

»Mladi za napredek Maribora 2013«

30. srečanje

**PRIMERJAVA VISOKO TLAČNIH IN
NIZKO TLAČNIH MEMBRAN ZA
REVERZNO OSMOZO**

Raziskovalno področje

KEMIJA, KEMIJSKA TEHNOLOGIJA

Raziskovalna naloga

0€đ | KÙQ UP ÆUSSÖÖEÛËŠŠÒT ÒP ÄÖWÔT 0P

T ^} đ | KZVUSÁÓÜ0VU¥

¥[| KÜÜÒÒP RZÖÜ0EÖÓÒP 0Z UŠČÁP ÄÖQ P 0Z 0ZÁ 0EÜÓÜÜ

VSEBINA

1	POVZETEK	3
2	UVOD	5
2.1	Metode dela	5
3	TEORIJA	6
3.1	Membranska filtracija	6
3.2	Materiali za membrane	7
3.3	Gonilna sila	7
3.4	Mikrofiltracija in ultrafiltracija	8
3.5	Reverzna osmoza	8
4	NAPRAVA ZA REVERZNO OSMOZO	10
4.1	Elementi naprave	10
4.1.1	Predfilter	10
4.1.2	Črpalka	10
4.1.3	Ohišje z moduli	11
5	RAZLIČNI TIPI MEMBRAN	11
6	EKSPERIMENTALNI DEL	12
6.1	Primerjava dveh tipov membran	12
6.2	Meritve z vodovodno vodo	13
6.3	Diskusija za meritve z vodovodno vodo	15
6.4	Postopek mehščanja	16
6.4.1	Doma narejen mehščalec vode	17
6.5	Meritve z mehčano vodo	18
6.6	Diskusija za meritve z mehčano vodo	19
7	SKLEP	20
8	Viri in literatura	21

Kazalo slik:

Slika 1 :	Uničena narava.....	5
Slika 2 :	Onesnaževanje okolja.....	5
Slika 3 :	Velikosti delcev ki jih prepušča membrana	7
Slika 4 :	Membranski procesi	7
Slika 5 :	Naprava za Reverzno osmozo	10
Slika 6 :	Celulozni predfilter	10
Slika 7 :	Črpalka.....	10
Slika 8 :	Smer toka čez membrano	11
Slika 9 :	Membrana in ohisje.....	11
Slika 10 :	Montiranje membrane na napravo	11
Slika 11 :	Visoko tlačna in nizko tlačna membrana.....	11
Slika 12 :	Naprava za Reverzno osmozo	12
Slika 13 :	Smola za ionsko izmenjavo.....	16
Slika 14 :	Naprava za mehčanje	16
Slika 15 :	Tulec	17
Slika 16 :	Fina mrežica.....	17
Slika 17 :	Ionska izmenjevalna smola.....	17
Slika 18 :	Doma narejena naprava v delovanju	17
Slika 19 :	Hitri test vodovodne vode	17
Slika 20 :	Hitri test mehčane vode	17

Razlaga enot

<i>Q</i>	-	<i>Pretok</i>
<i>μm</i>	-	<i>Mikrometer</i>
<i>μS/cm</i>	-	<i>Prevodnost vode</i>
<i>l/h</i>	-	<i>Litri na uro, hitrost pretoka</i>
<i>°dH</i>	-	<i>Nemške stopinje trdote, kako trda je voda</i>
<i>mg/l</i>	-	<i>Mikrogrami na liter, koliko nečesa je v enem litru raztopine</i>
<i>g/l</i>	-	<i>Grami na liter, koliko nečesa je v enem litru raztopine</i>
<i>°C</i>	-	<i>Stopinj celzija, temperatura</i>
<i>pH</i>	-	<i>Meritev kislosti ali bazičnosti raztopine</i>
<i>mg CaO /L</i>	-	<i>Miligramov kalcijevega oksida na liter</i>

Seznam okrajšav

<i>MF</i>	<i>makrofiltracija</i>
<i>UF</i>	<i>ultrafiltracija</i>
<i>NF</i>	<i>nanofiltracija</i>
<i>RO</i>	<i>reverzno osmozo</i>
<i>ED</i>	<i>dializo in elektrodializo</i>
<i>ULP</i>	<i>ultra low pressure</i>
<i>HP</i>	<i>high pressure</i>
<i>EDTA</i>	<i>etilen diamin tetra očetna kislina</i>

1 POVZETEK

Raziskovalna naloga je potekala brez kakršnih koli zapletov. Na podlagi analiz smo ugotovili območje optimalnega delovanja vsake membrane pri uporabi trde in prav tako mehke vode. Rezultati kažejo da nizko tlačne membrane ULP proizvedejo več permeata ampak ta ima višjo prevodnost kar pomeni da membrane odstranijo manj soli v vodi, do čim visoko tlačne membrane HP, ki delujejo pri višjem tlaku, proizvedejo manjši pretok permeata ampak za to ima ta voda tudi nižjo prevodnost.

Membrane za reverzno osmozo lahko uporabimo na mnogih naravolovnih področjih, predvsem se zanje čase uporablja za pretvarjanje slane vode v pitno. Postopki so dragi vendar se glede na ceno vode ti postopki v vsakem primeru splačajo. Prečiščevanje z reverzno osmozo bi lahko tudi uporabljali pri odplakah, ampak so postopki še v fazi razvoja. Najpogosteje se uporablja prečiščevanje vode z reverzno osmozo za pripravo tehnološke vode v industriji. Najbolj fine membrane za reverzno osmozo se pa uporabljajo v laboratorijih, kjer rabijo res čisto vodo (z prevodnostjo $< 1\mu S/cm$). Membrane za reverzno osmozo so po svetu zelo razširjene, zato je tudi uporaba le teh v Sloveniji v porastu.

2 UVOD

Živimo v svetu, kjer je sladka voda ena izmed najdragocenejših dobrin za človeštvo, žal pa ponekod na svetu sladke vode primanjkuje ali pa je zelo onesnažena. V vodni bilanci na Zemlji je sladke vode le 2,5 odstotkov, nam dostopne pa je le manj kot 1 odstotek. V zadnjih sto letih se je poraba vode povečala za 6-krat. Naraščanje števila prebivalstva in grožnja podnebnih sprememb lahko ob dosedanjem načinu rabe in porabe vode pripelje do velike svetovne krize z vodo. Poleg tega na njeno kakovost vplivajo naraščajoče emisije nevarnih snovi.



Slika 1 : Uničena narava



Slika 2 : Onesnaževanje okolja

2.1 Metode dela

Poskuse smo opravili v laboratoriju Hidrotehničnega biroja Iztok Bratoš s.p. Kjer smo dobili tudi vso tehniško in varnostno opremo. V laboratoriju smo imeli na voljo vsa zaščitna sredstva, upoštevali smo predpise za varno delo, za tehnično podporo pa je skrbelo pristojno osebje.

3 TEORIJA

3.1 Membranska filtracija

S filtracijo lahko odstranjujemo iz vode trdne in delno koloidne delce. Pri membranski filtraciji pa se območje filtracije razširi na raztopljene snovi (pore filtrov so od 0,0001 do 1,0 μm). Vloga membranske filtracije je uporabljati posebne membrane, ki dovoljujejo prehod samo nekaterim (določenim) snovem, ki so prisotne v tekočini.

Membranski procesi vključujejo mikrofiltracijo (MF), ultrafiltracijo (UF), nanofiltracijo (NF), reverzno osmozo (RO), dializo in elektrodializo (ED). Membranske procese lahko razdelimo tudi na druge načine, ki vključujejo:

1. vrsto materialna iz katerega je narejena mambrana,
2. narava gonilne sile
3. mehanizma separacije (ločevanja in
4. nominalne velikosti delcev, ki jih dosežemo z ločevanjem.

Splošne lastnosti membranskih procesov, ki vključujejo tudi območja ločevanja, so prikazane v naslednji tabeli

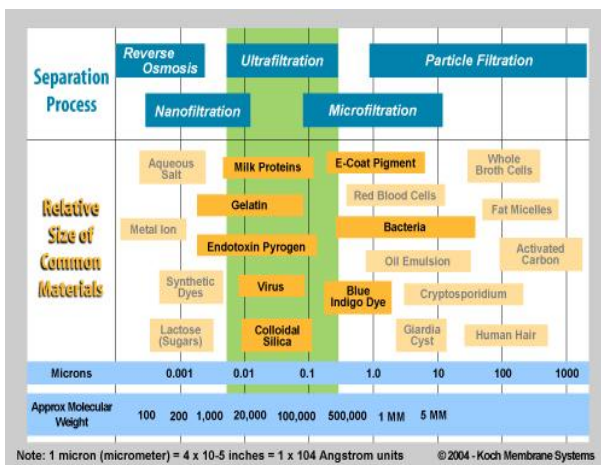
Tabela 1: Filtracije

Membranski proces	Membranska gonilna sila	Značilni mehanizem	Značilno območje (μm)	Odstranjene sestavine
Mikrofiltracija	Razlika hidrostatskega tlaka ali vakuum v odprti posodi	Sejanje	0,08-2,0	Suspendirane snovi, motnost, praživali, nekatere bakterije in virusi
Ultrafiltracija	Razlika hidrostatskega tlaka	Sejanje	0,005-0,2	Makromolekule, koloidi, večina bakterij, nekateri virusi in proteini
Nanofiltracija	Razlika hidrostatskega tlaka	Sejanje+ raztopina/dufizija +ločevanje	0,001-0,01	Male molekule, nekaj trdote, virusi
Reverzna osmoza	Razlika hidrostatskega tlaka	raztopina/dufizija +ločevanje	0,0001-0,001	Zelo male molekule, barva, trdota, sulfati, nitrati, natrij, ostali ioni

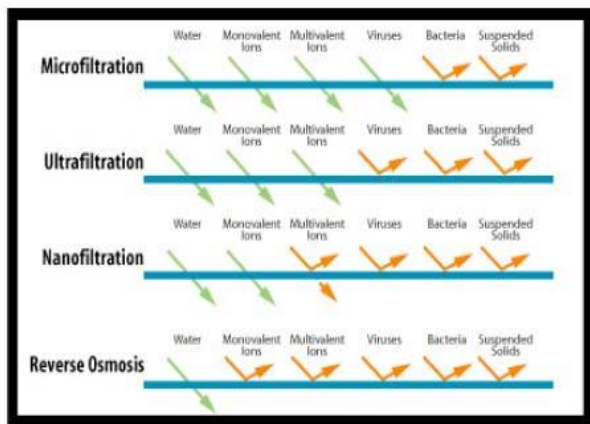
Kot poseben primer imamo dializo in elektrodializo, ki sta kombinacija membranskih tehnologij in alternativnih separatcijskih procesov (ionska izmenjava, keramične membrane...itd)

Tabela 2: Poseben primer membranskih filtracij

Dializa	Razlika v koncentracijah	Dufizija	-	Makromolekule, koloidi, večina bakterij, nekateri virusi in proteini
Elektrodializa	Elektromotorna sila	Ionska izmenjava s selektivnimi membranami	-	Ioni ioniziranih soli



Slika 3 : Velikosti delcev ki jih prepušča membrana



Membrane Process Characteristics

Slika 4 : Membranski procesi

3.2 Materiali za membrane

Membrane, ki se uporabljajo za čiščenje vode ali odpadne vode, so narejene iz zelo tankega materiala debeline med 0,15 in 0,25 μm , ki jih podpirajo bolj porozne strukture debeline okoli 100 μm . Večina komercialnih membran se proizvaja v obliki ravnih listov, finih votlih vlaken cevastih oblik.

Membrane so lahko narejene iz različnih organskih in anorganskih materialov. Membrane, ki jih uporabljamo pri čiščenju odpadnih vod so običajno organska. Osnovne vrste membran uporabljajo polipropilen, acetatno celulozo, aromatske poliamide in tankofilmske kompozite (TFC).

3.3 Gonilna sila

Značilnosti prvih štirih membranskih procesov (MF,UF,NF IN RO), ki so prikazani v tabeli, je uporaba hidravličnega tlaka, da bi dosegli želene ločitve. Ker imamo MF membrane potopljene v odprtih posodah, lahko namesto tlaka uporabljamo vakuum. Dializa vključuje prenos snovi skozi polprepustno membrano, ki deluje na podlagi razlike koncentracij. Elektrodializa vključuje uporabo elektromotorne sile in ionoselektivne membrane, da se izvede ločevanje nabitih ionov.

3.4 Mikrofiltracija in ultrafiltracija

Za mikrofiltracijo (MF) in ultrafiltracijo (UF) uporabljamo tri konfiguracije procesa.

Pri prvi konfiguraciji, znani kot *pretočni tok*, se voda črpa s prečnim tokom tangencialno na membrano. Voda, ki ne prehaja skozi membrano, se vrne v obtok in gre skozi membrano po mešanju z dodatno novo vodo. Druga konfiguracija, tudi znana kot *prečni tok*, je podobna prvi, z izjemo, da voda ne prehaja skozi membrano, ampak recirkulira skozi zadrževalni rezervoar. Tretja konfiguracija je znana kot *neposredna oskrba* in nima prečnega toka. V vseh treh primerih prehaja v končni fazi voda skozi membrano. Surova voda se uporablja periodično za spiranje akumuliranega materiala z membranske površine.

Za izdelavo posameznih membran se lahko uporabljajo različni materiali

Tabela 3: Materiali

Hidrofobni polimeri materiali	politetra fluoretilen (PTFE, teflon) polivinil denfluorid (PVDF) polipropilen (PP) in polietilen (PE)
Hidrofilni polimeri materiali	celulozni estri polikarbonati (PC) polisulfon/polieter sulfon (PSf/PES) poliimid/polieter imid (PI/Pel) alifatski poliamid (PA) polieter elerketon (PEEK)
Keramični membrane	aluminij (Al O) cirkonij (ZrO) titan (Tio) silicijev karbid (SiC)

3.5 Reverzna osmoza

Če imamo dve raztopini z različnima koncentracijama topljenca, ki sta ločeni s polprepustno membrano, nastane na celotnem področju membrane razlika v kemijskem potencialu .

Voda ima težnjo difundirati skozi membrano s strani z nižjo koncentracijo (višji potencial) na stran z višjo koncentracijo (nižji potencial). V sistemu, ki ima omejeni (končni) volumen, se tok nadaljuje, dokler se ne vzpostavi ravnotežje kemijskega potenciala. Ta ravnotežna razlika tlaka se imenuje *osmozni tlak*, ki je funkcija lastnosti topljenca, koncentracije topljenca in temperature. Če povečamo tlak na strani z bolj koncentrirano raztopino nad osmozni tlak, začne prehajati tekočina iz bolj koncentrirane k manj koncentrirani raztopini. To imenujemo *reverzna osmoza*. Fluks vode skozi membrano je funkcija gradienta tlaka:

$$F_w = k_w(\Delta P_a - \Delta \Pi) = \frac{Q_p}{A}$$

pri čemer je:

F_w - fluks toka vode, $kg/m^2 \cdot s$, m/s

k_w - koeficient masnega prenosa vode, ki vsebuje temperaturo, lastnosti membrane in lastnosti topljenca, s/m , $m/s \cdot bar$

ΔP_a - povprečni vsiljeni gradient tlaka, $kg/m \cdot s$, bar

$$= \left[\frac{P_f + P_c}{2} \right] - P_p$$

$\Delta \Pi$ - gradient osmotskega tlaka, $kg/m \cdot s$, bar

$$= \left[\frac{\Pi_f + \Pi_c}{2} \right] - \Pi_p$$

Del topljenca vedno pride skozi membrano. Fluks topljenca lahko opišemo z izrazom:

$$F_i = k_i \Delta C = \frac{Q_p Q_c}{A}$$

pri čemer je:

Q_p - masni pretok permeata, kg/s , m^3/s

A - površina membrane, m^2

F_i - tok (fluks) topljenca vrste i , $kg/m^2 \cdot s$

k_i - koeficient masnega prenosa topljenca m/s

ΔC - koncentracijski gradient topljenca, kg/m^3

$$= \left[\frac{C_f - C_c}{2} \right] - C_p$$

C_f - koncentracija topljenca v surovi vodi, kg/m^3

C_c - koncentracija koncentrata topljenca, kg/m^3

C_p - koncentracija permeata, kg/m^3

Prednosti in slabosti reverzne osmoze se prikazane v naslednji tabeli

Tabela 4: Prednosti in slabosti reverzne osmoze

Prednosti	Slabosti
<ul style="list-style-type: none">• Lahko odstrani raztopljene sestavine.• Lahko dezinficira prečiščeno vodo.• Lahko odstranimo večino organskih spojin.• Lahko odstrani naravne organske snovi in anorganske snovi.	<ul style="list-style-type: none">• Najbolje deluje za čiščenje podtalnice ali predobdelanega izkoristka odpadne vode.• Primanjkuje zanesljivih poceni načiniv spremljanja uspešnosti čiščenja.• Lahko zahteva ravnanje s preostanki in odlaganje koncentrata.• V primerjavi s konvencionalnim čiščenjem je dražja.

4 NAPRAVA ZA REVERZNO OSMOZO

Za testiranje smo uporabili obstoječo napravo za reverzno osmozo ki smo jo prilagodili za potrebe raziskovalne naloge. Pa si najprej pogledimo kako ta naprava sploh deluje.



Slika 5 : Naprava za Reverzno osmozo

4.1 Elementi naprave

4.1.1 Prefilter

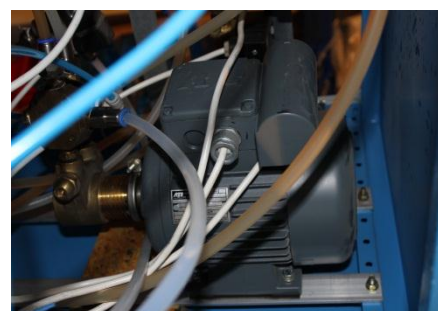
Vstopno vodo iz vodovoda najprej spustimo skozi celulozni prefilter, ki nam odstrani vse večje delce preden pridejo do membrane, saj ti delci membrano poškodujejo.



Slika 6 : Celulozni prefilter

4.1.2 Črpalka

Nato prefiltrirana voda iz prefiltra potuje v črpalko, ki dvigne tlak. V naši napravi imamo črpalko ki ima nastavljen tlak zato bomo pri našem raziskovanju uporabljali tlake med 5 do 14 barov.



Slika 7 : Črpalka

4.1.3 Ohišje z moduli

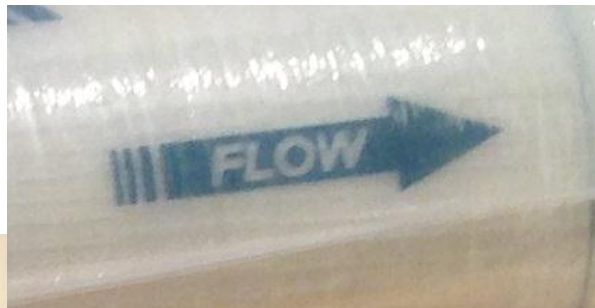


Slika 9 : Membrana in ohišje

Sedaj moramo eno izmed naših membran za reverzno osmozo namestiti v ohišje da jo lahko priključimo na izhod iz črpalke. Pri tem moramo biti pozorni saj imajo te membrane strogo določeno smer toka, na membrani označena s puščico. Nato ohišje namestimo na zadni del naprave ter ga priključimo.



Slika 10 :Montiranje membrane na napravo



Slika 8 : Smer toka čez membrano

5 RAZLIČNI TIPI MEMBRAN

Poznamo več različnih membran za reverzno osmozo z različnimi lastnostmi in namembnosti. V tej raziskovalni nalogi bomo primerjali tipa ULP (ultra low preasure) in HP (high preasure). Bistvena razlika med tema tipoma membran je pri uporabljenem vztopnem tlaku. Kot že ime pove ULP membrane dosežejo optimalno delovanje ob relativno zelo nizkih tlakih(6 bar) HP pa ob visokih tlakih (9 bar). Katere so pri specifičnem tlaku najbolj učinkovite pa bomo ugotovili v tej raziskovalni nalogi. Membrane bomo testirali na pretok permeata (l/h), pretok koncentrata (l/h), prevodnost permeata ($\mu S/cm$), prevodnost koncentrata ($\mu S/cm$) in trdota koncentrata ($^{\circ}dH$). Na podlagi teh meritev bomo ugotovili katera membrana je bolj učinkovita. Pomembno je, da bodo rezultati meritev realni napram podatkom ki jih prezentirajo proizvajalci membran in se od izmerjenih razlikujejo. V Prilogi(na koncu raziskovalne) so navedeni podatki ki jih navajajo proizvajalci membran



Slika 11 :Visoko tlačna in nizko tlačna

6 EKSPERIMENTALNI DEL

6.1 Primerjava dveh tipov membran

V ohišje najprej vstavimo ULP membrano in poženemo napravo. Po nekaj sekundah se vključi črpalka in na ceveh za permeat in koncentrat začne pritekati voda. Po nekaj minutnem izpiranju membran pri konstantnem tlaku smo začeli z meritvami. Najprej smo izmerili pretoke permeata in koncentrata. To naredimo tako da pod vsako od izhodnih cevi nastavimo zbiralno posodo, torej pod cev iz katere bo tek el permeat in pod cev iz katere bo tek el koncentrat. Nato začnemo meriti čas, in ko prvega nateče 5 litrov merjenje časa prekinemo. Na podlagi tega potem izračunamo pretoke v l/h . Nato izmerimo še prevednost koncentrata in permeata, s posebnim merilcem ki ima enoto $\mu S/cm$ vse kar nam ta vrednost pove je to, koliko ionov voda vsebuje. Namreč več ionov je v vodi, večja bo njena prevodnost in obratno. Nato še z naslednjim postopkom (titracija) določimo trdoto koncentrata (trdota permeata je 0):



Slika 12 : Naprava za Reverzno osmozo

Vzamemo $100ml$ vzorca in ga prelijemo v elemajerico. Dodamo pufer, saj ta sistem reagira pri točno določeni vrednosti pH. Ta vrednost mora bit alkalna. Torej višja od 7 pH. Nato dodamo indikator erikrom črno T, kateri se obarva rdeče ob vsebnosti kalcijevih ionov. Ko se kalcijevi ioni porabijo se indikator obarva v modro. Kalcijevi ioni pa se porabijo z dodajanjem kompleksona III ($1^\circ dH = 1ml$ EDTA-etilen diamin tetra očetna kislina), ki ga veže na sebe. Vrednost porabe, ki jo odčitamo in izračunamo koncentracijo kalcijevih ionov. Iz koncentracije kalcijevih ionov lahko izračunamo tudi anionski del.

$1^\circ dH$ je enaka 10 mg CaO (kalcijevega oksida)/L vode.

Tabela 5: Trdote vode

Trdota vode	$^\circ dH$
Zelo mehka	0 – 4
Mehka	4 – 8
Srednje trda	8 – 12
Precej trda	12 – 18
Trda	18 – 30
Zelo trda	>30

6.2 Meritve z vodovodno vodo

Meritve opravimo pri vstopni vodi s trdoto 18 °dH pri prevodnosti 655 µS/cm in temperaturi 11°C .

ULP 21 - 4021

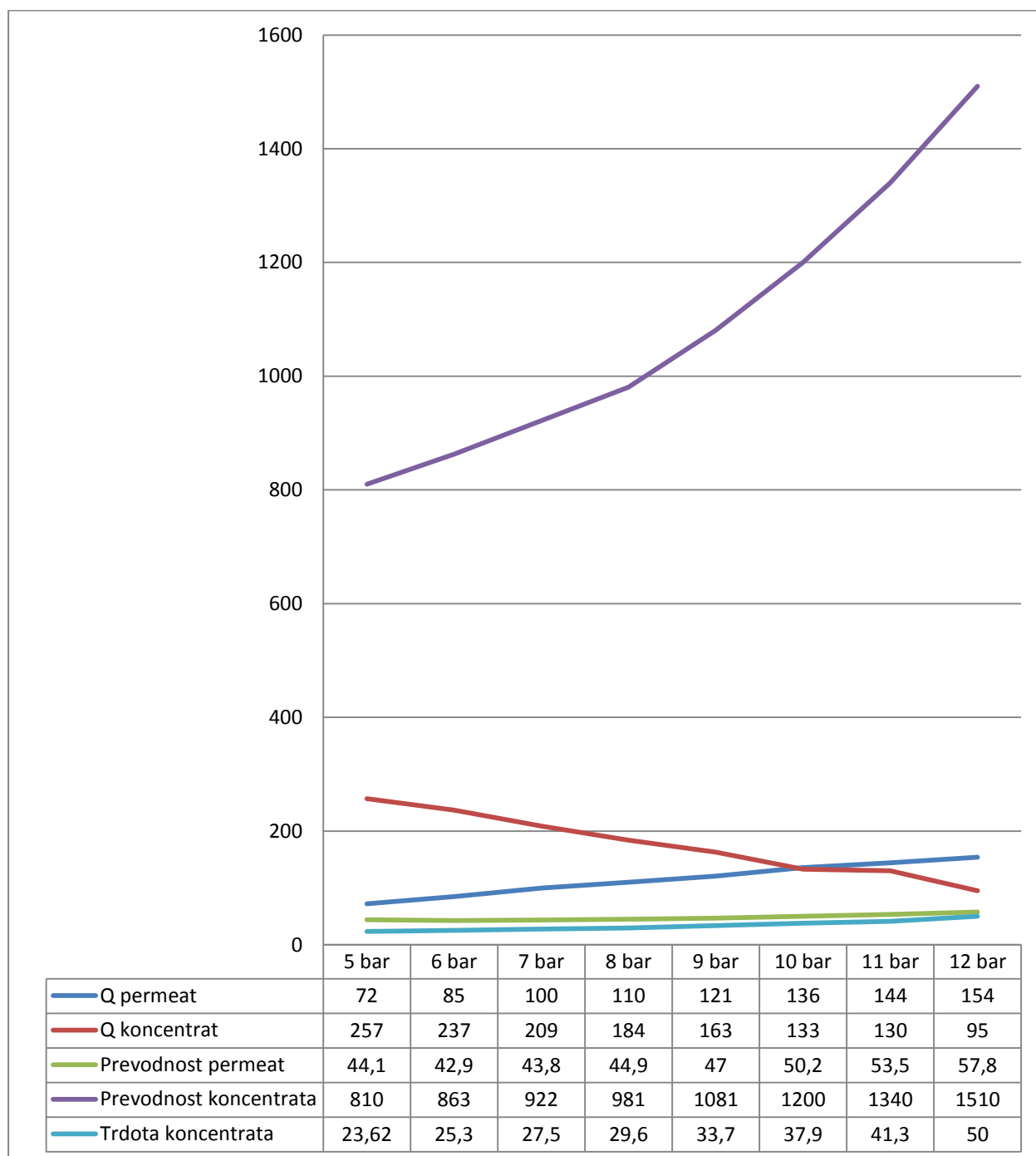


Tabela 5: Graf ULP

Potem enako naredimo še za HP membrano in dobimo :

FILMTEC TW30 - HP

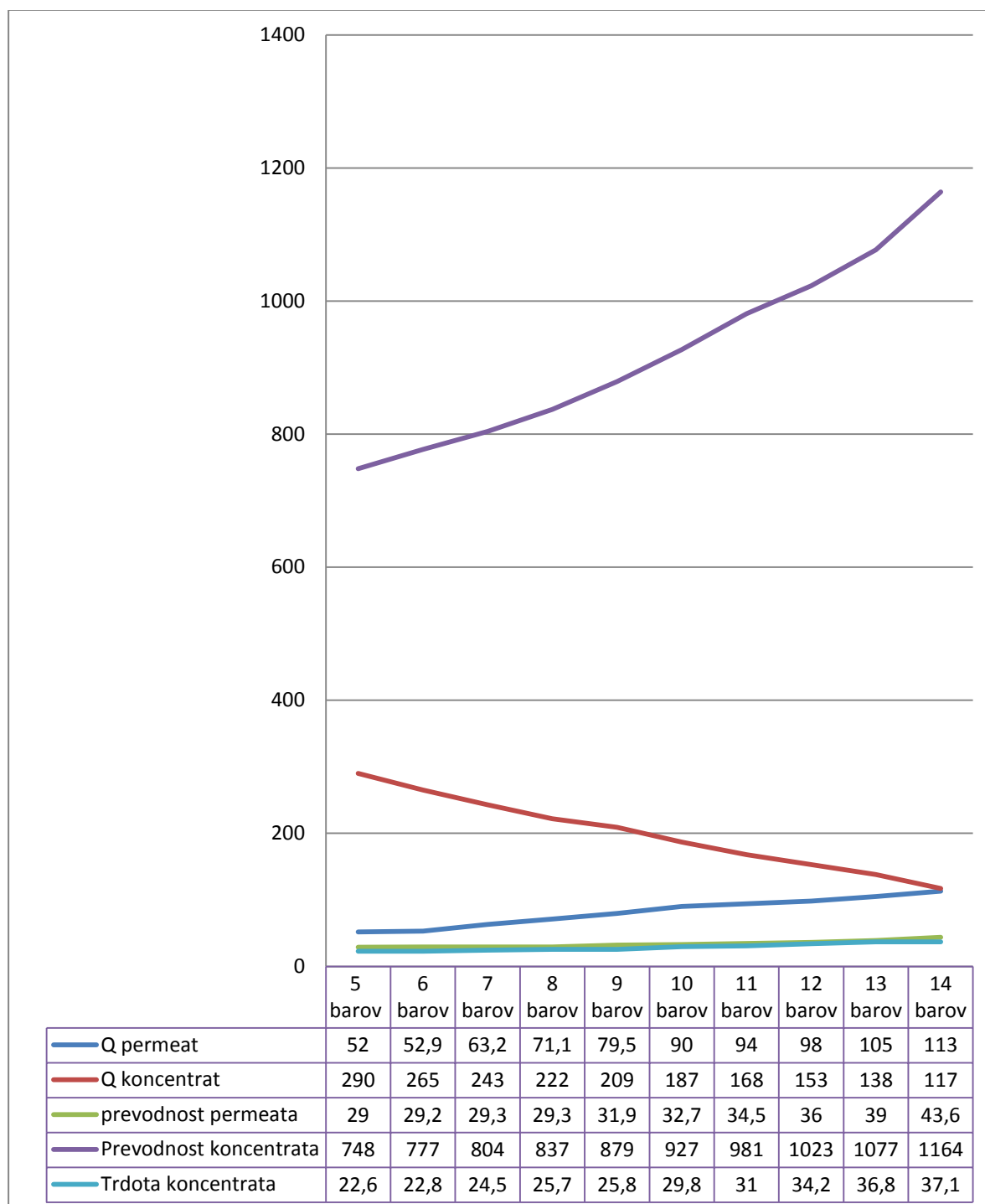


Tabela 6: Graf HP

6.3 Diskusija za meritve z vodovodno vodo

Sedaj se na teh grafih vidi pri katerih tlakih membrani dosežeta optimalno delovanje. Iščemo vredost tlaka, pri kateri imamo največji pretok permeata, najmanjši pretok koncentrata in najmanjšo prevodnost permeata. Opazimo, da se oba grafa obnašata enako, le da se pri ULP membrani spremembe dogajajo hitreje kot pri HP membrani. Za ULP membrano lahko rečemo, da doseže optimalno delovanje pri 6 bar za HP pa pri 9 bar, saj imamo takrat najnižjo prevodnost permeata in sprejemljiv pretok permeata. Vendar pa optimalno delovanje ni vedno to kar hočemo doseči, ker se to kar potrebujemo od membrane spreminja glede na uporabnika.

Imamo naprimer uporabnika ki hoče imeti čim večje pretoke permeata. Iz grafa vidimo da smo pri optimalnem delovanju daleč od tega, saj lahko z povečanjem tlaka dosežemo dosti večje pretoke permeata. Vendar pa ima povečevanje tlaka in posledično pretoka svojo ceno, saj se nam z tem povečuje tudi prevodnost permeata. S podatki, ki smo jih dobili pri eksperimentalnem delu lahko uporabnika s temi spremembami seznanimo, da se bo lažje odločil kateri tlak in katero membrano izbrati.

Posebej zanimiva je pa točka na obeh grafih kjer se krivulji pretoka koncentrata in pretoka permeata sekata. To namreč pomeni da pri določenem tlaku pretok permeata postane večji od pretoka koncentrata in večino časa je to točno to kar želimo doseči, sploh če se gre za uporabnika ki bo permeat uporabljal za pitje. Zanimivo stvar pa opazimo pri grafu za ULP membrano, saj po točki kjer se pretok permeata in pretok koncentrata sekata, začne prevodnost koncentrata naraščati bolj strmo kot je prej.

Skratka če pogledamo obe tabeli, vidimo, da pri ULP membrani z nižjimi tlaki dosežemo višje pretoke permeata kot z istimi tlaki pri HP vendar imamo pri ULP višjo prevodnost koncentrata. Zato so za gospodinjstva, kjer je dovolj če imamo prevodnost permeata okoli $50 \mu S/cm$ idealne ULP membrane, saj privarčujemo pri izdelavi naprave kjer ne potrebujemo tako visokih tlakov.

Meritve smo ponovili z mehčano vodo ker proizvajalec membran priporoča uporabo le te saj ioni Ca in Mg membrane blokirajo nepovratno in je v takem primeru potrebno pranje z razrečeno solno kislino.

6.4 Postopek mehščanja

V postopku mehščanja iz vode s pomočjo ionske izmenjevalne smole odstranimo ione kalcija in magnezija in jih zamenjamo z natrijevimi ioni. V vodi ostanejo soli natrija, ki so topne in se ne izločijo iz vode razen če vodo izparimo do suhega. V taki vodi je vsebnost kalcijevih in magnezijevih ionov med 0 in 40 mg/l oz. ima trdoto, izraženo v nemških trdotnih stopinjah, med 0 in 4°dH. Voda je nevtralna in ima okus »kot studenčnica«.



Slika 13 :Smola za ionsko izmenjavo

Kaj so ionske izmenjevalne smole?

Ionske izmenjevalne smole so umetne mase v obliki majhnih kroglic, ki so na poseben način kemijsko obdelane, tako da lahko na sebe selektivno vežejo in odpuščajo določene ione raztopljene v vodi ali tekočini. Ionska izmenjava je kemijsko fizikalni proces, pri katerem pod določenimi pogoji iz vode odstranimo oz zamenjamo določene ione. Poenostavljeno imenujemo ione pozitivno in negativno nabite delce snovi, ki plavajo v vodi in imajo pozitiven ali negativen električni naboj.

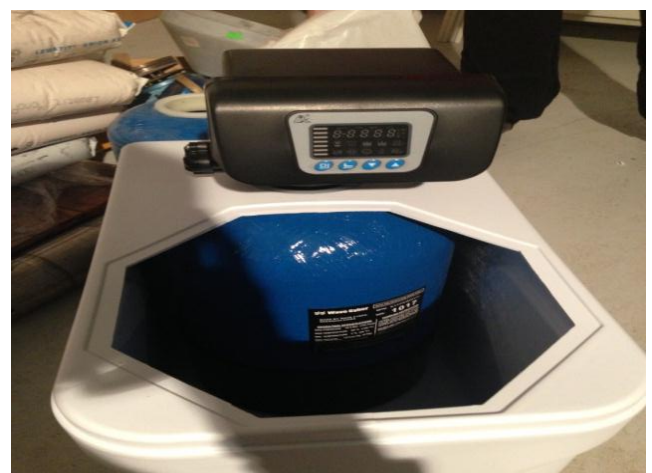
Ali je mehčana voda pitna?

Mehčana voda je pitna voda. V naravi so vode, ki tečejo v planinah (tako imenovane "izvorske vode"), mešanice podzemnih in padavinskih vod, ki v odvisnosti od podlage, po kateri tečejo, le to bolj ali manj raztapljajo in s tem pridobijo svojo "mineralno" sestavo. Tam, kjer je podlaga manj topna (granit - npr. Pohorje), so vode manj nasičene z minerali in zaradi tega bolj mehke (vsebujejo manj raztopljenih snovi). Tako imajo takšne vode poseben "okus" - so prazne oz. "gladke".

Mehčalno napravo smo setavili tako, da smo v posodo za mehčanje vsuli smolo za ionsko izmenjavo. Nato smo to posodo postavili v kontajner. Sestavili smo še merilnik ter ga namestili na posodo za mehčanje. Mehčanje je potekalo v dveh postopkih:

- Interval regeneracije
- Interval odtekanja mehke vode

V intervalu regeneracije se je naprava za mehčanje obnavljala. Torej koncentrirani magnezijevi in kalcijevi ioni, ki so se nabrali v smoli speremo in jih nadomestimo z natrijevimi. To smo naredili tako da smo raztopili koncentriran natrijev klorid spustili skozi mehčalno napravo. Koncentracija natrijevega klorida mora biti 100g/l .



Slika 14 :Naprava za mehčanje

Ta proces lahko traja v nedogled. V intervalu odtekanja vode smo dobili mehčano vodo, ki je bila količinsko omejena glede na trdoto vstopne vode.

6.4.1 Doma narejen mehščalec vode

Mehščalec vode pa si lahko na hitro naredimo tudi doma. Vse kar rabimo je

- Votla cev
- Ionska izmenjevalna smola
- Fina mrežica

Najprej na spodnjo stran cevi damo fino mrežico, ki bo v cevi zadržala smolo med tem ko bo prepuščala vodo. Nato v cev nasipamo smolo, in po želji zapremo z kakšnim pokrovom. Zadeva je narejena. Na zgornji strani v cev vlivamo vodo ki potem preko smole na drugi strani priteče ven.



Slika 18 :Doma narejena naprava v delovanju

Da tokažemo da je voda ki priteče iz cevi res mehčana in ima trdoto nič, uporabimo lističe za določanje trdote, ki jih potem odčitamo po skali.



Slika 15 :Tulec



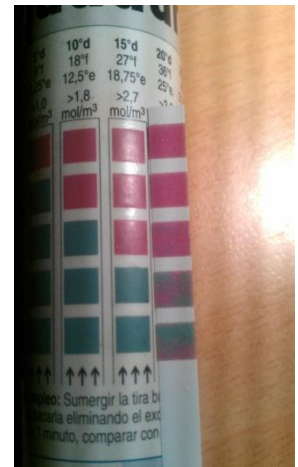
Slika 16 :Fina mrežica



Slika 17 :Ionska izmenjevalna smola



Slika 20 :Hitri test mehčane vode



Slika 19 :Hitri test vodovodne vode

6.5 Meritve z mehčano vodo

Meritve opravimo pri vstopni vodi s trdoto $0 \text{ } ^\circ dH$ pri prevodnosti $655 \text{ } \mu S/cm$ in temperaturi $11^\circ C$

ULP 21 - 4021

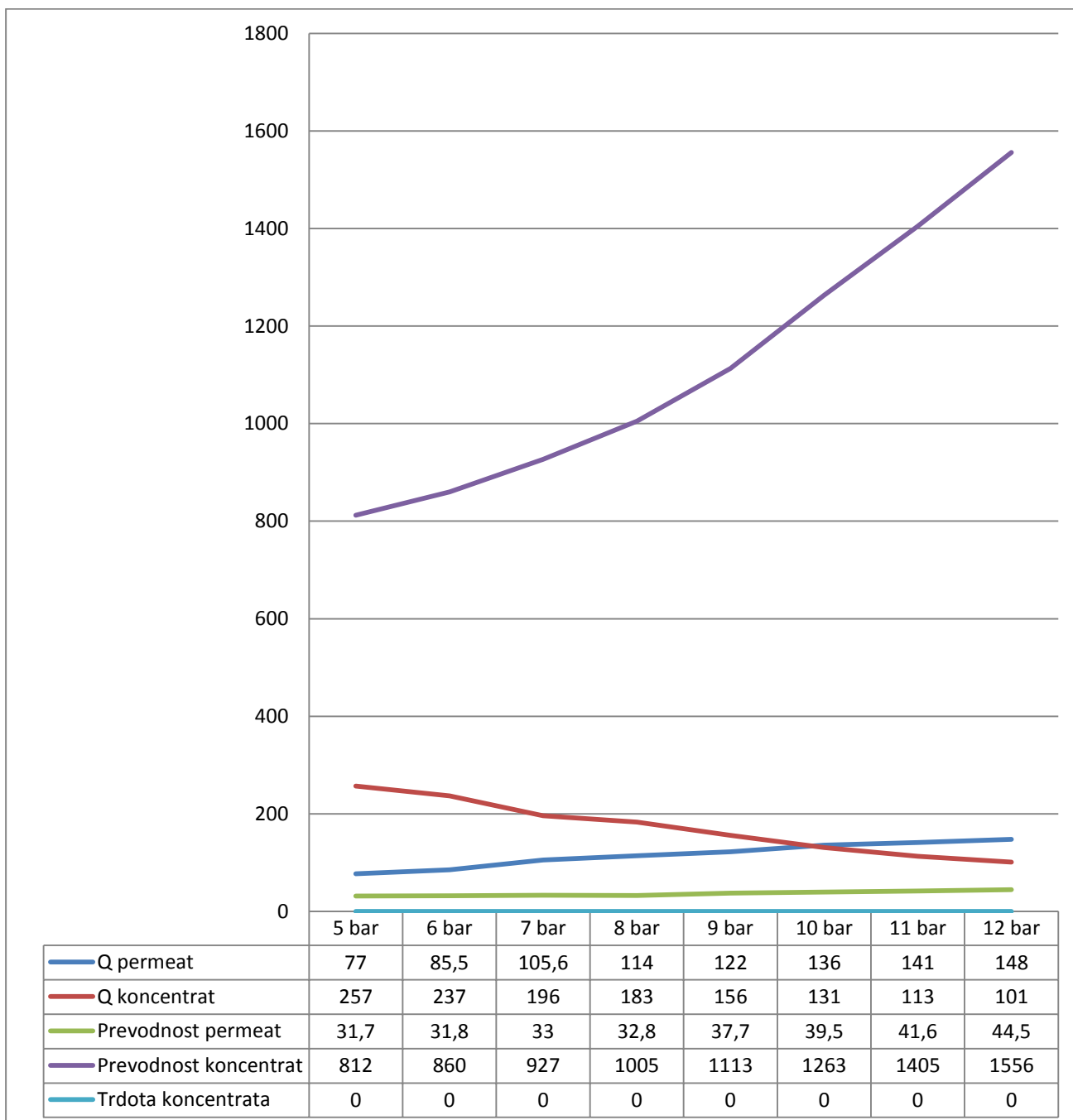


Tabela 7: Graf mehčane vode ULP

FILMTEC TW30 - HP

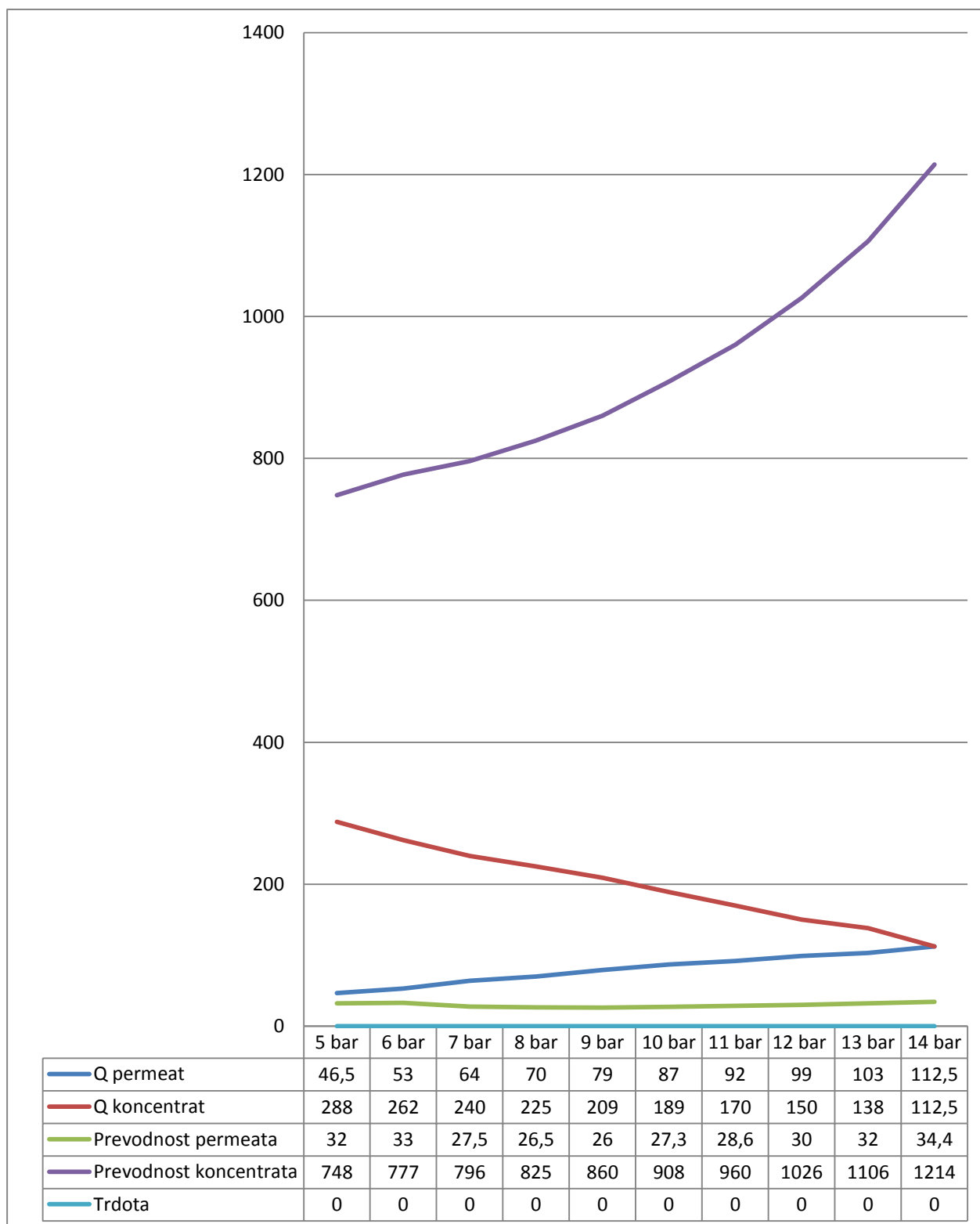


Tabela 8: Graf mehčane vode HP

6.6 Diskusija za meritve z mehčano vodo

Pri mehčani vodi vidimo, da sta grafa, obdržala svojo obliko. Opazimo pa, da so absolutne vrednosti najpomembnejšega parametra, torej naše prevodnosti permeata, precej nižje kot pri trdi vodi. Če upoštevamo to in dejstvo da mehčana voda membran ne poškoduje, lahko zaključimo, da je mehčana voda bolj primerna za boljše delovanje RO naprav, ne glede na to ali so ULP ali HP.

7 SKLEP

Razlika med ULP in HP membrano jasno pokaže, da je izbira materiala in namen uporabe ključen za izbiro tipa membrane, saj ni potrebe, da za vsak proces uporabimo zelo kvalitetne membrane, ki so tudi veliko dražje od »navadnih« (npr. ULP). Izbor kvalitete vstopne vode (trda ali mehčana) pokaže, da je le ta zelo pomemben dejavnik za končno kvaliteto izstopne vode, ob tem pa tudi podaljšuje ali kraša življensko dobo membran. Le ta je za ULP membrane 2-3 leta in HP membrane 3-4 leta če se uporablja mehčana voda.

Iz vsega opravljenega dela, lahko zaključimo, da so membranske separacije eden od zelo perspektivnih procesov za pripravo tehnoloških in sanitarnih vod (tudi pitne), saj razvoj novih membran teče v smeri izdelave takih, ki bi pri najmanjši možnih tlakih dajali največ permeata pri najnižji izstopni prevodnosti vode.

8 VIRI IN LITERATURA

Roš, M. in Zupančič, G.D. (2010):
Čiščenje odpadnih voda. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja

<http://www.htb.si>

<http://www.watertreatmentguide.com/>

<http://www63.homepage.villanova.edu>

8.1 Url slik

Slika 1: http://beta1.finance-on.net/pics/cache_F1/F12PP_onesnazena_reka1_brxn.1200592407.jpg

Slika 2: <http://varvara.blog.siol.net/files/2008/05/kanalizacija.png>

Slika 3: <http://www63.homepage.villanova.edu/kevin.woods/ultrafiltration1.jpg>

Slika 4: <http://www63.homepage.villanova.edu/kevin.woods/processcharacteristics.jpg>

9 PRILOGA

9.1 ULP MEMBRANA

VONTRON INDUSTRIAL MEMBRANE ELEMENTS

ULP SERIES RO MEMBRANE ELEMENTS

Model	Active Membrane Area ft ² (m ²)	Average Permeated Flow GPD (m ³ /d)
ULP21-8040	365(33.9)	11000(41.6)
ULP12-8040	400(37.0)	13200(49.9)
ULP22-8040	400(37.0)	12100(45.7)
ULP32-8040	400(37.0)	10500(39.7)
ULP11-4040	85(7.9)	2800(10.6)
ULP21-4040	85(7.9)	2400(9.1)
ULP31-4040	85(7.9)	1900(7.2)
ULP11-4021	36(3.3)	1000(3.78)
ULP21-4021	36(3.3)	950(3.6)
ULP31-4021	36(3.3)	850(3.2)
ULP21-2521	12(1.1)	300(1.13)
ULP21-2540	28(2.6)	750(2.84)

Testing Conditions: Testing Pressure.....150 psi (1.03Mpa)

Temperature of Testing Solution25 ° C

Concentration of Testing Solution (NaCl)..... 1500ppm pH Value of Testing Solution

..... 7.5

Recovery Rate of Single Membrane Element...15% (8040-size, 4040 and 2540) 8%
(4021 and 2521)

Extreme Operation Conditions

Max. Working Pressure..... Max. Feed water
Flow.....

600psi (4.14Mpa) 75gpm (17 m³/h) (8040-size)

16gpm (3.6 m³/h) (4040 and 4021)

6.0gpm (1.4 m³/h) (2521 and 2540) Max. Feed water

Temperature..... 45° C

Max. Feed water SDI..... 5 Residual

chlorine Concentration of Feed water.....<0.1ppm pH Range

of Feed water during Continuous Operation.....3~10 pH Range of

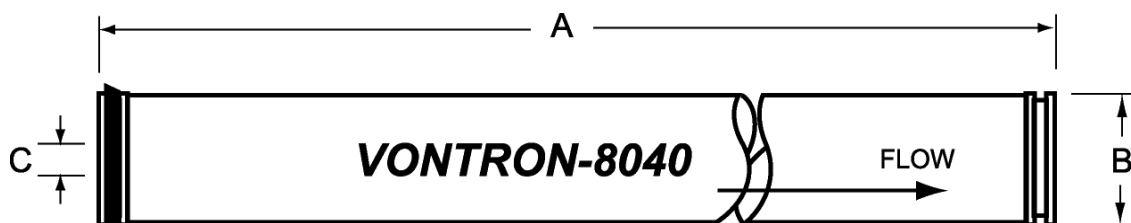
Feed water during Chemical Cleaning.....2~12 Max. Pressure

Drop of Single Membrane Element..... 15psi (0.1Mpa) (8040, 4040
and 2540)

Dimensions of Membrane Element

All dimensions are shown in: millimeter (inch)

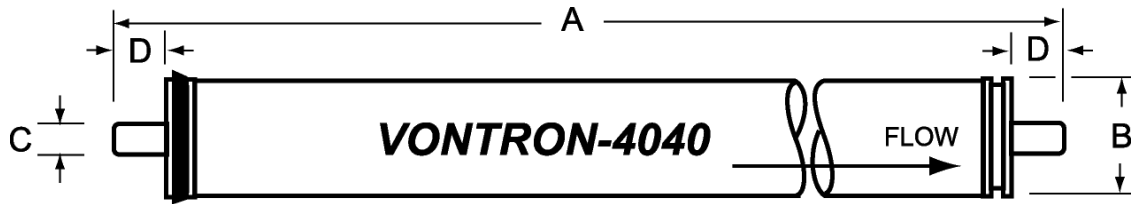
10psi (0.07Mpa) (2521 and 4021)



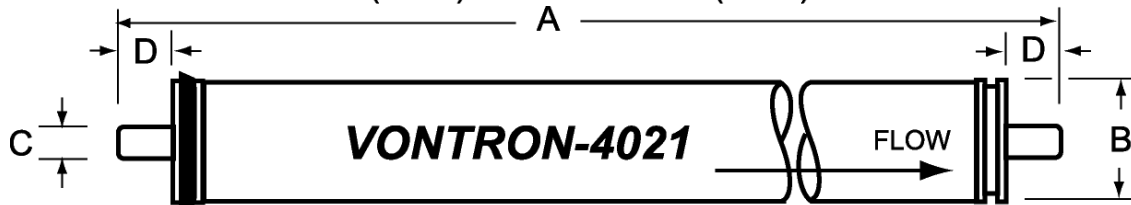
A=1016.0mm (40")

B=201.9mm (7.95")

C=28.6mm (1.125")



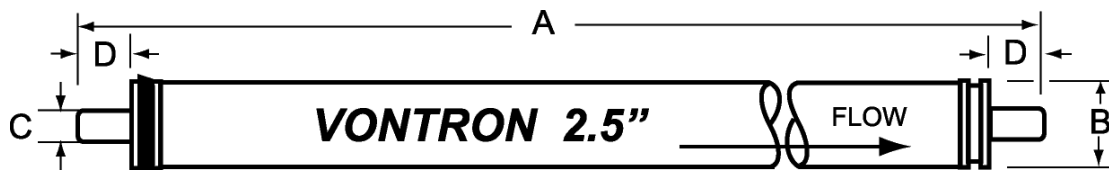
A=1016.0mm (40") B=99.7mm (3.9")
 C=19.1mm (0.75") D=26.7mm (1.05")



A=533.4mm (21") B=99.7mm (3.9")
 C=19.1mm (0.75") D=26.7mm (1.05")

www.hydropure.com.au¹⁹

www.hydropure.com.au



2540: A=1016.0mm (40") B=61.0mm (2.4") C=19.1mm (0.75") D=30.2mm (1.19")
2521: A=533.4mm (21") B=61.0mm (2.4") C=19.1mm (0.75") D=30.2mm (1.19")

Important Information

1. Any specific application must be limited within the extreme operating conditions. We strongly recommend you refer to the latest edition of the technology manual and design guide prepared by Vontron Technology Co. or consult experts proficient in membrane technology. In case the customer fails to follow the operating conditions as specified in this manual, Vontron Technology Co. will assume no liability for any results.
2. The permeate flow listed in the table is the average value. The permeate flow of a single membrane element of ULP 31 series and ULP32 series is within a tolerance not exceeding $\pm 15\%$ of the nominal value, while the single membrane element of other series has a minimum permeate flow with a tolerance not

exceeding 20% of nominal value.

3. All wet-type membrane elements have been strictly tested before leaving the factory, and have been treated with the solution of 1.0% sodium hydrogen sulfite (an antifreeze solution of 10% propanediol required in winter) for storage purposes, then vacuum sealed in a plastic bag and further packed in carton boxes. In order to prevent the breeding of microbes during short-time storage, transportation and system standby, we recommend you to soak the membrane elements with protective solution (prepared with RO filtered water) containing 1.0% sodium hydrogen sulfite (food grade quality).
4. Discard the RO-filtered water produced during the first one hour after system start-up.
5. During storage time and run time, it is strictly prohibited to dose any chemical that may be harmful to membrane elements. In case of any violation in using this kind of chemical, Vontron Technology Co. assumes no liability for any outcome incurred.

Points of Attention

www.hydropure.com.au ²⁰

www.hydropure.com.au

3. All data and information provided has been obtained from long-term evaluation by Vontron Technology Co. This data and information is accurate and effective. Vontron Technology Co. assumes no liability for any consequences caused by user's failure in abiding by the conditions specified in this manual for the use or maintenance of membrane products. It is strongly recommended that the user shall strictly abide by the requirements for design, use and maintenance of products and keep relevant records.
4. Along with technical development and product review, the information contained herein will be subject to modification

without prior notification. Please keep an eye on the website of Vontron Technology Co. for any product updates.

9.2 HP MEMBRANA

Product Information



DOW FILMTEC™ Membranes

DOW FILMTEC Small Commercial Elements

Features

DOW FILMTEC™ reverse osmosis (RO) elements offer the highest quality water for small commercial systems purifying less than one gallon per minute (0.2 m³/d) of RO water.

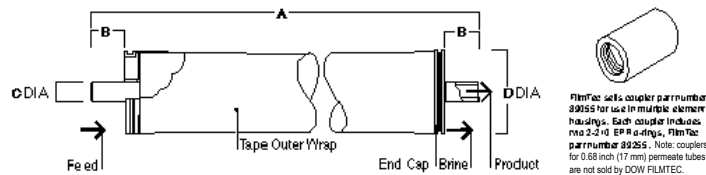
- DOW FILMTEC membranes are available in a variety of sizes to meet a wide range of space requirements.
- DOW FILMTEC XLE extra low energy elements operate at the lowest pressure in the industry, resulting in lower energy costs and enabling system builders to use lower cost components.
- In addition to the highest quality water and the lowest energy costs, DOW FILMTEC membranes also deliver savings by providing the industry's longest lasting and most reliable performance.

Product Specifications

Product	Part Number	Applied Pressure psig (bar)	Permeate Flow Rate gpd (m ³ /d)	Stabilized Salt Rejection (%)
TW30-2026	80635	225 (15.5)	220 (0.83)	99.5
TW30-2514	80639	225 (15.5)	200 (0.76)	99.5
TW30-2521	80641	225 (15.5)	325 (1.23)	99.5
XLE-2521	154530	100 (6.9)	365 (1.38)	99.0
TW30-4014	80605	225 (15.5)	525 (1.99)	99.5
TW30-4021	80608	225 (15.5)	900 (3.41)	99.5
XLE-4021	154540	100 (6.9)	1,025 (3.88)	99.0

1. Permeate flow and salt rejection based on the following test conditions: TW30 elements are tested on a 2,000 ppm NaCl feed stream, XLE performance based on a 500 ppm NaCl feed stream, pressure specified above, 77°F (25°C) and the following recovery rates: TW30-2026 – 10%, TW30-2521, XLE-2521, TW30-4021, XLE-4021 – 8%, TW30-2514, TW30-4014 – 5%.
2. Permeate flows for individual elements may vary +/-20%.
3. For the purpose of improvement, specifications may be updated periodically.

Figure 1



Product	Maximum Feed Flow Rate gpm (m ³ /h)	Dimensions – Inches (mm)			
		A	B	C	D
TW30-2026 ¹	5 (1.1)	26.0 (660)	1.18 (30)	0.68 (17)	1.8 (46)
TW30-2514	6 (1.4)	14.0 (356)	1.19 (30)	0.75 (19)	2.4 (61)
TW30-2521	6 (1.4)	21.0 (533)	1.19 (30)	0.75 (19)	2.4 (61)
XLE-2521	6 (1.4)	21.0 (533)	1.19 (30)	0.75 (19)	2.4 (61)
TW30-4014	14 (3.2)	14.0 (356)	1.05 (27)	0.75 (19)	3.9 (99)
TW30-4021	14 (3.2)	21.0 (533)	1.05 (27)	0.75 (19)	3.9 (99)
XLE-4021	14 (3.2)	21.0 (533)	1.05 (27)	0.75 (19)	3.9 (99)

1. TW30-2026 has double o-rings on each end of the permeate tube. Couplers for 0.68 inch (17 mm) permeate tubes are not sold by DOW FILMTEC. 1 inch = 25.4 mm
2. Refer to DOW FILMTEC Design Guidelines for multiple-element systems.
3. TW30-2026 elements fit nominal 2.0 inch pressure vessels. TW30-2514, TW30-2521 and XLE-2521 elements fit nominal 2.5 inch I.D. pressure vessels. TW30-4014, TW30-4021, and XLE-4021 elements fit nominal 4 inch I.D. pressure vessels.

Operating Limits

• Membrane Type	Polyamide Thin-Film Composite
• Maximum Operating Temperature	113°F (45°C)
• Maximum Operating Pressure	600 psig (41 bar)
• Maximum Pressure Drop	13 psig (0.9 bar)
• pH Range, Continuous Operation ^a	2 - 11
• pH Range, Short-Term Cleaning (30 min.) ^b	1 - 13
• Maximum Feed Silt Density Index (SDI)	5
• Free Chlorine Tolerance ^c	<0.1 ppm

^a Maximum temperature for continuous operation above pH 10 is 95°F (35°C).

^b Refer to Cleaning Guidelines in specification sheet 609-23010.

^c Under certain conditions, the presence of free chlorine and other oxidizing agents will cause premature membrane failure. Since oxidation damage is not covered under warranty, DOW FILMTEC recommends removing residual free chlorine by pretreatment prior to membrane exposure. Please refer to technical bulletin 609-22010 for more information.

Important Information

Proper start-up of reverse osmosis water treatment systems is essential to prepare the membranes for operating service and to prevent membrane damage due to overfeeding or hydraulic shock. Following the proper start-up sequence also helps ensure that system operating parameters conform to design specifications so that system water quality and productivity goals can be achieved.

Before initiating system start-up procedures, membrane pretreatment, loading of the membrane elements, instrument calibration and other system checks should be completed.

Please refer to the application information literature entitled "Start-Up Sequence" (or Form No. 609-02077) for more information.

Operation Guidelines

Avoid any abrupt pressure or cross-flow variations on the spiral elements during start-up, shutdown, cleaning or other sequences to prevent possible membrane damage. During start-up, a gradual change from a standstill to operating state is recommended as follows:

- Feed pressure should be increased gradually over a 30-60 second time frame.
- Cross-flow velocity at set operating point should be achieved gradually over 15-20 seconds.
- Permeate obtained from first hour of operation should be discarded.

General Information

- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- If operating limits and guidelines given in this bulletin are not strictly followed, the limited warranty will be null and void.
- To prevent biological growth during prolonged system shutdowns, it is recommended that membrane elements be immersed in a preservative solution.
- The customer is fully responsible for the effects of incompatible chemicals and lubricants on elements.
- Maximum pressure drop across an entire pressure vessel (housing) is 30 psi (2.1 bar).
- Avoid static permeate-side backpressure at all times.

DOW FILMTEC™ Membranes
For more information about DOW FILMTEC membranes, call the Dow Water & Process Solutions business:
North America: 1-800-447-4369
Latin America: (+55) 11-5188-9222
Europe: (+32) 3-450-2240
Pacific: +60 3 7958 3392
Japan: +813 5460 2100
China: +86 21 2301 1000
www.dowwaterandprocess.com

Notice: The use of this product in and of itself does not necessarily guarantee the removal of cysts and pathogens from water. Effective cyst and pathogen reduction is dependent on the complete system design and on the operation and maintenance of the system.

Notice: No freedom from any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other government enactments. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.



