

Mekkora tárolótartály szükséges a sótalánító telepekhez?

Hilt László

okl. vegyipari gépészmérnök
Április 4. Gépipari Művek

1. Bevezetés

A vegyi sótalánító vízkezelő telepek jellegzetes alkotó eleme a sótalánvíz-tároló tartály. A kezelt-víz-tároló tartálynak egy időben több feladatra kell alkalmasnak lennie

- ki kell egyenlítenie az üzemi vízfogyasztásban mutatkozó kisebb egyenlőtlenségeket,
- biztosítani kell a blokkok regenerálásához (mosásához) szükséges kezeltvíz-mennyiséget,
- biztosítani kell a kezelt víz (statikus vagy dinamikus) minőségvédelmét, és
- egyes esetekben az üzemi technológia által előírt speciális feladatok ellátására is alkalmasnak kell lennie.

Üzemeltetési szempontból — a biztonság fokozása érdekében — minél nagyobb sótalánvíz-tároló tartály(ok) létesítése kívánatos, ez a törekvés azonban a létesítmény gazdaságosságának rovására mehet.

A gyakorlatban ezen tárolótartályokat 1—2 órás tartózkodási időre szokták méretezni, anélkül, hogy mélyebb összefüggéseket vizsgálnának.

Ez a nyilvánvalóan csak véletlenszerűen helyes eredményt adó méretezési mód konkrét létesítményeknél jelentős túl-, illetve aláméretezéshez vezethet, illetve sok esetben vezetett.

Hannig és Hömig már 1957-ben elméleti összefüggést vezetett le a sótalánvíz-tároló tartály térfogatának meghatározására [1], amelyben a tartály előtti sótalánító telep jellemző adatai szabták meg a tároló tartály méretét. Ennek ellenére a sótalánvíz-tároló tartály térfogatának ilyen analitikus meghatározása a hazai tervezési gyakorlatban a mai napig nem terjedt el, ami indokolja a probléma felvetését, illetve a kérdés mélyebb összefüggéseinek megvilágítását.

Az idézett [1] irodalom hiányossága, hogy a kezeltvíz-tároló tartály térfogatának meghatározásánál a regenerálási (mosási) vízmennyiségeket nem veszi figyelembe és így a gyakorlat számára nem nyújt gyors és korrekt számítási módszert.

A cikkben a gyakorlati számításra alkalmas összefüggéseket ismertetem.

2. Egyenletes maximális nettó telepteljesítmény

A sótalánító telepek a tervezési alapadatok által megszabott átlagos ($\bar{Q}_{t,n}$) teljesítménynél folyamatosan nagyobb teljesítmény kiadására képesek,

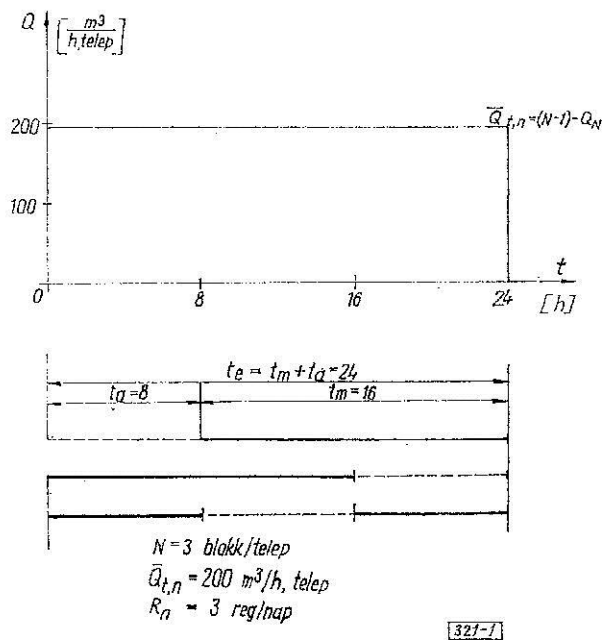
ha megfelelő — minimális — méretű tárolótartály áll rendelkezésre.

Ez az egyenletes, maximális, nettó telepteljesítmény a következő [1].

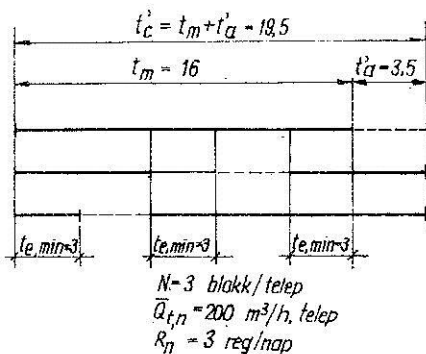
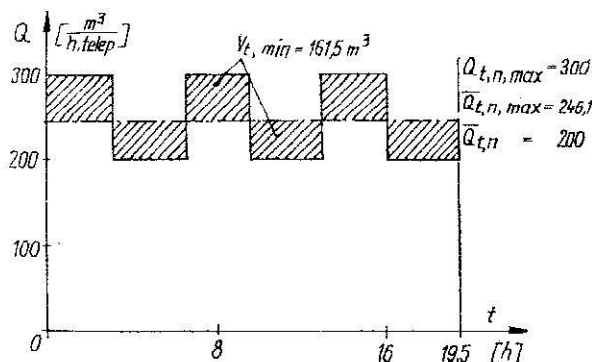
$$\bar{Q}_{t,n,max} = N \cdot Q_N \cdot \frac{t_n}{t_m + t_r} \quad \frac{m^3}{h, telep}$$

Ezen teljesítmény nagyságát a telepen beépített ioncserélő anyagok mennyisége szabja meg, ugyanis minél inkább túlméreteznek egy sótalánító blokkot, természetesen annál nagyobb teljesítmény vehető ki belőle, azonban ehhez egyre nagyobb méretű tároló tartály szükséges.

A normál és az ún. redukált ciklusidővel történő üzemeltetés teljesítmény-időtartam diagramját az 1., ill. a 2. ábrán mutatom be.



1. ábra. Sótalánító telep teljesítmény időtartam diagramja normál üzemben



321-2

2. ábra. Sótalanító telep teljesítmény időtartam diagramja redukált ciklusidővel történő járatásnál

3. Blokkteljesítmény

A sótalanító blokk teljesítménye az igényelt átlagos nettó telepteljesítményből határozható meg.

$$Q_x = \frac{\bar{Q}_{t,n}}{N_m} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{h, blokk}}$$

A működő blokkok száma

$$N_m = N - N_i = 1, 2, 3, 4, \dots, \quad \frac{\text{blokk}}{\text{telep}}$$

ahol N a beépített, N_i (általában $N_i = 1$) a tartalék — regenerálás alatt álló — blokkok száma.

A beépített blokkok N számát a gazdaságosság és az üzemi biztonság gondos mérlegelésével kell megválasztani. Ennek taglalására jelen cikk keretében nem térhetek ki, hivatkozom a [2] irodalomra.

4. Fajlagos regenerálási és mosóvíz-felhasználás

A fajlagos mosóvíz-felhasználást a sótalanító blokkba beépített ioncserélő anyag típusa, meny-

nyisége, a készülék konstrukciója — áramlás-technikai sajátosságai, a regenerálás módja (ellenirányú—egyenirányú) stb. szabja meg.

$$a_m = \frac{V_r}{V_N} = \frac{V_m - V_N}{V_N} = \frac{V_m}{V_N} - 1$$

$$\frac{\text{m}^3 \text{ mosóvíz}}{\text{m}^3 \text{ nettó sótalan víz}}$$

Értéke általában: $0,05 \leq a_m \leq 0,2$.

A fajlagos mosóvíz-felhasználás ismeretében az ioncserélő blokk ún. méretezési teljesítménye

$$Q_m = (1 + a_m) \cdot Q_N \quad \frac{\text{m}^3}{\text{h, blokk}}$$

A sótalanító telep átlagos bruttó teljesítménye pedig

$$\bar{Q}_{t,br} = N_m \cdot a_m \quad \frac{\text{m}^3}{\text{h, telep}}$$

5. A ciklusidő

Egy sótalanító blokk ciklusidejét — azonos körülmények mellett — alapvetően a regenerálások napi száma szabja meg [2].

$$R_n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad \frac{\text{reg}}{\text{nap}}$$

Kézi üzemeltetésnél $R_n = \text{max. } 3$
Automatikus üzemmél $R_n = 4, 5, 6$. is lehet.
A blokk állásideje

$$t_n = \frac{24}{R_n} \quad \frac{\text{h}}{\text{ciklus}}$$

A blokk működési ideje

$$t_m = N_m \cdot t_n \quad \frac{\text{h}}{\text{ciklus}}$$

A ciklusidő

$$t_e = t_m + t_n \quad \frac{\text{h}}{\text{ciklus}}$$

Regenerálások száma ciklusonként

$$R_c = \frac{t_c}{t_a} \quad \frac{\text{reg}}{\text{ciklus}}$$

6. A redukált ciklusidő

Egy blokk regenerálásának műveleti ideje

$$t_r < t_a \quad \text{h/ciklus}$$

Ha a regenerálások után a blokkokat azonnal üzembe vesszük, akkor a telep többletteljesítmény kiadására képes.

A redukált állásidő $t'_a \geq t_r$; $\frac{h}{\text{ciklus}}$

(Automatikus üzennél $t'_a = t_r$; különbség kisebb, kézi üzennél nagyobb.)

A redukált ciklusidő $t'_c = t_m + t'_a$; $\frac{h}{\text{ciklus}}$

Többletteljesítmény azonban csak többletmunka árán vehető ki, ezért a regenerálások napi száma ilyenkor növekszik

$$R'_n = R_n \cdot \frac{t_c}{t'_c} \quad \frac{\text{reg}}{\text{nap}}$$

A redukált ciklusidővel történő üzemeltetés feltétele:

$$t_m \geq N_m \cdot t'_a$$

A ciklus során megtermelt sótalanvíz-mennyiség természetesen megegyezik

$$N \cdot V_N = \bar{Q}_{t,n} \cdot t_c = \bar{Q}_{t,n,max} \cdot t'_c, \text{ ill.} \\ N \cdot V_m = \bar{Q}_{t,br} \cdot t_c = \bar{Q}_{t,br,max} \cdot t'_c$$

Azonban a vízmennyiség rövidebb idő alatt ($t'_c < t_c$), azaz nagyobb teljesítménnyel termelődik.

A kivethető egyenletes, nettó, maximális telep-teljesítmény:

$$\bar{Q}_{t,n,max} = N \cdot Q_N \cdot \frac{t_m}{t_m + t'_a} = \bar{Q}_{t,n} \cdot \frac{t_c}{t'_c}; \quad \frac{m^3}{h, \text{ telep}}$$

7. Blokk együttfutási idő

A kisebb (redukált) ciklusidő úgy jön létre, hogy a beépített blokkok bizonyos ideig párhuzamosan együtt járnak ($R'_n > R_n$ mellett).

A teljes együttfutási idő:

$$t_c = t_m - N_m \cdot t'_a \quad \frac{h}{\text{ciklus}}$$

A teljes együttfutási időt (megfelelő időközű periodikus megszakításokkal) egyenletesen elosztva kapjuk a minimális tárolótartály-térfogatot az alábbi minimális együttfutási idővel

$$t_{c,min} = \frac{t_c}{N} \quad \frac{h}{\text{ciklus}}$$

8. A sótalanvíz tároló tartály minimális térfogata

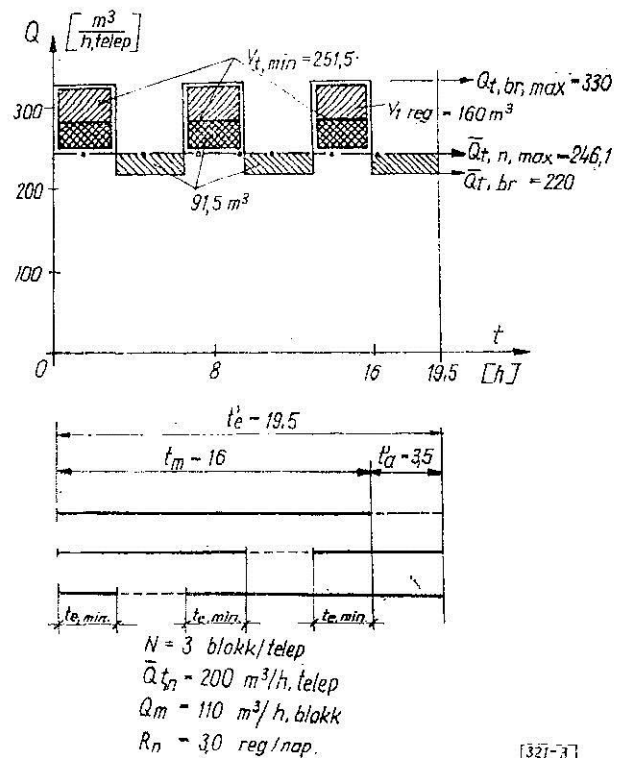
$\bar{Q}_{t,n,max}$ teljesítmény elvételéhez — a regenerálási és mosási vízmennyiség biztosítása mellett — az alábbi minimális térfogatú tárolótartályra van szükség.

$$V_{t,min} = \frac{(a_m \cdot t'_c + t'_a) \cdot t_c}{t'_c} \cdot Q_N; \quad \frac{m^3}{\text{telep}}$$

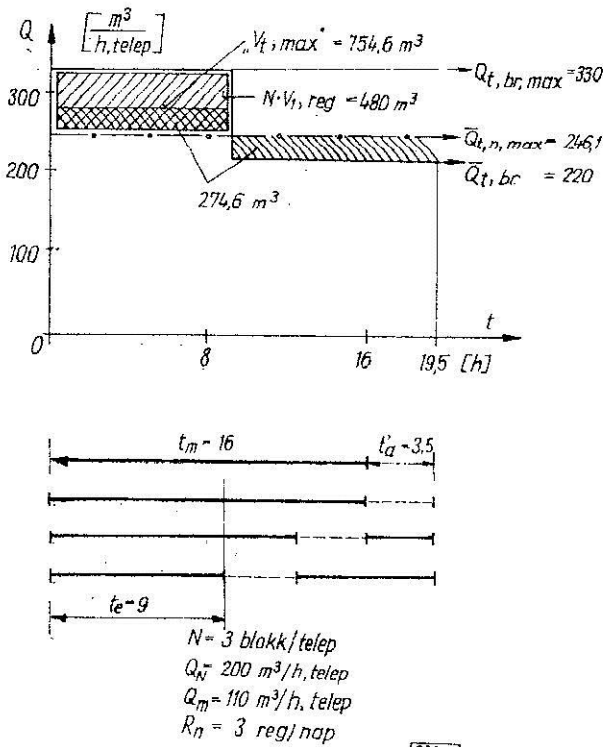
A tartályt egyenletes bruttó maximális telep-teljesítménnyel kell tölteni

$$\bar{Q}_{t,br,max} = \bar{Q}_{t,br} \cdot \frac{t_c}{t'_c} \quad \frac{m^3}{h, \text{ telep}}$$

Amennyiben a regenerálások közvetlenül egymás után következnek, akkor jóval nagyobb tárolótartály szükséges



3. ábra. Teljesítmény időtartam diagram, ha a regenerálások egyenletesen elosztva megszakításokkal követik egymást



4. ábra. Teljesítmény időtartam diagram, ha a regenerálások közvetlenül egymás után következnek

$$V_{t, \max} = N \cdot V_{t, \min} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{telep}}$$

A viszonyokat a 3. és 4. ábrán érzékeltetem.

9. A blokkszám hatása a sótalanító telep jellemzőire

A minimális tárolótartály-térfogatot adó összefüggés megfelelő átalakításokkal az alábbi alakra hozható:

$$V_{t, \min} = \bar{Q}_{t, n} \cdot a_m (t_a - t'_a) + \bar{Q}_{t, n} \frac{t'_a (t_a - t'_a)}{N_m \cdot t_a + t'_a}$$

azaz — azonos R_n és t'_a mellett — minél több blokk épül a telepen, annál kisebb tárolótartályra van szükség.

A $V_{t, \min} = f(N_m)$ függvény határértéke

$$V_{t, \min} = \bar{Q}_{t, n} \cdot a_m \cdot (t_a - t'_a) \quad \frac{\text{m}^3}{\text{telep}}$$

$$N_m \rightarrow \infty$$

Elméletileg ez a legkisebb tárolótartály-térfogat.

Növekvő blokkzámmal — azonos R_n és t'_a

mellett — a telepről elvehető $\bar{Q}_{t, n, \max}$ folyamatos maximális nettó telepteljesítmény egyre kisebb.

$$\bar{Q}_{t, n, \max} = \bar{Q}_{t, n} \frac{t_c}{t'_a} = \bar{Q}_{t, n} \frac{N_m \cdot t_a + t'_a}{N_m \cdot t_a + t'_a}$$

$$\lim_{N_m \rightarrow \infty} \bar{Q}_{t, n, \max} = \bar{Q}_{t, n}$$

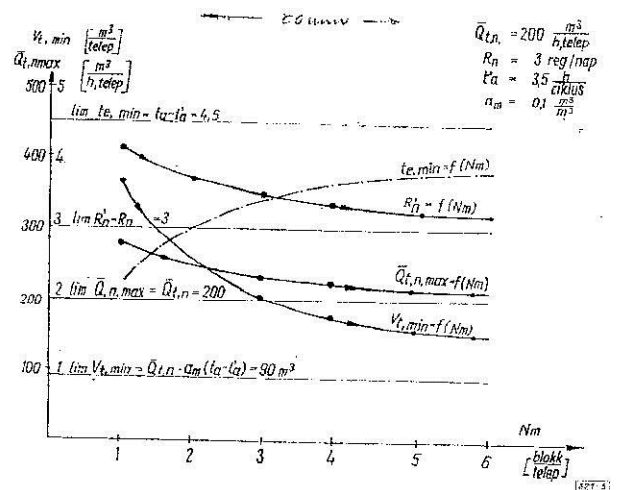
Azaz a folyamatos, maximális, nettó telepteljesítmény a blokkszám növekedésével az igényelt átlagos nettó telepteljesítményhez közelít.

Természetesen csökken a regenerálások napi száma is a redukált ciklusidővel járatásnál, ha nő a blokkszám.

$$R'_n = R_n \cdot \frac{t_c}{t'_a} = R_n \frac{N_m \cdot t_a + t'_a}{N_m \cdot t_a + t'_a}$$

$$\lim_{N_m \rightarrow \infty} R'_n = f(N_m) = R_n$$

Nagyon sok blokk esetén tehát nem tudunk többet dolgozni, mint amire a telep terveződött (5. ábra).



5. ábra. Telepjellemzők a beépített blokkok számának függvényében

10. Összefoglalás

A cikkben ismertettem a sótalanító telepek tárolótartály-térfogatának meghatározását.

A számítási eljárás elsősorban a tervezés időszakában ad segítséget a sótalanító-tároló tartályok térfogatának gyors és korrekt számításához.

Mint látható azonban, az üzemeltetők számára is kiolvasható néhány hasznos információ, hiszen a minimális tárolótartály-térfogatot megfelelően programozott — működési-regenerálási idő-

tartam-diagrammal lehet elérni (vö. 3. és 4. ábrát).

A bemutatott számítási eljárás természetesen nemcsak sótalanvíz-tároló tartályok térfogatának, hanem minden szűrőelvé vízkezelő rendszer — szűrő, aktív szén, víztisztító, ioncserélő-lágyító rendszerek — kezeltvíz-tároló tartály térfogatának meghatározására is alkalmas.

Az egységes jelölési rendszer lehetővé teszi a szűrőelvé vízkezelő telepek jellemzőinek számítógépes optimalizálását, még a konkrét vízkémiai számítások előtt, hiszen mint láttuk, a tárolótartály-térfogat független a konkrét létesítményt ellátó víz minőségétől.

A tervezéskor a legnagyobb fejtörést a beépített N_m blokkszám (beruházás) és a regenerálások R_n napi számának (élőmunka) megválasztása okozza.

A sótalanító telep legfőbb jellemzői felírhatók e két változó függvényeként, pl.

$$V_{t, \min} = f(N_m, R_n)$$

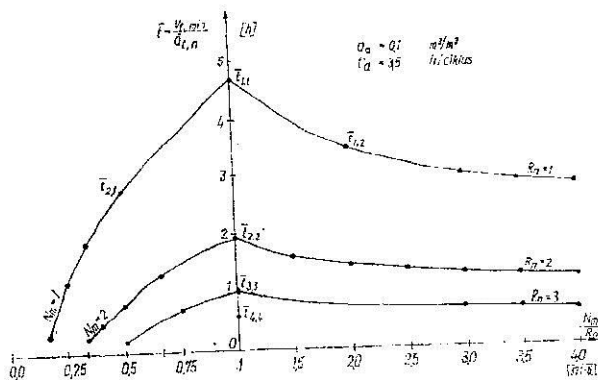
$$\bar{Q}_{(N_m) \max} = f(N_m, R_n)$$

Így a szűrőelvé vízkezelő telepek jellemzőit számítógépes programozásra alkalmas alakra hozhatjuk az adott konkrét esetre érvényes optimum vizsgálata érdekében.

Ilyen optimalizálási számítás alapelvei az idézett [2] irodalomban találhatók meg.

Visszatérve a bevezetőben említett (egy-két órás) tartózkodási időre való méretezési eljárás-hoz, a 6. ábrából világosan kivehető, hogy az esetek nagy hányadában ez a méretezési mód megközelíti a valóságos viszonyokat, azonban a telep-jellemzők (N_m, R_n) konkrét értékétől függően 0,5–4,65 h átlagos tartózkodási időt biztosító tárolótartály építésére egyaránt szükség lehet.

A tárolótartály térfogatát a regenerálások napi számának növelése jobban csökkenti, mint a beépített blokkok számának növelése ($t_{1,2} \geq t_{2,1}$).



6. ábra. Az átlagos tartózkodási idő $\bar{t} = f(N_m, R_n)$ függvény görbéi

JELÖLÉSEK

Jel	Megnevezés	Dimenzió
$\bar{Q}_{(N_m)}$	Igényelt, átlagos, nettó telepteljesítmény	m^3
$\bar{Q}_{(N_m) \max}$	Egyenletes, maximális nettó telepteljesítmény	$h, \text{ telep}$ m^3 $h, \text{ telep}$
Q_N	Egy blokk nettó (névleges) teljesítménye	m^3 $h, \text{ blokk}$
N	Beépített blokkok száma	blokk telep
N_m	Működő blokkok száma	blokk telep
N_i	Tartalék blokkok száma	blokk telep
t_r	Egy regenerálás műveleti ideje	telep h ciklus
t_a	Egy blokk tervezett állásidője	h ciklus
t_m	Egy blokk tervezett működési ideje	h ciklus
t_c	Egy blokk tervezett ciklusideje	h ciklus
Q_m	Fajlagos regenerálási és mosóvíz-fogyasztás	m^3/m^3
V_r	Egy regenerálás sótalanvíz felhasználása	m^3/reg
V_N	Egy blokk névleges ciklus-teljesítménye	m^3 ciklus
V_m	Egy blokk méretezési ciklus-teljesítménye	m^3 ciklus
Q_m	Egy blokk méretezési teljesítménye	m^3 h, blokk
$\bar{Q}_{(N_m)}$	Átlagos bruttó telepteljesítmény	m^3 h, telep
R_n	A regenerálások napi száma	reg/nap
R_c	A regenerálások száma ciklusonként	reg/ciklus
t_a	Redukált állásidő	h ciklus
t_c	Redukált ciklusidő	h ciklus
R'_n	Napi regenerálásszám redukált ciklusidővel történt üzemelésnél	reg/nap
$\bar{Q}_{(N_m) \max}$	Egyenletes, bruttó, maximális telepteljesítmény	m^3 h, telep
t_e	Teljes blokkegyüftfutási idő	h ciklus
$t_{e \min}$	Minimális blokkegyüftfutási idő	h ciklus
$V_{(N_m) \min}$	A tároló tartály(ok) minimális térfogata	m^3 telep
$V_{(N_m) \max}$	A tároló tartály(ok) maximális térfogata	m^3 telep
\bar{t}	A kezelt víz átlagos tartózkodási ideje a tárolótartályban	[h]

IRODALOM

- [1] H. Hunnig und E. H. Hömig: Bauelemente von Vollentsalzungsanlagen. *Mitteilungen der VGB* Heft 49., August 1957.
- [2] Hilt László: Nyomottvízes atomerőművek szökenderkői szűrőelvé vízkezelő rendszereinek optimalizálása. II. Villamos energia iparági „ALKOTÓ IFJÚSÁG” I. díjas pályamunka. 1977.