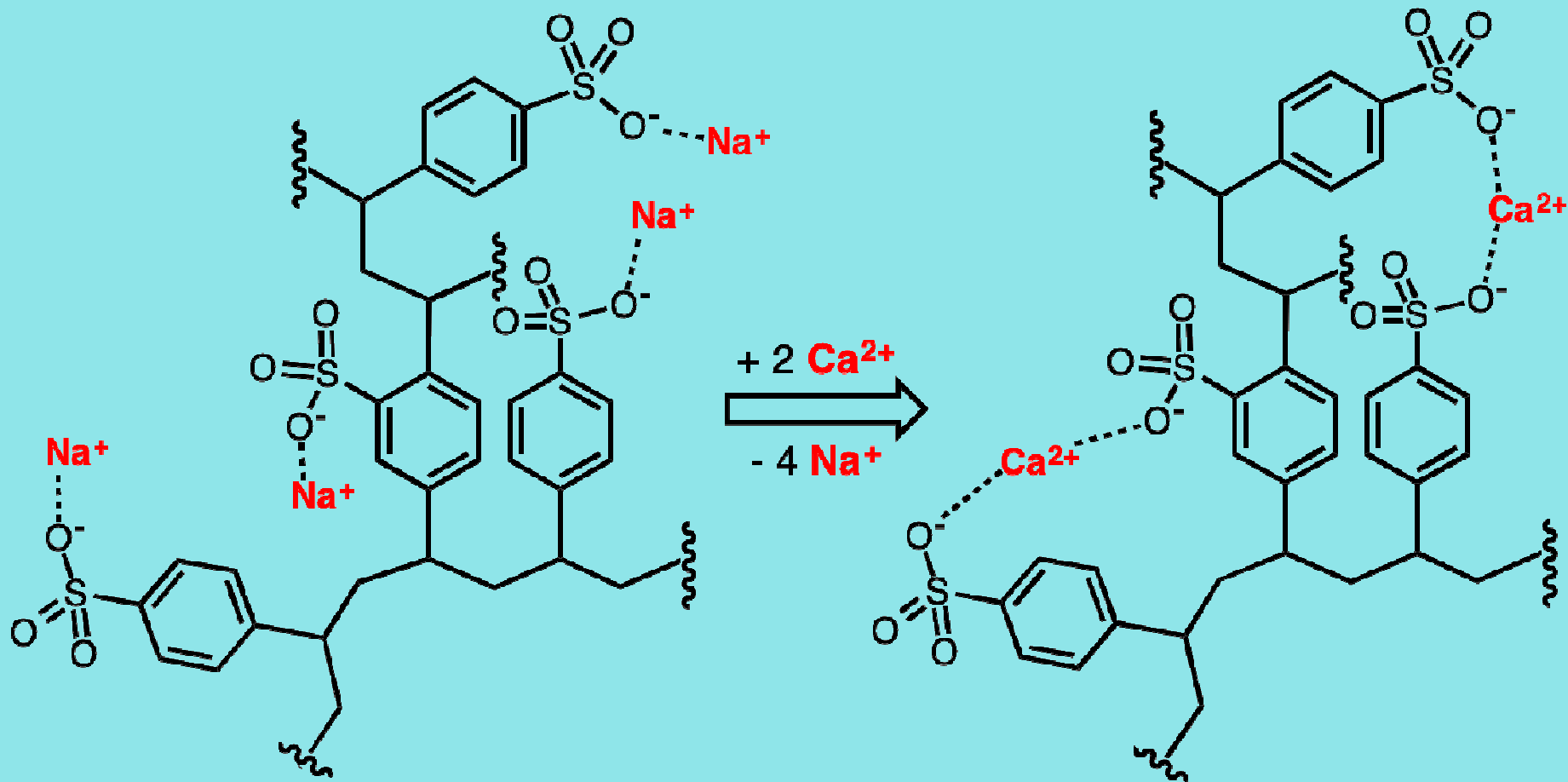


Chromatografické dělení více iontů na loži ionexu

Základní fáze používání :
Sorpce a eluce



Výměna Ca^{2+} za Na^+



Selektivita ionexů

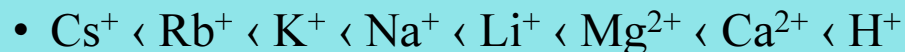
Je funkcí typu ionexu, pracovního pH a složení roztoku.

Velikosti solvatovaného iontu, nábojové hustoty na povrchu.

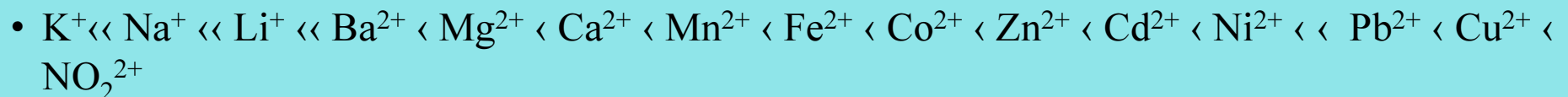
- **Pro sulfokatexy:**



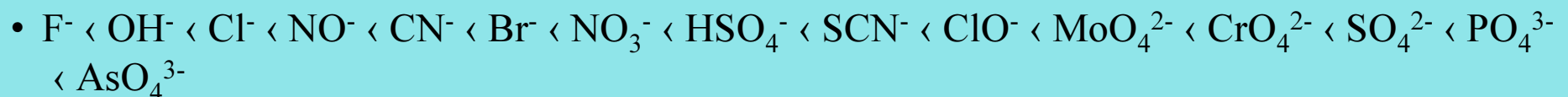
- **Pro katexy s karboxylovou skupinou:**



- **Pro amidoacetálové katexy:**



- **Pro silně zásadité anexy s kvarterními amoniovými skupinami:**



Chemická úprava vody / ionexy

Chemická klasifikace ionexů

Druh	K a t e x y			A n e x y			
	slabě kyselé	silně kyselé		slabě zásadité		silně zásadité	
						typ I.	typ II.
Fixovaný iont	COO^-	CH_2SO_3^-	SO_3^-	NH_3^+	NH_2^+	NH^+	N^+
Disociovaná forma	$\text{COOH} \rightleftharpoons \text{COO}^- + \text{H}^+$	$\text{CH}_2\text{SO}_3^- + \text{Na}^+$	$\text{SO}_3\text{H} \rightarrow \text{SO}_3^- + \text{H}^+$	$\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$\text{NH}_2^+ + \text{OH}^-$	$\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	$\text{N}^+ + \text{OH}^-$
Používaná pracovní forma	vodíková	sodíková	vodíková	hydroxylová			
Výměnou se zachycují:	kationty ekvivalentní HCO_3^- za kationt H^+	kationty Ca^{++} , Mg^{++} za kationt Na^+	všechny kationty za kationt H^+	anionty silných kyselin za aniont OH^-		anionty silných i slabých kyselin (CO_2 , SiO_2 včetně) za aniont OH^-	
Regenerace	HCl , (H_2SO_4)	NaCl	HCl , (H_2SO_4)	Na_2CO_3 , NaOH , NH_4OH		NaOH	
Použití	dekarbonizace			dekarbonizace v Cl^- cyklu			
	někdy pro demineralizaci	změkčování	deionizace		deoxygenace v SO_3^- cyklu (redox měniče)		
				desilikace			
demineralizace							

Chemická úprava vody / ionexy

Základní technické parametry ionexů

- bobtnavost – vyjadřuje míru bobtnání v % a představuje nárůst objemu ionexu po namočení ve vodě \Rightarrow třeba zohlednit při plnění iontoměničů (velké bobtnací tlaky \Rightarrow riziko drcení náplně při přeplnění)
- zrnění – udává rozložení velikosti zrn ionexu \rightarrow udává se rozsah zrnění a případně koeficient stejnozrnnosti (obvykle jako podíl d60 ku d10)
- procento zesíťování – určuje odolnost ionexu a udává se jako procentuální podíl divinylbenzenu
- stabilita ionexu – ionex mohou narušit oxidační činidla, mechanická destrukce a teplota
- porozita ionexu
 - ♦ standardní ionexy – v suchém stavu neporézní, vykazují takzvanou bobtnací porozitu (starší typy ionexů)
 - ♦ porézní ionexy – novější typy ionexů \rightarrow vyznačují se velkým specifickým povrchem a velkým průměrem pórů a jsou porézní již v suchém stavu (větší mechanická odolnost a chemická stálost)

Chemická úprava vody / ionexy

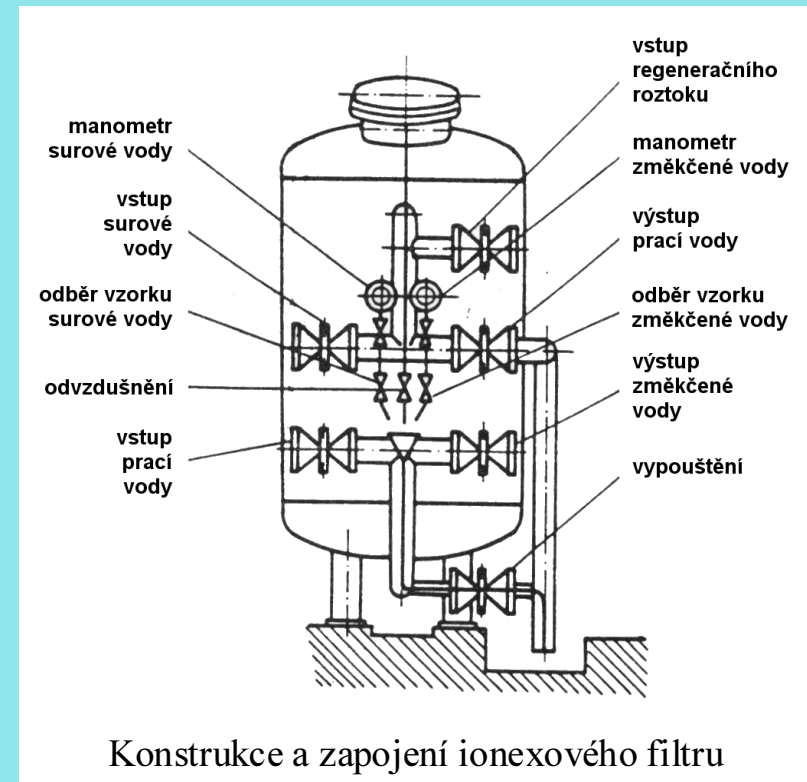
Základní technické parametry ionexů

- pracovní rozsah pH – nedodržování se projeví jak na životnosti, tak na funkci
- selektivita ionexu – schopnost zachytávat všechny ionty anebo jen vybrané (selektivní ionexy se používají pro specifické účely a zpravidla mimo energetiku, např. odstraňování dusičnanů) – řízeno přes typ funkčních skupin
- specifické zatížení ionexu – objem vody zpracovaný 1m³ ionexu za určitý čas
- hustota ionexu
- celková kapacita ionexu – látkové množství funkčních skupin ionexu → přepočítává se na jednomocné ionty [val/l]
- užitková kapacita ionexu – látkové množství iontu (vyjádřené jako jednomocné ionty), které ionex zachytí do okamžiku průniku

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Konstrukce

- provedení v podobě stojatých válcových nádob
- materiálem nádob je konstrukční ocel → v případě kyselinovzdorného provedení se vnitřek pogumuje nebo nověji potahuje syntetickými hmotami (polypropylen)
- možné i celoskleněné provedení → výborná chemická odolnost (spíše pro laboratorní účely)
- součástí jsou příslušné armatury na přívod, rozvod a odvod čištěné vody, regenerantu, pracovního média a pro odběr vzorků



Chemická úprava vody / ionexové filtry

Příprava k provozu

- ionex se ukládá na pískovou vrstvu uloženou na tryskovém dně, nebo na speciální zcezovací orgány
- plnění se provádí zhruba do poloviny → nutný volný prostor pro nabobtnání a pro následné vyprání
- intenzivní praní zdola nahoru 24 hodin po naplnění → odplavení prachových podílů náplně (částice ionexu s rozměry $< 0,3\text{mm}$) a nečistot z výroby. Neplatí pro speciální ionexy například jaderné čistoty.
- první regenerace s použitím 2-3x většího množství regeneračního činidla (regenerantu) než odpovídá normálnímu provozu

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Provoz

Pracovní cyklus standardně provozovaných ionexových filtrů sestává z několika základních částí

- iontová výměna
- praní a kypření
- regenerace
- vymývání

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Provoz / režim výměny iontů

- vlastní pracovní část cyklu
- hlavní hnací silou je difúze, vliv má i rozdíl koncentrací vně a uvnitř ionexu, elektrický potenciál, případně další probíhající chemické reakce
- zpočátku je všečen ionex v základní zregenerované formě
- při průtoku roztoku kolonou dochází k nahrazování volných iontů funkčních skupin odstraňovanými ionty → nejsilněji se vážou ionty s nejvyšší afinitou k ionexu (např. vícemocné kovy) → slaběji další ionty podle tzv. selektivitní řady
- uvolněné ionty (zpravidla H^+ nebo OH^-) odtékají z kolony
- současně ionty s vyšší afinitou (např. Fe^{3+} , SO_4^{2-}) vytěsňují z funkčních skupin ionty s nižší afinitou (např. Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^-) ⇒ posun vytěsněných iontů do dalších částí kolony
- vyčerpání – v odtoku se objeví iont z roztoku s nejnižší afinitou k ionexu (Na^+ , HCO_3^- , SiO_3^{2-}) ⇒ nutné ionexový filtr odstavit a regenerovat

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Provoz / praní a kypření

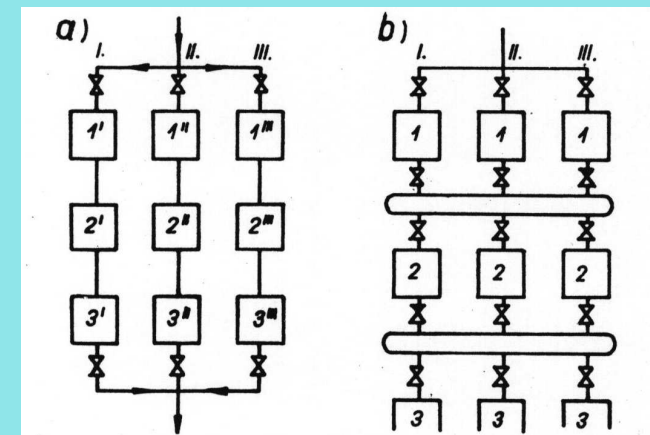
- při průtoku vody ionexem se ionex postupně stlačuje a sesedá \Rightarrow nárůst tlakových ztrát
- v případě, že upravovaný roztok obsahuje nerozpuštěné látky dochází k zanášení a ucpávání ionexu \Rightarrow nárůst tlakových ztrát
- nutné občasné vyprání ionexu
- praní se realizuje protiproudě směsí vody a vzduchu
- nevýhodou je promíchání jednotlivých vrstev ionexu
 - ♦ po skončení výměnné fáze cyklu jsou na konci lože méně vyčerpané vrstvy
 - ♦ důsledkem praní je promíchání s více vyčerpanými
 - ♦ zvýšení spotřeby regeneračního činidla při některých typech regenerace

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Provoz / regenerace

- regenerace je převedení ionexu do původního pracovního cyklu.
- provádí se přebytkem regeneračního činidla (možný 5 až 6 násobek oproti stechiometricky definované teoretické spotřebě) → závisí na rozdílu afinit
- nutné zabránit vratným reakcím ⇒ je třeba velký rozdíl koncentrací
- použitá koncepce regenerace závisí na způsobu zapojení filtrů, kde se používá:

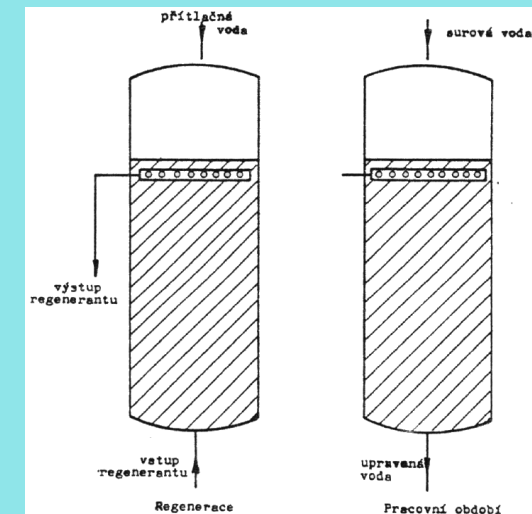
- ♦ a) zapojení linkové – proud upravované vody teče vždy jen jednou linkou
- ♦ b) zapojení okružní (uzlové) – proud upravované vody lze před každým filtrem převést z jedné linky do jiné



Chemická úprava vody / ionexové filtry

Provoz / regenerace

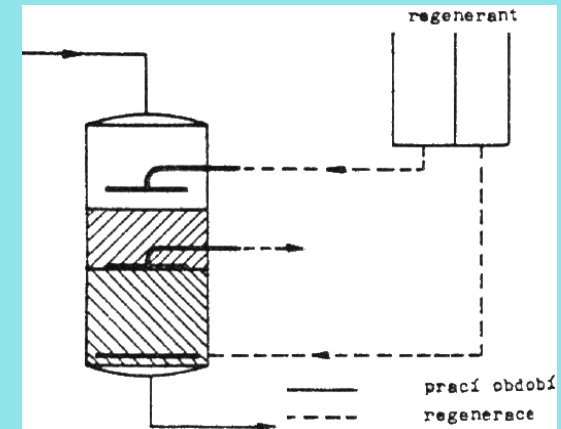
- z hlediska proudění regenerantu a uspořádání systému se regenerace nechá provádět jako:
 - ♦ souproudá
 - proud regenerantu teče ionexovým filtrem ve směru shodném s upravovanou vodou
 - **!! důležité spodní vrstvy (rozhodují o kvalitě upravované vody a o průniku iontů) se regenerují jako poslední**
 - **!! horší kvalita zregenerování spodních vrstev nebo větší spotřeba regenerantu (delší regenerace, větší koncentrace) pro dosažení požadované kvality**
 - ♦ protiproudá
 - proud regenerantu teče proti směru upravované vody
 - **⇒ první se regenerují důležité spodní vrstvy**
 - převrstvení lože brání přítlak vodou nebo vzduchem (výhodnější ⇐ není potřeba další vody)
 - praní před regenerací může způsobit zamíchání ionexu z nejméně vyčerpané spodní vrstvy s ostatním ⇒ zvýšení spotřeby regenerantu



Chemická úprava vody / ionexové filtry

Provoz / regenerace

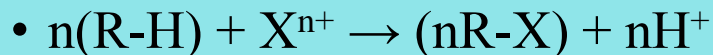
- ♦ dvouproudá
 - horní třetina souproudá regenerace a zbylá část protiproudá
 - praní zpravidla nutné pouze pro horní část
 - z hlediska regenerace vysoce efektivní
 - problém se složitostí zařízení → přestává se používat
- ♦ externí
 - předchozí způsoby interní \Leftarrow regenerant zůstává po dobu v nádobě ionexového filtru
 - externí regenerace je výsledkem snah o plynulý provoz ionexů
 - náplň se průběžně recirkuluje skrze regenerační a vymývací kolony
- ♦ protiproudá s plnými kolonami
 - nově se prosazující postup
 - po nabobtnání ionexu je filtr zcela naplněn
 - odpadá zcezozací rošt pro regeneraci umístěný v loži \Rightarrow není riziko mechanického poškození
 - praní nutné provádět externě \Rightarrow větší nároky na kvalitu předupravené vody \rightarrow je třeba minimalizovat obsah zanášejících nečistot
 - výhody: menší počet armatur a dalších prvků, jednodušší ovládání, maximální využití objemu kolony, krátká doba regenerace



Chemická úprava vody / ionexové filtry

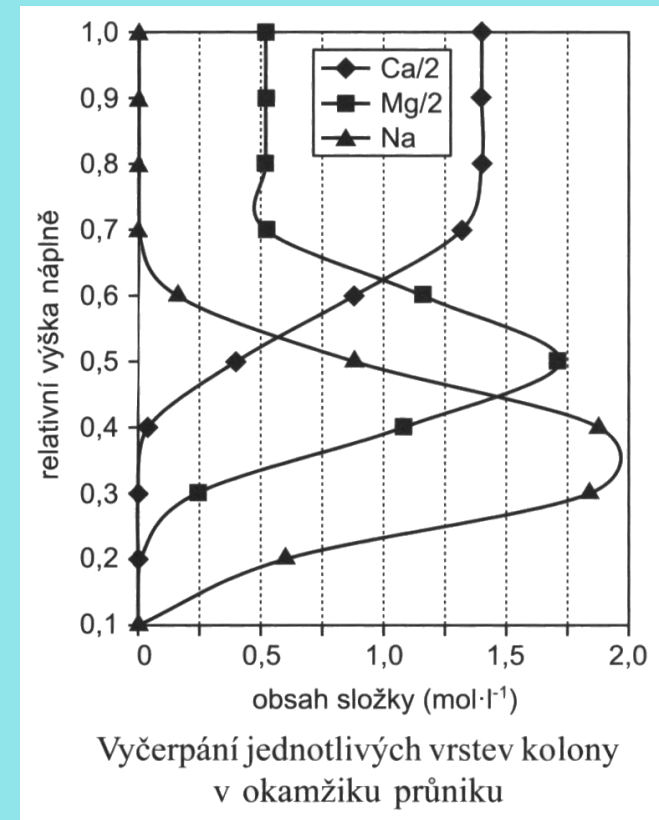
Silně kyselý katex / provoz

- zpravidla zařazován jako první stupeň deionizační nebo demineralizační kolony
- disociován v celém intervalu pH
- probíhá výměna všech kationtů za H^+ iont podle rovnice:



- výsledná koncentrace H^+ iontů snížena o vstupní koncentraci HCO_3^- , CO_3^{2-} a OH^-
např. dle reakce: $2(SO_3H) + Ca^{++} + 2HCO_3^- \rightarrow Ca(SO_3)_2 + H_2O + 2CO_2$

- v koloně vzniká tzv. výměnná zóna mezi čerstvým a vyčerpaným katexem \rightarrow postupuje ve směru průtoku upravované vody
- za výměnnou zónou následuje zóna vyčerpání s obsahem jednotlivých kationtů podle afinit

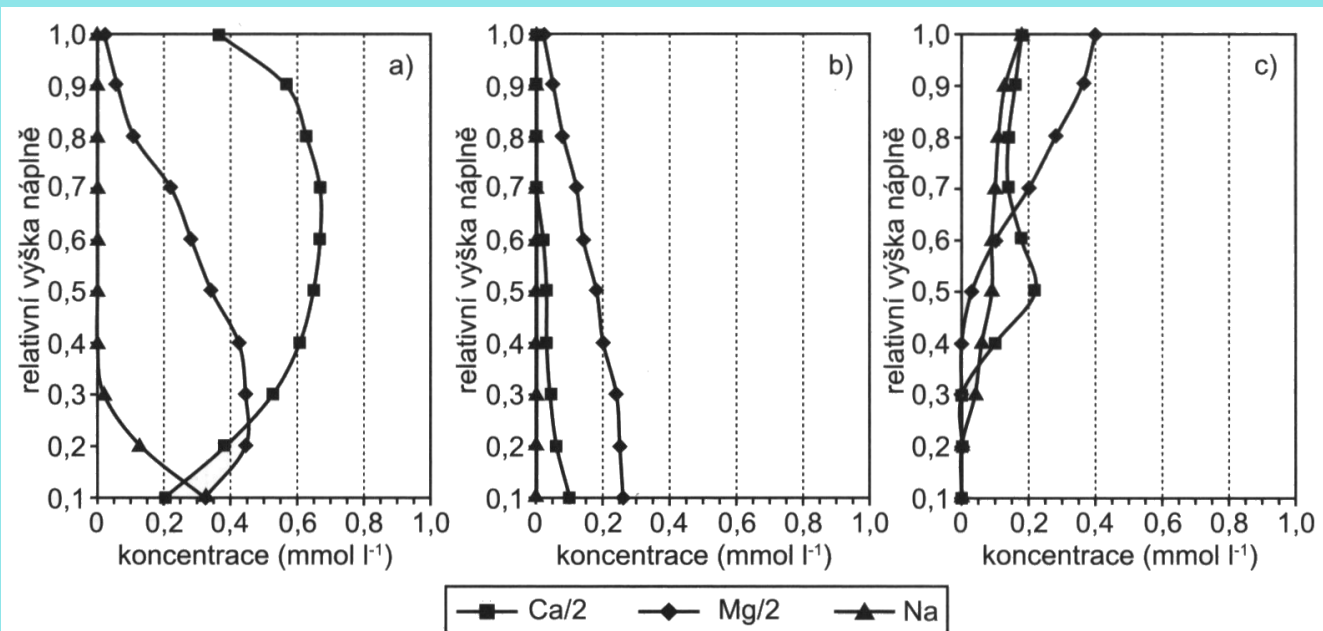


Chemická úprava vody / ionexové filtry

Silně kyselý katex / regenerace

- vliv způsobu regenerace na kvalitu upravené vody a spotřebu regenerantu
 - ♦ pro dosažení uspokojivé kvality je třeba obsah Na^+ formy ve spodní vrstvě $< 1\%$
 - ♦ při souproude regeneraci nutných 250 – 350% stech. množství \rightarrow v prvních fázích regenerace dochází ke ztrátě zbývajících H^+ iontů ve výměnné zóně

Riziko tvorby nerozpustného CaSO_4 při regeneraci k. sírovou.

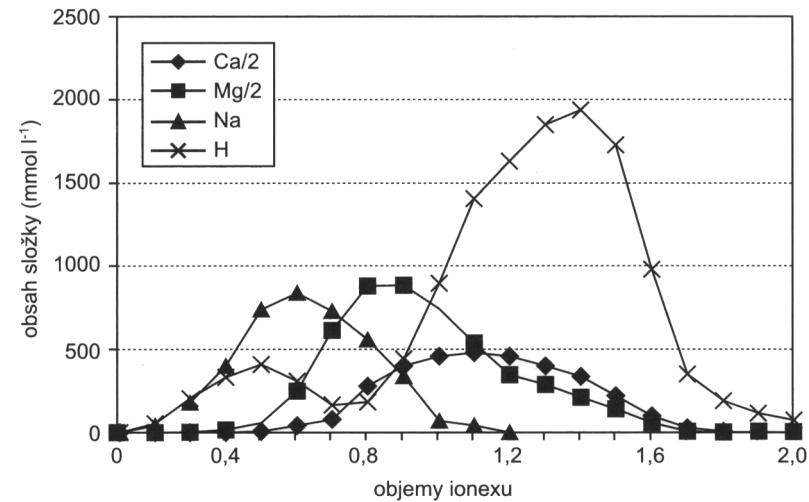


Stav silně kyselého katexu po regeneraci (a) po souproude regeneraci 50 g l⁻¹ HCl, (b) po souproude regeneraci 100 g l⁻¹ HCl, (c) po protiproude regeneraci 50 g l⁻¹ HCl

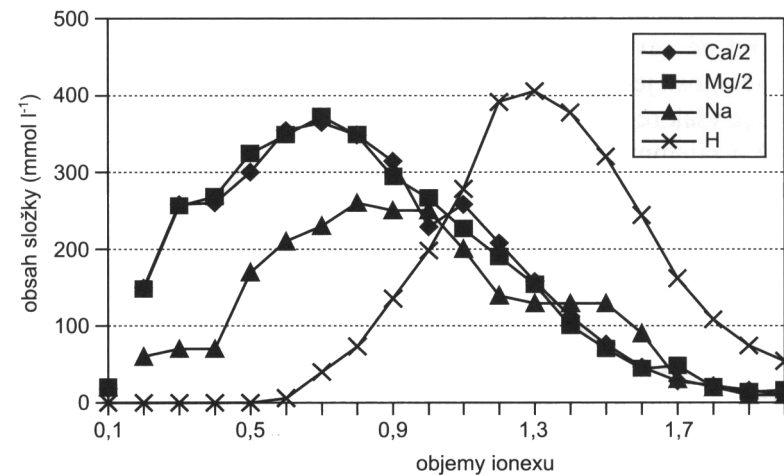
Chemická úprava vody / ionexové filtry

Silně kyselý katex / regenerace

- eluční (eluze = vymývání látek) křivky zachycených kationtů při regeneraci silně kyselého katexu v závislosti na způsobu regenerace
- souproudá regenerace znamená ztrátu H^+ iontů z výměnné zóny na konci filtru a celkově mnohem větší spotřebu regeneračního činidla



Eluční křivka katexu při souproudé regeneraci dávkou 100 g l^{-1} HCl

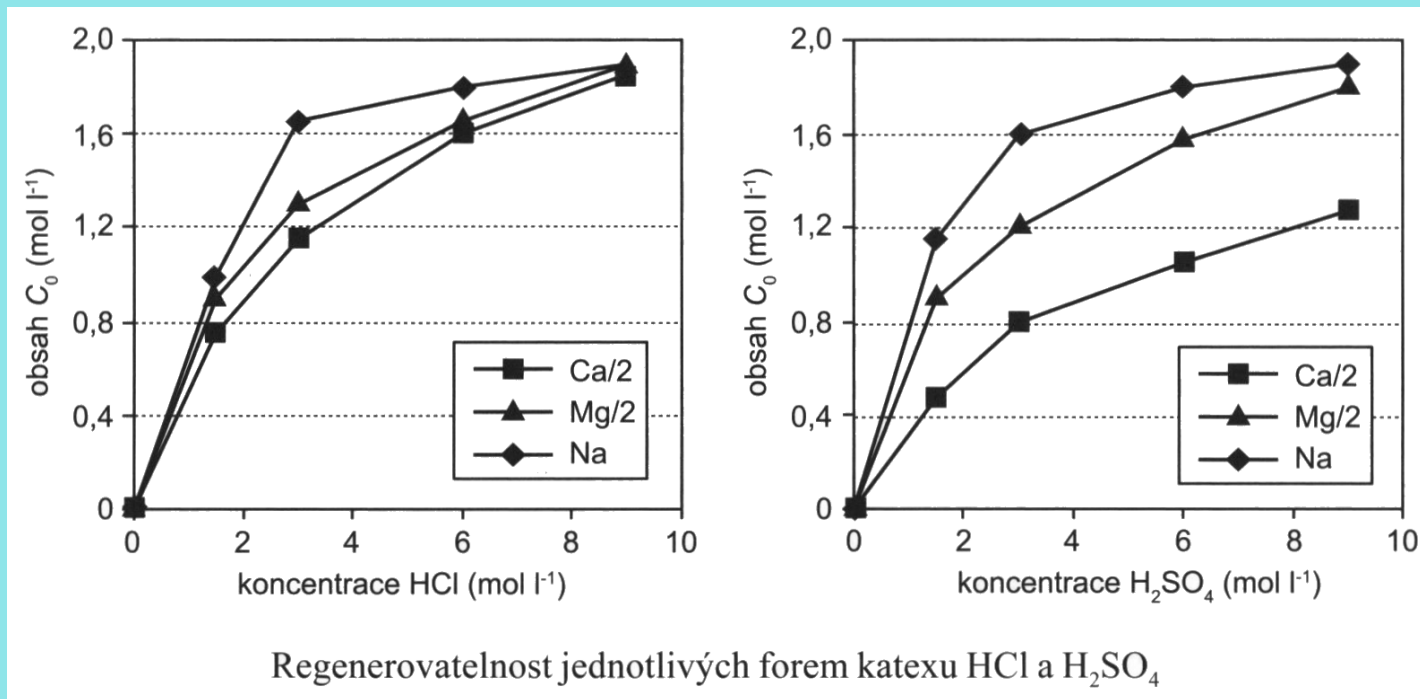


Eluční křivka katexu při protiproudé regeneraci regenerační dávkou HCl 50 g l^{-1}

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Silně kyselý katex / regenerace

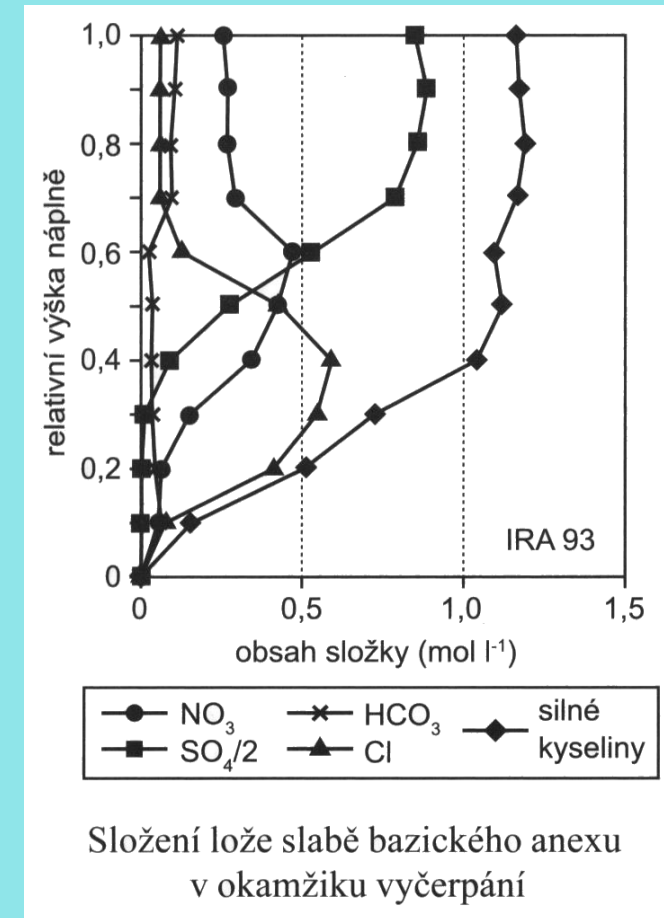
- schopnost regenerace u silně kyselého katexu
 - ♦ množství vytěsněných zachycených kationtů a zregenerovaných funkčních skupin závisí hlavně na regenerační dávce a na druhu regenerantu
 - ♦ méně na koncentraci regenerantu a době regenerace



Chemická úprava vody / ionexové filtry

Slabě bazický anex / provoz

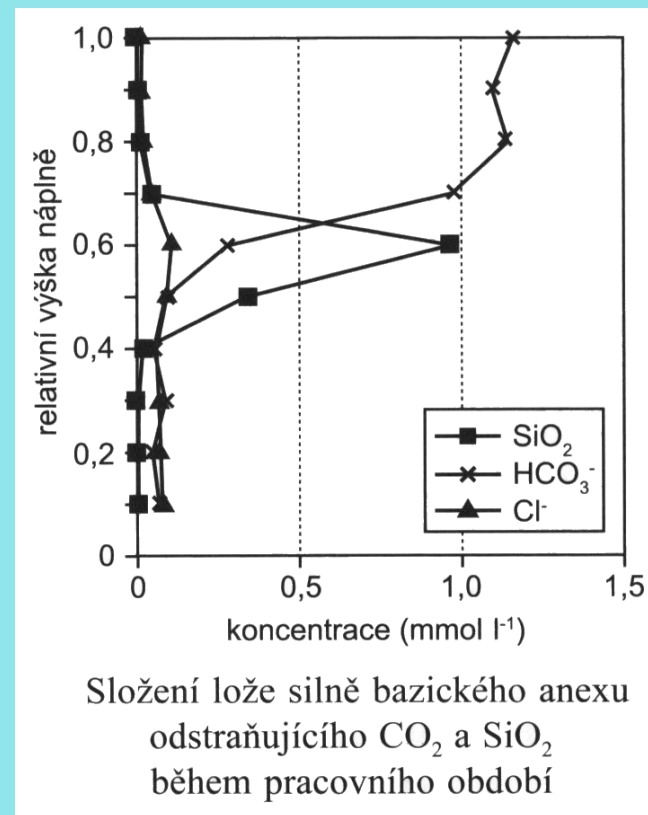
- v demí kolonách zpravidla řazen za slině kyselým katexem
- zachycuje silně disociované kyseliny z katexu
- záchyt aniontů v pořadí: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-
- ochrana silně bazického anexu před anionty huminových kyselin \Rightarrow obvykle makroporézní se styren-DVB skeletem
- ionizace funkční skupiny pouze v kyselém prostředí (zdrojem acidity obvykle H^+ ionty z katexu)
- nedostatečný pro nízké koncentrace aniontů \Rightarrow obvykle následován silně bazickým anexem (samostatný filtr nebo dvou vrstevné lože)



Chemická úprava vody / ionexové filtry

Silně bazický anex / provoz

- tvoří poslední část anexového lože ve styku s upravovanou vodou
- zachycuje veškeré anionty → zejména málo disociované kyseliny prošlé slabě bazickým anexem
- základní výměna dle rovnice:
- $n(\text{R-OH}) + \text{HnX} \rightarrow (\text{Rn-X}) + n\text{H}_2\text{O}$
- schopen disociace v celém rozsahu pH
- anionty s nižší afinitou (HCO_3^- , SiO_3^{--}) částečně vytěsňovány anionty z vyšších vrstev (NO_3^- , SO_4^{--} , Cl^-)
- **POZOR – nebezpečí při průniku Na^+ z katexu**
- **→ vznik NaOH**



Chemická úprava vody / ionexové filtry

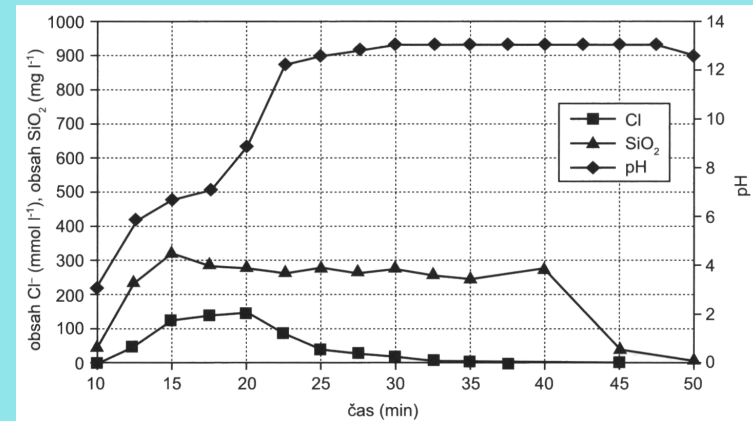
Regenerace anexů

- provoz samotného silně bazického anexu (nízký obsah huminových kyselin a dalších velkých molekul \Rightarrow nehrozí zanášení) \rightarrow u souproudé regenerace podobný problém jako u silně kyselého katexu
- anionty silných kyselin obvykle zachyceny už slabě bazickým anexem \Rightarrow problém je mnohem méně výrazný než u katexu
- navzdory tomu protiproudá regenerace dovoluje dosáhnout lepší kvality spodních vrstev při menší spotřebě
- **riziko srážení SiO_2 při protiproudé regeneraci silně a slabě bazického anexu**

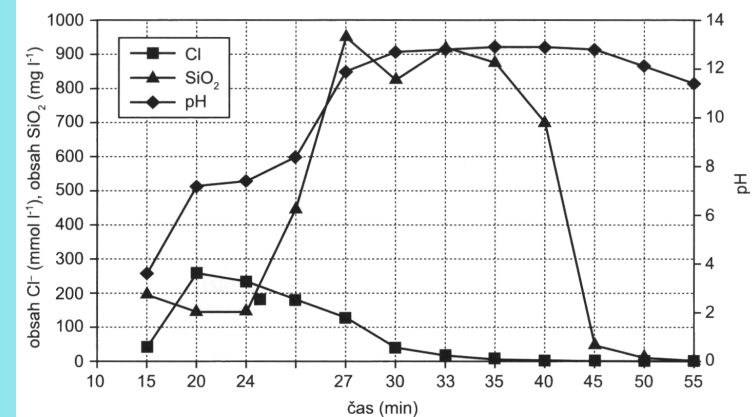
Chemická úprava vody / ionexové filtry

Regenerace anexů

- **riziko srážení SiO_2 při protiproudé regeneraci silně a slabě bazického anexu**
 - ♦ NaOH v silně bazickém anexu uvolní zachycený SiO_2
 - ♦ v slabě bazickém anexu (zachycené ionty silných kyselin) neutralizace a pokles pH – v prvních fázích regenerace až do kyselé oblasti
 - ♦ \Rightarrow možnost vyloučení gelu SiO_2
 - ♦ vyloučený SiO_2 při provozu vytěšňován
 - ♦ dochází k opětovné zachycení v silně bazickém anexu \Rightarrow zrychlené vyčerpávání
- \Rightarrow nutnost při regeneraci omezit koncentraci SiO_2 v regenerantu
 - ♦ nepřekračovat 2% koncentraci NaOH, neohřívat regenerant, neprodlužovat regeneraci



Eluční křivka při regeneraci vrstveného anexového lože při vyloučení SiO_2 v loži



Eluční křivka při regeneraci vrstveného anexového lože bez vyloučení SiO_2 v loži

Chemická úprava vody / ionexové filtry

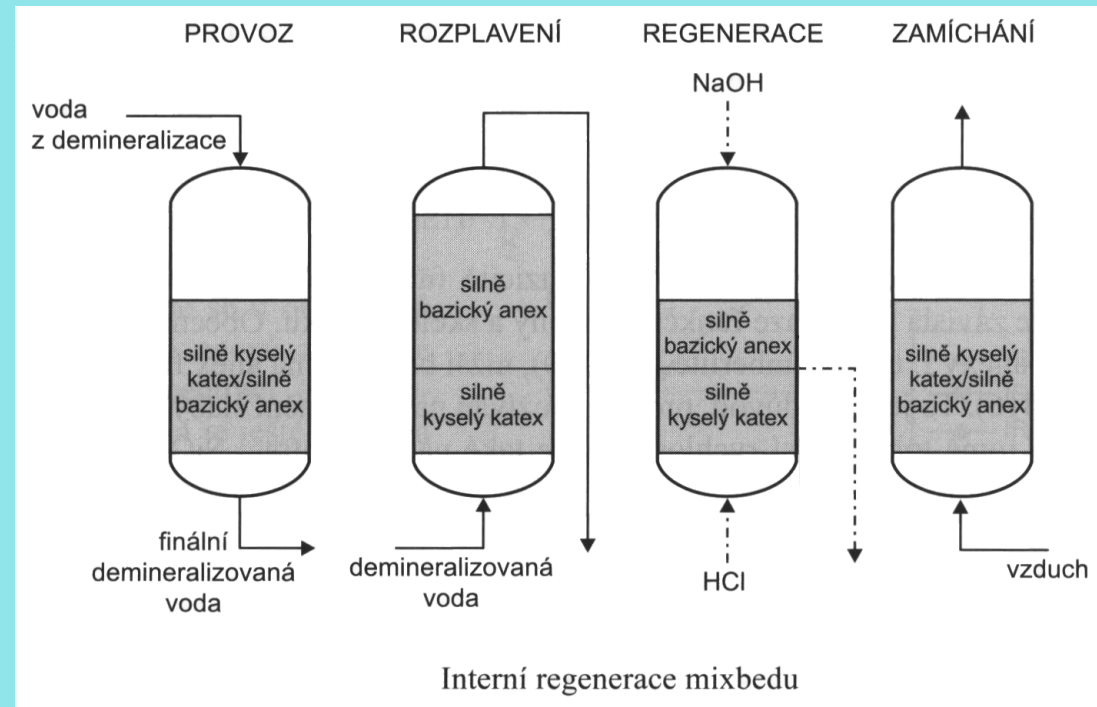
Mixed

- problém s trvalým garantováním kvality vody za demineralizační linkou v uspořádání silně (silně kyselý katex – slabě bazický anex – silně bazický anex) v úrovni požadované pro energetická zařízení
- zařazuje se další dočišťovací stupeň – směsné lože (mixbed)
- zpravidla směs silně kyselého katexu (H^+ forma) a silně bazického anexu 1. typu (OH^- forma)
- poměr závisí na složení vstupní vody → zpravidla 1 : 2
- náplň lože \approx obrovské množství deionizačních párů → ideální prostředí pro disociaci zbylých nečistot \Rightarrow produkt blízký tzv. ultračisté vodě
- požadovanou kvalita vody o konduktivitě 0,1 - 0,3 $\mu S/cm$ lze dosáhnout při rozumně zvládnuté regeneraci → zásadní vliv na kvalitu upravované vody → teoreticky lze dosáhnout 0,06 $\mu S/cm$ (absolutně čistá voda 0,055 $\mu S/cm$)

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Mixed

- regenerace mixed komplikovanější nežli u klasických ionexových filtrů
 - ♦ nutné oddělení obou složek lože (rozplavení)
 - ♦ následuje regenerace NaOH a HCl
 - ♦ zamíchání (vzduch)
 - ♦ promytí (demivoda)



- **PROBLÉM** – riziko kontaktu některé ze složek mixbedu s „nepravým“ regenerantem

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Mixed

- možný kontakt s nepravým regenerantem → komplikace pro další požadavky na zlepšení kvality upravené vody → extrémní nárůst náročnosti vymývání ⇒ velká časová prodleva
- cesty k omezení náročnosti vymývání:
 - ♦ sériové uspořádání mixbedů – první vyčerpaný mixbed se po regeneraci a dokonalém vymytí zařadí na druhé místo → druhý částečně vyčerpaný zaujme první pozici
 - ♦ použití systému Triobed – v loži přimíchána třetí inertní frakce → po rozplavení má zaplnit prostor kolem zcezoovacího roštu ⇒ spolehlivé oddělení obou aktivních složek mixbedu
 - zkušenosti z praxe nepřesvědčivé – změna hmotových vlastností inertní frakce (oxidy železa, bublinky vzduchu)
 - zavedení monosférických ionexů → další komplikace (nelze rozplavovat prostřednictvím rozdílné velikosti obou složek → opouštění Triobedu)
 - ♦ možnost využití externí regenerace → možnost použít kvalitnější rozdělovací techniky → obě složky následně regenerovány samostatně

Chemická úprava vody / ionexové filtry

Mixed

- při interní regeneraci → nutné umístit zcezovací rošt do katexu → příznivá vymývací charakteristika po kontaktu s NaOH (vymytí relativně rychlé a kvalita vyhovující) → v průběhu provozu nedochází k zhoršování vymývací charakteristiky