

SZÉNHYDROGÉNEK MIGRÁCIÓJA, TALAJOKBAN

A felszín alatti talajrétegeket szennyező idegen eredetű szerves folyadékok vándorlásának és további sorsának vizsgálata az utóbbi években egyre nagyobb jelentőséget kap mind a környezetvédelmi kutatásokban, mind pedig az elméleti talajtani kutatásokban.

A talajokba beszivárgó szerves folyadékok mind vertikálisan, mind horizontálisan vándorolhatnak a fellépő kapilláris és felhajtó erők eredője képpen. A szerves folyadékfázis alkotó vegyületei különböző mértékben beoldódhatnak a vízfázisba, illetve az illékonyság mértékétől függően a gázfázisba kerülhetnek. A különböző fázisokba történő szállítódás hatására a szennyeződések nagy területekre kiterjedhetnek.

1. Talaj szennyezők mozgása

A talaj felszínén vagy annak felső részében levő szennyező anyagnak a három fázisú telítetlen zónán kell átszivárognia mielőtt eléri a két fázisú telített zónát. Tekintettel arra, hogy a szennyezés szállító közege az esetek döntő részében a víz (pl. csapadékvíz, talajvíz), külön kell vizsgálni a vízmozgást a két fajta zónában.

1.1 Vízmozgás vízzel nem telített (háromfázisú) talajban

Amennyiben a talaj szilárd fázisának pórusait részben víz, részben levegő tölti ki, a víz mozgását a gravitáció mellett főként a kapilláris potenciál – különbség (tenziógradizus) határozza meg. A háromfázisú talajban végbemenő vízmozgást számos szakirodalom kapilláris vízmozgásnak nevezi. Ez a megjelölés nem a vízmozgás irányára utal, hiszen az fölfelé és lefelé, vagy oldalt irányuló egyaránt lehet, hanem az egyik fő hatóerőt érzékelteti.

1.2 Vízmozgás vízzel telített talajban

Ha a talaj valamennyi pórusát víz tölti ki, a víz mozgását a gravitációs erő és a hidraulikus nyomáskülönbség határozza meg.

A szivárgási sebességet porózus közegben szivárgó folyadék esetében:

$$V = k \times i$$

Képlet írja le, ahol **k**: - a szivárgási tényező,
i: - a hidraulikus nyomásesés (viszonylagos esés).

Az „i” értékét a talaj és a talajban szivárgó folyadék együttesen határozza meg. Mértékegysége: cm/s, m/s.

A Darcy – képlet feltételezi, hogy a folyadék (víz) a teljes keresztmetszeten szivárog. A valóságban azonban a folyadék (víz) csak a szabad pórusokban mozog. Ebből kifolyólag a tényleges szivárgási sebesség a (V_{eff}) nagyobb, és a következő képlet szerint számolható:

$$V_{\text{eff}} = V/p$$

P – a talaj szabad hézagterfogata.

Néhány talajtípus vízre vonatkoztatott szivárgási tényező (k) kísérleti úton nyert értékeit) 1.sz. táblázat tartalmazza:

TALAJ TÍPUS	SZIVÁRGÁSI TÉNYEZŐ cm/s.
Tiszta kavics	100 - 1
Homokos kavics	1 - 0.1
Kavicsos homok	0,1 – 0,01
Durva homok	0,01 – 0,001
Finom homok	0,001 – 0,0001
Iszap	10^{-4} - 10^{-7}
Agyag	10^{-7} – 10^{-9}

A szivárgási tényező értékét befolyásolja még a közeg (talaj) tulajdonsága (l: szemcse átmérő, ill. szabad hézag térfogat) másrészt a folyadék (pl. víz, csurdalékvíz) fizikai, kémiai és mikrobiológiai jellemzői.

2.Kőolaj és kőolajszármazékok előfordulási lehetőségei a felszín alatt

A kőolaj és kőolaj származékok négy előfordulási formája lehetséges a felszín alatt:

- folyékony (szabad) fázis a talajban,
- oldott fázis a felszín alatti vízben,
- gázfázis a talaj szabad pórusaiban.

Az egyes előfordulási formák az alábbi tényezőktől függnek változó mértékben:

- talaj fizikai és kémiai tulajdonságai
- hidrogéológiai adottságok
- a kőolajszármazékok fizikai és kémiai tulajdonságai.

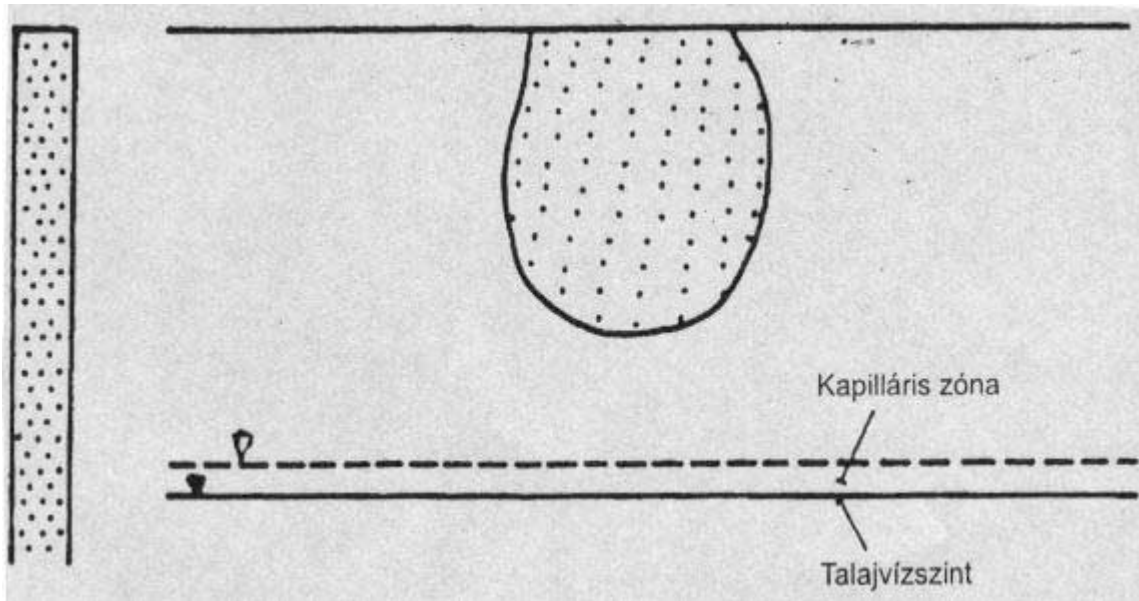
A talajfelszínre kiömlött olaj szétterül, majd függőleges irányú beszivárgással egyre nagyobb mélységbe hatol és elérheti a talajvízszintet.

Az olaj talajbani mozgásánál alapvető különbséget kell tenni az olajnak, mint fázisnak szétterülése és a vízben oldott olaj mozgása között. Amíg ugyanis az oldott anyagok a szivárgó- és talajvízzel együttesen vándorolnak, addig az olaj laza kőzetekben, talajokban összefüggő olajtestet képez.

A talajba kerülő olaj lényegében a nehézségi erő hatására húzódik lefelé és ún. olajtest alakul ki, melynek alakja és nagysága a talaj és az alatta elhelyezkedő földtani öszszlet nemétől és szerkezetétől, valamint az olaj mennyiségétől és fizikai tulajdonságaitól is függ.

2.1Olajtest alakja egyenletes egynemű talajban

Ilyen esetben az (1.sz.ábrán) látható alakú szabályos olajtest alakul ki.

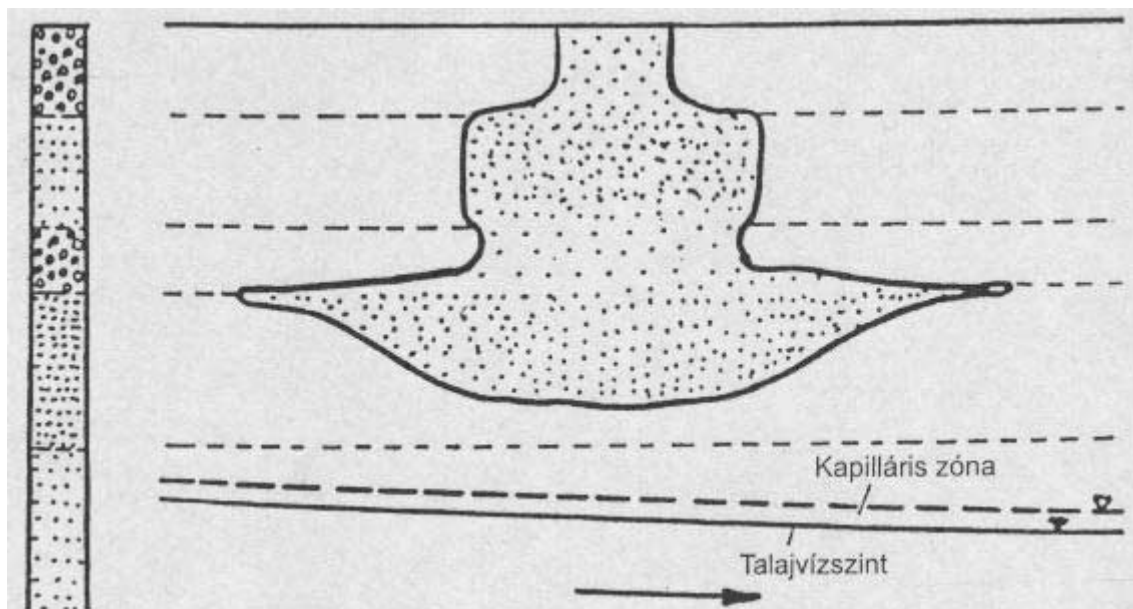


1. sz. ábra.
Olajtest alakja egynemű talajokban

A behatolási mélység tapasztalatai (emprikus) képlettel számítható. (Az ábra baloldalán látható négyzet a talaj homogenitását/inhomogenitását jelzi)

2.2 Olajtest alakja különböző nemű talajokban

A természetben rendszerint nem egynemű talajjal van dolgunk, ilyen esetben az olajtest többé-kevésbé szabálytalan alakot fog kölcsönözni magának (2.számú ábra).



2. sz. ábra
Olajtest alakja különböző átteresztőképességű talajokba

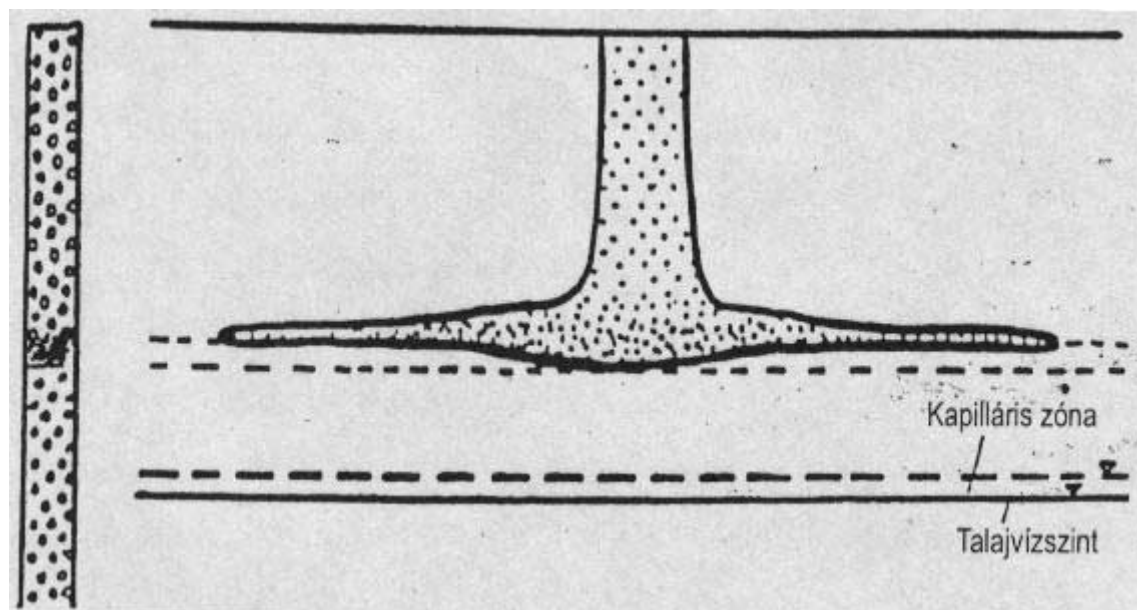
Az ábrán látható, hogy a kisebb átteresztő képességű réteg a szivárgó keresztmetszet szétterülését eredményezi, míg a jobb átteresztő képességű rétegbe történő átmenetnél lényegében azonos marad a szivárgási keresztmetszet.

Ha a beszivárgási hányad az átteresztő képességhez képest valamely rétegben nagy akkor oldalirányban terjed ki a határfelület egészen addig, míg erősen átteresztő réteghez ér.

2.3 Olajtest alakja olajat át nem eresztő talajokban

Kis átteresztő képességű, finom szemcsészetű közbenső rétegek (3.számú ábra) melyek erősebb mértékben képesek visszatartani a szivárgó vizet, pl. iszapos, agyagos homokok, vagy agyagok, jelentős mértékben akadályozhatják vagy akár teljesen megszüntethetik az olaj behatolását a mélyebben fekvő képződményekbe.

Ez esetben az olaj a talajvízszintig nem jut el.



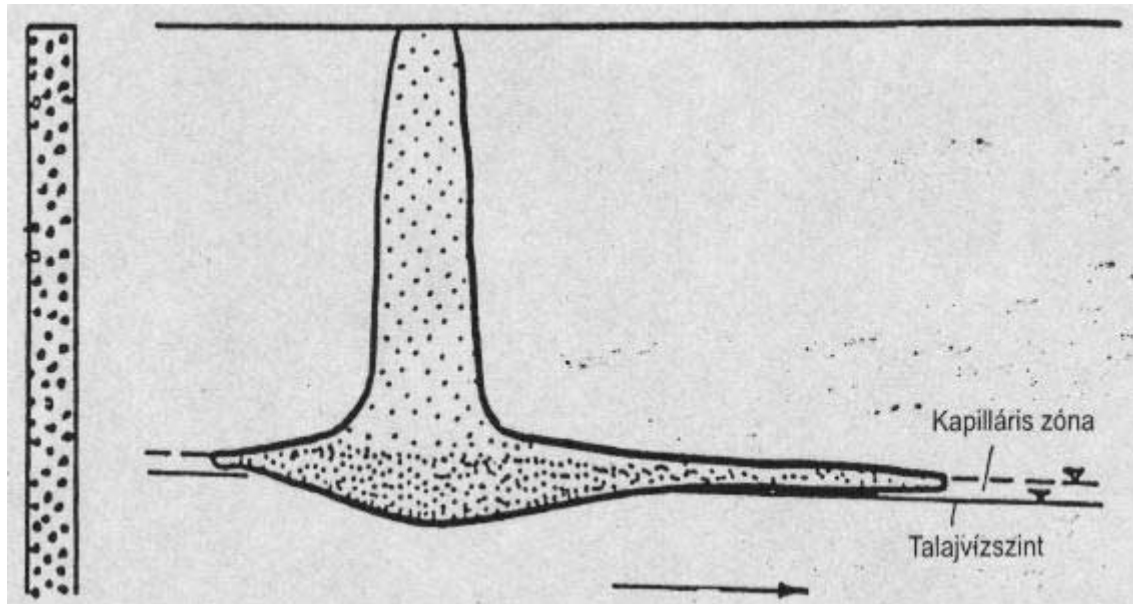
3. sz. ábra

Olajtest elhelyezkedése, ha olaj át nem eresztő talajhoz ér

2.4 Az olajtest alakja, ha eléri a talajvíz szintet

Amennyiben a beszivárgott olajmennyiség meghaladja a szivárgási tartomány olajvisszatartó képességét, akkor a szennyezés egészen a talajvízig hatol. Megfelelő ill. elegendő nyomás

esetén az elszivárgási hely alatt behatolhat a talajvízbe, ilyen esetben viszont a kapilláris zónában vízszintesen szétterül (4.számú ábr



4.sz. ábra
Olajtest eléri a talajvízszintet

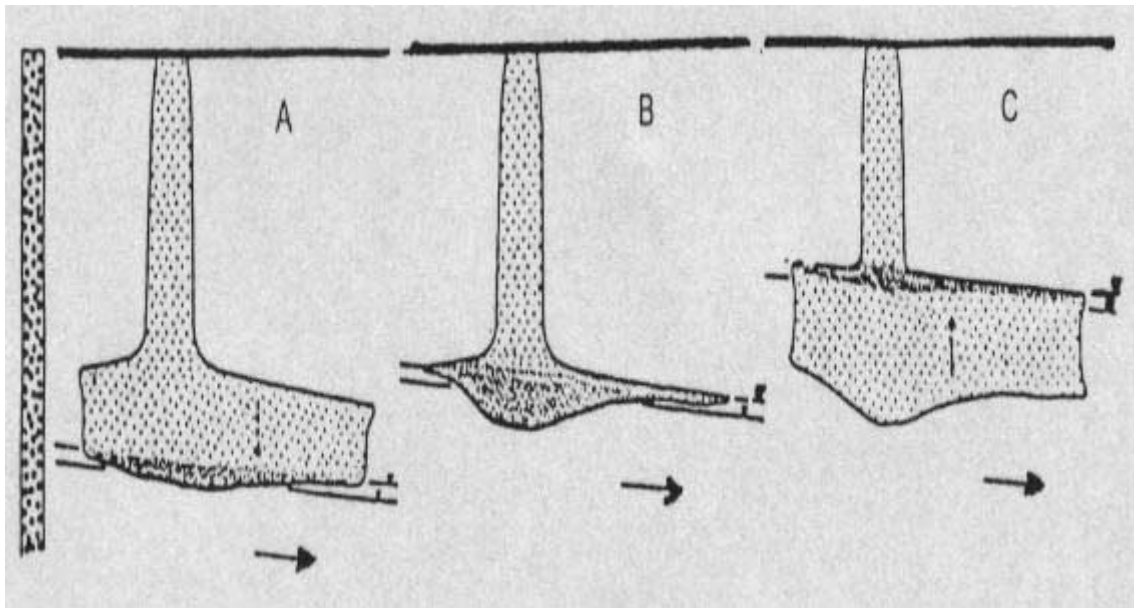
A látható asszimetria a talajvíz áramlási iránya miatt jön létre. Ha az olaj nyomás miatt közvetlenül behatol a talajvíztartó rétegbe, akkor a nyomás kiegyenlítődése után gyorsan felemelkedik a talajvíz felszínéig, és egyensúlyi helyzetet vesz fel a kapilláris sávban, elsősorban a talajvíz áramlási irányában.

Összegezve az eddigieket, megállapítható, hogy amíg a szivárgási tartományban az olajbeszivárgás befejeződése után csak a talajszemcsékhez adszorbeált (viszonylag kis mennyiségű) olajtartalom van jelen, addig a kapilláris sávban a szabad olajmennyiségek feldúsulnak, és mozgásukat korlátozza a kapilláris erő hatása.

Amíg a szivárgó sávban gyorsan mozog az olaj, addig a kapilláris sávban hónapok múlva, sőt évek múlva is maradnak nagyobb olajmennyiségek. A kapilláris zóna tehát a kárelhárítás szempontjából egy fontos hely. A korábban bekövetkezett olajbalesetek esetén ebből a zónából lehet eltávolítani nem egyszer tekintélyes olajmennyiséget.

2.5 Olajtest alakja változó talajvízszint esetén

Az 5. sz. ábrán három helyzet látható. A középső (B) helyzet megegyezik a 4. sz. ábrával. A bal oldali (A) ábrán a talajvízszint süllyedés látható egyenmő talaj esetén. Ebben az esetben az összegyűlt olaj a talajvízszint és a kapilláris zóna süllyedésével együtt süllyed le. A jobb oldali (C) ábrán pedig amikor a talajvízszint emelkedik, a koncentrált olajtestet felnyomja a talajvíztükör és csak az adszorbeálódott olajnyomok maradnak az alsóbb rétegekben.

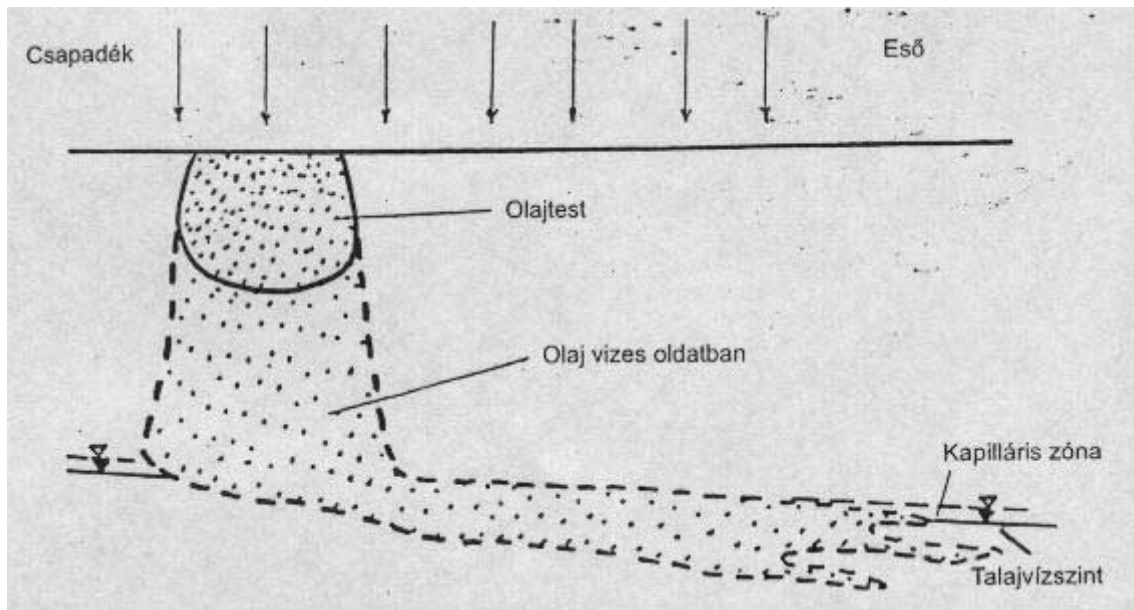


5. számú ábra

Olajtest elhelyezkedése változó talajvízszint esetén

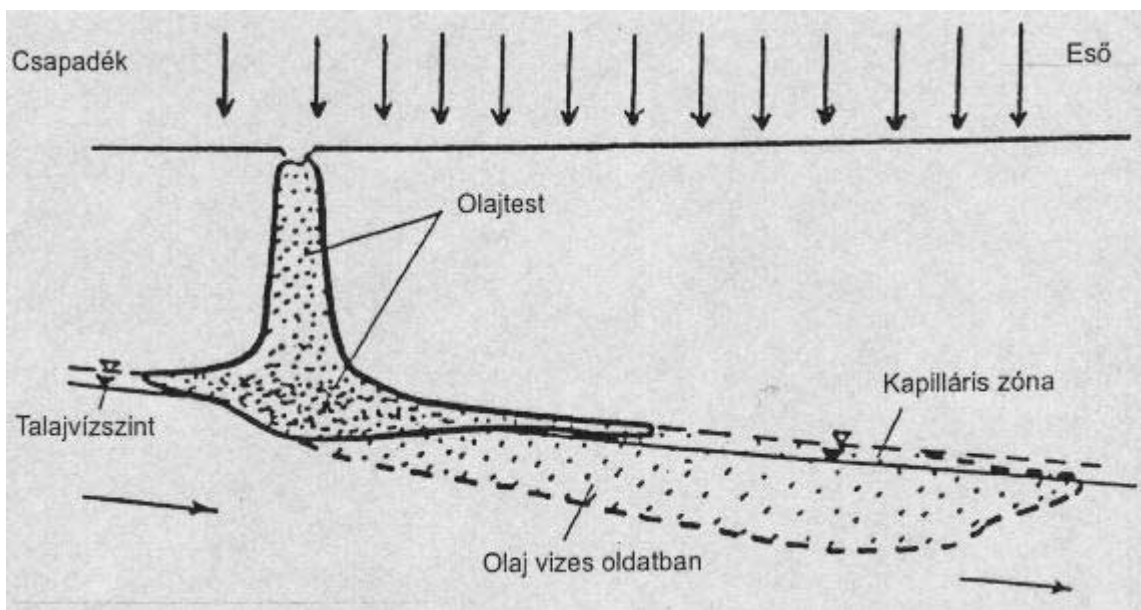
2.6 Olajtestből kioldódó olaj útja

A valóságos helyzet azonban bonyolultabb, mivel az olajkomponensek egy igen tekintélyes – az anyagspecifikus oldékonysági hányadossal leírható egyensúlynak megfelelő mennyiségű – része képes oldódni a vízben. Ha a kőolaj összefüggő fázisként hatol be a talajba és ott esővízzel érintkezik, akkor egyes alkatrészei oldatba mennek át és a vízzel együtt vándorolnak tovább. Ez a folyamat valósul meg, ha az olaj fázisként van jelen a szivárgási tartományban és a szivárgó vízzel lép érintkezésbe, (6. sz. ábra), vagy



6. számú ábra
Olajtestből kioldódott olaj útja

Ha az olaj fázisként van jelen a talajvíz tartományban és állandóan érintkezik az áramló talajvízzel (7.sz. ábra)



7. ábra
Oldott olaj mozgása a talajvíz áramlás irányába

Ha az olajtest – azaz az olaj mint fázis – a talajvíz felszíne felett helyezkedik el, akkor a szivárgó víz oldhat ki olajrészeket és a talajvíz felszínére vezeti azokat. Itt kezdődik a horizontális irányú szétterülés a talajvíz áramlási irányába. Ha viszont az olajtest egészen a talajvíz tartományáig ér el, akkor az áramló talajvíz old ki olajkomponenseket és azokat

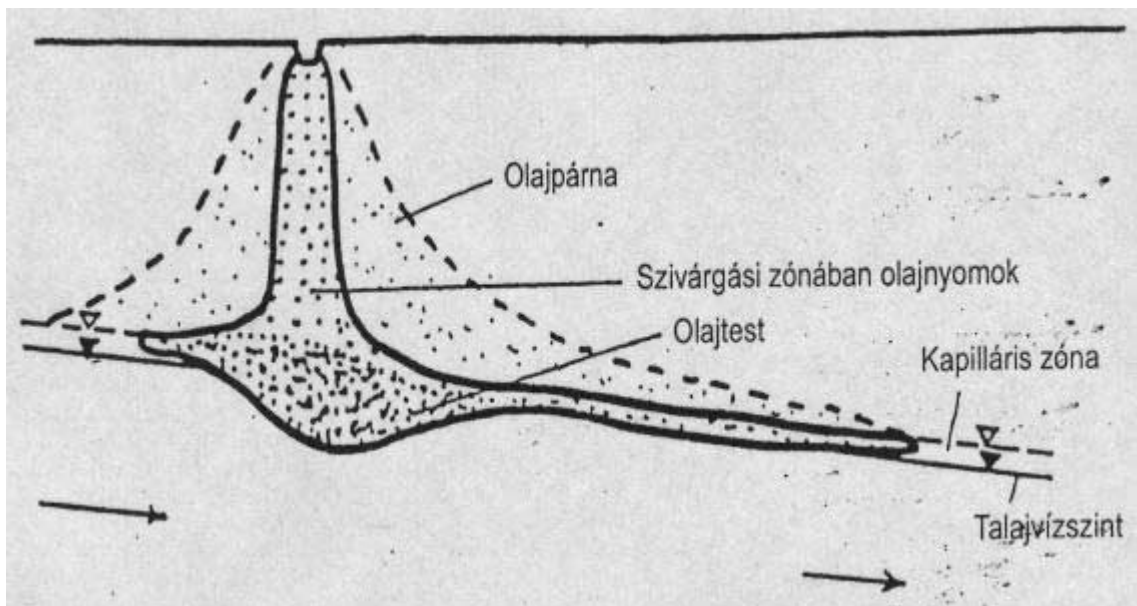
magával ragadja. A kioldott olajmennyiség függ az érintkező felületektől a víz áramlási sebességétől, a víz telítettségi fokától és az olajfajta milyenségétől.

2.7. Olajpárna hatása

Nézzük át még azt az esetet, amikor az olajtestből a kis forráspontú, könnyen illó üzemanyagok a talajban is viszonylag könnyen párolognak. A felszín alatti párolgás függ az olajtermék minőségétől, a nyomástól, a hőmérséklet gradienstől és a talaj átteresztő képességétől.

A szivárgási tartományban elhelyezkedő olajtest körül tehát szénhidrogén – gőzökből álló olajpárna fog képződni.

Hasonlóképpen a talajvízen elfekvő olajlencse felett is kialakul ez a gázburok. Minthogy a gázosodó üzemanyag-gőzök a levegőnél nehezebbek, ezek zömmel a kapilláris sáv feletti rétegben helyezkednek el, mint ahogy a 8. számú ábrán látható.



8. számú ábra
Az olajpárna hatása

Mindebből következik, hogy ezek a gázok a szivárgó tartományban vándorló vízben oldódnak és növelik a talaj ill. talajvíz szennyeződését.

3A talajokat szennyező szénhidrogének mozgása és átalakulása szempontjából fontosabb környezeti paraméterek

A talajokra kiömlő és beszivárgó kőolajszármazékok további sorsát alapvetően befolyásolják – a folyadékok és a talajok (fizikai és kémiai tulajdonságain túl) azok az éghajlati és domborzati paraméterek, amelyek az esetleges szennyeződés helyszínére jellemzőek.

Az éghajlati tényezők közül első helyen említendő a hőmérséklet (levegő hőmérséklet, illetve talaj hőmérséklet) hiszen a szerves folyadékok összes fizikai paramétere erősen

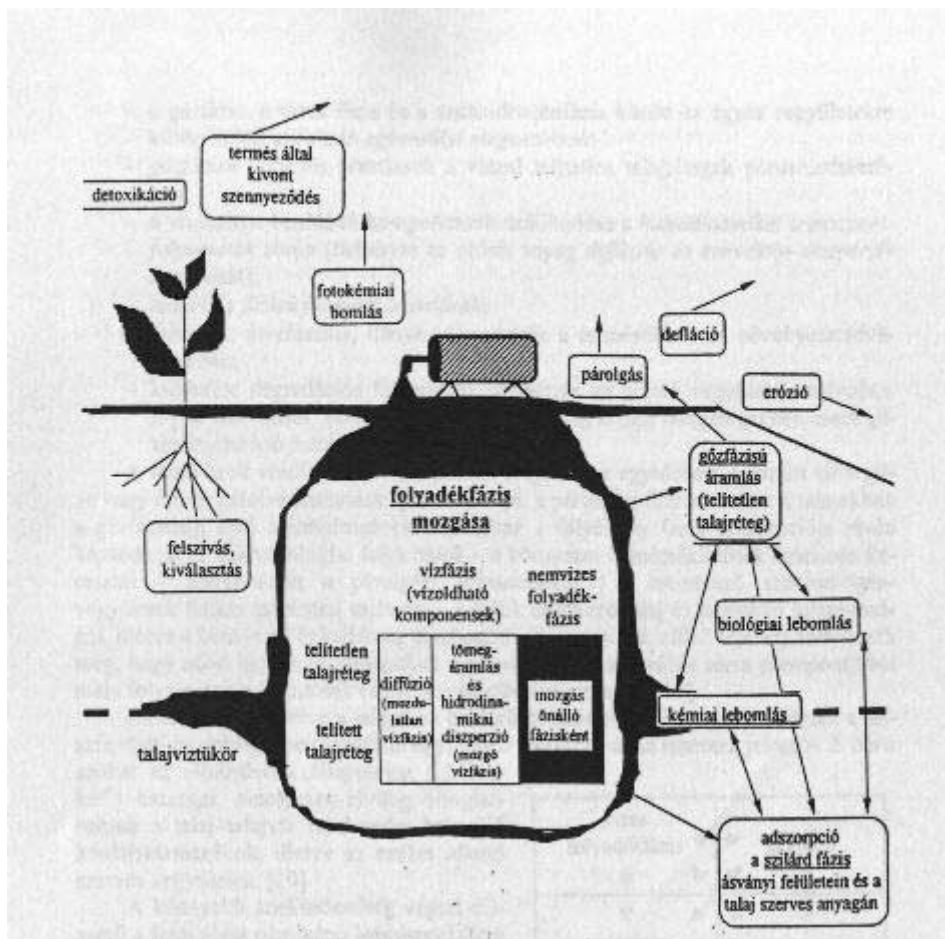
hőmérsékletfüggő. A kőolaj származékok degradációs folyamataival sebességét is meghatározza a környezet hőmérséklete.

A területre hulló csapadék mennyisége a szennyezett területre jellemző evapotranspiráció mértéke elsősorban a talaj vízháztartása szempontjából fontos paraméter. A talaj nedvességtartalma, illetve a beszivárgó nedvesség mennyisége ugyanakkor döntően befolyásolja a szerves folyadékfázist jellemző megkötődési vándorlási és elbomlási folyamatokat.

Az elszennyezett területek domborzati viszonyai (tengerszint feletti magasság, lejtő meredeksége, kitétsége) elsősorban a talajok és vízgazdálkodásának befolyásolásán keresztül szabják meg a szénhidrogén szennyezések további sorsát a felszín alatti talajrétegekben. A domborzati viszonyok befolyásolják továbbá a szennyeződések horizontális kiterjedésének mértékét (felszíni elfolyás, eróziós vándorlás).

3.1. A kőolajszármazékok mozgásainak és megkötődésének komplex folyamata talajokban.

A talajfelszínre ömlő illetve a földbe süllyesztett csővezetésekből, tartályokból a talajokba jutó szénhidrogén szennyeződések beszivárgása, megkötődése, felszíni és felszín alatti mozgása, ill. átalakulása komplex folyamat, mely vázlatosan az alábbi ábrán látható.



9. sz. ábra

A kőolajszármazékok sorsa a talajban

A különféle szénhidrogén származékokra, ill. az azokat alkotó vegyületekre az alábbi folyamatok hathatnak:

- felszíni elfolyás önálló folyadékfázisban oldott vagy a szilárd részecskék felületén adszorbeált formában (eróziós talajszennyezések)
- deflációs vándorlás adszorbeált állapotban
- a talajfelszínre jutó, még be nem szívárgott, ill. a felszín alatti talajrétegekbe beszívárgott, de a talajfelszínnel a pórusokon keresztül kapcsolatot tartó szennyeződések párolgása a környező légtérbe
- szorpció és deszorpció folyamatok az agyagásványok, egyéb ásványi felületek (oxididoxidok), ill. a talaj élő- és holt anyagai közreműködésével.
- a gázfázis a vizes fázis és a szénhidrogénfázis között az egyes vegyületekre külön-külön kialakuló egyensúlyi megoszlások.
- gőzfázisú diffúziós áramlások a vízzel telítetlen talajrétegek pórusrendszerében.
- a vízfázisba beoldódó komponensek szállítódása a hidrodinamikai transzport folyamatok révén (beleértve az oldott anyag diffúziós és konvektív – diszperzív áramlását)
- nem vizes fázisú folyadék áramlások
- felszívás, kiválasztás, ill. visszatartása termésekben és növény maradványokban
- különféle degradációs folyamatok, beleértve az alkotó vegyületek mikrobiológiai lebontását, kémiai bomlását és a felszín közeli talajrétegekben esetlegesen lejátszódó fotokémiai reakciókat.

A szennyező szénhidrogén vegyületek fizikai és kémiai sajátosságai, a velük érintkező talaj- és talajoldat tulajdonságai, ill. a környezet éghajlati és domborzati viszonyai (a korábbiakban említett tényezők) határozzák meg, hogy adott helyen és időpontban a szennyeződések további sorsa szempontjából mely folyamatok a jelentősek és melyek az elhanyagolhatók.

Felhasznált irodalom

1. Crubb, D.G.; Sitar N.: Evamation of technologies for in-situ Manup of DNAPL contaminated sites. (DNAPL-lel szennyezett területek in-situ tisztítási technológiáinak értékelése) USEPA. EPA/600/k-94/120. Ada. Oklahoma 1994. 35 p.
2. Makó, A: A talaj szilárd fázisa és a szerves folyadékok kölcsönhatásai. Kandidátusi értekezés. Keszthely, 1995. 103 p.
3. Weber, J.B.: Miller, CT.; Organic chemical inovement over and through roil. (Szerves vegyületek mozgása a talajon és a talajban) = Reaitions and Movement of Organic Chemicals in Soils. SSSA Special Publication. 1989. 22. sz. p. 25-56.
4. Makó A.; Szénhidrogén szennyeződések vándorlásának modellezése erősen aggregálódott talajokban. 1997. veszprémi Környezetvédelmi Konferencia.
5. Barótfi István: Környezettechnika (Mezőgazdasági kiadó 2000)
6. Dr. Halász László – Toldi László: Környezetvédelem – Környezetbiztonság, Egyetemi jegyzet 2001.