

Fodor-Csanyi P., S Takala, L. Ahonen-Hongisto, J.K. Miettinen, G.L Horvath, P. Vakkilainen & J. Soveri (1980) Triciummal jelzett viz mozgasa finnorszagi talajmodellekben, I.
Magyar Kemiai Folyoirat 86. s. 266–272.

Tríciummal jelzett víz mozgása finnországi talajmodellekben, I.

FODORNÉ CSÁNYI PIROSKA, STINA TAKALA*, LEENA ALHONEN-HONGISTO*, J. K. MIETTINEN*, P. VAKKILAINEN** és J. SOVERI***

A könnyűvízzel hűtött reaktorok egyes típusai igen nagy mennyiségű tríciumot termelnek. Az egyik legjelentősebb tríciumforrás a primer hűtőkörbe az enyhén lúgos pH beállítására adagolt lítium-hidroxid. Ebből a ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ reakcióban keletkezik trícium. Becslések szerint pl. az USA-ban a trícium termelése 2000-ben a jelenleginek 50-szeresére nő, és eléri a 166 PBq-t (4,5 MCi-t). Ez potenciálisan nagy környezeti szennyezési veszélyt jelent, ezért ismereteket kell szerezni a trícium mozgásáról a talajokban és beépüléséről a növényekbe.

A vizsgálatokat finn–magyar együttműködés keretében végeztük. A közös munkára azért került sor, mert egyrészt Magyarországon tríciumos nyomjelzést a természetben nem lehet végezni, másrészt a finnek már több ilyen irányú kísérletet végeztek az International Atomic Energy Agency által koordinált munka keretében. Ezenfelül a Loviisában már működő, illetve Pakson építés alatt álló atomerőművek azonos típusúak, az e területen adódó feladatok is hasonlóak.

Első lépésként vizsgáltuk a tríciummal jelzett víz mozgását és eloszlását különböző típusú talajokban, a mélység és az idő függvényében, valamint az öntözés hatását a mozgásra. Meghatároztuk a trícium tartózkodási idejét a talajokban, mert ez nagy befolyással van a szennyezett talajokon levő növények tríciumfelvételére.

A talajtípusokat — fővenyhomokat és a finomhomokat — úgy választottuk meg, hogy a legfontosabb finnországi talajokat képviseljék, és a magyarországi viszonyoknak is megfeleljenek. Az öntözés mennyisége a magyar viszonyokat utánozta.

A környezeti tríciumszennyezés vizsgálatával egyidőben fontos hidrológiai kérdésekre is választ kaphatunk: hogyan szivárog be a víz a talajba, ha a csapadék mennyisége azonos és a talajtípus eltérő, illetve, ha a csapadék mennyisége különböző, de a talajtípus azonos. A fenti kísérletek feltárhatják a csapadék és a talajvíz keletkezése közötti összefüggést, amely a geológiai és az éghajlati tényezők függvénye.

A HTO megfelelő indikátor a talajban levő víz mozgásának tanulmányozására¹, mert mozgását ugyanazon törvények határozzák meg, mint a vizet és az izotópeffektus elhanyagolható. Bár a tríciumot nyomjelzőként az 1950-es évektől kezdve használják a hidrológiai kísérletekben, azonban hasonló jellegű kísérleteket még nem végeztek a finnországihoz hasonló környezetben.

* Helsinki Egyetem, Radiokémiai Tanszék.

** Helsinki, Műszaki Egyetem, Vízügyi Laboratórium.

*** Finnország, Vízügyi Hivatal.

¹ W. Drost: Isotope Hydrology. Atomic Energy Review, 164 p. 715. 1978.

A tríciumtartalmú víz mozgása a talajban

A talajvíz fölött (a telítetlen zónában) finomszemcsés talajokban a kapillárisjelenség, a diffúzió és az adhéziós erők befolyásolják a beszivárgó víz viselkedését. A telített zónában (a talajvízszint alatt) viszont már csak a diffúzió dominál. Ezeket az alapjelenségeket azonban további tényezők — így az időjárás és a talaj mechanikai (elsősorban permeabilitási) tulajdonságai — befolyásolják. Az időjárás legfontosabb hatásai a hőmérséklet, a hőmérséklet-gradiens, a csapadék (természetes és mesterséges) és az elpárolgás. Az elpárolgás és a beszivárgás aránya meghatározza a keletkező talajvíz mennyiségét. A talaj víztartalmának mozgása függ a talaj telítettségi állapotától is. Ha a talaj messze van a telítettségtől, a beszivárgó víz jelentős részét a talajpórusok felveszik és csak a telítettség beállta után kezdődik el a talajvíz képződése.

A telítetlen zónában levő víz tríciumaktivitásának mérésével összefüggést lehet találni a csapadék és a talajvíz képződése között. A tríciumaktivitás vándorlása a talajrétegben a talaj víztartalmának mozgását illusztrálja, valamint azt, hogy az elpárolgás és a talaj lefagyása hogyan befolyásolja ezt a mozgást.

Télen, amikor a talaj le van fagyva, a hidrológiai folyamat megtörik, a tríciumaktivitás mozgása leáll. A fagyott réteg kialakulásakor az alacsonyabb zónákból vizet vonz, a talajvízszint süllyed, és a talaj víztartalmának mozgása időszakosan megfordul². Ezt a jelenséget a jelen kísérletsorozatban is meg lehetett figyelni. Tavasszal a hó olvadása és a fagy felengedése után a talaj nedvességtartalma nagy és a talajvízszint magas. Nyáron az elpárolgás kiszárítja a talaj felületét, s ezért a talajvízszint süllyed. A nyári eső rendszerint a talaj felső rétegében megáll. Ősszel jelentősen csökken az elpárolgás és novemberben gyakorlatilag megszűnik. Ekkor a talajnedvesség megnő és a talajvízszint megemelkedik.

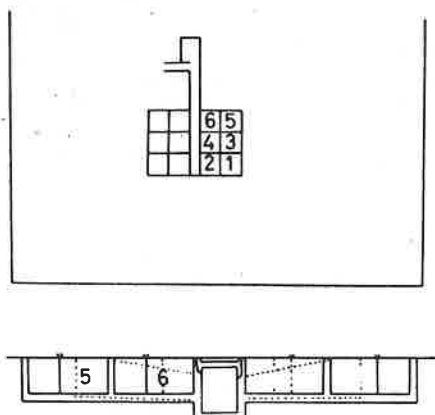
Kísérleti rész

Kísérleti eljárás

A talajkísérleteket Otaniemiban, a Laboratory of Water Resources, Department of Civil Engineering (Helsinki University of Technology) liziméterében végeztük három mesterséges kísérleti területen, amelyből kettő finomhomok (No. 3 és 6), a harmadik pedig fővenyhomok (No. 5) volt, mindegyik növényzet nélkül. A kísérleti területek 10 m² felületűek és 150 cm mélyek, a kívánt típusú talajjal homo-

² J. Soveri, M. Varjo: Roudan muodostumisesta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1955–1975. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 20, Helsinki, 1977.

gében megtöltve³. Az alatta kiépített vízgyűjtő rendszer lehetővé teszi a talajon átfolyt víz mennyiségének és aktivitásának mérését. A talajok nedvességtartalmát a neutron-szóródásos mérőberendezés folyamatosan méri (1. ábra).



1. ábra

A liziméter: No. 3. finomhomok; No. 5. fővenyhomok; No. 6. finomhomok

A kísérleti területeket egy alkalommal tríciumot tartalmazó vízzel nyomjeleztük úgy, hogy a talajokat kerti locsolókannával megöntöttük (1977. június 21-én, szeles, meleg napon). A víz mennyisége $4,0 \text{ l/m}^2$, aktivitása a finomhomokokon $65,12 \text{ MBq/m}^2$ ($1,76 \text{ mCi/m}^2$) a fővenyhomokon $56,98 \text{ MBq/m}^2$ ($1,54 \text{ mCi/m}^2$) volt. Nyomjelzés után a területet többször ismert mennyiségű vízzel locsoltuk, először 1 órával a nyomjelzés után. Ekkor 2 óra alatt a 3-as finomhomokra és az 5-ös fővenyhomokra 30 mm, a 6-os finomhomokra 60 mm vizet locsoltunk. (A locsolás mindig esővízzel történt.) Ezek a csapadékok Finnországban 2, illetve 50 évenként egyszer tapasztalhatók. A következő 17 napon 40 mm vizet locsoltunk a 3-as, 54 mm-t az 5-ös és 36 mm-t a 6-os talajra. Ezen idő alatt 40 mm csapadék is hullott.

A vizsgált periódusban (1977-ben és 1978-ban) 578 mm csapadék hullott a területre, a locsolt víz teljes mennyisége a 3-as és az 5-ös, illetve a 6-os talajon 102,9, 88,6, illetve 134,8 mm volt.

A mintavétel a nyomjelzés utáni napon kezdődött. Talajmintát vettünk (2 paralelt) 15 cm-enként a felülettől 135 cm mélységig, egy speciális, 2,6 cm átmérőjű és 15 cm hosszú mintavetőt tartalmazó ásóval. (A továbbiakban az ilyen térfogatú talajt nevezzük talajmintának.) A lyukakat azonos minőségű talajjal töltöttük be. A talajmintákkal egy időben a talajon átfolyó (a liziméter alján kifolyó) vízből is mintát vettünk (az átfolyás a 3-as finomhomokon 137,0, a 6-os finomhomokon 277,2, míg a fővenyhomokon 419,3 mm volt.)

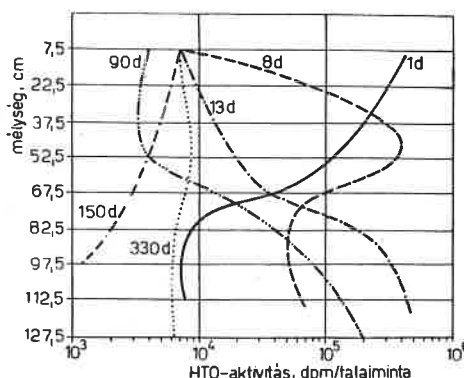
Az egyes talajminták tríciumtartalmát a talaj víztartalmának és aktivitásának mérésével határoztuk meg⁴. A talajminták víztartalmát a minta szárítás (108°C) előtti és utáni mérésével kaptuk meg. Az aktivitás meghatározása eleinte két módon történt: izotóphígításos módszerrel és vákuumdesztillációval. Mivel a két módszer azonos eredményt adott, a továbbiakban az egyszerűbb izotóphígításos módszert alkalmaztuk. Az izotóphígításos módszerrel ismert mennyiségű (kb. 100 g) vizet adtunk a talajmintához és több órai rázás után leszűrűtük. Az aktivitást LKB Wallac 81000 típusú folyadékszintillációs műszerrel mértük, 8 cm^3 víz és 8 cm^3 Insta-Gel szcintillátoroldat elegyében. A víz-

mintákat desztillálás nélkül mértük, az esetleges kioltást külső, rádiumstandard alkalmazásával korrigáltuk. Az átfolyt víz aktivitását hasonlóképpen határoztuk meg.

Az eljárás hibája $\sim \pm 25\%$, ez azonban a nyomjelzés hibáját nem tartalmazza.

Kísérleti eredmények

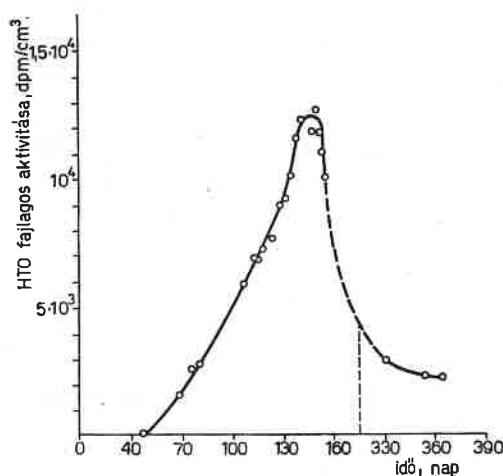
Fővenyhomokban (2. ábra) a nyomjelzést követő napon az aktivitás folyamatosan csökkent a mélység függvényében (1. táblázat). A második



2. ábra

A talaj víztartalmának tríciumaktivitása fővenyhomokban (No. 5) a mélység függvényében: $1 \text{ dpm} = 60 \text{ Bq}$. A közlemény ábrájánál a dpm egységet alkalmazzák

napon az aktivitás maximuma 30–45, a nyolcadik napon 45–60 cm között volt. 12 nap után egy nagy esőzés (22 mm) belemosta az aktivitást a talajvízbe, amely 60 cm-re volt a felszíntől. 150 nappal a nyomjelzés után a profil teljes aktivitása csak 100-szoros háttér volt (2. ábra). Ekkor érte el az aktivitás maximumát a terület alatt átfolyt víz is (3. ábra). A maradék kis aktivitás a téli periódus alatt visszafelé migrált és az egész profil aktivitása gyakorlatilag homogénné vált (1. a 330 napos görbét a 2. ábrán).



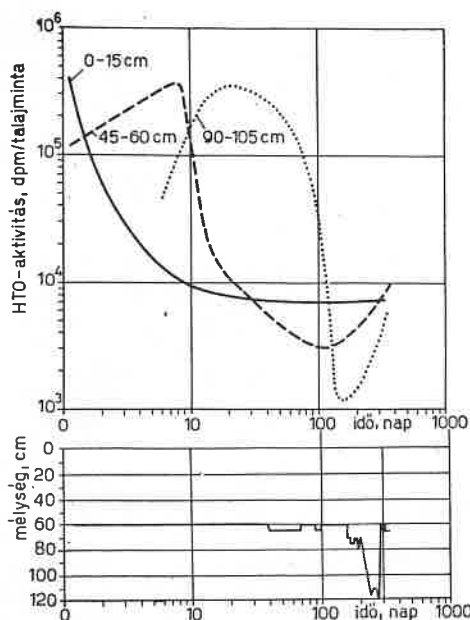
3. ábra

A liziméteren átfolyt víz fajlagos aktivitása, fővenyhomok (No. 5)

³ P. Kaitera, A. Maasilta: Lysimeterjältet vid tekniska högskolan i Helsingfors. Nordisk Hydrologisk Konferens, Stockholm, 1970, Vol. 2., Lung, 1970.

⁴ Tentative Reference Method for Measurement of Tritium in Environmental Waters. EPA-600/4-75-013, 1975.

A trícium aktivitása az idő függvényében a nyomjelzés után gyorsan csökkent a 0–15 cm-es rétegben (4. ábra). A 30–45 és a 45–60 cm-es rétegben az aktivitások a legnagyobb értéket 2, illetve 8 nap után érték el. Ez a kísérlet kezdetén 16 cm/nap, a végén 6 cm/nap beszivárgási sebességnek felel meg.



4. ábra

A talaj víztartalmának tríciumaktivitása fővenyhomokban (No. 5) a nyomjelzés után eltelt idő függvényében és a talajvízszint változása

A talajon átfolyt víz (419,3 mm) nem tartalmazott mérhető aktivitást augusztus elejéig (3. ábra). Az aktivitás a nyomjelzés után 50 nappal kezdett emelkedni, és maximális értékét 143 nap után érte el.

A talajprofil 0 és 135 cm közötti aktivitásából (1. táblázat, 1. nap) és a locsolt víz aktivitásából számolt aktivitásvesztesség kb. 40% volt. Azonos érték adódott akkor is, amikor az aktivitásvesztességet a talajon átfolyt víz (4193 l) összes aktivitásából és a locsolt víz aktivitásából számoltuk.

Finomhomokban (No. 3) az aktivitás folyamatosan csökkent a mélység függvényében még a nyomjelzést követő 12. napon is, azaz az aktivitás maximuma 0–15 cm között volt és igen lassan mozgott lefelé (5. ábra és 2. táblázat). 121 nap után a maximum még csak 30–45 cm között volt, és 150 nap után (november közepén) az aktivitás 90%-át még 60 és 135 cm között találtuk, közelítőleg egyenletes eloszlásban. Ez a kísérleti terület a fővenyhomokkal azonos mennyiségű öntözést kapott. A téli periódus alatt az aktivitás visszafelé migrált, és ez folytatódott 1978 száraz májusában is.

A trícium aktivitása az idő függvényében a 0–15 cm-es rétegben igen lassan csökkent (6. ábra) azonban a július végi nagy esőzés az aktivitást az alsóbb rétegekbe mosta. A 15–30, 45–60 és 60–75 cm-es rétegben a legnagyobb aktivitást 34, 121, illetve 150 nap után érte el. Ennek megfelelően a beszivárgás sebessége 0,5 cm/nap volt.

A finomhomokon átfolyt víz (137,0 mm) nem tartalmazott aktivitást 370 nappal a nyomjelzés után (1978 júniusában).

1. táblázat

A trícium aktivitása (dpm* a talajmintában) fővenyhomokban (No. 5)

cm	1. nap	2. nap	6. nap	8. nap	13. nap	90. nap	150. nap	330. nap
0–15	412 189	68 112	22 681	7 511	8 008	4 135	7457	7065
15–30	305 868	329 275	163 966	55 715	11 194	3 668	5096	6477
30–45	180 502	346 425	270 543	286 670	5 450	2 678	5120	7686
45–60	125 146	156 367	265 432	416 876	21 297	3 671	2872	9803
60–75	32 346	42 411	72 447	100 912	25 353	17 160	2972	6476
75–90	8 025	10 500	70 596	34 572	241 361	26 571	2048	6762
90–105	6 011	—	45 991	76 133	328 213	75 505	1121	5190
105–120	—	—	—	69 982	468 540	92 105	2364	5859
120–135	—	—	—	—	—	207 785		7283
Σ	$1070 \cdot 10^3$	$953 \cdot 10^3$	$912 \cdot 10^3$	$1048 \cdot 10^3$	$1109 \cdot 10^3$	$433 \cdot 10^3$	$29 \cdot 10^3$	$63 \cdot 10^3$
kBq	17,83	15,88	15,20	17,47	18,48	7,22	0,48	1,05
(μ Ci)	(0,48)	(0,42)	(0,41)	(0,47)	(0,49)	(0,19)	(0,01)	(0,02)

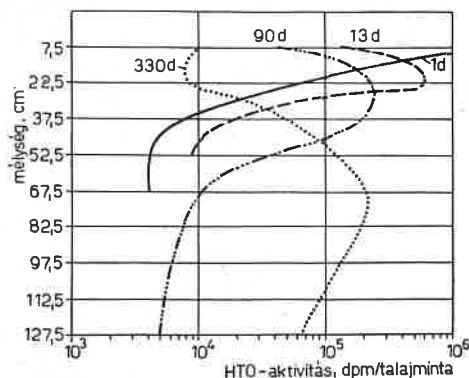
* 1 dpm = 60 Bq.

Szaggatott vonal = talajvízszint.

A kétszeres kezdeti öntözést kapott *finomhomokban* (No. 6) az aktivitás nagyobb sebességgel haladt lefelé (7. ábra, 3. táblázat), mint a 3-as finomhomokban: 8 és 20 nap között 30–45 cm-nél, 34 és 90 nap között 45–60 cm-nél, 121 nap után

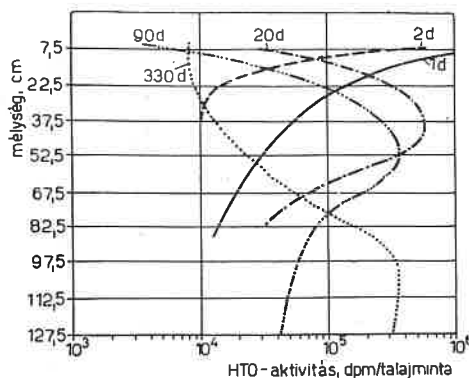
sebessége a kísérlet végén a két finomhomokon azonos volt.

A 3-as finomhomokban a talajvízszint maximuma 30 cm-re, a 6-os maximuma 60 cm-re volt a talajszint alatt (8. ábra).



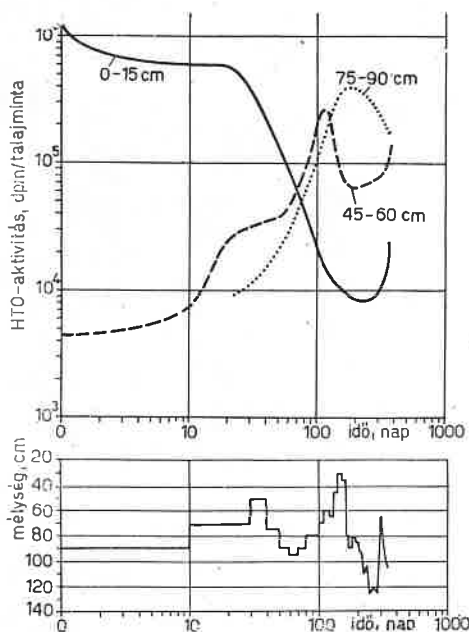
5. ábra

A talaj víztartalmának tríciumaktivitása finomhomokban (No. 3) a mélység függvényében



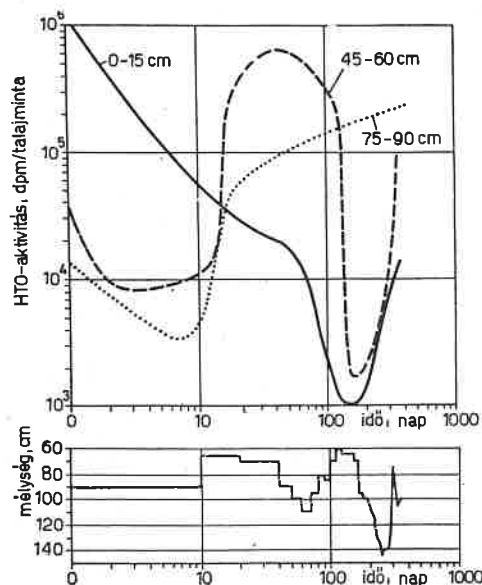
7. ábra

A talaj víztartalmának tríciumaktivitása finomhomokban (No. 6) a mélység függvényében



6. ábra

A talaj víztartalmának tríciumaktivitása finomhomokban (No. 3) a nyomjelzés után eltelt idő függvényében és a talajvízszint változása



8. ábra

A talaj víztartalmának tríciumaktivitása finomhomokban (No. 6) a nyomjelzés után eltelt idő függvényében és a talajvízszint változása

pedig 60–75 cm-nél volt az aktivitásmaximum; a profil teljes aktivitásának 95%-át 90 és 135 cm között találtuk 150 nap után. A beszivárgás sebessége a 2,1 cm/nap kezdeti értékről 0,5 cm/nap értékre csökkent a kísérlet végén. A két finomhomokon kapott beszivárgási sebesség kezdeti értékének eltérése nemcsak a kísérlet kezdetén alkalmazott kétszeres mennyiségű locsolás miatt lépett fel, hanem a talajvízszint különbsége is szerepet játszott. A 6-os finomhomokra locsolt mennyiség végeredményben 30%-kal volt nagyobb, mint a 3-as talajé, az évi 780 mm csapadék ezt a különbséget eltüntette. Ezért érthető, hogy a beszivárgás

A trícium aktivitása az idő függvényében (8. ábra) a mélység függvényében mértéhez hasonló eltérést mutatott.

Az átfolyt víz mennyisége (277,2 mm) 370 nap után (1978 júniusában) nem mutatott még jelentékeny aktivitást (350 dpm/cm³).

A finomhomokkal töltött kísérleti területeken sok lyukat találtunk, amelyek az eredmények értelmezését és a profil aktivitásának kiszámítását zavarták (így pl. a 3-as finomhomok 48 nap utáni eredményét törölni kellett a sok lyuk miatt).

A fővenyhomokéhoz hasonlóan számított aktivitásvesztesség mindkét finomhomokban kb. 30% volt.

2. táblázat
A trícium aktivitása (dpm a talajmintában) finomhomokban (No. 3)*

cm	1. nap	2. nap	8. nap	13. nap	20. nap	34. nap	90. nap	121. nap	150. nap	330. nap	351. nap	370. nap
0—15	1 335 441	696 576	603 228	128 346	613 132	25 920	46 441	18 535	9 672	10 929	23 557	51 096
15—30	164 996	128 692	201 811	607 597	183 549	762 995	246 452	49 343	5 071	7 366	45 117	154 330
30—45	6 287	10 887	3 477	21 312	480 309	391 829	201 218	306 307	4 356	48 146	92 596	105 916
45—60	4 435	9 312	6 372	9 625	27 932		47 593	282 240	65 821	88 708	131 160	154 022
60—75	4 500	—	4 080	üres	18 433	180 390	9 491	209 306	317 143	233 275	230 076	131 582
75—90	—	—	—	—	8 939	64 379	4 145	154 873	386 175	192 987	384 115	154 550
90—105	—	—	—	—	—	24 907	7 133	167 856	321 066	81 435	133 724	76 087
105—120	—	—	—	—	—	15 000	9 867	134 719	355 209	97 318	üres	üres
120—135	—	—	—	—	—	3 000	4 021	89 405	274 504	67 628	üres	85 020
Σ	$1516 \cdot 10^3$	$845 \cdot 10^3$	$819 \cdot 10^3$	$767 \cdot 10^3$	$1332 \cdot 10^3$	$1468 \cdot 10^3$	$576 \cdot 10^3$	$1412 \cdot 10^3$	$1739 \cdot 10^3$	$827 \cdot 10^3$	$1040 \cdot 10^3$	$913 \cdot 10^3$
kBq	25,27	14,08	13,65	12,78	22,20	24,47	9,60	23,53	28,98	13,78	17,33	15,22
(μ Ci)	(0,68)	(0,38)	(0,36)	(0,34)	(0,60)	(0,66)	(0,25)	(0,63)	(0,78)	(0,37)	(0,46)	(0,41)

* 1 dpm = 60 Bq.
 Szaggatott vonal = talajvízszint.

3. táblázat
A trícium aktivitása (dpm* a talajminiatúrában) finomhomokban (No. 6)

cm	1. nap	2. nap	8. nap	13. nap	20. nap	34. nap	48. nap	90. nap	121. nap	150. nap	330. nap	351. nap	370. nap
0—15	1 123 218	553 414	67 041	42 089	32 054	7 282	22 390	3 961	276	772	8 776	13 565	45 292
15—30	156 881	10 268	105 519	üres	304 869	69 867	239 652	118 105	2 184	1 238	9 332	26 358	103 303
30—45	59 173	14 601	375 476	537 513	532 210	685 564	219 093	217 067	52 506	1 199	3 087	93 297	135 038
45—60	39 916	9 535	üres	14 681	405 600	282 128	664 547	389 979	218 446	1 864	24 776	98 670	230 520
60—75	26 008	—	8 187	13 238	71 388	282 128	22 359	162 623	402 464	10 850	58 861	275 798	232 584
75—90	13 015	—	3 118	—	31 098	327 688	107 654	67 718	182 695	133 033	188 761	340 954	253 274
90—105	üres	—	—	—	—	125 945	32 049	108 125	174 896	305 576	371 139	316 617	üres
105—120	—	—	—	—	—	üres	—	78 817	203 018	272 359	368 508	244 153	üres
120—135	—	—	—	—	—	—	—	35 684	126 649	338 669	310 464	141 348	153 119
Σ	$1418 \cdot 10^3$	$578 \cdot 10^3$	$559 \cdot 10^3$	$607 \cdot 10^3$	$1377 \cdot 10^3$	$1498 \cdot 10^3$	$1308 \cdot 10^3$	$1182 \cdot 10^3$	$1363 \cdot 10^3$	$1065 \cdot 10^3$	$1344 \cdot 10^3$	$1551 \cdot 10^3$	$1152 \cdot 10^3$
kBq	23,63	9,63	9,32	10,11	22,95	24,97	21,80	19,70	22,72	17,75	22,40	25,85	19,20
(μ Ci)	(0,63)	(0,26)	(0,25)	(0,27)	(0,62)	(0,67)	(0,58)	(0,53)	(0,61)	(0,47)	(0,60)	(0,69)	(0,52)

* 1 dpm = 60 Bq.
Szaggatott vonal = talajvízszint.

Következtetések

Kísérleteink azt mutatták, hogy a tríciummal jelzett víz mozgása igen különböző a kétféle talajtípusban, a fővenyhomokban és a finomhomokban. A mozgási sebesség mindkét talajtípusban sokkal nagyobb volt, mint a ruotsinkyläi kísérletekben⁵ (Dél-Finnország), ahol az összetétel $\sim 40\%$ finomhomok, $\sim 10\%$ agyag és $\sim 50\%$ hordalékos talaj volt.

A tríciummal jelzett víz mozgására a talajtípusnak sokkal nagyobb hatása van, mint a csapadék mennyiségének. Azonos eső + locsolt víz mellett a trícium aktivitása a fővenyhomokban (No. 5) 75 cm alatt volt 13 nappal a nyomjelzés után és 150 nap után gyakorlatilag már nem tartalmazott aktivitást. A finomhomokban (No. 3) az aktivitás maximuma 15 és 30 cm között volt 34 nappal a nyomjelzés után és 1 év után is még az összes aktivitást 60 és 135 cm között találtuk. Ez azt jelenti, hogy fővenyhomokban a beszivárgási sebesség a kísérlet kezdetén 16, a végén 6 cm/nap volt, míg finomhomokban 0,5 cm/nap. Finomhomokban a nyomjelzés utáni kétszeres mennyiségű locsolás hatására a beszivárgás kezdeti sebessége 2,1 cm/napra nőtt. Így közönséges körülmények között a finomhomokban az aktivitás hosszú ideig a felső rétegben tartózkodik és a növények folyamatosan inkorporálni tudják a tríciumot, a hosszabb gyökerű növények pedig még 1 év után is felveszik a tríciumot.

Ha összehasonlítjuk a kísérleti időszak időjárási adatait az átlagossal, azt látjuk, hogy 1977-ben a csapadék augusztus hónapot kivéve nagyobb volt az átlagosnál, a hótakaró vastagsága viszont 1977–78 telén kicsi volt. Az igen vastag (60–80 cm) lefagyott talajréteg nagy mennyiségű vizet stabilizált. 1978 tavasza viszont igen száraz volt.

Kísérletet tettünk az elpárolgás számítására a talajokban levő összes aktivitásból és a nyomjelző víz aktivitásából. Az aktivitásvesztesség fővenyhomokra $\sim 40\%$, finomhomokra $\sim 30\%$ volt, amely túlságosan nagy érték ahhoz, hogy csak az elpárolgás okozza. A talajban levő összes aktivitás meghatározásának hibája a nyomjelzési módszer, a talajvízszint alatti mintavétel, a talajban levő lyukak okozta hibából, valamint a már említett mintavételi és mérési hibából tevődik össze. Az általunk nyomjelzésre használt locsolási eljárás nem ad egyenletesen jelzett réteget a kísérlet kezdetén. Emellett különböző mélységben számos lyukat találtunk a finomhomokban, valamint a talajvízszint alatti minták vételét zavarta az, hogy a mintavételi lyukba oldalról befolyhatott az aktív víz.

Amennyiben az elpárolgási veszteség mérésére is fel kívánjuk használni a nyomjelzéses eljárást, más locsolási módszert kell alkalmazni, és a nyomjelzés után azonnal sok mintát kell venni 0 és 15 cm között az aktivitáseloszlás meghatározá-

sára. A nyomjelzést elpárolgásmentes periódusban kell végezni, tehát tavasszal késő este, nyáron pedig éjjel.

Amennyiben a talajvízszint alatti minták aktivitásának pontos ismerete szükséges, egyszerre kell a 0 és a 135 cm közötti talajmintát kivenni, pl. műanyag csőben, amelyet azután feldarabolunk.

További kísérleteinkben más típusú talajokban kívánjuk a trícium mozgását tanulmányozni, elsősorban agyagban, és meghatározzuk finomhomokon és agyagon levő növényekben a trícium beépülését.

A tríciummozgás számítással való követése és a folyamat jobb megértése céljából matematikai modell kidolgozása van folyamatban.

Összefoglalás

A HTO-tartalmú víz mozgását vizsgáltuk a talajtípus és a csapadék függvényében. Méréseink szerint a talajtípusnak sokkal nagyobb hatása van a HTO mozgására, mint a csapadék mennyiségének. A mozgási sebesség fővenyhomokban 16 és 6 cm/nap között változott, finomhomokban (azonos csapadék mellett) 0,5 cm/nap volt, míg kétszeres mennyiségű locsolás hatására a finomhomokban 2,1 cm/nap értékre nőtt.

Közönséges csapadékvizonyok mellett az aktivitás hosszú ideig a felső rétegben tartózkodik és a növények folyamatosan inkorporálhatják. Hosszabb gyökerű növények pedig még 1 év után is felvehetik a tríciumot.

Az aktivitásvesztesség fővenyhomokra $\sim 40\%$, finomhomokra $\sim 30\%$ volt, amely túlságosan nagy érték ahhoz, hogy csak az elpárolgás okozza.

Migration of tritium-labelled water in soil models from Finland. P. Fodor-Csányi, S. Takala, L. Alhonen-Hongisto, J. K. Miettinen, P. Vakkilainen and J. Soveri

The migration and distribution of HTO was determined in different types of soil as function of the amount of precipitation. The type of soil had a greater effect on the movement of HTO than the amount of precipitation. The velocity of infiltration was between 16 and 6 cm per day in gravel and 0.5 cm per day in fine sand (at the same amount of precipitation). At a double amount of irrigation the velocity of infiltration in fine sand increased from 0.5 to 2.1 cm per day.

Under normal precipitation conditions the activity would stay in the upper layer for a long time and the plants could continuously incorporate the tritium from the fine sand. Uptake of the HTO would be possible for plants with long roots even after 1 year.

The loss of activity ($\sim 40\%$ and $\sim 30\%$ for gravel and for fine sand resp.) was high, due to evaporation.

Budapest, ELTE Fizikai-Kémiai és Radiológiai Tanszék. Érzékel: 1979. IX. 20.

⁵ Laina Salonen, J. K. Miettinen: Paper presented at the IAEA Research Co-ordination Meeting on Environmental Behaviour of Tritium. Helsinki, 1976 június.