

## **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 elérje 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 ( $V_{\text{eff}}$ ) 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:

<b>TALAJ TÍPUS</b>	<b>SZIVÁRGÁSI TÉNYEZŐ cm/s.</b>
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.

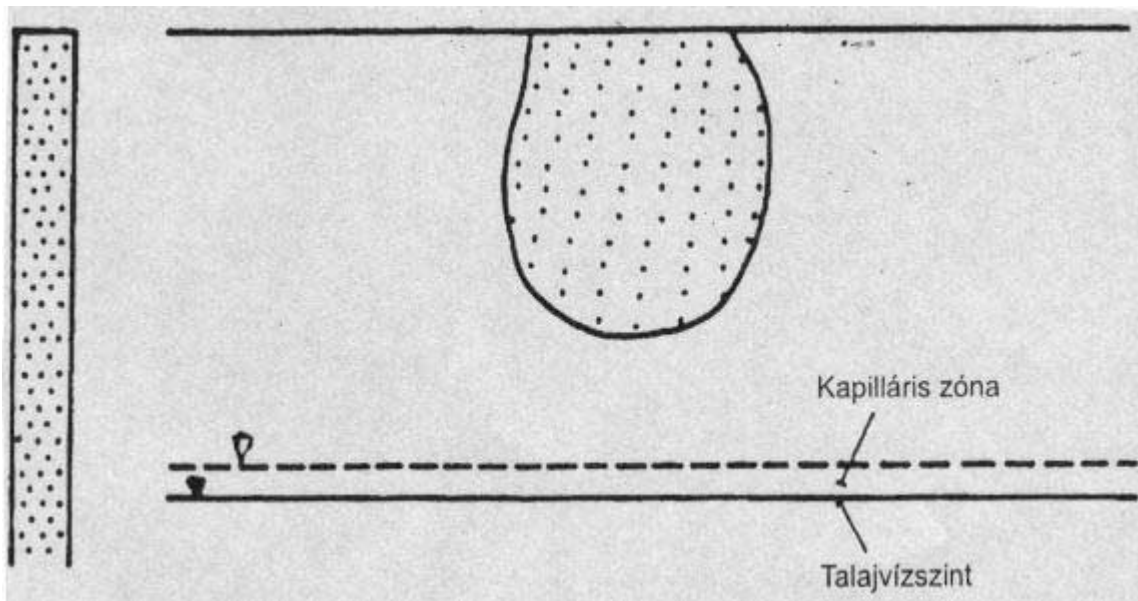
A talajfelszínre kiömlött olaj szétterül, majd függőleges irányú beszivárgással egyre nagyobb mélységbe hatol és elérheti a talajvízszintet.

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.

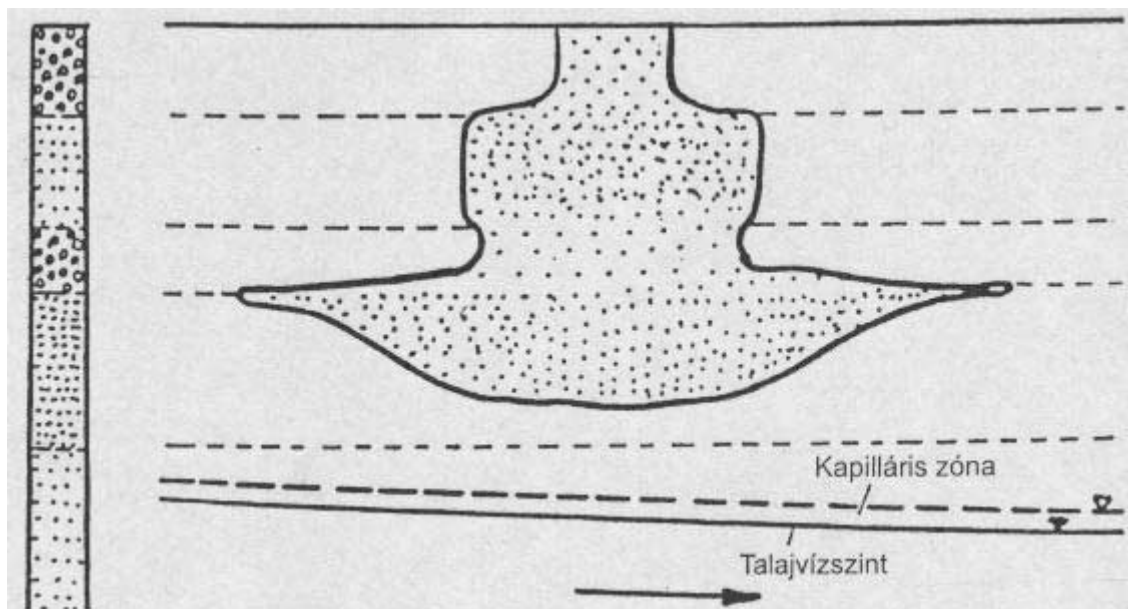


1. sz. ábra.  
Olajtest alakja egynemű talajokban

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

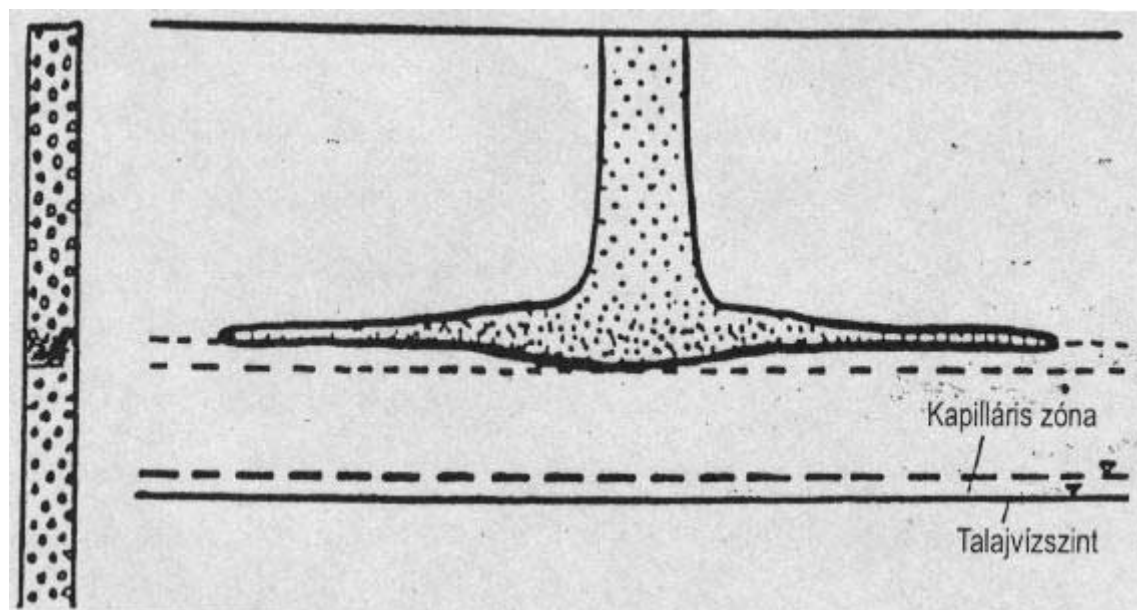
Az ábrán látható, hogy a kisebb átteresztő képességű réteg a szivárgó keresztmetszet szétterülését eredményezi, míg a jobb átteresztő képességű rétegbe történő átmenetnél lényegében azonos marad a szivárgási keresztmetszet.

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.



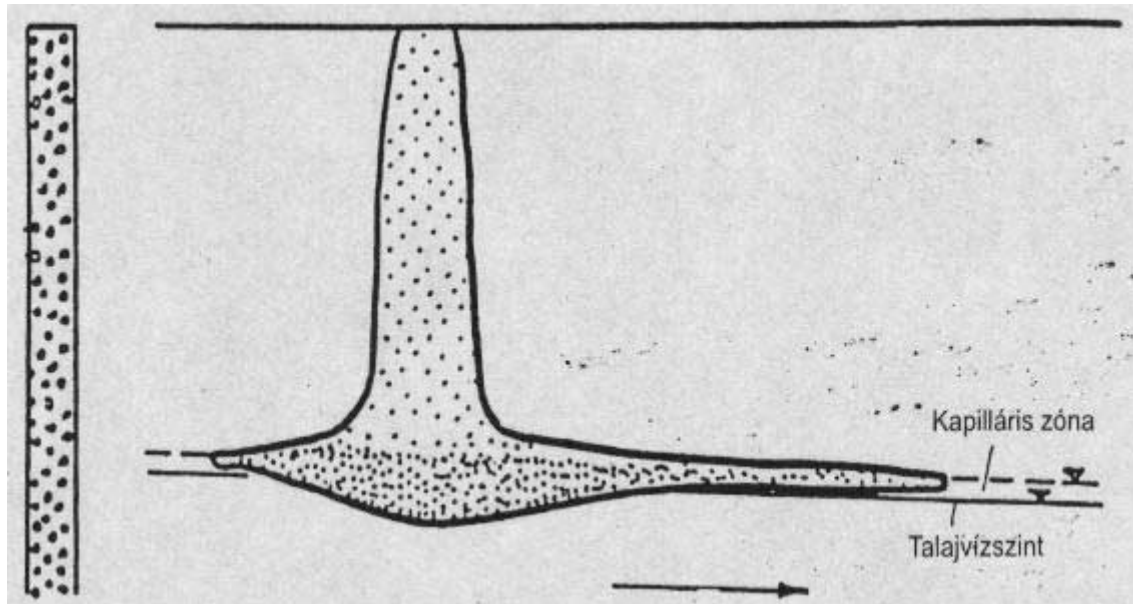
3. sz. ábra

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

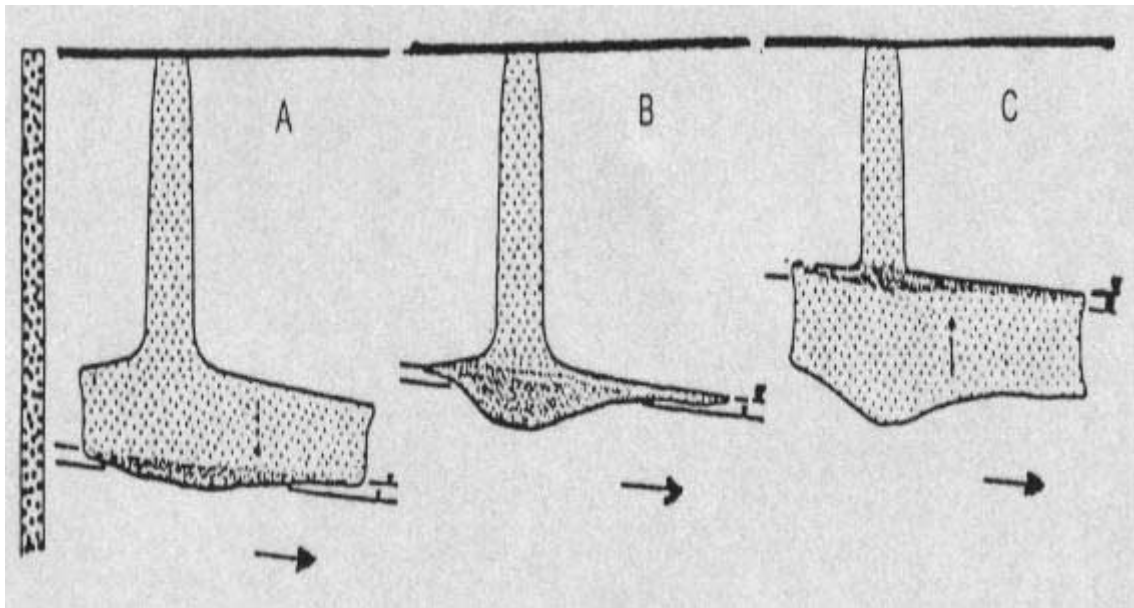
A látható asszimetria a talajvíz áramlási iránya miatt jön létre. Ha az olaj nyomás miatt közvetlenül behatol a talajvíztartó rétegbe, akkor a nyomás kiegyenlítődése után gyorsan felemelkedik a talajvíz felszínéig, és egyensúlyi helyzetet vesz fel a kapilláris sávban, elsősorban a talajvíz áramlási irányában.

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 kapillaris 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.

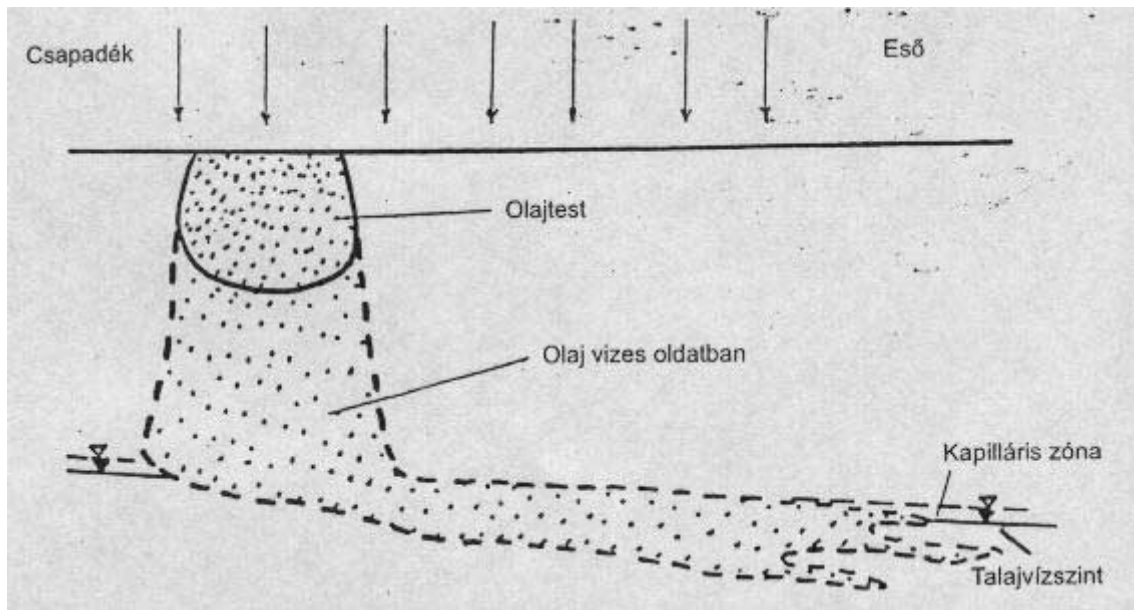


5. számú ábra

Olajtest elhelyezkedése változó talajvízszint esetén

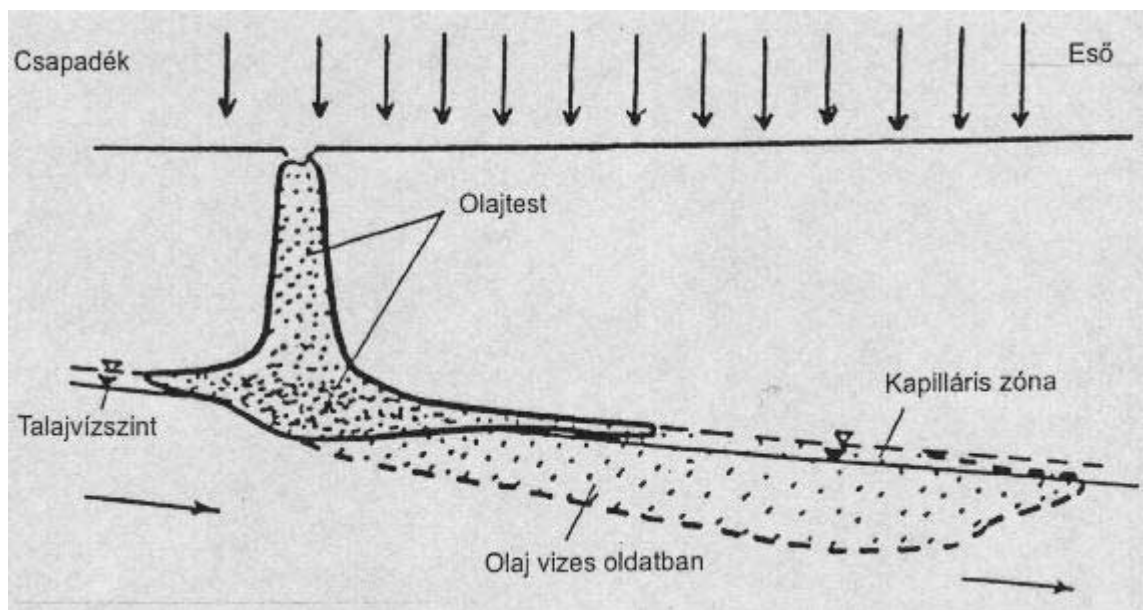
## 2.6 Olajtestből kioldódó olaj útja

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

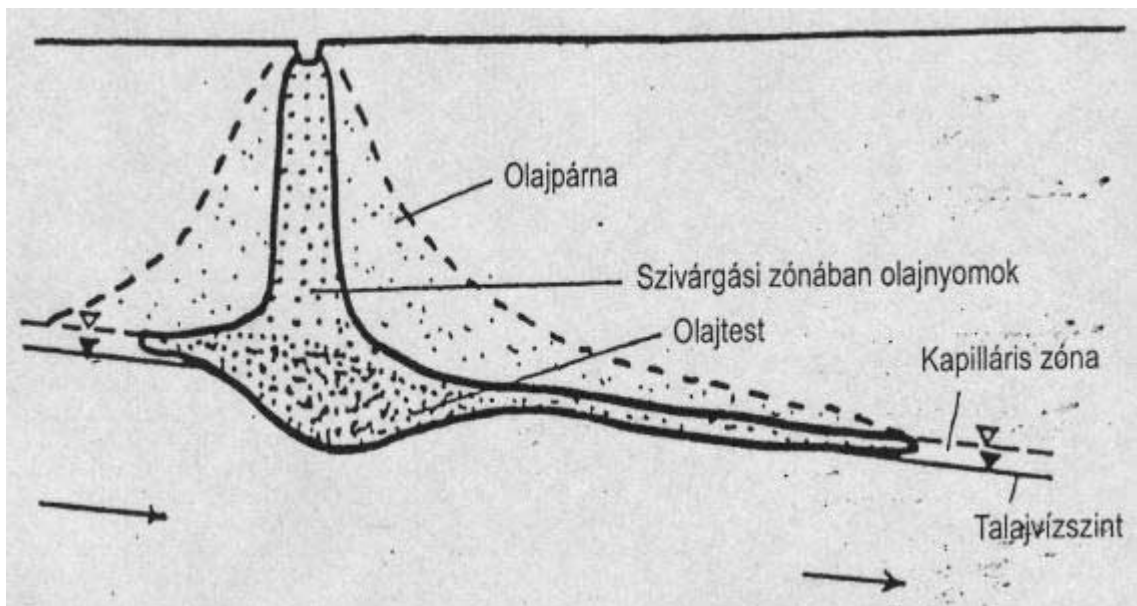
magával ragadja. A kioldott olajmennyiség függ az érintkező felületektől a víz áramlási sebességétől, a víz telítettségi fokától és az olajfajta milyenségétől.

### **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



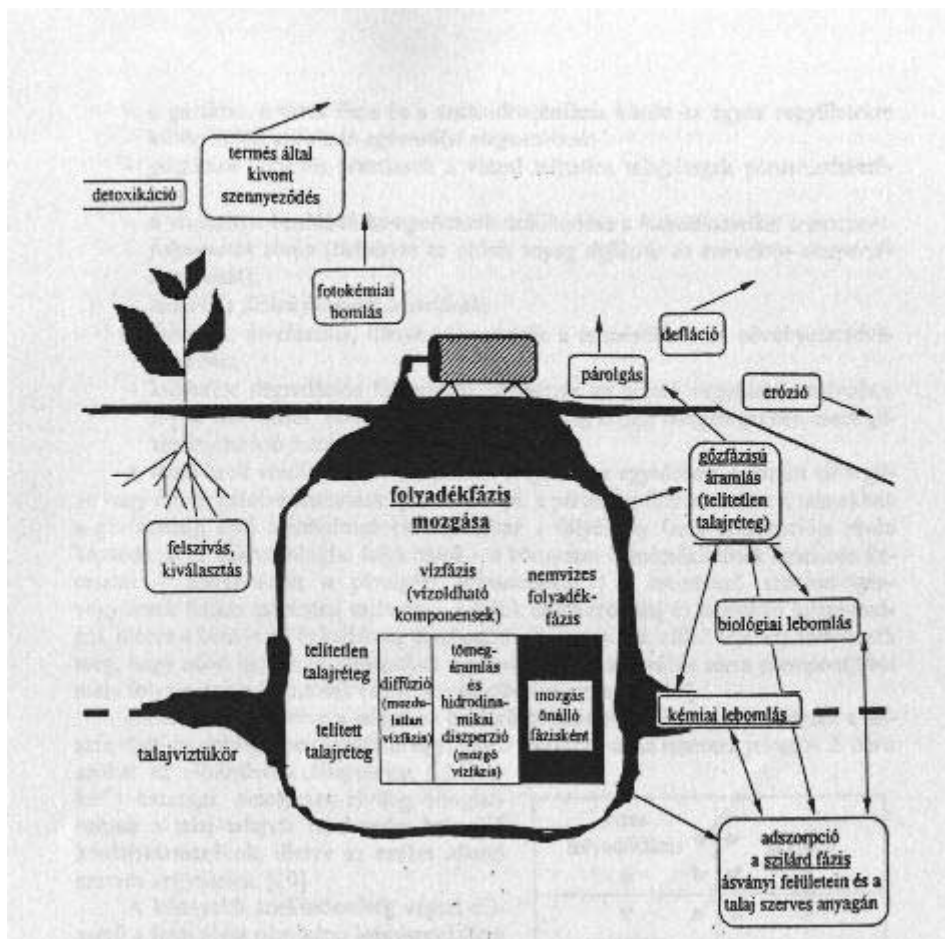
hőmérsékletfüggő. A kőolaj származékok degradációs folyamataival sebességét is meghatározza a környezet hőmérséklete.

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.: Evaluation 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.