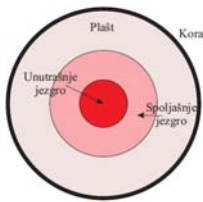


Физика земљишта

1

Литосфера



Slika 5.1: Struktura Zemlje

- Унутрашње језгро, полупречник 1200 км (Fe, Ni), због притиска је чврсто
- Спољашње језгро дебљине 2300 км (Fe, Ni), течно стање
- Плашт, дебљине 2800 км, чврсте силикатне стене
- Кора, 6–40 км, силикатне стене

2

Сеизмички таласи и структура Земље

- Структура Земље и земљотреси
 - Урвински
 - локални
 - Вулкански
 - локални
 - Тектонски
 - Набирање Земљине коре доводи до напрезања
 - Гомила се потенцијална енергија
 - Савладава силу трења између делова коре и изазива **механички талас**

3

Сеизмички таласи и структура Земље

- Два типа таласа
 - Запремински
 - Површински
- Промене брзине таласа указују на нехомогеност унутрашњости
- Начин осциловања?
 - Трансверзални (у чврстом стању)
 - Лонгитудинални (у свим стањима)

4

Сеизмички таласи и структура Земље

- Запремински таласи - сложени из
 - Лонгитудиналног
 - Бржи, 7-8 км/с, P-талас (primus/push)
 - Изазива потресе у правцу простирања и први се региструје
 - Трансверзалног
 - Спорији, 4-5 км/с, S-талас, secundus/shake
- Из измерене брзине таласа се закључује о особинама средине кроз коју је талас прошао

$$u_T = \sqrt{\frac{E_s}{\rho}}, \quad u_L = \sqrt{\frac{E_Y}{\rho}}$$

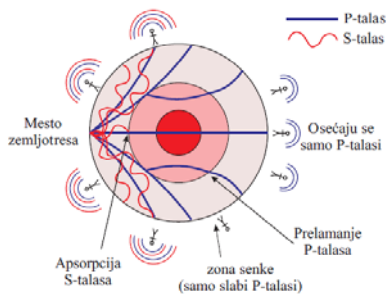
5

Сеизмички таласи и структура Земље

$$u_L = \sqrt{\frac{E_Y}{\rho}}$$

$$u_T = \sqrt{\frac{E_s}{\rho}}$$

- Преламање при преласку из слоја у слој
- Мањи број фронтова одговара смањењу интензитета таласа



Slika 5.2: Prolazak S i P talasa kroz Zemlju nakon zemljotresa

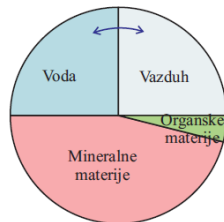
Земљиште

- Површински део планете настао интераговањем атмосфере и литосфере
- Услед протока енергије између њих
- Некомпактан површински слој Земље састављен од органског и минералног материјала
- Служи као природна средина за раст и развој биљака
- Агрегатно стање – полифазног је састава – све три фазе

7

Земљиште

- Чврста фаза, 50% запремине
 - 45% неорганско
 - 5% органско
 - (чврста фаза- крута порозна структура=матрица у којој су друге две фазе)
- Гасовита фаза - ваздух
- Течна фаза – водени раствор са физичким особинама воде



Slika 5.3: Zemljište optimalnog sastava za biljke

8

Физика чврсте фазе

Механички састав земљишта (текстура)

- Механички састав – квантитативан однос појединих категорија честица у делу тла
- Класификација заснована на крупноћи честица
- Најкрупнији камен и шљунак- настају физичким трошењем стена
 - екстремно пропусна за воду,
 - имају доста ваздуха,
 - хемијски неактивна

Prečnik [mm]	Naziv čestice
> 20	kamen
20 – 2	šljunak
2 – 0,2	krupni pesak
0,2 – 0,02	sitni pesak
0,02 – 0,002	prah
< 0,002	glina

9

Физика чврсте фазе

Механички састав земљишта (текстура)

- Песак – настаје на исти начин
 - Има велику пропустљивост за воду,
 - Прозрачно је
- Прах
 - Између песка и глине
 - У сувом стању је везан
 - Не бубри
 - Слабо се лепи
 - Добро задржава воду
 - Слабо је пропушта
 - Адсорбује јоне
 - Лако се збија и ствара покорицу
- Глина
 - Најактивнији састојак
 - Везује велике количине воде,
 - Бубри и лељива је
 - Када је сува контрахује се и тврда је
 - адсорбује

Prečnik [mm]	Naziv čestice
> 20	kamen
20 – 2	sljunak
2 – 0,2	krupni pesak
0,2 – 0,02	sitni pesak
0,02 – 0,002	prah
< 0,002	glina

10

Физика чврсте фазе

Структура земљишта

- Структура земљишта – начин расподеле механичких елемената који га чине и њихов однос у порам тла
- Три типа
 - Агрегатна
 - 3-дим структуре .- агрегати
 - Кохерентна
 - У сувом стању компактно, тврдо и склоно пуцању
 - Без изражене структуре
 - Обилује крупним врстама честица (шљунак и песак)

11

Физика чврсте фазе

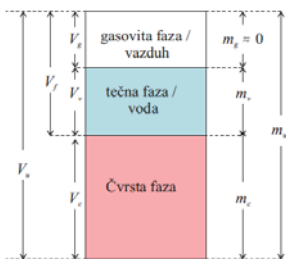
Густина земљишта и његова порозност

- Просечна густина земљишта се дефинише за суво земљиште

$$\rho_{sr} = \frac{m_c}{V_u} = \frac{m_c}{V_g + V_v + V_c}$$

- Густина чврстог дела

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c}$$



Slika 5.4: Zapreminski i maseni odnosi tri faze zemljišta

12

Физика чврсте фазе

Густина земљишта и његова порозност

- Однос запремина пора и чврсте фазе није 1:1 – квантитативна мера је коефицијент порозности

$$\varepsilon = \frac{V_f}{V_u} = \frac{V_v + V_g}{V_c + V_v + V_g}$$

- Износ је око 0,3 до 0,6
- Земљишта крупније структуре су мање порозна иако је просечна величина пора већа
- Други запис овог коефицијента

$$\varepsilon = \frac{V_v + V_g + V_c - V_c}{V_c + V_v + V_g} = \frac{V_u}{V_u} - \frac{V_c}{V_u} = 1 - \frac{\rho_{sr}}{\rho_c}$$

13

Физика чврсте фазе

Густина земљишта и његова порозност

- Друга процена порозности преко коефицијента који представља однос запремине пора и запремине чврсте фазе

$$\epsilon = \frac{V_f}{V_c} = \frac{V_v + V_g}{V_c} = \frac{V_v + V_g}{V_u - V_f}$$

14

Водени потенцијал земљишта

- Није довољно знати количину воде
- Две врсте земљишта са честицама различитих величина које садрже исту количину доведемо у контакт
- Вода из земљишта крупније структуре прелази у оно ситније
- Обајшњење?

15

Енергијско стање воде у земљишту

- Поседује различите форме енергије (кинетичку и потенцијалну)
- Креће се малом брзином - занемарује се кинетичка
- Потенцијална – у вези са положајем делића ...
- Разлика у потенцијалној енергији између две тачке земљишта изазива кретање воде
- Сви системи теже да буду у стању што мање потенцијалне енергије
- Проток воде – у смеру смањења потенцијалне енергије
- Престанак кретања – када енергија буде једнака у свим тачкама

16

Енергијско стање воде у земљишту

- Интензитет силе која изазива кретање воде

$$F = \frac{\Delta E_p}{\Delta t}$$

- Из енергијског стања воде се види колики рад мора биљка да изврши да би из земљишта извукла воду
- Потенцијална енергија - нема апсолутну вредност
- Увек се рачуна у односу на неку изабрану тачку.
- Уместо енергије користи се **потенцијал**

17

Енергијско стање воде у земљишту

- **Потенцијал** = потенцијална енергија јединице масе
- Енергијско стање у односу на које се рачуна: хипотетички резервоар чисте, слободне, воде (на коју не утиче чврста фаза), на атмосферском притиску и на истој температури на којој је вода у земљишту (и на истој висини).
- Потенцијал такве воде је нулти.

18

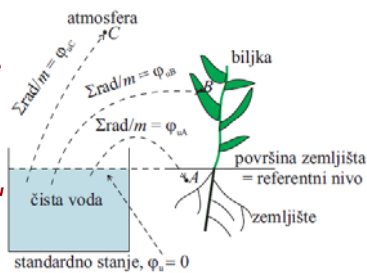
Енергијско стање воде у земљишту

- Укупни потенцијал = **износ рада који треба извршити по јединици масе чисте и слободне воде у циљу преноса, на реверзибилан и изотерман начин, инфинитезималне количине воде из базена са чистом водом, који се налази на одређеној висини и на атмосферском притиску, у земљишну воду у некој тачки земљишта.**
- (Инфинитезимална количина ?
- Количина која неће битно променити референтно стање базена)

19

Енергијско стање воде у земљишту

- Укупни потенцијал = **износ рада који треба извршити по јединици масе чисте и слободне воде у циљу преноса, на реверзибилан и изотерман начин, инфинитезималне количине воде из базена са чистом водом, који се налази на одређеној висини и на атмосферском притиску, у земљишну воду у некој тачки земљишта.**

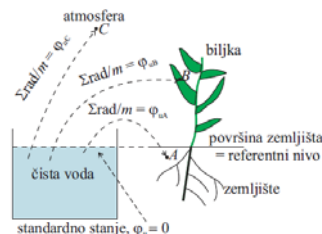


Slika 5.5: Potencijali vode u zemljištu, u ćelijama biljke i u atmosferi

20

Енергијско стање воде у земљишту

- Конвенција:
 - Уколико је потребно извршити рад за пренос - потенцијал је позитиван
 - Земљиште незасићено водом
 - Ако се вода креће спонтано – потенцијал је негативан
 - Када је земљиште засићено водом

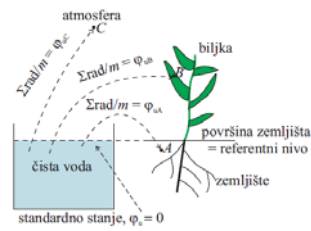


Slika 5.5: Potencijali vode u zemljištu, u ćelijama biljke i u atmosferi

21

Енергијско стање воде у земљишту

- Више сила делује на воду у земљишту
- Потенцијал има више сабирака
 - Гравитациони потенцијал
 - Осмотски
 - Матрични
 - Потенцијал спољњег притиска, ...



Slika 5.5: Potencijali vode u zemljištu, u ćelijama biljke i u atmosferi

$$\varphi_u = \varphi_g + \varphi_o + \varphi_m + \varphi_{sp} + \dots$$

22

Енергијско стање воде у земљишту

Гравитациони потенцијал

- Тело на малој висини, $F_g = mg$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Потенцијал = енергија за подизање тела јединичне масе на неку висину

$$\varphi_g = \frac{E_p}{m} = \frac{mgh}{m} = gh.$$

- Аналогно је за воду у земљишту
- Уколико је тачка изнад референтне потенцијал је позитиван и супротно
- За воду на дубини z испод референтног нивоа је

$$E_p = -mgz$$

$$\varphi_g = \frac{E_p}{m} = -gz.$$

23

Енергијско стање воде у земљишту

Осмотски потенцијал

- Последица тога што вода у земљишту није чиста већ је раствор
- Растворене супстанце снижавају њен потенцијал
- Ако чисту воду од раствора раздваја селективно пропустљива мембрана (пропусна за воду) настаје осмоза

24

Осмоза и дијализа

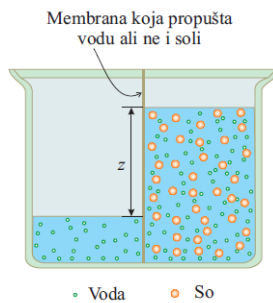
- Осмоза је транспорт **воде** кроз полупропустљиву мембрану из области веће у област мање концентрације .
- Дијализа је пренос молекула неке друге врсте кроз полупропустљиву мембрану услед разлике у концентрацији тих молекула.
- И једна и друга врста процеса се дешавају у бубрезима приликом пречишћавања крви.

25

Енергијско стање воде у земљишту

Осмотски потенцијал

- У стању равнотеже вода пролази кроз мембрану и нивоу течности више нису једнаки
- Разлика у висинама доводи до осмотског притиска који је у вези са осмотским потенцијалом (чиста вода се креће ка месту нижег потенцијала!)
- Разлика у осмотском потенцијалу изазива кретање воде кроз мембране (у корен биљака и даље кретање кроз биљке)

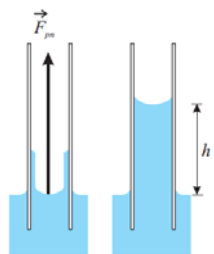


26

Енергијско стање воде у земљишту

Матрични потенцијал

- Резултат деловања сила које су повезане са матрицом чврсте фазе
 - Силе адсорпције
 - капиларни ефекти
 - Изазивају привлачење и везивање воде и тиме снижавања њене потенцијалне енергије у односу на слободну воду.
- Капиларне појаве
 - Последица површинског напона и сила адхезије



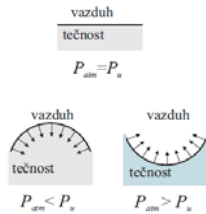
Slika 5.7: Postepeno podizanje nivoa vode u kapilari

27

Енергијско стање воде у земљишту

Матрични потенцијал

- Увек постоји баланс сила које делују на слободну површину
- Свака крива површина течности врши допунски притисак у односу на онај који постоји када је површина течности равна; у случају испупчене површи тај допунски притисак је позитиван, у случају удубљене је негативан.

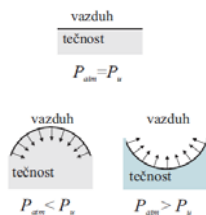


28

Енергијско стање воде у земљишту

Матрични потенцијал

- Разлика у притисцима може да објасни подизање течности у капиларама
- Менискуси у порама земљишта су удубљене површине
- Разлика притисака изнад и испод дата је Лапласовом формулом



$$P_{atm} - P_u = \frac{2\sigma}{R}$$

29

Енергијско стање воде у земљишту

Матрични потенцијал

- Успоставља се равнотежа између разлике притисака око менискуса и хидростатичког притиска
- Земљиште као скуп капилара – матрични потенцијал

$$R = r / \cos \theta$$

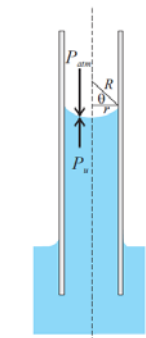
$$R \approx r$$

$$\Delta P = P_u - P_{atm}$$

$$\Delta P = -\frac{2\sigma}{r}$$

$$\Delta P = -\rho gh$$

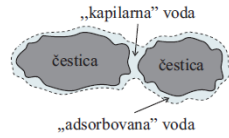
$$\varphi_m = -\frac{2\sigma}{r\rho}$$



30

Енергијско стање воде у земљишту Матрични потенцијал

- У реалним условима јавља се и адсорпција
 - На чврстим честицама ствара се и опнасти омотач воде
- Заступљен у глиновитом земљишту
 - Има ниски потенцијал (негативан па је велики по апсолутној вредности – велика способности усисавања воде)
- Песковито земљиште – адсорпција занемарљива – доминирају капиларни ефекти
- Матрични потенцијала – комбинација ова два ефекта



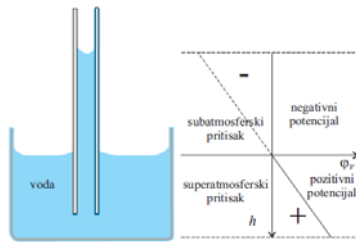
Слика 5.10: Капиларна и адсорбована вода

31

Алтернативни начин приказивања потенцијала воде у земљишту

- Уместо преко потенцијалне енергије јединице масе преко потенцијалне енергије јединице запремине
- Гравитациони запремински потенцијал=хидростатички притисак
- Засићено земљиште, притисак већи од атмосферског па је позитиван
- У капиларама је притисак негативан ...

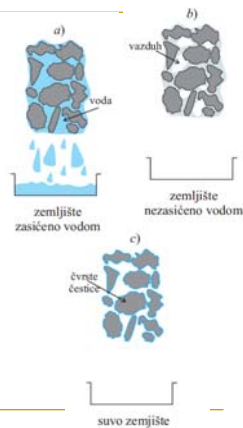
$$\varphi_V = \frac{mgh}{V} = \rho gh,$$



Слика 5.11: Матрични потенцијал јединице запремине

Типови воде у земљишту

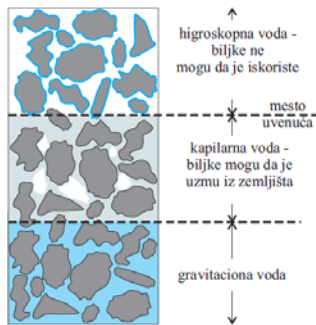
- Вода у земљишту:
 - Гравитациона
 - Све поре попуњене - Засићено земљиште
 - Капиларна
 - Нису све поре попуњене - незасићено
 - Хигроскопна
 - Суво земљиште
- Билке могу да узимају преко корена капиларну воду
- Место увенућа – дубина земљишта на којој престаје да постоји капиларна вода



33

Типови воде у земљишту

- Биљке могу да узимају преко корена капиларну воду
- Место увенућа – дубина земљишта на којој престаје да постоји капиларна вода



Slika 5.13: Raspored tipova vode u zemljištu

34

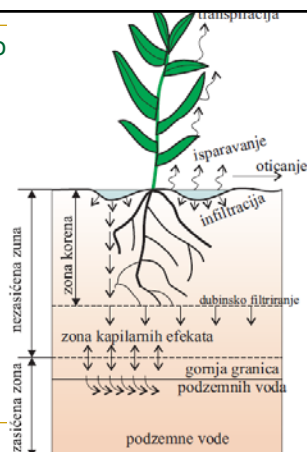
Вода у земљишту као део хидролошког циклуса

- За 1 кг масе биљке кроз њу прођу стотине кг воде
- Просечна биљка мало више од 90% воде коју је добила преко кореновог система ода у атмосферу
- Циклус
 - Вода из атмосфере падавинама дође на површину
 - Инфилтрација – улазак у земљиште
 - Део улија корен
 - Део пролази и постаје део подземних вода чијим кретањем управља гравитација
 - Изнад горње границе подземних вода налази се капиларна
 - У атмосферу одлази испаравањем из земљишта или биљака

35

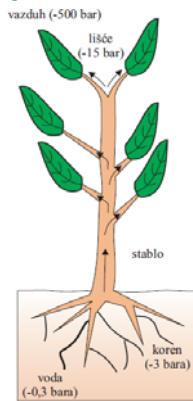
Вода у земљишту као део хидролошког циклуса

- Део хидролошког циклуса који се одвија у земљишту и биљкама



Вода у земљишту као део хидролошког циклуса

- Карактеристичне вредности потенцијала у биљкама и њиховом окружењу
- Вода се из земљишта преко корена транспортује спонтано јер постоји разлика потенцијала
- Највећи градијент је између листова и атмосфере



Протицање воде кроз засићено земљиште

- Ламинарно протицање кроз праву, глатку цев, неког полупречника и дужине изазвано разликом притисака – Поазејев закон

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta l}$$

- Да је земљиште унија правих и глатких цеви константног пречника, укупни проток би био збир оваквих израза

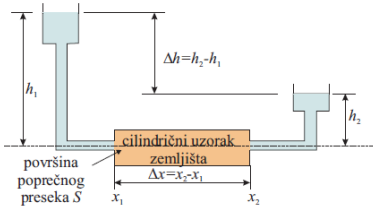
38

Протицање воде кроз засићено земљиште

- Поре у земљишту
 - Нису униформне, глатке и цилиндричне
 - Нерегуларног су облика
 - Закривљене и на неуређен начин су повезане
- Реално – брзина варира
- Нема смисла тражити конкретан микроскопски израз већ само макроскопски – усредњен
- Занемарује се конкретна структура и узорак сматра хомогеним
- Сматра се да је засићено земљиште

39

Протицање воде кроз засићено земљиште

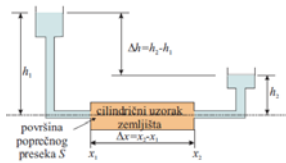


Slika 5.15: Proticanje vode kroz uzorak zemljišta

40

Протицање воде кроз засићено земљиште

- Анри Дарси, 1856.
- Запремински проток кроз узорак земљишта је пропорционалан
 - Површини попречног пресека узорка
 - Разлици висина водених стубова
 - Обрнуто пропорционалан дужини



Slika 5.15: Proticanje vode kroz uzorak zemljišta

$$Q = -KS \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

41

Температура земљишта

- Просечна температура око 300 К
- Варира у распону 273 – 330 К
 - **Зрачење**
 - Винов закон - земљиште зрачи у распону таласних дужина 3-50 μm
 - Максимум зрачења је на 10 μm (ИЦ зрачење)
 - Размена топлоте се одвија и путем **конвекције** (топлих отпадних вода у земљиште нпр.)
 - **Провођење** – у највећој мери се топлота преноси на овај начин

42

Температура земљишта

- Постоји и
 - Композитни механизам преноса топлоте
 - Повезан са латентном топлотом (залеђивање и тољење воде)
- Провођење – описује се Фуријеовим законом
- Флукс топлоте

$$q = -\kappa \frac{\Delta T}{\Delta x},$$

43

Температура земљишта

Дневне и сезонске варијације

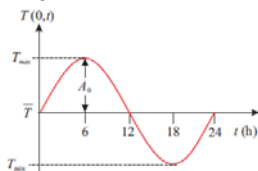
- Температура се стално мења
 - Дневне
 - Годишње
- Изазивају их
 - спољњи феномени (облачност, хладни и топли таласи, пљускови, олује, поплаве,...)
 - Промене у карактеристикама земљишта (промена рефлективности, топлотне капацитивности, проводности)
 - Утицај георафске локације
 - Присуство вегетације
 - човека

44

Температура земљишта

Дневне и сезонске варијације

- Најједноставни модел – хармонијско осциловање температуре око неке средње вредности (почетак посматрања је када је температура једнака средњој вредности)
- За дневне варијације температуре (период 24 сата), угаона фреквенција је



Slika 5.16: Dnevne varijacije temperature zemljišta

$$\omega = 7,27 \times 10^{-5} \text{ rad/s.}$$

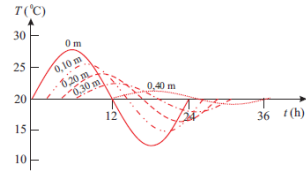
$$T(0, t) = \bar{T} + A_0 \sin(\omega t),$$

45

Температура земљишта

Дневне и сезонске варијације

- Чију промену температуре описује претходна формула?
- Земљиште поседује инертна термална својства
- Промене температуре “касне” са дубином



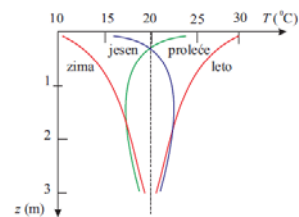
Slika 5.17: Dnevne varijacije temperature zemljišta na različitim dubinama

46

Температура земљишта

Зависност од дубине

- Тренд промене зависи од годишњег доба
- Зими температура расте са дубином
- У лето опада
- У јесен и пролеће зависност је сложенија



Slika 5.18: Zavisnost temperature zemljišta od dubine

47
