

Zbornik seminarских nalog
pri predmetu

PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,
2015/2016

Uredil:
izr. prof. dr. Jure Ravnik



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija

PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

zimski semester, 2015 – 2016

ZBORNIK SEMINARSKI NALOG

Uredil:

izr. prof. dr. Jure Ravnik

V zborniku so zbrane naloge, ki so jih izdelali študenti drugega letnika Tehniškega varstva okolja pri predmetu Prenosni pojavi v okolju. Naloge so bila ustno predstavljene v okvirju seminarja pri predmetu.

Izdalo in založilo:

Fakulteta za strojništvo
Smetanova 17, 2000 Maribor
Januar 2016

Tisk in vezava:

Dokument je na voljo v digitalni obliki pri uredniku.

Kazalo

Živo srebro v okolju, <i>G. Marin</i>	1
Odstranjevanje SO_2 iz dimnih plinov, <i>J. Videčnik</i>	7
Razširjanje razlite nafte na morju, <i>L. Maleš</i>	15
Tok dežja skozi telo deponije odpadkov, <i>L. Jančič</i>	25
Prenosni pojavi v bioplinarnah <i>M. Donša</i>	33
Radioaktivnost, zakaj nastane, nevarnosti, kako se prenaša, <i>M. Zavrtnik</i>	41
Napovedovanje vremena, <i>P. Bizjak</i>	49
Zemeljski plazovi, <i>P. Ambrožič</i>	57
Prenosni pojavi v termoelektrarni, <i>S. Paller</i>	65
Ozonska luknja, <i>T. Lorenčič</i>	73
Velika ekološka nesreča v Černobilu in razširjanje onesnaževal, <i>T. Hauptman</i>	81
Delovanje čistilne naprave za odpadno vodo, <i>U. Fišer</i>	89
Potresi, <i>V. Žlender</i>	97

Živo srebro v okolju

G. Marin¹

Mercury in the environment

Povzetek. V tem dokumentu so opisani viri živega srebra v okolju, njegov cikel in vpliv na vrste živali in ljudi.

Abstract. This document summarizes the effect of mercury on the environment, its environment cycle and the effect it has on certain kinds of animals and people.

1 Uvod

Vsebnost živega srebra v okolju se je v dobi industrializacije znatno povečala. Živo srebro je danes prisotno tako v naravi kot tudi v živih organizmih po vsem svetu (predvsem v ribah). Prisotno je v taki meri, da negativno vpliva na človeka in divje živali. Človek je s svojimi dejanji v preteklosti v okolju pustil sledi živega srebra, ki danes negativno vplivajo na zdravje živih organizmov. Z raznimi posegi v prostor, divjimi odlagališči, onesnaženimi industrijskimi območji ter rudarskimi dejavnostmi, je na številnih območjih po vsem svetu vsebnost živega srebra večja kot bi lahko bila. Zaradi transkontinentalnega transporta živega srebra so prizadeta tudi nekatera območja (Arktika), ki sama po sebi toliko živega srebra ne proizvajajo. Znano je, da živo srebro zelo negativno vpliva na zdravje ljudi in okolja. Živo srebro in njegove spojine še posebej prizadenejo živčni sistem. Čeprav je njegov vpliv na človeka negativen ne glede na to v kateri kemijski obliki se nahaja, se intenzivnost strupenosti od oblike do oblike razlikuje. Vnos živega srebra v organizem je lahko posledica uživanja rib, uporaba zobnih amalgamov, ali pa tudi prekomerni izpostavljenosti na delovnem mestu.

2 Splošne značilnosti živega srebra

Živo srebro je kemijski element z oznako Hg. Uvrščamo ga med kovine in je značilne srebrne barve. Posebnost živega srebra je ta, da je pri sobni temperaturi v tekočem agregatnem stanju. Atomsko število živega srebra je 80, njegova atomska masa je 200, gostota pa $13,55 \text{ g/cm}^3$. Vrelišče ima pri temperaturi $357,3^\circ\text{C}$, tališče pa pri temperaturi $-39,8^\circ\text{C}$. Pojavi se lahko v treh oksidacijskih stanjih ($\text{Hg}^0, \text{Hg}^{+1}$ in Hg^{+2}).

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

3 Viri živega srebra v okolju

3.1 Vstopanje virov živega srebra v biosfero lahko razdelimo v štiri glavne skupine:

3.1.1 Naravni viri

To so naravni izpusti živega srebra iz zemeljske skorje, kot posledica vulkanskih aktivnosti ali preperevanja kamnin.

3.1.2 Trenutni antropogeni viri (povezani s človeškimi dejavnostmi)

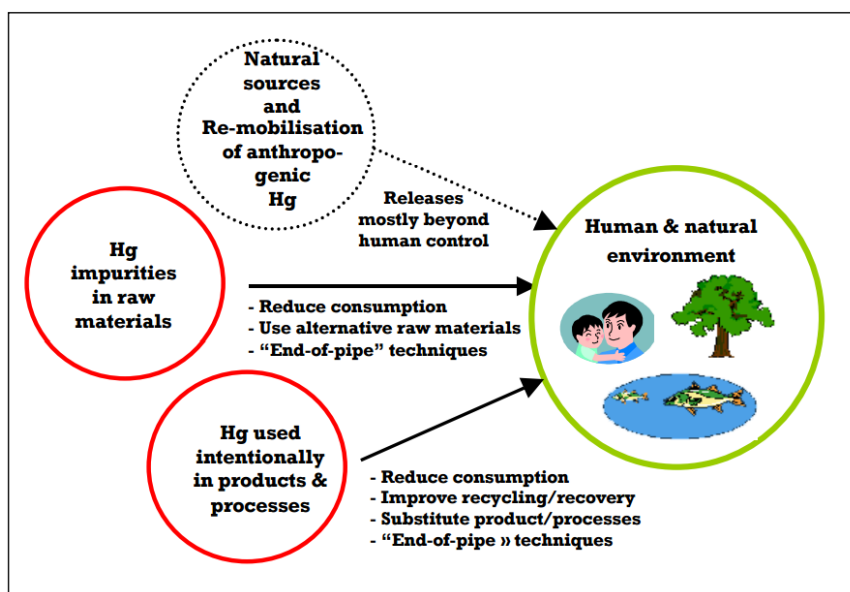
Izpusti surovih materialov in fosilnih goriv v okolje, ki vsebujejo nečistoče oz. sledi živega srebra.

3.1.3 Trenutni antropogeni viri

Viri živega srebra, ki smo ga uporabili namerno za določene proizvode in procese. Tako živo srebro preide v okolje zaradi izpustov pri procesu izdelave izdelka, uhajanja med procesom izdelave, odlaganja izdelkov, ali drugih izpustov.

3.1.4 Remobilizacija zgodovinskih izpustov

Živo srebro, remobilizirano iz nekdanjih odlagališč odpadkov, onesnaženih vodnih teles, sedimentov.



Slika 1 Viri živega srebra v okolju in rešitve za zmanjšanje njegovega vnosa v okolje

Živega srebra ni mogoče razčleniti na manj strupene snovi, zato moramo biti previdni in poskrbeti da ga v okolje vnašamo čim manj. Edini dolgoročni ponori za odstranjevanje živega srebra iz biosfere so globokomorski sedimenti in, do neke mere nadzorovana odlagališča. Po nekaterih podatkih je ocenjeno, da je okoli 50-75 % vložka živega srebra v atmosfero antropogenega izvora. Delež antropogenega izvora se je v zadnjih desetletjih zmanjšal, saj je produkcija živega srebra padla s 6000 ton na leto v zgodnjih 80. letih na 1800 ton letno leta 2000 (Drasch in sod., 2004).

3.2 Zmanjšanje dotoka živega srebra v okolje

Del živega srebra v okolje torej narava dovede sama in človek na to nima vpliva. Vsekakor pa lahko vplivamo na antropogene vplive v sedanosti in tako poskušamo zmanjšati dotok živega srebra v okolje. Za potrebe industrije je potrebno iskati nadomestljive alternativne materiale, z najsoodobnejšo možno tehnologijo poskušati zmanjšati uhajanje živega srebra ter poskušati še intenzivnejše spodbujati k pomembnosti pravilnega ravnanja z odpadki z vsebnostjo živega srebra. Odpadek je zadnja postaja v življenjskem ciklu izdelka in hkrati najmanj zaželjena, saj se ta odpadek trajno odloži v okolje in ga obremenjuje. Zato se moramo zavedati pomembnosti recikliranja in ponovne uporabe izdelka.

'End of pipe techniques' je ena izmed tehnologij za odstranjevanje okolju škodljivih snovi iz zraka, vode ali kakšne druge vrste odpada, preden se ta odloži ali izpusti v okolje. Te tehnologije niso poceni, so pa zelo zaželjene s strani okoljsko osveščenih ljudi.

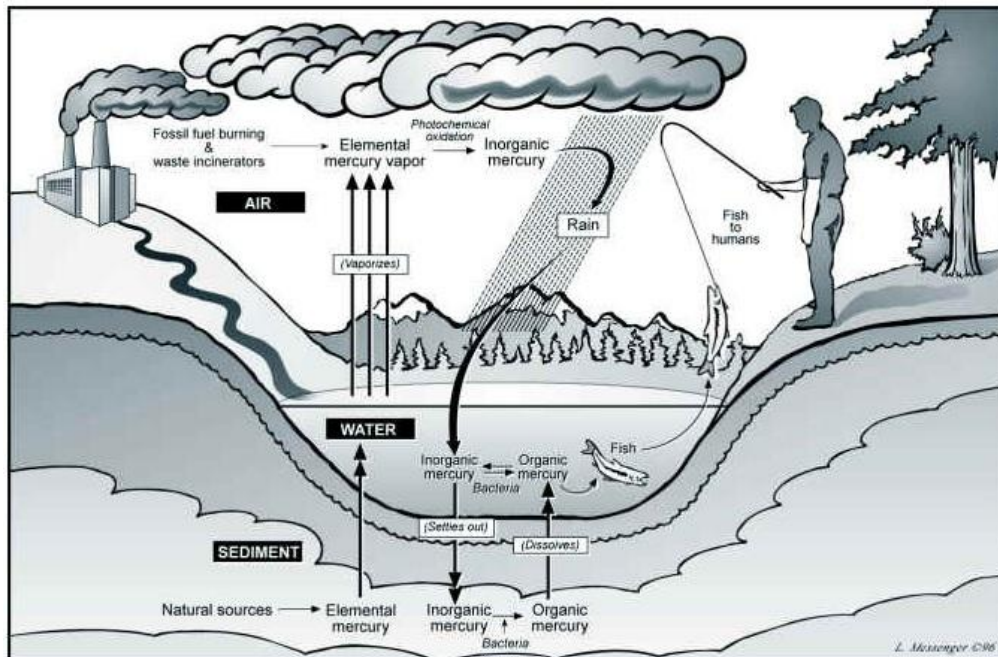
3.3 Ravnanje z odpadnim živim srebrom

Opadki živega srebra, vključno s tistimi, ki se generirajo z 'end of pipe technologies', pomenijo posebno kategorijo odpadkov, saj so zelo nevarni v smislu potenciala za kontaminacijo širšega območja okolja v primeru nepravilnega skladiščenja. Na švedskem je sprejemljiva le ena metoda za odlaganje živega srebra. Imenuje se končno skladiščenje obdelanih odpadkov globoko pod zemljo.

4 Kroženje živega srebra v okolju

Živo srebro v okolju neprestano kroži, proces imenujemo biogeokemijski cikel živega srebra. Cikel ima šest glavnih faz:

1. Odplinjevanje živega srebra iz kamnin, tal in površinskih voda, ali emisije iz vulkanov in človekovih dejavnosti.
2. Gibanje živega srebra v plinasti obliki v atmosferi.
3. Odlaganje živega srebra na kopnem in površinskih vodah.
4. Pretvorba elementa v netopen sulfid živega srebra.
5. Biokonverzija v bolj hlapne ali topne oblike, kot so metili.
6. Ponoven vstop v atmosfero, ali bioakumulacija v prehranjevalne verige.



Slika 2Cikel živega srebra v okolju

Živo srebro v okolju torej kroži kot posledica naravnih in antropogenih vplivov. Zaradi obeh vrst vplivov se v atmosfero sprošča elementarno živo srebro (Hg^0). Ko je enkrat v atmosferi, lahko po njej kroži dolgo časa (v obliki pare) in zato postane zelo razpršeno. S pomočjo fotokemične oksidacije lahko živo srebrova para postane neorgansko živo srebro, ki se lahko združi z vodno para in preko dežja pade na površje Zemlje. Voda ki vsebuje živo srebro se lahko akumulira v vodnih telesih ali tleh in tam ostane dokler se zopet ne premakne zaradi naravnih sil ali človeških posegov. V vodi se lahko živo srebro pretvori v netopen sulfid in se usede med sedimente. Lahko pa se s pomočjo bakterij pretvori iz sulfata v metil živo srebro, kar pa je pomembno zaradi dveh razlogov. Metil živo srebro je veliko bolj strupeno od neorganskega živega srebra. Organizmi tudi težje odstranijo metil živo srebro, kar privede do bioakumulacije.

Nato organizmi višje na prehranjevalni verigi zaužijejo bakterije z metil živim srebrom, oziroma zaužijejo plankton na katerega se je metil živo srebro adsorbiralo. Ta postopek se nadaljuje, dokler manjše ribe postanejo plen vse večjih rib, ki so na koncu hrana večjih živali ali človeka. Venomer se lahko tako elementarno živo srebro kot tudi organsko (metilno) živo srebro uparita in ponovno vstopita v cikel živega srebra v okolju.

5 Vpliv živega srebra na žive organizme

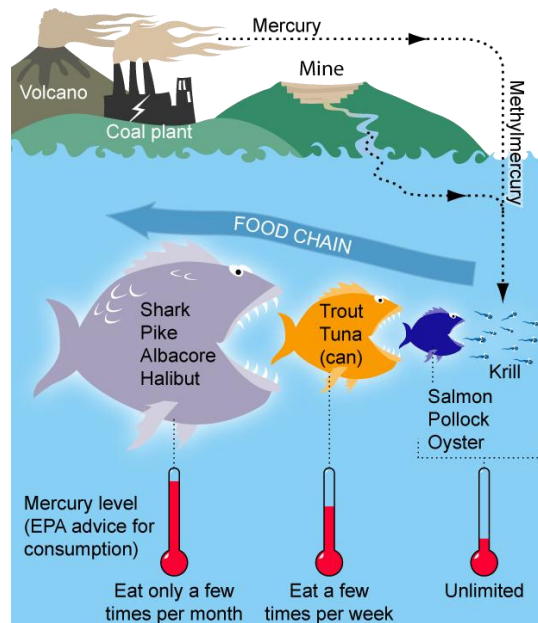
5.1 Vpliv živega srebra na rastline

Vpliv na kopenske rastline se kaže kot zmanjšana rast, poškodbe listov in korenin kakor tudi zmanjšana rast in delovanje korenin, kar privede do zmanjšane prevzema hranilnih snovi. Reducira se tudi fotosinteza. Podobno kot pri kopenskih rastlinah se tudi pri vodnih rastlinah toksičnost živega srebra kaže kot zmanjšana rast, manjša vsebnost klorofila, razbarvanje listov rastlin ter onemogočanje nekaterih osnovnih funkcij, kar privede do nekroze in odmrtnosti rastline (Drasch in sod., 2004).

5.2 Vpliv živega srebra na ribe

Živo srebro se v ribah akumulira kot posledica prehranjevanja. V raziskavah so ugotovili da ima prevzem živega srebra iz vode le 15% delež, ostalo pa ribe pridobijo preko prehranjevanja z manjšimi organizmi oz. rastlinami, ki vsebujejo živo srebro (Boudou, 1985; Amlund in sod., 2007; Chasar in sod.2009; Hall in sod. 1997). Starost, velikost, tip prehranjevanja in položaj v prehranjevalni verigi so faktorji ki v največji meri vplivajo na zastrupljenost rib z živim srebrom (Wiener in sod., 2002; Piraino in Taylor, 2009; Burger in sod. 2001).

Toksičnost živega srebra pri ribah se kaže kot zmanjšana reprodukcija, upočasnjena rast in razvoj, abnormalne vedenjske navade, slabša osmoregulacija (uravnavanje količine vode in elektrolitov v krvi). Kaže se tudi zmanjšana sposobnost lova. Dolgotrajna izpostavitve živemu srebrom lahko privede tudi do hujših oblik bolezni, kot so poškodbe možganov, slepota ter splošna oslabelelost organizma ((Drasch in sod., 2004); Grippo in Heath (2002)).



Slika 3 Princip prehranjevalne verige rib in zaužitja živega srebra

5.3 Vpliv živega srebra na ptiče

Pri pticah se zastrupljenost z živim srebrom najbolj kaže v vedenjskih motnjah in motnjah pri razmnoževanju. Raziskave so pokazale, da je metil živo srebro za ptiče bolj toksično kakor živo srebro Hg^{2+} (Drasch in sod., 2004).

5.4 Vpliv živega srebra na sesalce

Tudi v primeru sesalcev so ugotovili, da je najbolj toksična oblika živega srebra metil živo srebro, ki se v največji meri pojavlja v vodnih okoljih, zato so izmed vseh sesalcev najbolj ogroženi vodni sesalci, ter sesalci, ki se prehranjujejo z vodnimi organizmi. Pri nekaterih sesalcih so opazili sposobnost demetilacije (odstranitev ali zamenjava metilne skupine) zaradi precej variabilne frakcije celokupnega živega srebra v jetrih, ledvicah in možganih teh vrst (Wiener in sod., 2004).

Po nekaterih podatkih (Drasch in sod., 2004) so manjše živali (kuna, opica) bolj občutljive od večjih (morski lev, srna). Metil živo srebro tudi pri sesalcih najbolj prizadene živčni sistem, zmanjša se sposobnost razmnoževanja, lova, težje se tudi premikajo.

Nekateri morski sesalci lahko akumulirajo zelo velike količine živega srebra v tkivih (tj. t. j. 257-326 mg/kg mokre teže) (Hoffman in sod. 2001).

5.5 Vpliv živega srebra na človeka

Pri zastrupitvi se pri ljudeh težave pogosto kažejo pri dihalih, kjer lahko pride do različnih težav (bronhitis, pljučnica, pljučni edem in zadušitev). Ostali znaki zastrupitve so tudi kovinski okus v ustih, driska, glabol, motnje v centralnem živčnem sistemu, povečana razdražljivost ter depresija (Drasch in sod., 2004).

Izpostavljenost živemu srebru ponavadi ni smrtna. Učinek živega srebra je zlasti kritičen za razvoj možganov zarodka, zato je zastrupitev med nosečnostjo še posebej nevarna.

Skoraj vsi ljudje imamo v naših telesih manjše količine metil živega srebra, vendar v mejah, ki ne predstavljajo nevarnosti našemu zdravju. Metil živo srebro je močan nevrotoksin, ljudje pa smo mu najbolj izpostavljeni če uživamo ribe, ki vsebujejo visoke koncentracije le tega.

Literatura

Drasch G., Horvat M., Stoeppler M. 2004. Mercury. V: Elements and their compounds in the environment. Merian E., Anke M., Ihnat M., Stoeppler M. (ur.). Weinheim, Wiley-VCH Verlag: 931-1005

Hall, B.D., Bodaly R.R., Fudge R.J.P., Rudd J.W.M., Rosenberg D.M. 1997. Food as the dominant pathway of methylmercury uptake by fish. *Water, Air & Soil Pollution*, 100, 1-2: 13-24

Hoffman D.J., Rattner B.A., Scheunert I., Korte F. 2001, Environmental contaminants, V: Ecotoxicology of wild mammals. Shore R.F., Rattner B.A. (ur.). Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.: 1-48

Odstranjevanje SO₂ iz dimnih plinov.

Janez Videčnik

Removal of SO₂ from flue gases.

Povzetek. Ker smo v današnjem času vse bolj odvisni od energije in ker potrebujemo vedno več cementa in kovine potrebujemo boljše tehnologije za čiščenje toplogrednih plinov, ki jih te storitve spuščajo. V tem poročilu vam bom predstavil nastanek, nevarnosti in odstranitev toplogrednega plina SO₂ in nastanek ter vpliv kislega dežja na okolje. Kot primer delovanja naprave sem opisal razžvepljevalni proces v termoelektrarni Šoštanj in podrobneje opisal njihov pralnik dimnega plina.

Abstract. Because we are more and more dependent on energy and because we need more and more concrete and metals we need better technologies for cleaning the greenhouse gases, that are created by those factories. In this report, I will present the origin, threat and removal of the greenhouse gas SO₂ and the formation and impact of acid rain on the environment. As an example I have described the desulphurisation process in the coal power plant in Šoštanj and a more detailed description of their flue gas scrubber.

1 Uvod

V današnjem času vse bolj uporabljamo cement in kovine, smo pa tudi vse bolj odvisni od energije. V teh procesih nastanejo plini, ki škodujejo našem okolju, tako imenovani toplogredni plini. Eden izmed teh plinov, ki nastane pri v teh tovarnah in storitvah je SO₂. V tem poročilu bom predstavil nastanek, vpliv in odstranitev tega toplogrednega plina.

2 Nastanek SO₂

Toplogredni plin SO₂ je brezbarvni plin, jedkega vonja, ki se v vodi dobro raztaplja (glej enačbo (1)). Pri tem raztapljanju nastane žveplova kislina. Ta plin nastane takrat ko izgorevamo premog ali nafto, ki vsebuje žveplove primesi. V naravi nastane tudi kot posledica vulkanskih izbruhov.



Enačba (1) je vzeta iz vira [4].

Največji povzročitelji za izpust SO₂ v okolje so:

- Termoelektrarne (odvisno od goriva),
- Cementarne,
- Pridobivanje kovin iz rude,
- Kurjenje goriva, ki vsebuje veliko žvepla (motorji ladij)

2.1 Toksikološki in ekotoksikološki podatki za SO₂

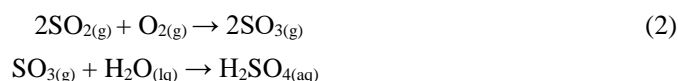
SO₂ draži in poškoduje vlažne sluznice zaradi tvorbe žveplove kisline, ki nastane pri prisotnosti vsaj 20ppm (parts per milion) SO₂. Ko koncentracija SO₂ preseže 400ppm nastane, pri vdihovanju plina, življenjska nevarnost. Zaradi hitre izparitve tekočega SO₂ ob dotiku z kožo lahko pride do ozeblin.

Iz ekotoksikološkega vidika SO₂ ogroža vodo. Saj lahko spremeni pH vode in porabo kisika, zato je smrtno nevaren za žive organizme v vodi.

3 Žveplova kislina in nastanek kislega dežja

3.1 Nastanek žveplove kisline

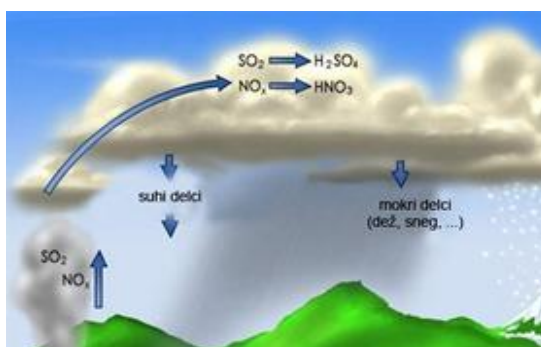
Žveplova kislina nastane ko se SO₂ ob dodatku kisika spremeni v SO₃. Iz SO₃ nato z vodno paro tvori žveplova kislina (glej enačbo (2)).



Enačba (2) je vzeta iz vira [3].

Ta kislina pa ne nastane na izvori izpustov SO₂. Ta plin se lahko prenaša na stotine kilometrov daleč preden reagira. Takšen prenos plina SO₂ nastane danes kot posledica visokih dimnikov na tovarnah in elektrarnah.

Največja posledica nastanka žveplove kisline je kisli dež.



Slika 1: Nastanek kislega dežja.

3.2 Kisli dež

Kisli dež je pojav pri katerem se v vodni pari raztopijo dušikovi ali žveplovi oksidi. Ta pojav je lahko naravnega izvora, kot je na primer izbruh vulkana, ali pa antropogenega izvora, kot posledica toplogrednih izpustov tovarnen in termoelektren.

3.3 Posledice kislega dežja

Kisli dež zelo slabo vpliva na gozdove, prsti, vodna telesa, ubija žuželke in vodne življenjske oblike, uničuje zgradbe in slabo vpliva na človeško življenje. Večina slabih vplivov nastane kot posledica spremenjene vrednosti pH in izlužanju hranljivih snovi in mineralov. Z manjšanjem vrednosti pH najbolj vpliva na vodna telesa. Če pH v vodi pade do 5 se večina ribjih jajčec ne bo izlegla, če pa pade pod 5 pa lahko ubije tudi odrasle ribe.

4 Odstranjevanje SO₂

Za odstranjevanje žvepla iz dimnih plinov uporabljajo tako imenovane razžvepljevalne naprave, ki so sestavljene iz:

- Pralnika dimnih plinov

Je najpomembnejši del razžvepljevalne naprave. Tukaj se SO₂ veže z kalcijem iz suspenzije apnenca v kalcijev sulfit. Zgrajen je iz betona in notranje strani pa so zaščitene s posebnim slojem termoplastov, ki pralnik ščitijo pred korozijo in kemičnimi vplivi.

- Ventilatorja dimnih plinov (dovajajo dimne pline iz vira)
- Lopute za usmerjanje dimnih plinov
- Obtočnih črpalk pralnika (dovajajo suspenzijo apnenca do razpršilnih šob v pralniku)
- Razpršilnih šob (razpršijo suspenzijo apnenca v pralniku)
- Puhal zraka za oksidacijo (potrebno za proces oksidiranja kalcijevega sulfita v kalcijev sulfat)
- Rezervoarja za dodatno vodo

Ker so v napravi prisotne stalne izgube vode, jih nadomestijo z dovajanjem vode v pralnik dimnih plinov. Izgube vode nastanejo zaradi vezanja vodne pare na dimne pline in kot posledica nastanka, stranskega produkta razžvepljevanja, sadre.

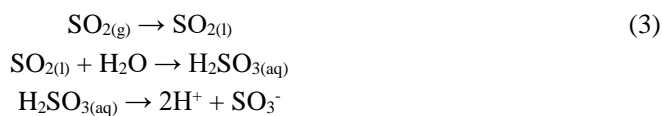
- Zasilnega rezervoarja za izpraznitev (v primeru večjih vzdrževalnih del).

4.1 Čiščenje dimnih plinov po mokro kalcitnem postopku

V tem postopku najprej spremenijo stanje SO₂ iz plinastega v suspenzijo nato, z pomočjo raztopljenega apnenca, nevtralizirajo kislino v suspenziji. Nato oksidirajo nastali sulfid v sulfat hkrati pa se pri tem postopku kristalizira sadra. Na koncu še izločijo ostale kisle snovi iz plina. Spodnje enačbe navajam iz vira [1].

4.1.1 Sprememba stanja SO₂

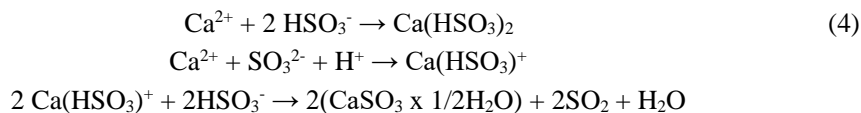
Ta fizikalni proces poteka zaradi razlike parcialnih tlakov med plinom in suspenzijo. Pri tem prehodu poteka proces hidratacije in disociacije kislin. Ta prehod je hiter. Reakcije, ki potekajo:



Pri tem se najprej žveplov dioksid spremeni iz plinastega v tekočo stanje. Tekoč žveplov dioksid reagira z vodo in nastane žveplasta kislina. Ta kislina se nato s postopkom disociacije spremeni v dva pozitivno nabita vodika in negativno nabit žveplov trioksid.

4.1.2 Nevtralizacija kislin v suspenziji

Pri tem postopku uporabljajo suspenzijo apnenca s katerim nato nevtralizirajo nastale žveplove kisline. Reakcije, ki potekajo:

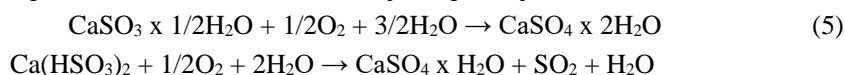


Pri tej reakciji se vežeta pozitivno nabit kalcij in dve negativno nabite žveplaste kisline v kalcijev hidrogensulfid. Kalcij se tudi poveže z žveplovim trioksidom in vodo v kalcijev hidrogensulfid.

Kalcijev hidrogensulfid se nato poveže z žveplasto kislino v kalcijev sulfid, ki je raztopljen v vodi. Od reakcije pa ostaneta žveplov dioksid in voda.

4.1.3 Oksidacija sulfida v sulfat

Ta proces poteka v nizkem pH (pod 4) in poteka ob dodajanju zraka in mešanju. Oksidacija poteka dlje časa in poteka na dnu zbiralnika. Reakcije, ki potečejo:



4.1.4 Nastanek sadre

Ta sadra se istočasno z oksidacijo kristalizira v usedalniku. Za pravilno oblikovanje teh kristalov je potrebno odstraniti grobe kristale ter vračati drobna zrna nazaj v zbiralnik. Postopek kristalizacije je zelo počasen in zavzema nekaj prostora v zbiralniku.

4.1.5 Izločanje ostalih kislih primesi

Poleg SO₂ nastanejo v dimnih plinih TEŠ tudi SO₃, klorove in fluorove spojine. Ko dimni plin preide skozi pralnik se skoraj vse kisle spojine izločijo.

4.2 Postopek čiščenja dimnih plinov v TEŠ

Dimni plini, ki prihajajo iz kotla v katerih izgorevajo lignit, vsebujejo SO₂, CO₂, NO_x, prah, pepel in druge spremljevalne snovi. Dva ventilatorja te dimne pline izsesata iz kotla po dveh kanalih preko elektrofiltrov, kjer se izloči več kot 99,8 % pepela. Te dimne pline lahko nato ventilatorja potiskata po dveh poteh:

- Skozi napravo za razžveplanje (normalna pot)
- Preko odvodnih loput direktno v dimnik (v izrednih primerih)

Pri normalnem obratovanju te dimne pline nato vodijo skozi grelnik dimnih plinov GAVO, obvodne lopute pa so zaprte. GAVO je regenerativni vrtiljivi grelnik dimnih plinov na katerem neočiščeni dimni plini s temperaturo 160 °C oddajo svojo toploto grelnim paketom, ti pa nato

oddajo toploto ohlajenim očiščenim dimnim plinom, preden jih vodimo v dimnik, da je njihova temperatura nad rosiščem (90-95 °C) [razlaga sistema GAVO izhaja iz Termoelektrarna Šoštanj, blok 4 iz proste enciklopedije Wikipedija] .

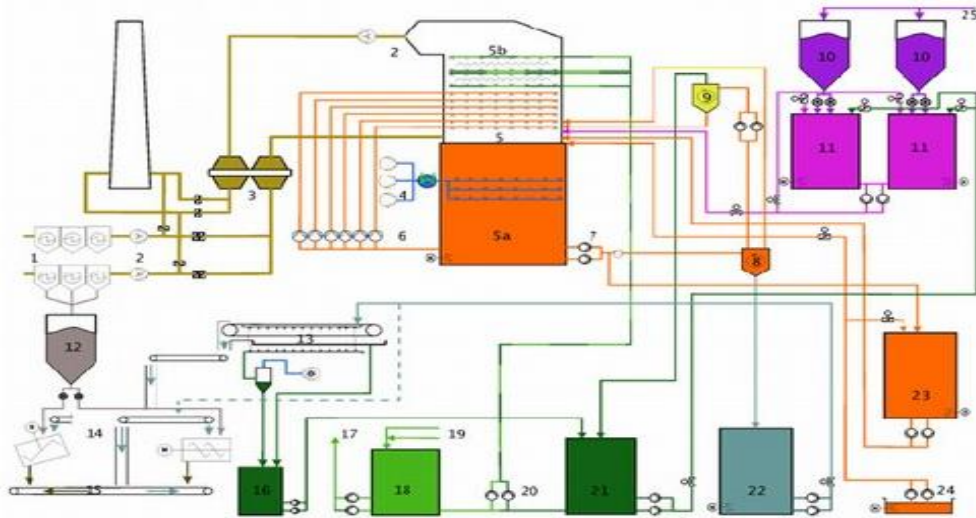
Ti dimni plini vstopajo iz grelnika dimnih plinov, s temperaturo 120 °C, v pralnik, kjer jih operejo s suspenzijo absorpcijskega sredstva.

Pralnik ima nad gladino nameščeni sistemi šob za razprševanje absorpcijskega sredstva, ki se do šob dovaja po obtočnih črpalkah. Nad gladino pralnika potekata postopka ohlajevanja dimnih plinov in bistvena faza očiščenja, difuzija žveplovega dioksida, floridov in kloridov. Dimni plini se pri prehodu skozi pralnik navlažijo do nasičenja ter ohladijo na temperaturo 60 °C. Ker ti dimni plini vsebujejo fino razpršene kapljice, morajo skozi izločevalnik kapljic na vrhu pralnika, kjer se izločijo skupaj s preostalimi kristalizacijskimi jedri. Dimni plini pri prehodu skozi pralnik suspenzijo delno uparijo, pare pa zapustijo sistem. Izgubljene vodne pare nadomestijo z dodatno vodo. Tlak očiščenih dimnih plinov, ki izstopajo iz izločevalnika kapljic, zvišajo s pomočjo ventilatorja, ki je dodatno vgrajen v kanal dimnih plinov. Te očiščene dimne pline nato iz pralnika potiskajo preko loput v dimnik.

Kalcijev sulfit, ki je nastale v procesu, pade v zbiralnik, kjer oksidira v kalcijev sulfat s pomočjo 3 puhal, ki dovajajo potrebno količino zraka za oksidacijo. Za učinkovito izločanje SO₂ iz dimnih plinov je zelo pomembno, da vzdržujejo:

- pH med 5,7 in 6,0
- pravilne gostote in temperature.

Sadra, ki v pralniku nastane iz apnene suspenzije, zgostijo na hidrociklonu produkta. Ta zgoščena sadra se nato zmeša z pepelom iz elektrofiltra tako, da dobijo fizikalno stabilno zmes. To zmes odlagajo na odlagališčih.



Slika 2 : Poenostavljena tehnološka shema naprave za razžvepljevanje dimnih plinov na bloku 4 v TEŠ.

Slika 2 prikazuje celotni sistem razžvepljevanja, ki poteka v termoelektrni Šoštanj. Številke v oklepajih se nanašajo na številke v sliki 2.

Plin preide najprej skozi elektrofilter (1), kjer se odstranijo prašni delci. Pepel, ki nastane v tem procesu se odloži v silos pepela (12), ki se nahaja pod elektrofiltri. Nato jih ventilatorji vleka (2) povlečejo skozi regenerativnega prenosnika toplote (3). Tam dimni plin oddaja svojo toploto. Dimne pline povlečejo v pralnika plinov (5). Pralnik je sestavljen iz absorpcijskega bazena (5a) iz katerega s pomočjo obtočnih črpalk prečrpamo suspenzijo v razpršilnike v območju absorpcije (5b). V tem območju se odstrani SO_2 iz dimnega plina.

Apneno suspenzijo za čiščenje plina prihaja iz rezervoarja za pripravo suspenzije (11). V tem rezervoarju se kalcit, ki prihaja iz silosa kalcita (10) nad rezervoarjem, spremeni v suspenzijo s pomočjo vode. S pomočjo črpalke procesne vode (20) vodo iz rezervoarja za obtočno vodo (21) in rezervoarja za procesno vodo (18) pošljejo v rezervoar za pripravo suspenzije (11). Na rezervoar za procesno vodo je priključena še črpalka, ki dopolnjuje procesno vodo (19). Na silos kalcita je priključen še dovod kalcita (25).

Opran dimni plin preide skozi lovilca kapljic, ki se nahaja nad območjem absorpcije (5b). Pri ponovnem vstopu v regenerativni prenosnik toplote (3) se temperatura očiščenega dimnega plina dvigne nad rosiščem preden se izpusti skozi dimnik.

V goščo, ki se zbira v absorpcijskem bazenu (5a), vpihujejo kisik s pomočjo puhal (4). Sadro, ki jo dobijo iz tega procesa, pošljejo preko odjemnih črpalk suspenzije (7) na hidrociklon produkta (8). Tam jo zgostijo in pošljejo v rezervoar suspenzije produkta (22). Produkt se nato pošlje skozi vakuumski filter produkta (13). V vakuumskem filtriranju še dodatno odstranijo vlago. Po tem postopku se v mešalnici stabilizata (14) zmeša z pepelom iz silosa pepela (12) v fizikalno stabilen produkt. Ta produkt nato odvozijo (15).

Vodo, ki jo dobimo iz hidrociklona produkta (8) nato pošljejo skozi hidrociklon obtočne vode (9). Tukaj vodo dodatno čistijo preden jo pošljejo v rezervoar obtočne vode (21).

Na proces sta še priključena rezervoar za izpraznitev (23) in lovilna jama (24), ki se nahaja pod tem rezervoarjem. Ta rezervoar se uporablja ob primeru večjih popravil pralnika dimnih plinov.

4.3 Opis pralnika plina

Številke v oklepajih se nanašajo na številke v sliki 3. V termoelektrarni Šoštanj uporabljajo pralnik, ki je sestavljen iz absorpcijskega območja (5) in absorpcijskega bazena (6).

Absorpcijsko območje je z bazenom povezano s črpalkami za kroženje suspenzije (8). Te črpalke črpajo suspenzijo do razpršilnih šob (2) v območju absorpcije. Te šobe fino razpršijo suspenzijo plina skozi absorpcijsko območje najprej s tokom in nato proti toku dimnega plina. Za učinkovitost absorberja je pomembna ureditev teh šob skozi območje absorpcije.

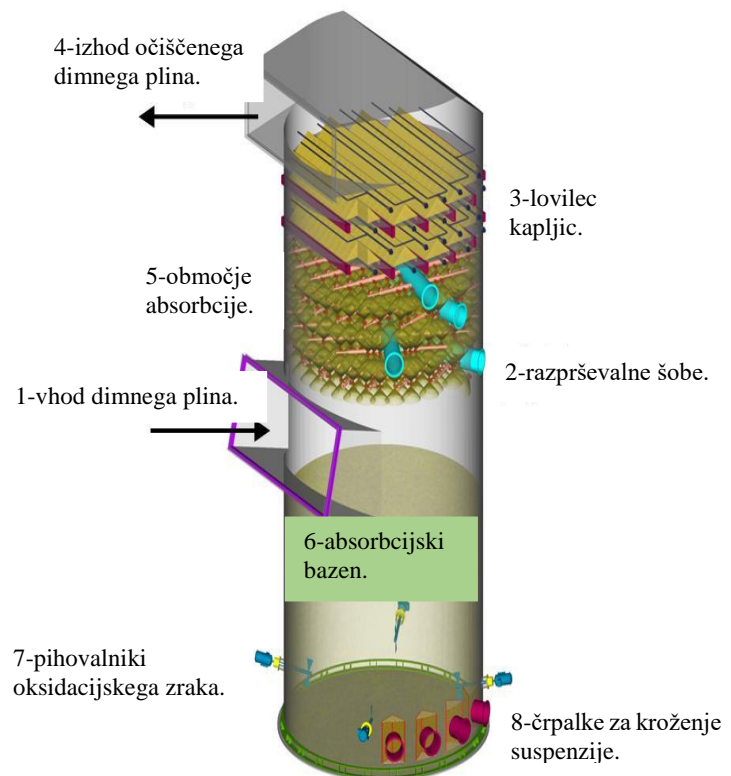
Dimni plin vstopi (1) v pralnik nad gladino suspenzije apnenca. Ta plin vstopi v absorpcijsko območje v katerem se SO_2 veže z razpršeno "meglo" suspenzije v kalcijev sulfat. Ta proces se odvaja s pomočjo prenosa snovi.

Preden dimni plin zapusti (4) pralnika preide skozi lovilca kapljic (3), ki je instaliran nad območjem absorpcije. Tukaj se kapljice, ki jih nosi dimni plin, ujamejo in skozi cevi pošljejo nazaj v proces.

Očiščen plin se nato pošlje na regenerativnega prenosnika toplote preden se izpusti skozi dimnik.

Apnenčeva gošča, ki vsebuje kalcijev sulfat se zbira v absorpcijski posodi (6), ki se nahaja na dnu pralnika. Ker to goščo črpajo v območje absorpcije je potrebno zagotoviti čistilno kapaciteto gošče. To zagotovijo z konstantnim tokom apnenčeve suspenzije v absorpcijski bazen.

Z vpihanjem kisika, preko pihovalnikov oksidacijskega zraka (7), v absorpcijski bazen. To zmes nato pošljejo do hidrociklonov, kjer se odvečna voda odstrani. Nato jo še dodatno osušijo s pomočjo filtrov preden jo v mešalniku zmešajo z pepelom iz elektro filtrov. Iz tega dobijo stabilno zmes, ki jo lahko odložijo na odlagališčih.



Slika 3: prikaz pralnika plinov.

5 Zaključek

Če želimo ohraniti naravo so procesi kot pralnik plinov zelo pomembni, saj bi brez njih bile posledice za okolje katastrofalne.

Literatura

- [1] Amadeja Lemež in Branka Lah: *Delovanje in učinkovitost naprav za čiščenje dimnih plinov v termoelektrarni Šoštanj* :[7.12.2015]
- [2] <http://www.enviroserv.de/en/technology/wet-flue-gas-desulphurisation-with-lime-limestone-slurry> [20.1.2016]
- [3] <http://www.lafarge.si/FileUpload/lafarge/File/Medijsko%20sredisce/Zagon%20odzveplevalne%20naprave%2024102007.pdf> [4.1.2016]
- [4] Prosta encikloj ⁷-Pihovalniki *i dež* [7.12.2015]
- [5] Prosta encikloj oksidacijskega zraka *tanek SO₂* [8.12.2015]
- [6] Prosta enciklopedija Wikipedija: *Termoelektrarna Šoštanj*, 8-Črpalke za kroženje suspenzije

Viri slik

Slika 1: Vzeta iz strani www.bodieko.si iz članka o kislem dežju.

Slika 2: Vzeta iz: Termoelektrarna Šoštanj, blok 4 iz proste enciklopedije Wikipedija pod: Poenostavljena Tehnološka shema naprave za razžveplevanje dimnih plinov.

Slika 3: Vzeta iz: Wet flue gas desulphurisation with lime/limestone slurry iz strani www.enviroserv.de.

Razširjanje razlite nafte na morju

L. Maleš¹

Dissemination of spilled oil in sea

Povzetek. Razlitje nafte v morju ima velik vpliv na okolje. Da bi škodo lahko ocenili in jo kar se da hitro odstranili ali še bolje preprečili, moramo samo onesnaževalo in njegovo obnašanje tudi poznati. V prispevku so predstavljene lastnosti nafte, procesi ki se odvijajo pri razlitju nafte ter modeli širjenja nafte v morskem okolju.

Abstract. Oil spills in the sea can have an enormous impact on the environment. In order to evaluate and remove damage as quickly as possible or even better to avoid the damage, we need to know the pollutant and his behaviour. The article presents the characteristics of the oil, the processes taking place in the oil spills and models of dissemination oil in the sea.

1 Uvod

Razlitje nafte je posledica človekovega nepravilnega delovanja kamor štejemo vsak izpust tekočine naftnega ogljikovodika v (morsko) okolje. Razlitje in posledično širjenje nafte na morju ima številne škodljive vplive tako na okolje kot na gospodarstvo, zato je ob samem razlitju potrebno takojšnje ukrepanje. Pristojne službe si pri delu pomagajo s številnimi matematičnimi modeli, katerih osnova pa so znanja poznavanja vrste onesnaževala, fizikalno – kemijska sestava le-tega in njegovo obnašanje.

2 Lastnosti nafte

Kadar govorimo o razlitjih nafte, pogosto mislimo na surovo nafto, ki jo prevažajo tankerji in jo črpajo iz naftnih ploščadi. Glede na izvor črpanja se razlikuje tako v fizikalnih kot tudi kemijskih lastnostih. Značilnosti surove nafte, so torej glede na izvor različne, nasprotno pa imajo rafinirani produkti lastnosti večinoma jasno določene, ne glede na izvor surove nafte. Lastnosti nafte so tako odvisne od vsebnosti kemičnih sestavin, kot je delež hlapnih snovi, asfaltov, smol in voskov. Glavne fizikalne lastnosti, ki vplivajo na obnašanje in obstojnost razlite nafte, so: gostota, viskoznost, temperatura vrelišča, temperatura tečenja in temperatura strdišča. [4]

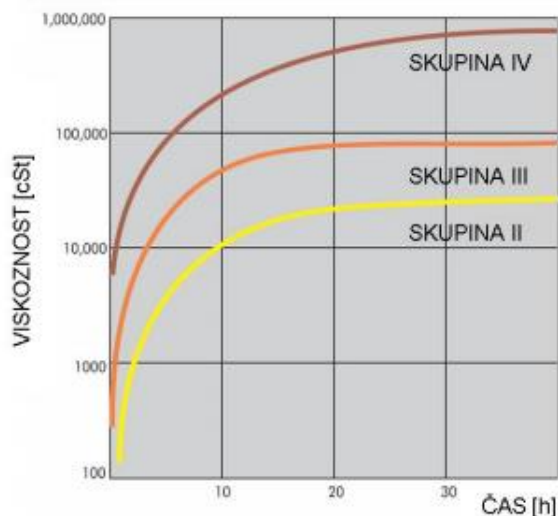
¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

2.1 Specifična gostota

Pomembna lastnost nafte je njena gostota, ki je nižja od gostote morske vode, zato večji del razlite nafte na površini plava. Glede na specifično gostoto delimo transportno nafto in njene derivate v štiri osnovne skupine. V 1. Skupino uvrščamo bencin in kerozin, ki lahko z gostoto manj kot 800 kg/m^3 v celoti izhlapijo v le nekaj urah po razlitju. V 2. Skupino uvrščamo nafto iz Združenih arabskih emiratov, z gostoto med 800 in 850 kg/m^3 , ter v 3. Skupino nafto z gostoto med 850 in 950 kg/m^3 , iz Savdske Arabije in Severnega morja. Za nafto z gostoto med 800 in 950 kg/m^3 je značilno, da lahko z izhlapevanjem v prvih urah izgubi do 40% prostornine, preostanek pa zaradi fizikalno – kemijske sestave tvori viskozno emulzijo, ki se lahko razgrajuje tudi eno leto. V zadnjo, torej 4. Skupino pa uvrščamo nafto iz Venezuele, z gostoto nad 950 kg/m^3 , ki je zaradi visoke viskoznosti in pomanjkanja hlapnih snovi najobstojnejša. Z naraščanjem specifične gostote od 1. – 4. skupine, narašča tudi delež nafte, ki bo potonil (ITOPF, 2012). [1,7]

2.2 Viskoznost

Naslednja pomembna lastnost nafte pri razlitju je viskoznost. Viskoznost je fizikalna količina, ki podaja odpor tekočine na strižno deformacijo. Ta določa razljudnost naftnih madežev, širjenje nafte v globino ter nadzira stabilnost emulzije, saj preprečuje disperzijo. Hitrost širjenja razlite nafte je torej odvisna od viskoznosti. Nafta z večjo viskoznostjo se širi počasneje, kot nafta z manjšo viskoznostjo. Pomembno je, da ob razlitju poznamo viskoznost nafte, ki je običajno višja pri višjih specifičnih gostotah, hkrati pa ne smemo pozabiti, da je odvisna tudi od temperature. V tankerjih ima nafta praviloma okrog 30°C , povprečne temperature zgornjih plasti morja pa so okrog 17°C . To pomeni, da se ob razlitju nafta začne ohlajati in postajati viskoznejša, posledično pa odpornejša na širjenja. (ITOPF, 2012). [4,7]



Slika 1: Naraščanje viskoznosti v odvisnosti od časa po razlitju nafte za skupine II, III in IV (ITOPF, 2002). Viskoznost je podana v enotah centistokes, kjer je $1\text{cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. [7]

2.3 Temperatura vrelišča

Različni naftni derivati imajo različno temperaturo vrelišča. Derivati z nižjo temperaturo vrelišča (npr. bencin) bodo izhlapeli hitreje kot derivati z višjo temperaturo vrelišča, zato se bodo ob razlitju prej porazgubili v okolju, medtem ko se bodo slabše hlapne snovi dlje časa zadrževale v naftnem madežu (ITOPF, 2012). [4,7]

2.4 Točka tečenja in točka strdišča

Točka tečenja je najnižja temperatura, pri kateri še opazimo premikanje snovi ob mirovanju okoliške tekočine, in se giblje med 6 do 8°C nad temperaturo strdišča. Temperatura, pod katero nafta izgubi lastnost tekočine, imenujemo točka strdišča, ki pa je odvisna od vsebnosti voskov in asfaltov v nafti. Ko nafta doseže to točko, začnejo voski tvoriti kristalno strukturo. S kristalizacijo se nafta iz tekočega stanja pretvori v pol-trdno stane, kar pomembno vpliva na nadaljni potek širjenja. [4]

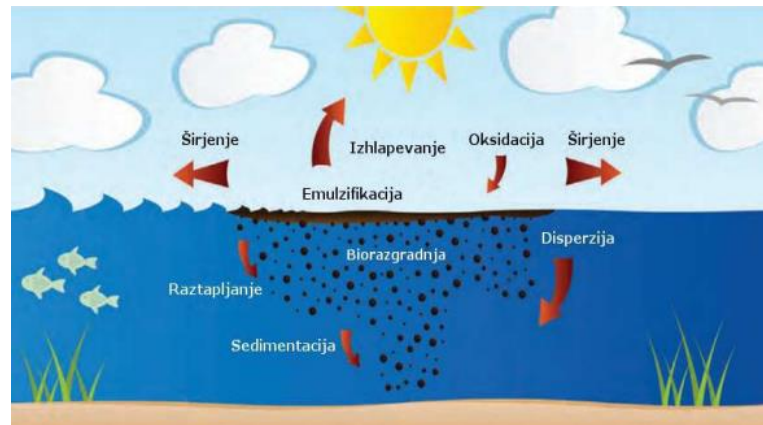
3 Procesi pri razlitju nafte

Pri samem razlitju nafte, se le-ta zaradi posledic naravnih procesov porazdeli v več naftnih madežev, ki se v daljšem časovnem obdobju razgradijo in razpršijo po morju. Tako govorimo o vsoti fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov, ki s svojim delovanjem vplivajo na smer in hitrost širjenja razlite nafte ter na spreminjanje njene sestave.

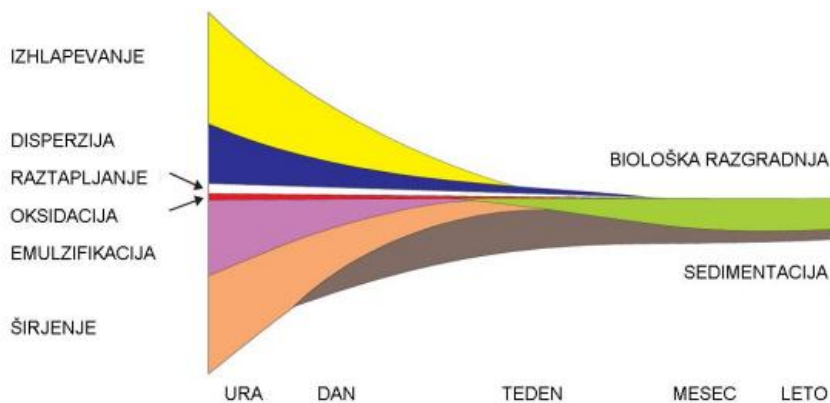
V grobem procese delimo na tri načine:

- Kratkotrajni in dolgotrajni procesi;
- Glede na globino delovanja procesov: površinski, podpovršinski ali po celotnem vodnem stolpcu;
- Procesi, ki vplivajo samo na transport nafte, in tisti, ki spreminjajo tudi njene lastnosti.

Delitev procesov na kratkotrajne in dolgotrajne je relativna. Za kratkotrajne procese pravimo, da nastopijo takoj po razlitju in trajajo nekaj ur, medtem ko začnejo dolgotrajni procesi delovati šele po določenem času (od nekaj ur do nekaj dni) in lahko trajajo tudi več let. [4]



Slika 2: Procesi, ki delujejo na razlit naftni madež (povzeto po ITOPF, 2012). [4]



Slika 3: Časovna odvisnost pomembnosti posameznih procesov pri razlitju nafte (ITOPF, 2002). [1]

3.1 Mehansko širjenje

Ob razlitju se nafta najprej obnaša kot en sam homogen madež na morski gladini, spreminjanje in hitrost le-tega pa sta odvisna od lastnosti nafte. Kljub homogenosti na začetku se med širjenjem začnejo pojavljati velike razlike v debelini in obliki naftnega madeža. Zaradi vpliva vetrov in strižnih trkov se bo po nekaj urah naftni madež na gladini z nizko viskoznostjo razletel v tanek sloj in s časom dobival obliko kometa, saj se v smeri vetra naftni madež debeli, za seboj pa vleče širok in vse tanjši sloj nafte. Nafta z visoko viskoznostjo pa se bo širila nekoliko drugače, saj se madež ne bo toliko tanjšal in razvlekel, temveč se bo začel lomiti v manjše debele naftne madeže. Za mehansko širjenje, ki je posledica viskoznih sil, gravitacije, vztrajnostnih sil in sil površinske napetosti, obstajajo številni modeli, ki skušajo opisati ta pojav. [1]

3.2 Izhlapevanje ali evaporacija²

Izhlapevanje ima pomembno vlogo v prvih fazah naftnega razlitja. Dokazano je, da lahko v prvih nekaj dneh po razlitju lahka surova nafta izgubi do 75%, srednje težka do 40% in težka do 10% prvotne mase. Zaradi tega je nujno, da izhlapevanje upoštevamo v modeliranju širjenja. Hitrost in količina evaporacije sta odvisni od vrste nafte in njenih sestavin. V splošnem velja, da v normalnih razmerah sestavine nafte z vreliščem pod 200°C izhlapijo že v prvih 24 urah. Ne smemo pozabiti, da na izhlapevanje vplivajo tudi zunanji dejavniki, kot so razburkanost morja, visoke temperature in veter. Ti dejavniki izhlapevanje pospešujejo in sicer s širjenjem naftnega madeža in povečevanjem njegove gostote. Naftni madež, ki ostane po izhlapevanju, ima večjo gostoto in višjo viskoznost, kar vpliva tako na kasnejše procese širjenja kot na tehnike čiščenja. [2,4]

Mackay in sod. (1980) so razvili enostaven model, s katerim lahko izračunamo vrednosti izhlapevanja hladnih kapljev. Za izračun vrednosti izhlapevanja potrebujemo podatke kot

² Evaporacija – Odstranjevanje določene količine tekočine (SSKJ)

so temperatura, hitrost vetra, velikost razlitega madeža. S pomočjo uporabljenega analitičnega pristopa lahko izračunamo volumski delež izhlapevanja F kot:

$$F = \frac{1}{c} \left[\ln P_0 + \ln \left(CE + \frac{1}{P_0} \right) \right] \quad (1)$$

kjer je C konstanta, E izpostavljenost izhlapevanja in P_0 začetni parni tlak. Fingas pa je na podlagi laboratorijskih preizkusov dokazal, da izhlapevanje nafte ni odvisno od mejne plasti. Enačbo izhlapevanja je zapisal tako, da je funkcija časa, temperature nafte in procenta destilacije pri 180°C . Enačba temelji na laboratorijskih preizkusih, s katerimi je dokazal, da se z večanjem hitrosti vetra odstotek izhlapevanja nafte spremeni, prav tako pa je dokazal, da zmanjšanje mase nafte zaradi izhlapevanja ne vpliva na velikost površine madeža. Če poznamo destilacijski podatek (% D pri 180°C) za določeno nafto lahko logaritemsko časovno odvisnost zapišemo:

$$\%Ev = [0,165(\%D) + 0,045(T - 15)] \ln(t) \quad (2)$$

kjer je % Ev procent izhlapevanja (glede na maso), T je temperatura nafte v času razlitja t (v minutah). [3]

3.3 Disperzija

Disperzija je proces, pri katerem se nafta, zaradi vplivov valov in turbulence, razcepi na majhne oljne kapljice, ki se ne zadržujejo na gladini, ampak preidejo v zgornje sloje vodnega stolpca. Sestava kapljic je enaka sestavi naftnega madeža, vendar kapljice pod vremenskimi vplivi razpadejo bistveno hitreje kot sam naftni madež. Manjše kapljice za razliko od velikih ostanejo razpršene v vodi, večje pa se lahko vrnejo na površje, kjer se ponovno združijo v madež ali pa se po vodni površini razlezejo v tanko plast in tvorijo mavrični ali srebrni sijaj. Izrazitost disperzije je tako odvisna od sestave nafte in stanja morja, in je izrazitejša v nafti z manjšo viskoznostjo. Ker nafta izhlapeva sproti, se njena viskoznost povečuje in se tako proces disperzije posledično znižuje. Z dodajanjem kemikalij je mogoče disperzijo umetno povečati, kar pa posledično omogoča hitrejšo razgradnjo nafte (ITOPF, 2002). [1,7]

3.4 Emulzifikacija

Obratno od izhlapevanja, ki prostornino naftnega madeža zmanjšuje, pa jo emulzifikacija povečuje. Emulzifikacija je tako proces, pri katerem vodne kapljice prodrejo v razlito nafto in se z njo pomešajo. Takšni mešanici pravimo emulzija in lahko vsebuje tudi do 90% vode. Do procesa emulzifikacije pride v srednje razburkanem morju, pod vplivom turbulentnih tokov in valov. V mirnem morju lahko emulzifikacijo zanemarimo. Načeloma poznamo dva tipa emulzifikacije, to sta emulzija tipa »voda v nafti« in tipa »nafta v vodi«. V prvem primeru vodne kapljice prodrejo v nafto in se le-ta speni, v drugem primeru pa je proces ravno obraten in se pod vplivom naftnih kapljic speni voda. V praksi prevladuje emulzija tipa »voda v nafti«. Proces je odvisen od številnih dejavnikov, kot so: turbolenca, sestava nafte, hitrost razgradnje in hitrost vetra na območju naftnega razlitja. Težje se emulzificira zelo

viskozna nafta, saj le-ta težko vsrkava vodne kapljice, medtem ko se neviskozna nafta ne emulzificira, saj že pred tem izhlapi. [2,4]

3.5 Raztapljanje

Da pride do procesa raztapljanja, morajo biti sestavine nafte v vodi topne, kar pa za večino teh sestavin tudi velja. Raztapljanje se pojavi takoj po razlitju nafte v morju. Hitrost raztapljanja nafte v vodi je odvisna od sestave nafte, temperature vode, stopnje disperzije in turbulence. Sam proces raztapljanja lahko zelo ogroža okolje, predvsem različne organizme, ki se prehranjujejo z razgrajenimi sestavinami, saj so le-te toksične. [4]

3.6 Sedimentacija

Razpršene naftne kapljice so nase sposobne vezati sedimentne delce ali suspendirano organsko snov, zaradi česar se jim poveča gostota in začnejo počasi toniti na morsko dno. Temu pravimo sedimentacija. Ugodni pogoji za sedimentacijo so tako v plitvih obalnih območjih, kjer je veliko suspendiranih snovi. Razlita nafta, ki jo naplavi na peščeno obalo, se pogosto pomeša s peskom in ostalimi sedimenti, mešanico pa lahko morje spere nazaj v vodo, kjer potone. Prav tako lahko pesek na naftni madež prinese tudi veter, kar povzroči potopitev zaradi povečane teže. Sedimentacija je mogoča tudi zaradi prehranjevanja zooplanktona z naftnimi delci in posledičnega izločanja. Delež nafte, ki je vključen v proces sedimentacije, je v primerjavi z ostalimi procesi zelo majhen, toda predstavlja enega ključnih dolgoročnih dejavnikov, ki vplivajo na kopičenje nafte v morskem okolju. [1,4]

3.7 Oksidacija

Oksidacija je fotokemični proces, pri katerem ogljikovodiki v razliti nafti reagirajo s kisikom. Proces poteka pod vplivom sončne svetlobe in je dejaven skozi celotno obdobje razlitja. Pri močni svetlobi se tanke plasti nafte razgrajujejo počasi in večinoma za manj kot 0,1% na dan. Pri oksidaciji nafte lahko nastajajo topne snovi in obstojni katrani. Debele plasti zelo viskoznih naft večinoma oksidirajo do obstojnih ostankov in se ne razgradijo popolno (ITOPF, 2011). [2,7]

3.8 Biološka razgradnja

Biološka razgradnja je proces pri katerem mikroorganizmi presnavljajo sestavine v nafti. Med mikroorganizme sodijo bakterije, alge, kvasovke, plesni, gobe in praživali, katerim nafta služi kot vir ogljika in energije. Proces se začne po daljšem času od razlitja nafte in sicer ob prisotnosti kisika, dušika in fosfatov ter temperature. Ne glede na to, da je v morju prisotno manjše število mikroorganizmov, se njihovo število v prisotnosti nafte namnoži. Biološka razgradnja je neučinkovita v primeru, ko nafta v procesu sedimentacije potone na morsko dno, saj tam primanjkuje kisika. Podobno se zgodi tudi z nafto, ki se odloži na morsko obalo, saj mikroorganizmi živijo le v morski vodi in ne na kopnem. Tvorba oljnih kapljic pri procesu disperzije pospeši biološko razgradnjo, sej se s tem površina nafte poveča (ITOPF, 2002). [1,4]

3.9 Odlaganje na obalo

Ko razlita nafta pride do obale, se začne nanjo odlagati. Količina nafte v naftnem madežu se bistveno zmanjša. Po določenem času se lahko del nafte zaradi tokov in plimovanja ponovno vrne nazaj v morje. Pomembno je, da poznamo razpolovni čas, ki meri sposobnost obale, da

zadrži nafto. Razpolovni čas nam pove, v kolikšnem času se bo v morje vrnila polovica prvotno odložene nafte. Proces ponovnega sproščanja nafte v morje, je za različne tipe obal opisal Torgrimson (1980). Za ravne betonske obale je razpolovni čas reda velikosti ene ure, za peščene obale nekaj dni, medtem ko lahko za skalnati tip obale ta čas presega eno leto. Glavni problem odlaganja nafte na obalo je predvsem njegov negativen vpliv na gospodarstvo, turizem in obalni biotop. V primeru, ko morje naplavi nafto na obalo, lahko namreč ta popolnoma uniči naravno ravnovesje obalnega ekosistema, obenem pa je čiščenje obal izredno zahteven in drag proces. [1,4]

4 Matematično modeliranje širjenja nafte

Za zmanjšanje škode ter zaščitenje obale in drugih virov, je ob razlitju nafte zelo pomembno, da znamo predvideti, v katero smer se bo naftni madež širil. V pomoč so nam računalniško razviti matematični modeli za napovedovanje trajektorij ali poti ter usode naftnega madeža. Današnji modeli za predvidevanje širjenja naftnega madeža so že zelo napredni, in tako lahko napovemo, kam se bo nafta širila in v kakšnem stanju bo, ko pride na določeno območje. Slabost teh modelov je pomanjkanje natančnih ocen morskih tokov in hitrosti vetra, ki jih dobimo s hidrodinamičnimi modeli, zato so tudi rezultati tako natančni kot so natančni podatki in ocene. [1,4]

4.1 Modeli širjenja nafte v morskem okolju

V zadnjih desetletjih so bilo razvitih veliko modelov, kateri omogočajo različne vrste simulacij. Nekateri modeli se osredotočajo samo na fizikalne procese, večinoma le kratek čas po razlitju (na primer Howlett in sod., 2008), medtem ko drugi obravnavajo tudi kemične in biološke procese v daljšem časovnem obdobju, in sicer od nekaj tednov pa tudi do nekaj let (na primer Delgado in sod., 2006). Večinoma delujejo po Lagrangeovem principu oziroma metodi sledenja delcev – MSD (na primer Žagar, 1994, Delgado in sod., 2006), nekaj pa je tudi modelov, ki obravnavajo naftni madež kot kontinuum po Eulerjevem principu modeliranja (na primer Tkalich, 2006). Znani so tudi modeli, ki z določitvijo trajektorij posameznih delcev ter cirkulacije in začetnih pogojev določajo stopnjo verjetnosti širjenja naftnega madeža na določeno območje (Beegle-Krause, 2001), prav tako pa se hitro razvijajo tudi modeli, podprti z metodami daljinskega zaznavanja madežev, predvsem s satelitskimi opazovanju (Perkovič in sod., 2008). Ne glede na zasnovo pa vsi omenjeni modeli širjenja nafte na morju potrebujejo za simulacije kakovostne podatke o cirkulaciji vode, ki jih zagotovimo s hidrodinamičnimi modeli. Drugačen pristop k modeliranju nafte predstavlja metoda zglajenih delcev (SPH – Smoothed Particle Hydrodynamics, Monaghan, 1994). [4,5]

4.2 Metode sledenja razliti nafte

Pri metodi sledenja delcev (ang. Particle tracking method, PTM), prikažemo naftni madež z večjim številom delcev, ki se deterministično gibljejo zaradi vodnih tokov na gladini, dodano pa je še stohastično gibanje zaradi turbulentne difuzije. Vsakemu od teh delcev sta določena začetni položaj in masa. Celotno razlitje lahko tako ponazorimo s porazdelitvijo delcev na statistični način. Hkrati pa mora število oziroma gostota delcev zagotavljati izračun zanesljivih statističnih podatkov. Večja kot je ločljivost modela in daljša ko je simulacija, več delcev je potrebno za primerno statistično predstavitev, določitev trenutnega stanja in napovedovanje širjenja razlite nafte v nekem časovnem obdobju. Če se na primer simulacija izvaja s samo dvema delcema na mrežno celico in ta delca naletita na nasprotna si tokova,

lahko eden od delcev (50%) potuje v eno smer, hkrati pa drugi (50%) potuje v nasprotno. V primeru ko uporabimo 25 delcev na celico mreže, gre lahko 15 delcev (60%) proti vzhodu, 5 delcev (20%) proti zahodu in 5 delcev (20%) proti jugu, pa nam da popolnoma drugačno statistično porazdelitev in vsebino informacij. [4,5]

4.3 Opis modeliranja po metodi trajektorij

Model širjenja nafte po metodi trajektorij je računalniško zaporedje izračunov, katerih namen je določiti verjetnost za pojav naftnega madeža v nekem območju. Modeli vključujejo transport in/ali širjenje in/ali razgradnjo ter s pomočjo trajektorij naftnega delca napovejo obnašanje naftnega madeža. Omogočijo nam napoved najbolj verjetnih in ekstremnih scenarijev širjenja nafte za določeno mesto razlitja. Razlikujemo dva osnovna tipa modelov: deterministični in statistični. Razlike se ne nanašajo na tehniko modela, ampak na vrsto vetra in podatkov, ki jih vnesemo v model. Pri determinističnem modelu se za račun širjenja uporabljajo dejanski podatki o advekciji³. Te podatke je mogoče prilagajati glede na obravnavano območje, vendar glavino še vedno predstavljajo izmerjene časovne serije podatkov. Nasprotno pri statističnih modelih uporabljajo izmerjene podatke samo kot standard za ustvarjanje sintetičnih nizov vhodnih podatkov. Ta model se najpogosteje uporablja pri določanju moči vetra. Vsak ponovni zagon modela daje drugačne rezultate, zato moramo za statistično značilne rezultate model zagnati večkrat. Širjenje, prostorski obseg in usoda razlitja so odvisni tudi od časovnega koraka računa. Časovni korak je v modelu določen in je odvisen od geografskega obsega, obravnavanega območja ter numerične mreže modela, vetra in trenutnih razmer, ki jih upoštevamo v modelu za širjenje madeža. V vsakem časovnem koraku simulacije se izračuna nova lokacija in obseg razlitja, zato je pravilna izbira tega zelo pomembna. Glavni gradnik modelov je numerična mreža, ki omogoča lažje spremljanje prostorskega obsega razlitja. S pravilno določenim časovnim korakom in primerno definirano prostorsko mrežo s simulacijami dobimo stopnjo verjetnosti za pojav nafte na določenem območju. Prednost te metode je bistveno skrajšan čas izračuna in dejstvo, da za delovanje modela ne potrebujemo zelo zmogljivih računalnikov, saj model računa koordinate naftnih delcev in ne koncentracij. [4,5]

4.4 Uporaba modela NAFTA3d

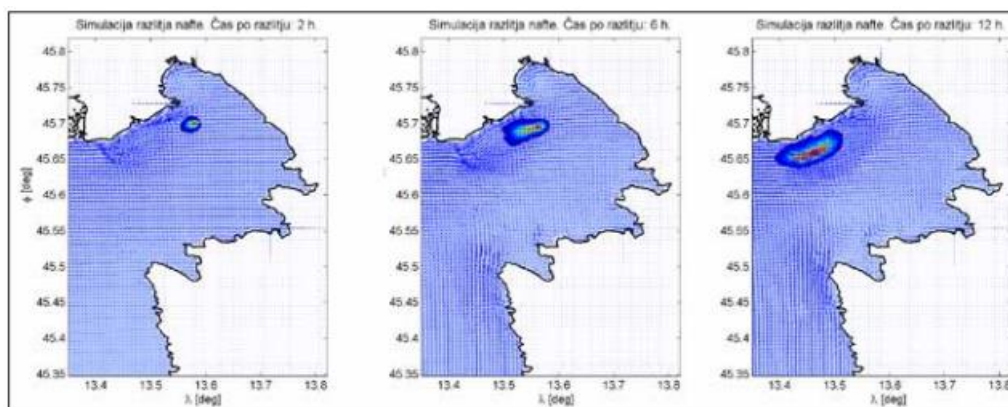
Model je namenjen simulacijam procesov ob razlitju nafte na morju. Model NAFTA3d se uporablja takrat, ko pride do razlitja nafte oziroma ko obstaja nevarnost da bo do razlitja prišlo (na primer nasedla ali goreča ladja). V model NAFTA3d so bile do sedaj vgrajene enačbe za simulacijo advekcije in disperzije, mehanskega širjenja in izhlapevanja, na kvalitativni ravni pa tudi enačbe disperzije v vodnem stolpcu in emulzifikacije – določimo lahko količino, ne pa tudi točne lokacije emulzije in disperzije v vsakem časovnem koraku.

V model vnesemo dve skupini podatkov: prva obsega gibanje vode (cirkulacijo) in meteorološke parametre (veter, temperatura zraka), druga pa podatke o razlitju. Cirkulacijo najprej izračunamo na podlagi meteorološke situacije in robnega pogoja na obravnavanem območju v dovolj gosti numerični mreži, da je mogoča prostorska interpolacija⁴ hitrosti za poljuben položaj delca znotraj računskega območja. Model prav tako omogoča tudi račune z

³ Advekcija – Gibanje mase ali fluidov zaradi gradienta, npr. Hidravličnega [6]

⁴ Interpolacija – računanje vrednosti funkcije v kaki točki na intervalu, če so znane njene vrednosti na koncih intervala (SSKJ)

nestacionarnim vetrom in gibanjem vode (cirkulacijo). Podatke z ustreznim vmesnikom pripravimo v obliko, ki jo kot vhodni podatek zahteva model NAFTA3d. Trenutno izdelani vmesniki omogočajo uvoz podatkov iz modela PCFLOW3D (v poljubni računalniški domeni) in različic modela POM, ki računata cirkulacijo v Tržaškem zalivu in Severnem Jadranu. Pretvorba izhodnih podatkov cirkulacijskega modela v vhodne podatke modela NAFTA3d je bila preverjena na več primerih. Podatki o razlitju zajemajo lokacijo in čas trajanja razlitja ter količino in lastnosti razlite nafte. V model sta poleg možnosti simulacij z nerazgradljivim onesnažilom vgrajeni tudi možnosti modeliranja širjenja in izhlapevanja nafte, ko lahko v prvem približku uporabimo nerazgradljivo onesnažilo. Pri takšni izbiri smo glede velikosti madeža in preostale količine nafte na varni strani. Če poznamo lastnosti razlite nafte (temperatura vrelišča, viskoznost, kemična sestava), jih lahko vnesemo v model in računamo z dejanskimi vrednostmi parametrov. Model izračunava gibanje delcev s predpisano začetno maso in spreminjanjem mase zaradi izhlapevanja. Prav tako se izračunajo tudi koncentracije nafte v tridimenzionalni računski mreži. Rezultate numerične oblike pretvorimo v grafično obliko z vmesnikom, mogoča pa je tudi priprava animacij. [5]



Slika 4: Primer simulacije razlitja nafte v Tržaškem zalivu z modelom NAFTA3d. Na abscisni osi so navedene geografske dolžine, na ordinatni pa geografske širine v stopinjah. [5]

Literatura

- [1] Jeglič, Teja. [Diplomska naloga]. *Modeliranje razlitja nafte v Tržaškem zalivu*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 2010.
- [2] Jotanović, Goran. [Diplomsko delo]. *Vpliv izhlapevanja in emulzifikacije na viskoznost razlite nafte na morju*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 2014.
- [3] Šaponja, Maja. [Diplomska naloga]. *Modeliranje izhlapevanja nafte po metodi Fingas*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 2014.
- [4] Soško, Helena. [Diplomska naloga]. *Modeliranje širjenja nafte v morskem okolju po metodi trajektorij*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 2012.
- [5] Žagar, Dušan. Ramšak, Vanja. Ličer, Matjaž. Petelin, Boris. Malačič, Vlado. Ujma: *Uporaba numeričnih modelov ob razlitjih nafte na morju*. Številka 26, 2012. <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2012/168.pdf> , 14.12.2015
- [6] http://www.geo-zs.si/UserFiles/677/File/Geo_Power/2013_01_25/Izro%C4%8Dki%20iz%20predavanj%20GEOTERMALNA%20ENERGIJA.pdf , stran 7/62, 14.12.2015
- [7] <http://www.itopf.com/about-us/> , 14.12.2015

Tok dežja skozi telo deponije odpadkov

L. Jančič¹

The flow of rain through landfills

Povzetek. Odpadki na deponijah še vedno predstavljajo grožnjo za onesnaženje okolja, zaradi toka tekočine, ki pronica skozi se onesnaži in onesnaževalo transportira v tla in podzemne vode. V seminarski nalogi je predstavljena hidrološka bilanca odlagališča in podrobneje njeni glavni elementi.

Abstract. Waste from landfills still continues to present a threat for environmental pollution. The waste contaminates flowing fluid and then the contaminated fluid transports itself into the soil or groundwater. This seminar aims to present the hydrological balance of landfills and its main elements.

1 Uvod

Pri dobri skrbi za okolje večina najprej pomisli na odpadke. Pri tem se moramo zavedati, da se »življenje« odpadkov ne konča, ko jih ločene odvržemo v smetnjak ampak se nadaljuje na deponijah, kjer odpadki lahko še vedno predstavljajo grožnjo za onesnaževanje, če deponije niso ustrezne. Izcedno vodo je treba obravnavati kot vodo, ki pronica skozi odpadke in vodo, ki nastane na sami deponiji.

2 Izcedne vode

Deponijo odpadkov lahko poimenujemo sistem saj iz nje na okolje delujejo številni dejavniki. Odpadki so odloženi ob različnih časih, so nehomogeni in prihajajo iz različnih virov, zato je tudi tok vode skozi odpadke, ki povzroča prehajanje onesnaževal v okolje, neenakomeren. [5]

Vodni tokovi na deponijah nastajajo ob padavinah. Pri tem se moramo zavedati, da količina padavin ni enaka količini, ki prodre skozi telo odpadkov, saj del padavin porabi rastlinstvo, del izhlapi nazaj v zrak, del pa odteče po površini deponije, saj mora biti le ta zatesnjena, preostali del pa se infiltrira v telo odlagališča. Izcedna voda je torej tista voda, ki se infiltrira skozi plast tesnila v odpadke in jih razgrajuje ter nase veže onesnaževala, ki jih kasneje s pronicanjem prenaša v okolje. [5]

Pri vodnih tokovih je najtežje oceniti vodo, ki nastaja pri normalnem razkrajanju organskih odpadkov (tj. vlaga), ter vdore podzemne vode v deponije. [5]

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Da bi preprečili pronicanje vode v odpadke in kasneje v podtalnico morajo biti odlagališča prekrita po površini in zatesnjena. Pod tesnilnimi plastmi je še ena tesnilna plast, ki je namenjena zbiranju izcedne vode in je povezana na drenažne cevi, te pa vodijo v zbiralne bazene. [5]

Glavni dejavniki, ki vplivajo na sestavo in količino izcednih vod so starost ter velikost deponije, sestava odloženih odpadkov in način deponiranja. Količine izcednih vod pa so v glavnem odvisne od podnebnih značilnosti lokacije, kako je odlagališče zgrajeno, zaščite pred dotokom tujih vod, načina vgrajevanja odpadkov in biokemičnih procesov, ki so v glavnem odvisni od vrst odpadkov. [6]

Na stopnjo infiltracije najbolj vplivata količina padavin in kakovost tesnilnih slojev. Približen podatek letne infiltracije je 50 mm/leto (vendar je podatek zgolj približen in lahko vrednosti zelo nihajo). Infiltracija se lahko veča tudi z leti obstoja deponije zaradi vedno slabšega tesnenja (staranje materiala). [5]

Lastnosti izcednih vod so spremenljive in v največji meri odvisne od starosti, od kakovosti stabilizacije odpadkov in količine vode, ki pronica skozi telo odpadkov. Splošno se največje onesnaženje pojavi v prvih letih obratovanja deponije (do 3 let), kasneje pa postopoma pada. To se najbolj opazi pri kazalcih organskega onesnaženja (KPK^2 , BPK_5^3 , TOC^4), pri mikrobiološki populaciji in glavnih anorganskih ionih. [6]

2.1 Zahteve za izgradnjo odlagališča

Deponija se ne sme nahajati na vodovarstvenih območjih, na območjih gibanja zemeljskih mas, tam kjer so kamnine močno razpokane, kjer je dobra vodna prepustnost in kjer je tok podzemne vode nemogoče določiti. Geološka sestava mora imeti takšne lastnosti, da zavaruje tla in vode pred onesnaženjem. [1]

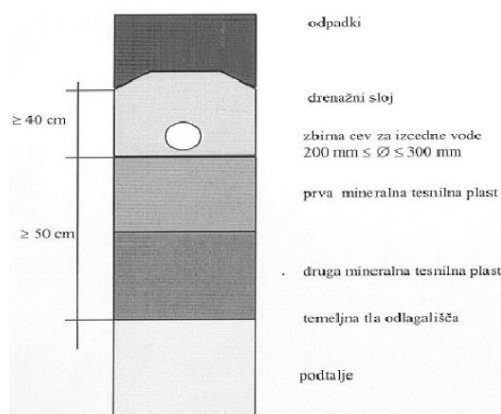
Za odpadne oziroma izcedne vode je potrebno zagotoviti odtekanje. Če je izvedljivo lahko kar po naravni poti s pomočjo gravitacijske sile, v nasprotnem primeru pa je treba zunaj telesa deponije zagotoviti lahko dostopne zbiralnice. Zbiralnik mora zadržati neprijetne vonjave, odporen pa mora biti na kemične vplive, ki se lahko pojavijo ter eksplozije. [1]

Odlagališčno dno je zatesnjeno s tesnilno folijo na katero je nanoseno več kot pol metra drenažnega sloja. Možno je uporabiti tudi druge metode in tehnike, vendar mora učinek tesnenja ostati enak. Drenažni sloj, cevi in jaški morajo biti izvedeni na osnovi vodne bilance, potrebno pa jih je tudi vzdrževati in nadzorovati. [1]

² Kemijska potreba po kisiku.

³ Biokemijska potreba po kisiku.

⁴ Celotni organski ogljik.



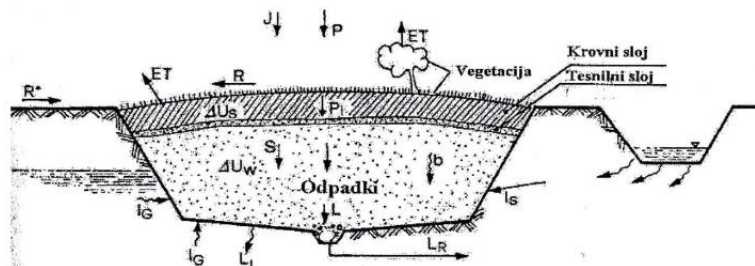
Slika 1: Shematski prikaz tesnenja odlagališčnega dna za odlagališča nevarnih in nenevarnih odpadkov. [1]

2.2 Procesi, ki nastajajo pri odlaganju odpadkov

Najprej pride do aerobne faze razgradnje, ta je odvisna od tega koliko kisika je prisotnega v odpadkih. Faza traja nekaj dni do nekaj tednov, med trajanjem pa ne pride do bistvene proizvodnje izcednih voda. Ker se po končani aerobni fazi zmanjša delež kisika, sledi prestop v anaerobno fazo. V tej fazi pride do fermentacije, nastale izcedne vode imajo visoke vrednosti BPK_5 , NH_4^+ , njihov pH pa je rahlo kisel. Po fermentaciji sledi acetogeneza, naraščati začne koncentracija plinskega metana, sicer ga največ nastane metanogenezi, kjer ima voda pH blizu nevtralnega, BPK_5 pa je nizek. Sledi še zadnja faza – oksidacija. Aerobni mikroorganizmi nadomestijo anaerobne in s tem omogočajo pretvorbo metana v ogljikov dioksid in vodo. [6]

3 Hidrološka bilanca odlagališča

Hidravlične procese, ki spremljajo pretakanje vode skozi deponijo ter prenos onesnaževal vključuje hidrološka bilanca odlagališča. Elementi, ki nastopajo pri hidrološki bilanci so prikazani na sliki 2. [5]



Slika 2: Prikaz hidrološke bilance odlagališča in elementov, ki pri njej nastopajo.

Elementi, ki se pojavljajo na površju so: padavine (P), padavine v i-tem mesecu (P_i), trenutna evapotranspiracija (ET), površinski odtok (R), namakanje in recirkulacija izcedne vode (J), infiltracija (q) in pritoki zunanjih virov (R^*).

Elementi pod površjem: vlažnost tal (U_s), vlažnost odpadkov (U_w), dodatna voda iz odloženega blata (S), proizvodnja ali poraba vode, kot posledica biološke razgradnje organski snovi (b), voda iz naravnih podzemnih voda (I_s , I_G), skupna proizvodnja izcedne vode (L), infiltracija v podzemne vode (L_i) in izbrane izcedne vode (LR),

Splošna bilanca vodne enačbe je: $0 = P + O + ET + \Delta Z$, kjer je P količina padavin, O so površinski in talni odtoki in pritoki, ET evapotranspiracija in ΔZ sprememba zaloge vode v tleh. [5]

3.1 Padavine

Padavine prispevajo največ k proizvodnji izcednih voda. Ko so padavine rahle in imajo dolg čas trajanja, takrat je situacija najbolj kritična in pripelje do prave infiltracije. Pri močnih in kratkotrajnih nalivih pride do nasičenja vrhnjega sloja s tem pa se pospeši površinski odtok viška padavin. Z evaporacijo se prestrežena voda vrne v atmosfero ali pa se s časoma infiltrira pod površino. [5]

3.2 Površinski odtok

To je tisti del padavin, ki ne predstavlja prestreženih padavin in evapotranspiracije ter infiltracije v tla. O površinskem odtoku lahko govorimo, ko moč padavin presega infiltracijsko sposobnost tal. Nagib, oblika in izoblikovanost površine deponije (tip tal, vegetacija, prepustnost tal...) so pomembnejši dejavniki, ki vplivajo na površinski odtok. [5]

Eden izmed modelov za izračun ocene povprečnega površinskega odtoka iz povprečnih padavin je SCS⁵ metoda, ki povezuje padavine in površinski odtok. Model temelji na enačbi 1, [5]

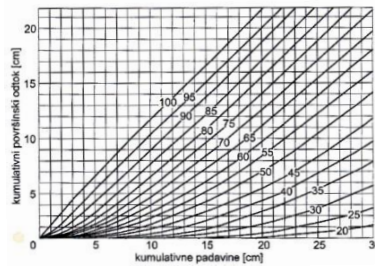
$$Q_p = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+RET_{max}} \quad (1)$$

kjer je površinski odtok (Q_p) odvisen od izmerjenih padavin (P), začetnega odvzema – deficit vlažnosti površine tik pred začetkom padavin (I_a), deficita vlažnosti tal tik pred začetkom padavin (RET_{max}) in faktorja lastnosti tal glede na prepustnost (CN).

Deficit vlažnosti tal tik pred začetkom padavin (RET_{max}) si lahko predstavljamo kor poljsko kapaciteto tal, torej maksimalna vsebnost vlage, ki jo tla še lahko zadržijo v sebi. Če se ta poveča so premagane kapilarne sile in voda odteče. Deficit vlažnosti po pričetku površinskega odtoka je definiran s faktorjem lastnosti tal glede na prepustnost (CN), glej sliko 3. CN nam pove, koliko vode bo odteklo po površini in koliko se je bo infiltriralo. Če ima faktor vrednost 100 velja, da bo vsa voda odtekla, če je vrednost okoli 50 (še realna) to pomeni, da se bo večina vode infiltrirala pod površje. Vrednosti CN so bile izdelane na podlagi velikega števila merjenj. [5]

Faktor lastnosti tal glede na prepustnost in deficit vlažnosti tal tik pred začetkom padavin sta povezana z enačbo: $RET_{max} = \frac{1000}{CN} - 10$. [5]

⁵ Soil Conservation Service



Slika 3: Faktor lastnosti tal glede na prepustnost (CN). [5]

3.3 Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je kompleksen dejavnik v hidrološkem krogu saj je funkcija kraja in časa. Sestavljena je iz evaporacije⁶ in transpiracije⁷, zaradi istočasnega poteka in težkega razlikovanja ju obravnavamo sočasno. Na stopnjo evapotranspiracije vplivajo meteorološki faktorji, faktor rastline in okoljski pogoji. [5]

Meteorološki faktorji tvorijo energijo za izhlapevanje in odstranjevanje vodne pare s površine, to so sončno sevanje, temperatura zraka, vlaga in hitrost vetra. [5]

Faktor rastline se spreminja z vrsto rastline in njeno fazo rasti, vpliv nanj imajo podnebni dejavniki, izhlapevanje iz tal in vrsta rastline. [5]

Med okoljske pogoje štejemo rodovitnost tal, slanost, gnojenje, razne bolezni rastlin, neustrezno upravljanje s tlemi in vodo, pokrivnost tal, gostota poraščenosti in vsebnost vode v tleh. [5]

3.3.1 Penman-Monteith-ova enačba

Izračunamo lahko evapotranspiracijo, ki temelji na fizikalni osnovi iz neto energije sevanja in aerodinamične komponente, glej enačbo 2. [5]

$$ET_R = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\Delta \cdot (R_n - G) + \rho_a \cdot C_p \cdot \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma + (1 + \frac{r_s}{r_a})} \quad (2)$$

Aerodinamična upornost (r_a) je opisana, glej enačbo 3, s prenosom energije in izhlapele vode z izhlapevajoče površine v zrak nad rastlino. [5]

$$r_a = \frac{\ln \frac{z_m - d}{z_{0m}} \cdot \ln \frac{z_h - d}{z_{0h}}}{k^2 \cdot u_z} \quad (3)$$

Izračun psihrometrične konstante (γ): $\gamma = \frac{C_p \cdot P}{\epsilon \cdot \lambda}$.

Enačba za izračun spremembe nasičenega parnega tlaka in temperature (gradienta) (Δ):

$$\Delta = \frac{4098 \cdot \exp \frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3}}{(T + 237,3)^2} \quad (4)$$

⁶ Izhlapevanje – prehod tekoče vode iz odprtih vodnih površin in tal v plinasto stanje.

⁷ “Proces, pri katerem rastlina s pomočjo korenin črpa vodo iz tal, nato jo uporabi v metaboličnem procesu in jo nazadnje kot vodno paro spusti skozi listne reže v atmosfero.” [5]

Tabela 1: Razlaga simbolov. [5]

ET _R - Referenčna/dejanska evapotranspiracija	λ - Latentna toplota evaporacije vode 2.45 [MJ kg ⁻¹]
R _n - Neto sevanje [MJ m ⁻² s ⁻¹]	G - Toplotni tok tal [J m ⁻² s ⁻¹]
ρ _a - Gostota zraka [kg m ⁻³]	C _p - Specifična gostota zraka pri stalnem tlaku, 1013 [kJ kg ⁻¹ °C ⁻¹]
e _s - Nasičen parni tlak [Pa]	e _a - Dejanski parni tlak [Pa]
(e _s - e _a) - Deficit parnega tlaka [kPa]	r _a - Aerodinamična upornost [s m ⁻¹]
Δ - Gradient / sprememba nasičenega parnega tlaka in sprememba temperature zraka [kPa K ⁻¹]	T - Temperatura zraka [°C]
γ - Psihrometrična konstanta [Pa K ⁻¹]	P _{atm} - Atmosferski tlak [kPa]
r _s - Upornost rastlinskega pokrova [s m ⁻¹]	ε - Razmerje molekularne teže vodne pare in zraka, 0.622
Z _m - Višina merske točke vetra [m]	Z _h - Višine merske točke vlažnosti in temperature [m]
u _z - Hitrost vetra na višini Z _m [m s ⁻¹]	k - Karmanova konstanta, 0.41 [-]
d - Višinski odmik osnovne ravnine [m]	Z _{0m} - Parameter hrapavosti – vpliv na prenos zaradi vetra [m]
Z _{0h} - Parameter hrapavosti – vpliv na prenos toplote in vlage [m]	

3.4 Infiltracija

To je proces, pri katerem voda vstopa v tla skozi pore in manjše površine, ki so na zemeljski površini, te pa vodijo v nižje sloje tal. Infiltracija se začne takrat, ko padavine dosežejo zemeljsko površje, zmožnost infiltracije tal pa s časom pada. [5]

Če je moč padavin manjša kot je sposobnost infiltracije zemlje, se v tla infiltrira celotna količina padavin. Ko pa je moč padavin večja od možnosti infiltracije, infiltracija ni več mogoča, se voda akumulira na površju, če je neravno pa se prične površinski odtok. [5] Dejavniki ki vplivajo na infiltracijo vode so: podnebje, vegetacija, živalstvo v tleh, raba tal in lastnosti tal. [5]

3.4.1 Darcy-jev⁸ zakon

Z Darcy-jevim zakonom lahko opišemo tok vode skozi porozen medij: $Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta H}{\Delta l}$. [5]

Kjer je [5]:

- Q - pretok [m³ s⁻¹]
- A - površina vzorca [m²]
- ΔH - razlika v tlaku vode [m]
- Δl - dolžina vzorca [m]
- K - Darcy-jev koeficient [m s⁻¹], glej tabelo 2.

⁸ Henry Darcy, leto 1856

Tabela 2: Vrednosti Darcy-jevega koeficienta [5]

Vrsta materiala	Poroznost	Darcyjev koeficient [m s ⁻¹]	Prepustnost [m ²]
Gline	0,40 – 0,60	10 ⁻¹² – 10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁹ – 10 ⁻¹⁵
Melji	0,35 – 0,50	10 ⁻⁹ – 10 ⁻⁵	10 ⁻¹⁶ – 10 ⁻¹²
Droben pesek	0,20 – 0,45	10 ⁻⁷ – 10 ⁻²	10 ⁻¹⁴ – 10 ⁻⁹
Gramoz	0,15 – 0,35	10 ⁻³ – 10	10 ⁻¹⁰ – 10 ⁻⁷
Prepereli skrilavci	0,30 – 0,50	10 ⁻⁹ 10 ⁻⁵	10 ⁻¹⁶ – 10 ⁻¹²
Kompaktni skrilavci	0,01 – 0,10	10 ⁻¹³ – 10 ⁻⁹	10 ⁻²⁰ – 10 ⁻¹⁶
Peščenjaki	0,05 – 0,35	10 ⁻¹⁰ – 10 ⁻⁷	10 ⁻¹⁷ – 10 ⁻¹⁴
Apnenci	0,001 – 0,70	10 ⁻⁹ – 10 ⁻²	10 ⁻¹⁶ – 10 ⁻⁵
Kamnita sol	0,001 – 0,00	10 ⁻¹⁵ – 10 ⁻¹³	10 ⁻²² – 10 ⁻²⁰
Vulkanske nerazpokane kamenine	0,0001 – 0,01	10 ⁻¹⁴ – 10 ⁻¹⁰	10 ⁻²¹ – 10 ⁻¹⁷
Vulkanske razpokane kamenine	0,01 – 0,10	10 ⁻¹⁰ – 10 ⁻⁶	10 ⁻¹⁷ – 10 ⁻¹³
Bazalt	0,01 – 0,25	10 ⁻¹¹ – 10 ⁻⁵	/

Darcy-jev zakon opisuje le stalni tok. Če želimo opisati nestalen tok moramo uporabiti parcialno diferencialno enačbo, ki povezuje prvi odvod površine po času in prvi odvod toka po kraju: $\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$. [5]

3.4.2 Richards-ova⁹ enačba

Dobimo jo tako, da razširimo Darcy-jev zakon s kontinuitetno enačbo:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \cdot [K(\Theta) \cdot \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1\right)], \quad [5] \quad (5)$$

kjer je [5]:

- K - Hidravlična prevodnost
- ψ - Tlačna višina
- z - Višina vode
- Θ - Količina vode
- t - Čas

⁹ Lorenzo Adolph Richards

Literatura

- [1] Čujec, Petra. [Diplomska naloga]. *Vpliv odlagališča odpadkov Volče na podzemno vodo*. Nova Gorica: Univerza v Novi gorici, Fakulteta za znanost o okolju. 2011.
- [2] Direktive sveta 1999/31/ES z dne 26. aprila 1999 o odlaganju odpadkov na odlagališčih.
- [3] <http://www.kitak-gradnje.si/wp-content/uploads/2013/01/projekti-odpiranje-deponije-tuncovec.png>, dostop: 10. 12. 2015.
- [4] Jerebica, David. [Diplomska naloga]. *Vpliv odlagališča komunalnih odpadkov Dragonja na podzemno vodo*. Nova Gorica: Univerza v Novi gorici, Fakulteta za znanost o okolju. 2009.
- [5] Spačal, Sara. [Diplomska naloga]. *Modeliranje vodnih tokov na odlagališču komunalnih odpadkov*. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanost o okolju. 2013.
- [6] Šmigoc, Majda. [Magistrsko delo]. *Obdelava predčiščene izcedne vode s kombinacija adsorpcija / nanofiltracija / razplinjevanje*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo. 2011.

Prenosni pojavi v bioplinarnah

M. Donša¹

Transport phenomena in biogas plant

Povzetek. Predstavljeni so prenosni pojavi bio-kemijske narave, ki nastanejo zaradi mikroorganizmov in njihovega delovanja na organsko snov. Predstavljeni so še postopki gnitja in procesi, ki se pri tem dogajajo. Na koncu so še opisani in predstavljeni najpomembnejši parametri za normalno delovanje metanogenih bakterij.

Abstract. This document summarizes transport phenomena of bio-chemical nature, formed because of micro-organisms operations on organic substance. There are also introduced procedures of rotin in processes which appear. In the end there described and introduced some of the most important parameters for normal function of methanogenic bacterias.

1 Uvod

Svet se vedno bolj zaveda pomembnosti zelene energije. Bioplinarne, ki s pomočjo raznih kemijskih in fizikalnih procesov gnitja spreminjajo organske snovi v toploto in kot stranski produkt proizvajajo metan, ki pa ga lahko uporabimo za ogrevanje in proizvodnjo elektrike.

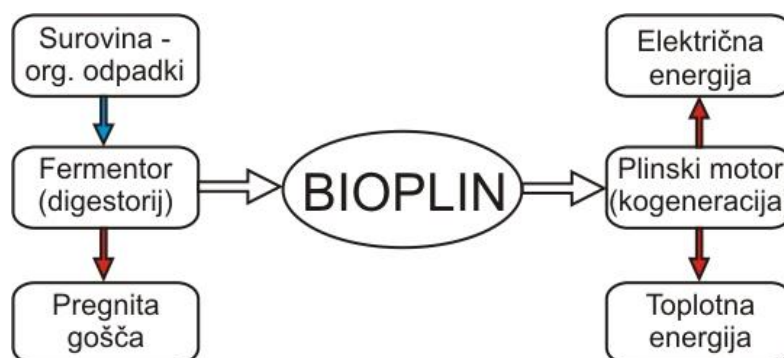
Poznamo različne izvedbe bioplinarn glede na velikost, obliko in način dovajanja organskih snovi v fermentor, katerim pa ne bomo namenili posebne pozornosti.

Po svetu, so se s sprejetjem Kjotskega sporazuma podpisane države zavzele k zmanjšanju šestih toplogrednih plinov. Plini za katere so podpisali zmanjševanje v velikih merah nastajajo v kmetijstvu zaradi naravnega nekontroliranega gnitja v naravi, ki nastane zaradi množične proizvodnje hrane v rastlinski in mesni industriji. Izgradnja bioplinarn in izraba bioplina nam močno pomaga in predstavlja velik korak k uresničitvi Kjotskega sporazuma.

Namen bioplinarn je ujeti pline, ki nastanejo pri gnitju organske snovi in jih uporabiti za proizvodnjo električne energije ali ogrevanje prostorov in vzdrževanje mikroorganizmov v bioplinarni, ki jih umetno gojijo in dodajajo organski snovi pripravljene za gnitje.

Proces razkroja organske snovi imenujemo anaerobna digestija ali anaerobno gnitje.

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Osnovni model delovanja bioplinarne[1]

2 Anaerobno gnitje

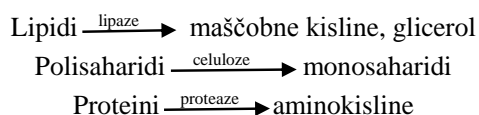
Anaerobno gnitje je biokemični proces, pri katerem se organsko snov (zelena biomasa, živalska gnojevka, blato, organski odpadki, odplake, kanalizacijska gošča) brez prisotnosti kisika in s pomočjo mikroorganizmov razkroja v bioplin in presnovljeni material. V bioplinarnah je substrat mešanica več različnih sestavin in tako dobimo vso presnovo, ki predstavlja najnovejši način proizvodnje bioplina v sodobnih bioplinarnah.

2.1 Biokemični procesi

Biokemični procesi predstavljajo mikrobiološki razkroj organske snovi.

2.1.1 Hidroliza

Hidroliza je prvi korak anaerobnega gnitja, kjer se kompleksne organske snovi (polimeri) pretvarjajo v krajše enote, imenovane monomeri in oligomeri. Polimeri npr. ogljikovi hidrati, lipidi, nukleinske kisline se pretvorijo v npr. v glukozo, glicerol, purine prideine. Hidrolitične encime, proizvajajo hidrolitične bakterije, ki pretvorijo biopolimere v enostavnejše topljive zmesi na način kot je prikazano spodaj:



Razgradnja hidrolize poteka približno 24h pri 25°C.[1]

V hidrolizo je vključena vrsta bakterij in je izvedena z eksoencimi, ki jih proizvajajo te bakterije. Encimi nato napadejo nerazkrojene delce snovi.[2]

2.1.2 Kislinska geneza

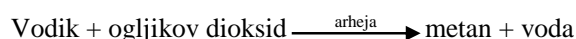
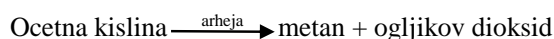
Postopek kislinske geneze pretvarja proizvode hidrolize v metanogene substrate s pomočjo kvasnih bakterij. Enostavni sladkorji, aminokisliline in maščobne kisline razpadejo v acetat, ogljikov dioksid in vodik, kot tudi v hlapne maščobne kisline in alkohole.[2]

2.1.3 Acetogeneza

Proizvodi kislinske geneze se med acetogenezo pretvarjajo v metanogene substrate, da jih kasneje metanogene bakterije lahko pretvorijo v metan. Alkoholi in hlapne maščobne kisline oksidirajo v metanogene substrate: acetat, ogljik in ogljikov dioksid.[2] Vodikov parcialni tlak se povečuje s proizvodnjo vodika in mu rečemo »odpadni proizvod« acetogeneze, ki ovira metabolizem acetogene bakterije. Acetogeneza in Metanogeneza običajno potekata vzporedno, kot simbioza dveh skupnih organizmov.[2]

2.1.4 Metanogeneza

Metanogena bakterija (arheja), omogoča proizvodnjo metana in ogljikovega dioksida iz vmesnih proizvodov. 70% nastalega metana izvira iz acetata, ostalih 30% pa nastane iz pretvorbe vodika in CO₂. To se zgodi po sledečih reakcijah:[2]



Metanogeneza je ključni korak v razkroju organskih snovi. Predstavlja najpočasnejšo biokemijsko reakcijo v sistemu. Zaradi pomembnosti je metanogeneza odvisna od mnogih parametrov (sestava substrata, temperatura, pH, hitrost dovajanja substrata). Preobremenitev in vdor kisika pa vplivata na končno proizvodnjo metana.

Pri metanogenezi metanogene bakterije proizvajajo plinsko zmes, ki vsebuje CH₄, CO₂ in manjše količine H₂ in H₂S.[1]

2.2 Parametri anaerobnega gnitja

Mikroorganizmi so ključni del procesa anaerobnega gnitja in jim je zato potrebno zagotoviti normalne pogoje delovanja, na katere pa imajo močan vpliv mnogi parametri: temperatura, vrednost pH, odsotnost kisika, oskrba s hranili, intenzivnost spodbujanja dejavnosti, prav tako pa tudi prisotnost in količina zaviralcev.

Bakterije so ekstremno občutljive in jim je potrebno zagotoviti strogo odsotnost kisika!

2.2.1 Temperatura

Mikroorganizmi se razmnožujejo v širokem temperaturnem obsegu 10-70°C, čeprav je ta obseg 60°C, predstavlja temperatura ključni parameter, ki se določa na podlagi uporabljene

surovine. Temperatura predstavlja kompleksnost, ker se ta v sistemu proizvaja in porablja za segrevanje organske snovi pred vstopom v fermentor, saj se tako preprečijo temperaturni šoki, ki bi lahko pri tem škodovali mikroorganizmom. Mikroorganizme je pa potrebno držati na približno konstantni temperaturi.

Proces anaerobnega gnitja se odvija v treh različnih temperaturno odvisnih mikroorganizemskih skupinah:

- Psihofilni mikroorganizmi, ki imajo optimalno temperaturo razmnoževanja pri temperaturah nižjih od 20°C, ti se v bioplinarnah ne uporabljajo.
- Mezofilni mikroorganizmi, ki imajo optimalno temperaturo delovanja nekoliko višje v območju 20-45°C in se že uporabljajo v bioplinarnah, in so dobro donosni, vendar njihova razgradnja poteka dolgo. Mezofilni mikroorganizmi so na temperaturo manj občutljivi in lahko temperatura niha za +/-3°C.
- Termofilni mikroorganizmi, ki imajo optimalno temperaturo delovanja najvišjo med vsemi, v območju 45-70°C in so najbolj zaželeni v proizvodnji bioplina, saj so dobro donosni in hitrost razgradnje je manjša kot pri mezofilnih mikroorganizmih, kar pomeni, da termofilni mikroorganizmi v krajšem času razgradnje snovi proizvedejo več bioplina kot mezofilni organizmi. Termofilni mikroorganizmi so za temperaturo zelo občutljivi in je lahko maksimalno nihanje temperature le +/-1°C.

TOPLOTNO OBMOČJE	PROCESNA TEMPERATURA	MINIMALNI ČAS ZADRŽEVANJA
Psihofilni mikroorganizmi	<20°C	70-80 dni
Mezofilni mikroorganizmi	20-45°C	30-40 dni
Termofilni mikroorganizmi	45-70°C	15- 20 dni

Tabela 1: Toplotno območje in časovno zadrževanje mikroorganizmov

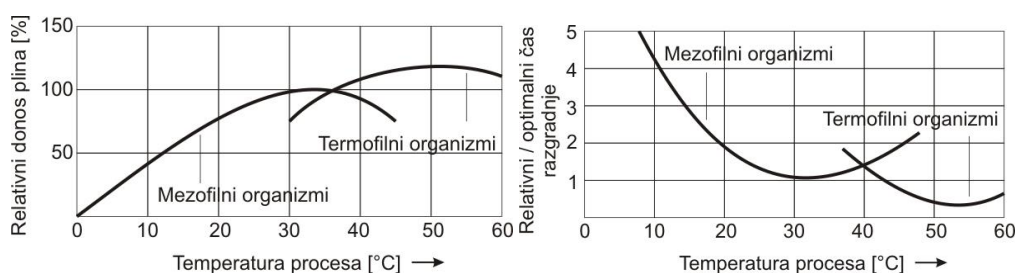
Termofilni proces anaerobnega gnitja, v primerjavi z mezofilnim procesom prinaša tudi mnoge druge prednosti:

- učinkovito uničenje patogenov,
- skrajšan zadrževalni čas, zaradi česar je proces hitrejši in učinkovitejši,
- boljša digerstija in razpoložljivost substratov
- boljša degradacija trdnih substratov
- boljša zmožnost ločevanja tekočin in trdega dela

Glavne slabost termofilnega procesa so:

- visoka stopnja neuravnoteženosti
- visoka zahteva po energiji zaradi visokih temperatur
- višje tveganje zadrževanja amonijaka

Delovna temperatura vpliva na toksičnost amonijaka. Toksičnost amonijaka narašča z temperaturo in z nižanjem temperature procesa jo je možno znižati.[2]



Graf 1: Levi graf nam prikazuje reltivni donos biolina napram delovne temperature mikroorganizmov. Desni graf pa nam prikazuje optimalni čas razgradnje biomase napram delovne temperature mikroorganizmov.[1]

Grafa nam prikazujeta relativni donos bioplina in optimalen čas razgradnje organske snovi v bioplinarnah. Iz obeh grafov je dobro razvidno, da so termofilni organizmi hitrejši in donosnejši.

Od temperature je pa prav tako tudi močno odvisna topnost snovi in hitrost poteka kemijskih reakcij. Zaradi visoke delovne temperature termofilnih mikroorganizmov so reakcije hitrejše in učinkovitejše. pomembno je, da v sistemu vedno vzdržujemo stalno temperaturo saj ta močno vpliva na proizvodnjo metana.

2.2.2 Vrednost pH

Vrednost pH vpliva na rast metanogenih organizmov in na razkroj nekaterih zmesi. Metan nastaja znotraj relativno majhnega območja pH 5,5-8,5. Optimalen pH za večino metanogenih mikroorganizmov pa se nahaja 7-8.

Zaradi velikih obratovalnih temperatur je topnost ogljika v vodi manjša, kar pomeni da termofilni organizmi obratujejo pri večjih pH vrednostih kot mezofilni mikroorganizmi.

Vrednost pH lahko poviša amonijak, ki je nastal med razkrojem proteinov, ali prisotnostjo amonijaka v dotoku materiala.

Vrednosti pH pa manjša akumulacija hlapnih maščobnih kislin.

2.2.3 Hlapne maščobne kisline

Hlapne maščobne kisline so vmesne zmesi, ki nastajajo med kislinsko genezo, in imajo ogljikovo verigo s šest ali manj atomi (na primer acetat, propionat, maslena kislina in laktat). Ti umetni proizvodi imajo lahko negativen vpliv na proces, če je njihova koncentracija previsoka.[2]

Nestabilnosti v sistemu lahko vodijo do nenadzorovanega narastka hlapnih maščob, kar pa bi povzročilo padec pH.

2.2.4 Amonijak

Glavni vir amonijaka v anaerobnem razkroju so proteini. Amonijak je hranilo in igra pomembno vlogo pri procesu anaerobnega razkroja. Previsoke koncentracije ne ioniziranega

amonijaka začnejo ovirati sistem. Koncentracija amonijaka, bi zato morala biti pod 80mg/l zaradi velike občutljivosti metanogenih mikroorganizmov.

Amonijak običajno nastaja v urinskem delu živalskega gnoja.

V fermentorju nastaja ioniziran (NH_4^+) in ne ioniziran amonijak (NH_3) oziroma prosti amonijak, ki pa predstavlja del amonijaka, ki dejansko povzroča zaviranje procesa. Koncentracijo prostega amonijaka izračunamo iz ravnotežnega razmerja: [2]

$$[\text{NH}_3] = \frac{[\text{T-NH}_3]}{\left(1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a}\right)} \quad (1)$$

$[\text{NH}_3]$	prosta koncentracija amonijaka
$[\text{T-NH}_3]$	skupna koncentracija amonijaka
K_a	disociacijska konstanta

Disociacijska konstanta je odvisna od temperature, kar pomeni, da se njene vrednosti višajo z temperaturo in posledično, se zviša vrednost pH. Povišana temperatura in pH pa povzročita zaviranje delovanja mikroorganizmov.[2]

Če amonijak zavira proces se »ročno« povečuje vrednost hlapnih maščob v vodi, s pomočjo katerih se zmanjša pH.[2]

2.3 Parametri delovanja

2.3.1 Organska obremenitev

Pri izgradnji bioplinarne je treba upoštevati kombinacijo ekonomskih in tehničnih vidikov. Maksimalna donosnost se doseže s popolno presnovo substrata, kaj pa bi nam vzelo veliko prostora in bi za to porabili dosti preveč časa.

Zaradi ekonomskih vidikov se uporablja izračun za delovanje organske obremenitve, ki nam nakazuje koliko suhe organske snovi lahko naložimo v fermentor na prostorninsko in časovno enoto, kar pomeni, da organsko snov ne izrabimo 100% ampak le večinsko. Organska obremenitev se izračuna po naslednji enačbi:[2]

$$B_r = \frac{m \cdot c}{V_k} \quad (2)$$

B_r	organska obremenitev [$\text{kg} \cdot \text{dan} / \text{m}^3$]
m	masa substrata naložena v časovni enoti [kg / dan]
c	koncentracija organske snovi [%]
V_k	prostornina fermentorja [m^3]

2.3.2 Hidravlični zadrževalni čas

Hidravlični zadrževalni čas je pomemben dejavnik za določitev dimenzij fermentorja in nam predstavlja povprečen čas zadrževanja substrata v fermentorju glede na razmerje volumna fermentorja in prostornine substrata naloženega v časovni enoti. To razmerje opišemo z naslednjo enačbo:[2]

$$HRT = \frac{V_r}{V} \quad (3)$$

HRT	hidravlični zadrževalni čas
V_r	prostornina fermentorja [m^3]
V	prostornina substrata naloženega v časovni enoti [m^3/dan]

2.3.3 Parametri, ki se pojavljajo v bioplinarnah

V bioplinarnah nastopajo procesi, ki so med seboj močno odvisni in jih je potrebno stalno nadzorovati in izboljševati na način, da ne bodo močno vplivali na ostale ter, da bodo med seboj prinesli maksimalni donos bioplina.

Nekateri izmed najpomembnejših parametrov so predstavljeni v **Tabeli 2**.

Parameter	Simbol	Enota	Določeno z/s:
temperatura	T	°C	meritve med delovanjem
delovni tlak	P	mbar	meritve med delovanjem
kapaciteta, proizvodnja	V	m^3/d ; t/d	
prostornina reaktorja	VR	m^3	določeno s konstrukcijo
količina plina	volumen na dan	m^3/d ; m^3/a	meritve med delovanjem in pretvorba v nm^3
čas zadrževanja	t	D	izračunano iz podatkov o delovanju
organska obremenitev		kg oTS / ($m^3 \times d$)	izračunano iz podatkov o delovanju
koncentracija metana v bioplinu	CH ₄	%	meritve med delovanjem
specifičen donos bioplina		%	izračunano iz podatkov o delovanju
specifična proizvodnja bioplina		m^3 / m^3	izračunano iz podatkov o delovanju

energija (bruto)		kWh	določeno iz količine bioplina in koncentracije metana
proizvodnja električne energije		kWh	meritve v SPTE
dovod v omrežje		kWh	meritve v SPTE
učinkovitost SPTE	η	%	izračunano iz podatkov o delovanju
oskrba postaje s toplotno/električno energijo		kWh	osnovno načrtovanje, sledijo meritve med delovanjem
specifična oskrba postaje s toplotno/el. energijo		vnos kWh/ m ³ kWh/GV	izračunano iz podatkov o delovanju
proizvodnja energije		kWh	vsota energije, ki jo je smiselno izkoriščati; izračunana iz podatkov o delovanju
izkoristek naprave	η	%	energija v omrežju, izpeljana iz bruto energije

Tabela 2: Prikaz splošnih parametrov v bioplinarnah[2]

V tabeli so opisani parametri, ki se nadzorujejo za pravilno delovanje in maksimalno izrabo biomase in metanogenih bakterij. Parametri so med sabo močno prepleteni in zahtevajo ogromno pozornosti (npr. mikroorganizmi potrebujejo relativno visoke delovne temperature, zaradi katerih pa se povečuje tlak in proizvodnja amonijaka. Amonijak je stopen plin in povzroča spremembe (zmanjša) pH v fermentorju, kaj pa ovira pravilno delovanje mikroorganizmov).

Literatura

- [1] DURIČ, M. 2008. *Pridobivanje in uporaba bioplina*. Rakičan: Panvita EKOTEH d.o.o. Str.: 7-9
- [2] *Priročnik o bioplinu*. 2010. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike, d.o.o. Str.: 17-33

Radioaktivnost, zakaj nastane, nevarnosti, kako se prenaša

M. Zavratnik¹

Radioactivity, why it occurs, danger, how it is transmitted

Povzetek. Radioaktivnost je konec 19. stoletja opazil Becquerel. Dozo radioaktivnega sevanja merimo v mikrosievert (mSv). Razpolovni čas predstavlja čas v katerem razpade polovica nestabilnih jeder. Aktivnost radioaktivnega izvira nam pove število radioaktivnih razpadov na enoto časa enota je Bq. Radioaktivno onesnaženje lahko pride iz različnih virov in se v naravi in živalih odlaga na več načinov. Pri razpadu jeder nastajajo pozitroni, elektroni, helijeva jedra ali pa elektromagnetno valovanje odvisno od tipa radioaktivnega sevanja (alfa, beta, gama). Leta 2011 je v Fukušimi prišlo do prve jedrske nesreče po Černobilu, posledice katere bodo ostale še za več desetletij.

Abstract. Radioactivity was first noticed at the end of the 19th century by Becquerel. The dose of radiation is measured in mikrosievert (mSv). The half-life represents the time in which half of the decomposition of unstable nuclei. The activity of a radioactive source tells us the number of radioactive decays per time unit in Bq. Radioactive contamination can occur from a various sources, and is deposited in nature and animals in several ways. The dissolution of the cores produced positrons, electrons, helium nuclei or electromagnetic waves depending on the type of radiation (alpha, beta, gamma). 2011 in Fukushima hapened to the first nuclear accident since Chernobyl, the consequences of which will remain still for several decades.

1 Uvod

Radioaktivnost je naravni pojav, ki nastane pri razpadu nekaterih atomskih jeder, kateri pri tem sproščajo energijo v obliki elektromagnetnega valovanja ali materialnih delcev. Radioaktivnost je prvi opalil znanstvenik Becquerel na koncu 19. stoletja. Raziskovanje sta pa nadaljevala Marija in Pierre Curie. Poznamo 3 vrste radioaktivnega sevanja (alfa, beta in gama). Učinki radioaktivnega sevanja na ljudi so odvisno od daze katero prejme, večje doze so lahko s takojšnjim učinkom ali pa celo smrtonosni, pri manjših dozah pa so posledice ponavadi vidne šele po dolgem roku. Nekatere od nevarnosti radioaktivnega sevanja so genske spremembe, rojstne napake, levkemija in se mnogo drugih. Med radioaktivnimi žarki so najbolj nevarni gama žarki saj lahko prodrejo skozi veliko snovi, zaostavi jih komaj svinec. Alfa in beta žarki niso preveč nevarni, saj lahko poškodujejo samo vrhne plasti kože. Leta 2011 je bila v Fukušimi ena največjih jedrskih nesreč v zgodovini. V morje se je izlila velika

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

količina kontaminirane vode iz reaktorjev, in se z morskimi tokovi razširila po celotnem tistem oceanu. Posledice te nesreče bodo še dolgo občutne za okolje.

2 Radioaktivnost

Na koncu 19. stoletja je francoski znanstvenik Becquerel opazil, da uran seva žarke, ki počne fotografsko ploščo in ionizirajo zrak. Marija in Pierre Curie sta začela z raziskavo teh pojavov in sta ugotovila, da uranova smolna ruda vsebuje snovi, ki še bolj intenzivno sevajo žarke kot uran. Tako sta odkrila dva nova elementa: polonij in radij. Pojav sevanja žarkov je značilen predvsem za elemente z visokimi vrstnimi števili. Elemente, ki sevajo žarke, imenujemo radioaktivne elemente, sam pojav, ki poteka spontano pa naravna radioaktivnost. Po obnašanju v magnetnem polju so ugotovili, da naravne radioaktivne snovi sevajo tri vrste žarkov: žarke alfa, ki se v magnetnem polju odklonijo k negativnemu polu, žarke beta, ki se odklonijo k pozitivnemu polu in žarke gama, ki prehajajo neovirano skozi magnetno polje.

2.1 Osnovni pojmi

Enota za merjenje radioaktivnosti so:

Merske enote doze:

- mikrosievert (μSv),
- milisievert ($\text{mSv} = 1000 \mu\text{Sv}$),
- Sievert ($\text{Sv} = 1000 \text{mSv}$).

Hitrost doze (količina absorbirane energije v eni uri):

- mikrosievert na uro ($\mu\text{Sv/h}$),
- milisievert na uro ($\text{mSv/h} = 1000 \mu\text{Sv/h}$)

2.2 Razpolovni čas

Ne moremo vedeti, kdaj bo razpadlo točno določeno nestabilno jedro. za vsako radioaktivno snov pa poznamo čas, v katerem razpade polovica vseh nestabilnih jeder. Ta čas je za vsako snov drugačen, imenujemo pa ga razpolovni čas. Razpolovni časi so lahko zelo različni, saj so lahko krajši od tisočinke sekunde in daljši kot milijon let. Vsaka radioaktivna snov ima svoj točno določen in nespremenljiv razpolovni čas. Razpolovni čas žvepla-38 je tri ure, radija-223 enajst dni, razpolovni čas ogljika-14 pa traja 5730 let.

Enačba za razpolovni čas:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2 \quad (1)$$

2.2.1 Aktivnost snovi

Aktivnost neke snovi izračunamo z naslednjo enačbo:

$$A = \lambda n(t) \left[\frac{\text{razpadi}}{s} = Bq \right] \quad (2)$$

Kjer λ predstavlja razpadno konstant in n gostoto jeder.

3 Radioaktivno onesnaženje

radioaktivno onesnaženje je onesnaženje okolja in živali z radioaktivnimi snovmi. To so radioaktivne snovi na površinah, ali v trdnih snoveh, tekočinah ali plinih.

3.1 Viri onesnaženja

Okužba se lahko pojavi zaradi radioaktivnih plinov, delcev ali teločin. Najbolj so prizadete živali na koncu prehranjevalne verige, ker zaožijejo največjo koncentracijo nakupičene radioaktivne snovi. radioaktivna kontaminacija je običajno posledica razlitja ali nesreče v jedrski elektrarni (Fukušima, Černobil), je pa možnost onesnaženja tudi zaradi uporabe jedrskega orožja.

3.1.1 Oblike okužbe

Radioaktivni elementi lahko vstopijo v telo z zaužijemo ali vdihnemo. Pri delu z radioaktivnimi snovmi je pomembno, da smo primerno opremljeni z varovalno opremo. Radioaktivni elementi lahko pridejo v naše telo tudi kot posledica zaužitja okuženih rastlin, živalskega mesa, pitje onesnažene vode ali mleka od živali, ki je bila izpostavljena radioaktivnemu sevanju.

3.2 Doza sevanja

Imenujemo jo kar doza sevanja ali kar doza. V mednarodnem sistemu enot je osnovna enota za dozo sevanja siver (Sv= J/kg). V praksi pa se pogosteje uporablja tisoči na siverta - to je milisivert (mSv). V nekaterih državah še vedno uporabljajo enoto rem in njeno tisočino milirem. $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ in obratno: $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$ ter $1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$. Naravno ozadje povprečnega prebivalca na planetu je $2400 \mu\text{Sv}$ na leto. To dozo prejmemo predvsem z vdihavanjem radona ($1300 \mu\text{Sv}$), s hrano ($300 \mu\text{Sv}$), kozmično sevanje ($300 \mu\text{Sv}$) ter sevanje tal ($500 \mu\text{Sv}$). Večjo dozo dobimo, če recimo obiščemo Postojnsko jamo (10 do $20 \mu\text{Sv}$), živimo na višji nadmorski višini ($300 \mu\text{Sv}$) in z medicinsko diagnostiko ($10 \mu\text{Sv}$ - $800 \mu\text{Sv}$), do nekaj 10 mSv za CT preiskave. Pri zdravljenju rakavih obolenj pa lokalne doze dosežajo več Sv ($1000 \mu\text{Sv}$ - $10000 \mu\text{Sv}$). Največja dovoljena doza, ki jo lahko prejmejo profesionalci, na primer delavci v NEK, je 20 mSv

3.2.1 Najpomembnejše dozne omejitve

Poklicno izpostavljeni delavci

- največ 20 mSv na leto
- med nosečnostjo manj kot 2 mSv na leto

Prebivalstvo:

- povprečno 1 mSv na leto
- izjemen posamezni dogodek do 5 mSv

3.2.2 Tipične doze sevanj

Poklicno izpostavljeni delavci:

- povprečno od 1 do 3 mSv na leto
- posamezni primeri tudi do 20 mSv na leto

Rentgensko slikanje pljuč:

- okoli 1 mSv na pregled
- posamezni pregledi od 0,1 do 10 mSv

Daljši rentgenski pregled:

- do 20 mSv na pregled

Plinasti radon po domovih:

- povprečno od 2 do 4 mSv na leto
- posamezni primeri od 0,2 do 500 mSv na leto

3.3 Učinki radioaktivnega sevanja

Človek je lahko izpostavljen zunanemu sevanju iz radioaktivnih snovi zunaj telesa ali pa notranji kontaminaciji, če radioaktivne snovi pridejo v telo. Lahko pa je izpostavljen tudi obema hkrati. Sevanje lahko razbija molekule v telesu, kot so na primer molekule v DNK v celici.

Izpostavljenost sevanju lahko povzroča genetske spremembe, rojstne okvare, raka, levkemijo in motnje v razmnoževalnem, imunskem, srčno-žilnem ter endokrinem sistemu. Vplivi nizkih doz sevanja na zdravje bodo vidne šele dolgoročno.

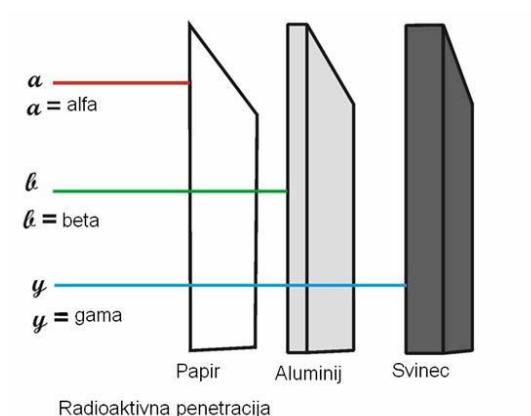
Radiacijska bolezen se pojavi pri dozah nad 0,5Sv do 1Sv.

$$\frac{LD_{50}}{60} = (3\sim 4)Sv \quad (3)$$

Ta številka nam pove dozo sevanja, ki ubije 50% populacije v 60 dneh. Za vsak sievert sevanja, ki ga prejme posameznik, poveča verjetnost za smrt zaradi raka ali levkemije za približno 5%.

4 Jedrski razpad

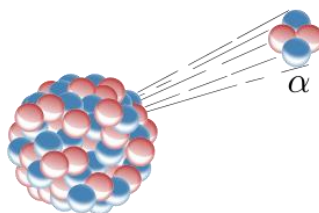
Poleg elektronov, pozitronov, helijevih jeder, žarkov beta in alfa, oddajajo radioaktivni vzorci tudi kratkovalovno svetlobo ali žarke gama. Žarke gama oddajo z radioaktivnim razpadom nastala vzbujena jedra pri prehodu v osnovno stanje.



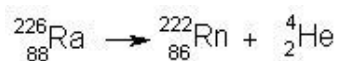
Slika 1 radioaktivna penetracija določenih sevanj

4.1 Alfa sevanje

Delci α so ionizirajoče sevanje, ki ga atomsko jedro oddaja pri razpadu α . V delce α sta vezana dva protona in dva nevtrona. Delci α ob prehodu skozi snov vplivajo na atome v snovi in postopno izgubljajo svojo energijo. Doseg je odvisen od energije delcev α ter od vrste in gostote snovi, skozi katero delci potujejo. Ko atomsko jedro odda delec α , se zmanjša pozitivni naboj prvotnega atomskega jedra za dve enoti, njegovo masno število pa za štiri enote



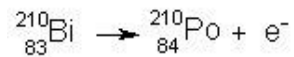
Slika 2 alfa delci



Slika 3 radij odda delec alfa in nastane radon

4.2 Beta sevanje

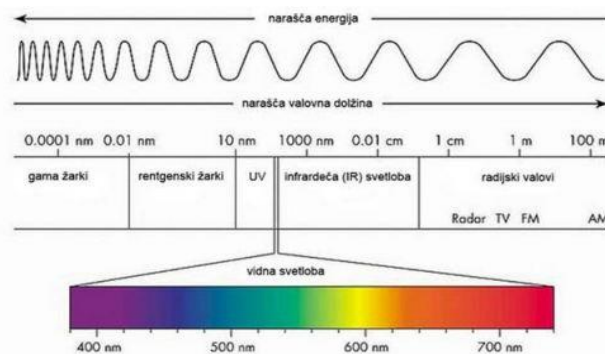
Obstajata dve vrsti razpada β^- in β^+ , kjer nastaneta elektron ali pozitron, ki imajo veliko energijo in hitrostjo in jih oddajajo nekatere vrste radioaktivnih atomskih jeder. Delce beta oddaja na primer kalij-40. Z oddajo delca beta iz jedra atoma nastane novo jedro, ki ima vrstno število za eno višje od jedra, ki ga je oddalo. Pri tem razpade nevtron v proton in elektron.



Slika 4 bizmut odda delec beta in preide v polonij

4.3 Gama sevanje

Žarek γ je visokoenergijski foton, ki nastane pri radioaktivnem razpadu ali drugem jedrskem procesu. S sevanjem žarkov γ se število protonov in nevtronov v jedru ne spremeni. Zmanjša se le notranja energija jedra.



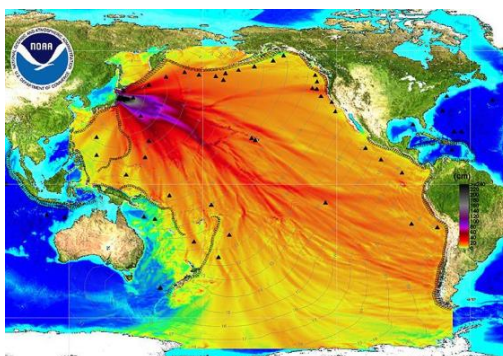
Slika 5 valovne dolžine sevanj

5 Nesreča v Fukušimi

11. marca 2011 je japonsko obalo prizadel potres z močjo 9,0 stopnje po Richterju. Temu je sledil cunami, ki je trčil ob vzhodno obalo države, uničil življenjske skupnosti ter zahteval več deset tisoč smrtnih žrtev.

Dogodek je povzročil največjo jedrsko katastrofo po Černobilu iz leta 1986. Več kot 150 000 ljudi je moralo zapustiti kontaminirano območje v oddaljenosti 50 km od elektrarne v Fukušimi. 20-kilometrski evakuacijski pas je še vedno zaprt: strokovnjaki pričakujejo, da več desetletij ne bo naseljiv.

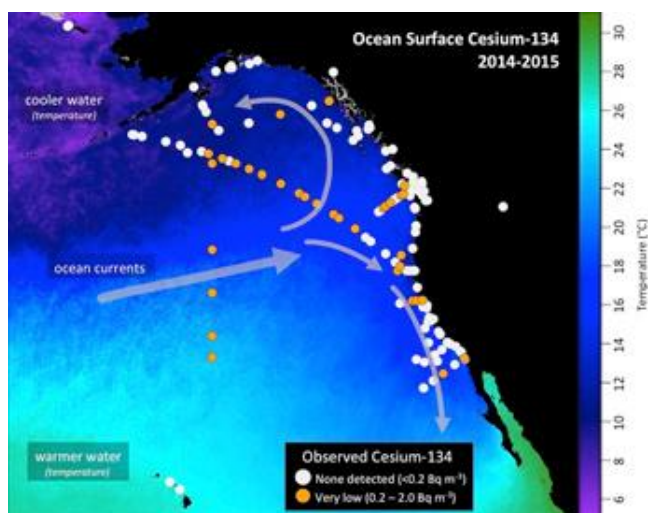
Preiskava japonskega parlamenta je pokazala, da je bila jedrska nesreča v nuklearni v Fukušimi posledica dejanj človeka in ne zgolj silovitega potresa in rušilnega cunamija, ki sta opustošila severovzhodno obalo Japonske. Pri nesreči je prišlo do izlitja velike količine Cezija-137 in Joda-131 v morje in okolico.



Slika 6 kontaminacija leta 2013

5.1 Razširjenost kontaminirane vode v oceanu

Cezij-137 se nahaja v celotnem Tihem oceanu in je bil zaznan v vseh zbranih vzorcih. Kontaminirana voda, ki se je izlila v morje iz reaktorja v Fukušimi so morski tokovi raznosili po celotnem Tihem oceanu že v prvih tednih po razlitju. Znanstveniki predvidevajo da radioaktivna snov nebo izginila iz oceanov še dolgo let.



Slika 7 lokacije vzorčenja ob obali ZDA



Slika 8 kontaminacija 10 dni po izlitju

Literature

- [1] <http://www.greenpeace.org/slovenia/si/kaj-delamo/jedrska/fukusima/standard-page12/> 15.1.2016
- [2] <http://www2.arnes.si/~sspzkola/nrad.htm> 10.1.2016
- [3] <http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost.html> 11.1.2016
- [4] <http://www.delo.si/druzba/znanost/radioaktivnost-segla-cez-ocean.html> 18.1.2016
- [5] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost> 15.1.2016
- [6] <http://ciklon.si/stran/?p=14510> 15.1.2016
- [7] https://sl.wikipedia.org/wiki/Jedrska_katastrofa_v_elektrarni_Fuku%C5%A1ima-Dai%C4%8Di 16.1.2016
- [8] <http://www.whoi.edu/news-release/fukushima-higher-levels-offshore> 16.1.2016
- [9] <http://www.icjt.org/jedrska-nesreca-v-fukushimi/> 15.1.2016
- [10] http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2012_2013/Nesreca_v_Fukusimi.pdf 15.1.2016

Viri slik

- Slika 1 - http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost_files/image024.jpg 16.1.2016
- Slika 2 - https://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Alpha_Decay.svg 16.1.2016
- Slika 3 - <http://www2.arnes.si/~sspzkola/nrad.htm> 16.1.2016
- Slika 4 - <http://www2.arnes.si/~sspzkola/nrad.htm> 16.1.2016
- Slika 5 - <https://svetilaled.files.wordpress.com/2013/04/svetloba.jpg> 16.1.2016
- Slika 6 - <http://www.silverbearcafe.com/private/04.11/images/japan-nuclear-meltdown-spre.jpg> 16.1.2016
- Slika 7 - <http://www.whoi.edu/news-release/fukushima-higher-levels-offshore> 16.1.2016
- Slika 8 - http://ciklon.si/stran/wp-content/uploads/2013/09/540_800.jpg 16.1.2016

Napovedovanje vremena

P. Bizjak¹

Weather forecasting

Povzetek. Veliko ljudi dnevno spremlja vremensko napoved, vendar pa se redko kdo zaveda kompleksnosti njenega nastajanja. V seminarski nalogi bosta predstavljena osnovna načina prognoziranja (sinoptični in numerični), njune prednosti in slabosti ter parametri, ki jih vključujeta.

Abstract. Many people daily check weather forecast, but hardly anyone is aware of complexity behind forecasting. This research paper focuses on two basic methods of forecasting (synoptic and numerical), their pros and cons, as well as parameters which are included.

1 Uvod

Ljudje se pri načrtovanju preživljanja prihajajočih dni pogosto osredotočamo tudi na vremensko napoved, ki jo lahko zasledimo v večini medijev javnega obveščanja. Vendar pa se ne zavedamo obsežnosti meritev, opazovanj ter numeričnih modelov, ki so potrebni za nekajminutno predstavitev vremenske napovedi, ki je samo zaključni korak mednarodno razsežnih opazovanj s katerimi se ukvarjajo številni meteorologi, predstavniki nekaterih drugih poklicev ter prostovoljni opazovalci.

Meteorologija je veda, ki proučuje, opisuje in razlaga pojave v ozračju ter jih poskuša čimbolj natančno napovedovati. Ravno napovedovanje vremena je ena njenih najpomembnejših uporabnih nalog. Zaradi tega je velik del meteoroloških raziskav namenjen izboljševanju natančnosti tega področja, hkrati pa omogočiti pravočasne in čim bolj točne prognoze. [2]

Za napovedovanje vremena so bile oblikovane različne metode, vendar pa imajo vse skupno točko. So deterministične, torej slonijo na predpostavki, da je bodoče atmosfersko stanje odvisno od preteklega stanja. Povezava med njima pa je izražena v obliki fizikalnih enačb, naravnih zakonov in numeričnih algoritmov. Končen cilj je za kar se da majhno območje napovedati potek vremenskega dogajanja in vrednosti meteoroloških spremenljivk, s čim večjo časovno natančnostjo. Ravno glede na časovna obdobja, za katera je prognozirano vreme, Rakovec in Vrhovec [3] delita vremenske napovedi na:

- zdajšnje in zelo kratkoročne (do 6 ur),

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

- kratkoročne (do 36 ur),
- srednjeročne (do 96 ur) in
- dolgoročne (do 10 dni).

2 Sinoptična metoda

Sinoptični način analize in napovedovanja vremena je razdeljen v podsisteme, ki omogočajo kratkoročno napovedovanje vremena (do enega dneva). Z uporabo satelitskih meritev, pa je mogoče izvesti tudi zelo kratkoročne napovedi. Poleg tega, je osnova za numerično metodo. [3]

2.1 Prognoza vremena s sinoptično metodo

Na prizemnih meteoroloških postajah se po standardiziranih sinoptičnih terminih, ki veljajo za vse svetovne meteorologe, izvajajo meritve in opazovanja z radiosondami in baloni. Meritve povsod po svetu potekajo na enak način, nato pa se v šifrirani obliki izmenjajo med meteorološkimi službami. [3]

Meteorološka služba na podlagi prej omenjenih meritev in opazovanj na določenem območju, ustvari meteorološko karto tako, da dešifrirane podatke s posebno simboliko vnaša vanjo. Torej je meteorološka karta zemljevid, na katerem so označena mesta in meritve meteoroloških postaj katerih podatke uporabljajo. Hkrati pa je to tudi zemljevid prognostičnih polj meteoroloških spremenljivk. Na podlagi posameznih podatkov zapisanih na meteorološki karti nato meteorolog-sinoptik ročno izriše izolinijske nekatere polj v atmosferi. Rezultat tega so prizemne karte (polja narisana na nivoju morja oziroma pri tleh) ali višinske karte (polja višje v atmosferi na standardiziranih izobarnih ploskvah). Na podlagi analize prizemnih in višinskih kart si meteorolog-sinoptik ustvari predstavo o stanju atmosfere na širšem območju. S sočasno uporabo satelitskih slik oblačnosti lahko določi lego frontalnih con, izrazitih padavinskih območjih, ciklonov in anticiklonov... [3]

Ker se stanje v atmosferi stalno spreminja, je potrebno vsake tri do šest ur izrisati nove vremenske karte. Na podlagi več zaporednih kart in z znanjem o razvoju in premikanju front, ciklonov in območij padavin ter s pomočjo konceptualnih modelov ali metode za grafično računanje, je mogoče sklepati o razvoju posameznih sistemov v naslednjih nekaj urah. [3]

2.1.1 Oblikovanje vremenske napovedi

Prognostične službe so organizirane tako, da vsak meteorološki center pokriva območje veliko največ nekaj sto krat sto kilometrov. Sinoptiki na podlagi prej ustvarjenih meteoroloških kart z značilnimi razporeditvami meteoroloških polj, določijo njim ustrezna vremenska stanja in ustrezno lokalno vreme. Na podlagi tega izdajo vremensko napoved za prihodnjih 12 do 24 ur, v kateri napovedo vremenske pojave in njihov razvoj v posameznih regijah področja prognoze, napovedo morebitno oblačnost in posebne pojave ter predvideno temperaturo in veter. Takšne vremenske napovedi so javnosti posredovane preko medijev javnega obveščanja, v obliki besedila ali poenostavljenih vremenskih kart. Slednje poleg pritiskovega polja s cikloni, anticikloni in frontami vsebujejo še napoved vremena. [3]

2.2 Lastnosti sinoptične metode

Sinoptična metoda se uporablja za kratkoročno napovedovanje vremena (do 24 ur vnaprej), v povezavi s satelitskimi in radarskimi slikama pa tudi za zelo kratkoročne napovedi. Ena

glavnih slabosti te metode je torej časovna omejenost prognoz, saj se pri njenem ustvarjanju upoštevajo samo sinoptični pojavi, ki so se že pojavili na kartah, ni pa mogoče napovedovati novonastale sisteme. Zanje je namreč značilno da se hitro spreminjajo. Poleg tega je za natančno napoved vremena potrebno veliko izkušenj, možni pa so tudi subjektivni pogreški pri izrisovanju izolinij in gradientov skalarnih polj. Zaradi tega se lahko napovedi, kljub uporabi enotnih vhodnih podatkov, med seboj zelo razlikujejo. [3]

3 Numerična metoda

Podobno kot pri sinoptični metodi tudi tu opazovalni sistem predstavljajo prizemna in višinska opazovanja, sateliti, ladje in letala, ki zabeležujejo opazke in meritve v standardiziranih terminih. Pomembna razlika se pojavi v opazovalni mreži, ki je za razliko od sinoptične modelske mreže, v tem primeru nepravilna in spremenljiva. Začetna naloga meteorologov je torej preračun prostorsko nepravilno porazdeljenih meritev v pravilno analitično mrežo, s pomočjo statističnih in interpolacijskih postopkov. Po pridobitvi podatkov s satelitov, pa je potrebno v analizirana polja vključiti tudi ta, nesinhrona opazovanja. Da bi se izognili težavam pri reševanju enačb modela, je pomemben korak tudi inicializacija oziroma postopek usklajevanja spremenljivk med seboj. Končni cilj analize jo poznavanje tridimenzionalnih polj meteoroloških spremenljivk v točkah pravilno razporejene mreže, ki je določena z značilnostmi numerične prognoze in značilnostmi koordinatnega sistema ter z resolucijo (horizontalna in vertikalna razdalja med točkami). [3]

3.1 Numerična prognoza

Numerična metoda temelji na enačbah osnovnih fizikalnih zakonov za zemeljske atmosferske pline – zakon o ohranitvi gibalne količine, zakon o ohranitvi mase, zakon o ohranitvi energije, enačba stanja, entropijski zakon – katerih rešitve opisujejo spremembe posameznih meteoroloških spremenljivk. Zapisane so v pravokotnem kartezičnem koordinatnem sistemu in so zvezne za vse točke prostora. Z upoštevanjem dejstva, da je sila teže dosti večja od drugih sil in da je atmosfera tanka v primerjavi z njeno horizontalno razsežnostjo, lahko sistem enačb poenostavimo. To storimo s predpostavkama o nestisljivosti zraka in o veljavnosti hidrostatične aproksimacije. Sistem enačb tako dobi sledečo obliko:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - f v + f_{t,x}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + f u + f_{t,y}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -g \rho, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -u \frac{\partial \theta}{\partial x} - v \frac{\partial \theta}{\partial y} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} + Q + f_{t,\theta}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

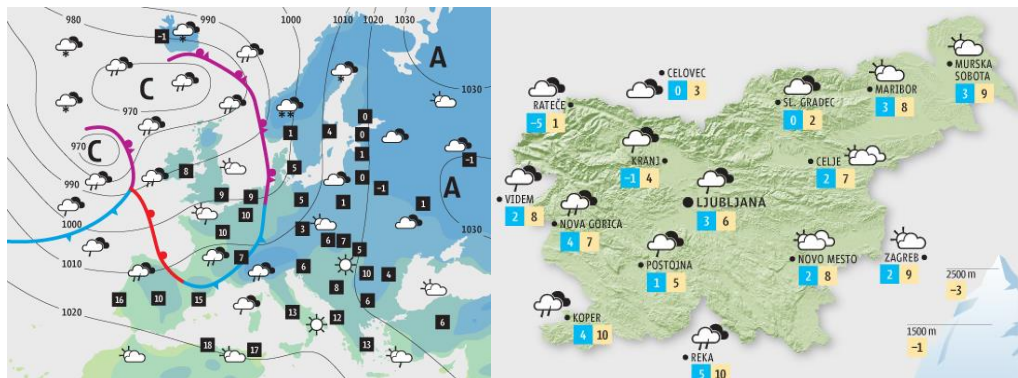
Pri tem oznake u , v in w predstavljajo komponente hitrosti vetra v odvisnosti od časa, in sicer: $u = \frac{dx}{dt}$ (po navadi proti vzhodu), $v = \frac{dy}{dt}$ (po navadi proti severu) in $w = \frac{dz}{dt}$ (vedno navpično navzgor, proti zenitu). S $f_{t,x}$, $f_{t,y}$ in $f_{t,\theta}$ so označeni turbulentni vplivi, s Q člen diabatnih sprememb temperature, s θ pa potencialna temperatura. Slednja se izračuna po enačbi

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{R}{c_p}}, \quad (6)$$

ki predpostavlja, da ima zrak začetno temperaturo T in pritisk p , ko pa zrak adiabatno spustimo do $p_0 = 1000\text{hPa}$, je končna temperatura pri spustu definirana kot potencialna temperatura θ . Slednja se uporablja za označevanje nasičenih delov zraka, saj se ohranja pri adiabatnem dvigovanju in spuščanju zraka v atmosferi. Poleg tega je tudi mera za vsoto notranje in potencialne energije zraka ter za entropijo zraka (Rakovec in Vrhovec, 2000).

Zaradi zapletenosti sistema, enačb kljub poenostavitvam, z realnimi začetnimi in robnimi pogoji ni mogoče rešiti analitično, zato ga je potrebno integrirati numerično. To storimo z meteorološkim modelom. Ker začetno stanje v atmosferi, ki ga dobimo kot rezultat numerične analize, ni v zvezni pač pa v diskretni obliki, je tako smiselno bodoča polja računati v diskretni mreži. Vendar pa je potrebno temu primerno predelati tudi enačbe. Določimo mrežne spremenljivke (npr. komponente pritiska, temperature, hitrosti...). To so tiste, katerih potek lahko ustrezno popišemo z mrežnimi vrednostmi modela. Drugi del spremenljivk pa je takšen, da je odvisen od dogodkov, ki jih računska mreža ne zajema. Imenujejo se podmrežne spremenljivke (npr. turbulentni del vetra) in jih določamo na podlagi dodatnih fizikalnih enačb iz mrežnih spremenljivk. [3]

V praksi se uporablja več različnih analitičnih modelov za reševanja sistema parcialnih enačb, vendar pa je pri vseh centralni del računanja postopek časovne integracije, ki poteka v omejenih časovnih intervalih. S tem se zadosti potrebi po stabilnosti integracije. Dolžina časovnega koraka je funkcija prostorske ločljivosti in hitrosti premikov. Željeno prognozirano polje dobimo tako, da večkrat ponovimo integracijo za kratek časovni interval (npr. horizontalna resolucija 100 km – nekaj minuten časovni interval), za katerega so znana polja spremenljivk za vse točke mreže, tako da lahko na podlagi na novo izračunanih polj postopek še večkrat ponovimo. [3]



Slika 1: Sliki predstavljata primer vremenske napovedi v medijih javnega obveščanja (Delo, 2014). Vsebujejo podatke o frontah, ciklonih in anticiklonih ter predvidenemu vremenu in temperaturah na območju Evrope (leva slika) in Slovenije (desna slika).

Na vsake nekaj časovnih intervalov (ob željenem času) izpišemo vrednost matrik meteoroloških spremenljivk. Slednje omogočajo izris prognoziranih polj spremenljivk na standardne izobarne ploskve. Rezultat numerične prognoze nato interpretira meteorolog-prognostik, tako da razbere potek vremena in vremenske pojave, nato pa vse skupaj zapiše v obliki besedila ali karte (slika1), podobno kot to storijo sinoptiki. Pomembna razlika pred

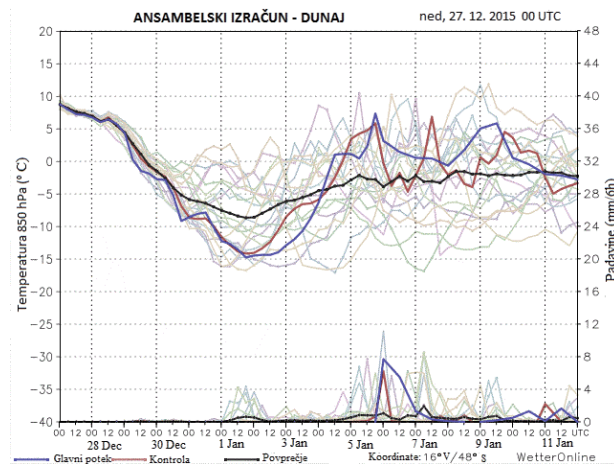
končnim korakom interpretacije je zapis rezultatov analize. Pri čemer so pri numerični metodi rezultati hranjeni v obliki številke na računalnikih, zaradi česar je omogočen lažji pregled ter možnost dodatne obdelave in prikazovanja kart. [3]

4 Meje napovedovanja vremena

4.1 Ansambelske napovedi

Numerična metoda je med drugim namenjena tudi oblikovanju srednjeročnih in dolgoročnih vremenskih napovedi. Že kot nepoučen uporabnik vremenske napovedi, lahko kaj hitro ugotoviš, da se točnost napovedi, z njeno dolgoročnostjo, zmanjšuje. Kot navajata Rakovec in Vrhovec [3], so meteorologi sprva menili, da se da vreme napovedati v nedogled, vendar pa se je kaj kmalu pokazalo, da temu ni tako. Čez nekaj tednov, bi bile razlike med izračunanim in dejanskim stanjem že tako velike, da bi bila napoved povsem nesmiselna. Kar se da v tem primeru storiti, je zgostitev meritev in mreže, vendar tudi ta ukrep ne prinaša dolgoročne učinkovitosti.

Meteorologi so prišli na podlagi analize prognostičnega modela do ugotovitve, da je njihovo delo omejeno s kaosom (Reynolds, 2004). Slednji se kaže v tem, da lahko že zelo majhna razlika med dvema začetnima stanjema (meteorološki spremenljivki izmerjeni z različnima opazovalnima sistemoma) privede do drastične razlike med izračunanimi končnima stanjema. Da bi preverili zanesljivost napovedi, se meteorologi poslužujejo tako imenovanih skupinskih napovedi. Kar pomeni, da poleg običajne napovedi izračunajo še nekaj deset napovedi, z manjšimi načrtnimi spremembami v začetnem stanju. Dobljene izračune nato razdelijo v skupine, glede na podobnost končnega stanja. Na podlagi razpršenosti izračunov lahko sklepajo, ali je njihova dejanska napoved zanesljiva ali ne. Na takšen način se določuje stopnja napovedljivosti in smiselnosti izdelave dolgoročne napovedi (Rakovec in Vrhovec, 2000).



Graf 1: Prikazan je primer ansambelske napovedi za Dunaj. Na grafu so predstavljene vrednosti izračunov skupinskih napovedi. Bolj kot se te vrednosti ujemajo, večja je napovedljivost vremena; v našem primeru je možno kvalitetno napoved izdelati približno do 29. 12. 2015. [7]

4.2 Zelo kratkoročne napovedi

Pomembna pomanjkljivost numerične analize je čas, ki preteče med tem, ko svetovne opazovalne mreže izmerijo začetno stanje, ki se kasneje uporabi v modelu, in med izračunom prvih prognostičnih polj. Ta interval je po navadi dolg med 6 do 12 ur in je posledica časa potrebnega za zbiranje, preverjanje in pošiljanje meritev. Poleg tega je za modeliranje prognoze na nekem območju potrebno poznati robne pogoje, ki se pridobijo iz modelov večjih razsežnosti, in pogosto niso na voljo takoj ko bi jih potrebovali. Zaradi tega se zakasni čas integracije. Potrebno pa je upoštevati še nekaj ur računalniškega dela, saj je postopek precej zahteven. Za nekatere uporabnike vremenskih napovedi in nekatera dogajanja v atmosferi je tako »počasno« nastajanje prognoze nesprejemljivo. Pri tem so mišljeni predvsem meteorološki pojavi v mali skali (npr. lokalni vetrovi, nekajkilometerske nevihte, intenzivne padavine...) in nevarni pojavi. Ker jih tudi sinoptična meteorološka mreža slabo zaznava, so se zanje razvile posebne opazovalne, merske in prognostične metode, imenovane zelo kratkoročna napoved. Uporabne so v različnih dejavnostih. Od razvoja vremena v prihodnjih nekaj urah so odvisni letalski, pomorski in cestni promet, vojaške operacije in ukrepanja ob naravnih katastrofah. V industriji (npr. rudniki, gradbišča) lahko s poznavanjem poteka padavin zmanjšajo stroške. Poleg tega so pomembne še v kmetijstvu, pri vodenju ogrevalnih sistemov v mestu, za delovanje komunalnih služb itd. [3]

4.2.1 Pridobivanje podatkov

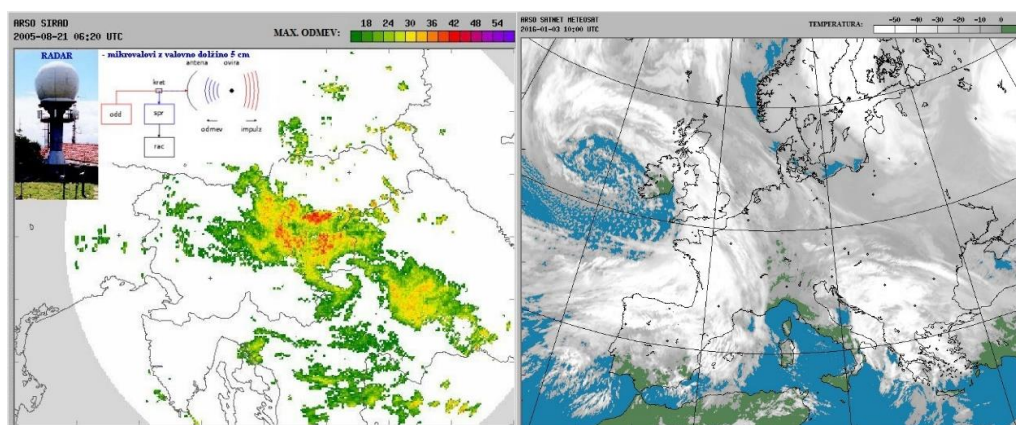
Za izdelavo takšne vremenske napovedi je potrebno stalno spremljanje vremenskega dogajanja, le tako se lahko zadosti potrebi po hitri pridobitvi rezultatov meritev. Razvoj vremena meteorologi spremljajo s pomočjo daljinskih meritev z radarji, z geostacionarnimi sateliti, vertikalnimi profilerji, s sondami, radioakustičnimi sondirnimi sistemi ter z mrežo avtomatskih postaj [3]. Merilni instrumenti na slednjih avtomatično merijo različne meteorološke spremenljivke in jih sproti pošiljajo zbirnemu centru [5].

4.2.2 Daljinske meritve z radarji

Radarske meritve se uporabljajo za določanje natančne prostorske porazdelitve padavin. Delujejo na principu merjenja odboja radarskih valov od delcev v atmosferi. Radarski valovi se namreč najboljše odbijajo od dežnih kapljic in snežink v oblakih, zato lahko na podlagi radarskih slik sklepamo o jakosti padavin na nekem območju. Pri tem je potrebno upoštevati, da odbojnost in jakost padavin nista enolični, saj je odbojnost odvisna od velikosti, števila in agregatnega stanja delcev v oblakih. Zaradi tega si pri določanju absolutnih vrednosti padavin pomagamo z meritvami padavin pri tleh. [5]

4.2.3 Geostacionarni sateliti

Satelitske meritve zagotavljajo večino vhodnih parametrov za klimatske modele in pomožne spremenljivke za prostorske klimatske analize, saj je takšen način merjenja dosti lažji in prostorsko natančnejši od klasičnega. Območje Evrope pokrivata dva geostacionarna satelita mednarodne organizacije EUMETSAT [5], ki omogočata multispektralne satelitske meritve, analizo lastnosti oblačnosti, padavinskih območij, lastnosti ozračja na brezoblačnih območjih in lastnosti zračnih mas. [4]



Slika 2: Leva slika prikazuje radarsko sliko padavin, ki jo je posnel radar na Lisci. Zabeležene so bile močne padavine v osrednji in vzhodni Sloveniji (Vičar, 2005). Na desni pa je satelitska slika meteorološkega satelita Meteosat, ki meri sevanje oblačnosti in zemeljske površine. Prikazana je temperatura vrha oblačnosti oziroma tal (ARSO, 2016).

5 Lokalni vremenski znaki

Kot opisujeta Rakovec in Vrhovec [3], so pomemben del napovedovanja vremena tudi nekateri vremenski pojavi, ki napovedujejo spremembo vremena oziroma razvoj izrazitejših pojavov. Povezavo med znanilcem in pojavom, ki ga naznanja, razlagajo meteorološke zakonitosti. Časi, med nastopom znanilca in pojavom samim se lahko namreč razlikujejo, kot se razlikujejo tudi izrazitosti znanilcev ter njihove lastnosti in pomen v odvisnosti od geografske lege. Uspešno se jih torej da uporabiti samo, če dobro poznamo meteorologijo in geografske značilnosti določenega območja. V nadaljevanju bodo predstavljeni samo nekateri lokalni vremenski znaki, ki so v večini primerov neodvisni od geografske lege:

- *Oblačne kape na gorah:* Takšen pojav je znak, da je začel v višje plasti ozračja dotekati bolj vlažen zrak. Obeta se poslabšanje vremena. Kape so najizrazitejše na dolgih grebenih, pravokotnih na smer vetra. Najprej se pojavijo na privetnih straneh gora.
- *Rosa ali slana:* Sta posledica močne nočne ohlaiditve ob jasnem in mirnem vremenu, torej napovedujeta lepo vreme.
- *Lokalni vetrovi:* Nastanejo zaradi lokalnega segrevanja in ohlajanja, ki je izrazito v času anticiklona. V primeru hladnih nočnih vetrov, ki pihajo navzdol po pobočjih in dolinah, so znanilci jasnega vremena.
- *Temperaturni obrat oziroma inverzija:* Nastane ob mirnem in jasnem vremenu. Če čez noč do inverzije ne pride, je to znak, da so pihali vetrovi, ki so mešali ozračje. Pričakujemo lahko spremembo vremena.
- *Dolgotrajne večerne zarje:* So znak, da vsaj nekaj sto kilometrov daleč na zahodu ni večjih oblačnih sistemov. V kombinaciji z že lepim vremenom brez močnejših vetrov dolgotrajna zarja naznanja nadaljevanje lepega vremena.
- *Visoki oblaki, ki se širijo od zahoda:* Znak, da v višje plasti ozračja priteka toplejši zrak pred toplo fronto. Možno je, da se bo oblačnost še povečevala, čez čas pa se lahko pojavijo tudi padavine.

- Zapiranje cvetov nekaterih rož, omočenje hladnih predmetov čez dan: Zaradi dotekanja bolj vlažnega zraka, se poveča relativna vlaga in s tem dolžina rastlinskih vlaken. Na hladnih predmetih pa pride do kondenzacije.

6 Literatura in citati

Literatura

- [1] R. Reynolds, *Vremenski vodnik*. Tehniška založba Slovenije, 2004.
- [2] J.M. Moran in M.D. Morgan, *Meteorology: The atmosphere and the science of weather*. Macmillan Publishing Company, 1986.
- [3] J. Rakovec in T. Vrhovec, *Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike*. Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, 2000.
- [4] M. Iršič Žibert in B. Muri, *Uporaba satelitskih meritev EUMETSAT*. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014.
- [5] Oddelek za klimatologijo, oddelek za agrometeorologijo in oddelek za kontrolo podatkov, *Meritve, spremljanje in prikaz podnebnih razmer v Sloveniji*. Agencija RS za okolje, 2003.
- [6] Delo, *Vremenska napoved: oblačno*, 2014. (online) Dostopno na: <http://www.delo.si/novice/slovenija/vremenska-napoved-oblacno.html> (24.12.2015).
- [7] Wetteronline, *Ensembleprognosen*, 2015. (online) Dostopno na: <http://www.wetteronline.de/ensemble-prognose/europa> (27.12.2015).
- [8] Z. Vičar, *Poplave v Sevnici 21. 8. 2005: POSAVSKI »CUNAMI« na reki Sevnici*. (online) Dostopno na: http://astro.sentvid.org/meteorologija/neurja_in_ljudje/neurja_in_ljudje.htm (30.12.2015)
- [9] ARSO, *Vreme: Satelitska slika oblačnosti – Evropa*, 2016. (online) Dostopno na: http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/satelit_uvod.html (3.1.2016)

Zemeljski plazovi

Patrik Ambrožič¹

Landslides

Povzetek. V seminarski nalogi bom predstavil, kaj so zemeljski plazovi, opisal vzroke za njihov nastanek, vrste zemeljskih plazov in zemeljske plazove v Sloveniji.

Abstract. In the seminar I will present what are landslides, describe the causes of origin, explain types of landslides and describe landslides in Slovenia.

1 Uvod

Gmota zemlje, skalovja ali snega se lahko nenadoma odtrga s pobočja gore in zdrvi v dolino. V nekaj sekundah oziroma minutah lahko zasuje in uniči celo vas. Zemeljski in snežni plazovi se sprožijo nenadoma, posledice pa so lahko pogubne. Vsak dan se v svetu, še posebno z gorskih vrhov, utrga na stotine plazov. Njihove posledice so zares občutne v glavnem v naseljenih planinskih območjih, kjer lahko drseče gmote snega in ledu pod sabo pokoljejo ljudi in živali. V nekaterih območjih imajo to že izboljšano z uporabo opozorilnih sistemov, ki opozarjajo na nevarnost sprožitve plazov ali na že sprožen plaz. Ljudje pa si moramo prizadevati, da z večjimi posegi v okolje ne povzročamo procese, ki pripomorejo pri nastajanju zemeljskih in snežnih plazov.

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

2 Zemeljski plazovi

Zemeljski plaz imenujemo pojav, ko se velika količina zemlje, blata, kamenja in skalovja pomika po pobočju navzdol. Pri tem so lahko plazovi padajoči, drseči ali tekoči. Plaz padajočega kamenja nastane, kadar ogromne skale in pečine zgrmijo po strmem pobočju in se po sprožitvi prelomijo na manjše dele. Pri drsečem plazu drsijo po pobočju velike količine kamenja in skalovja s hitrostjo tekoče vode.

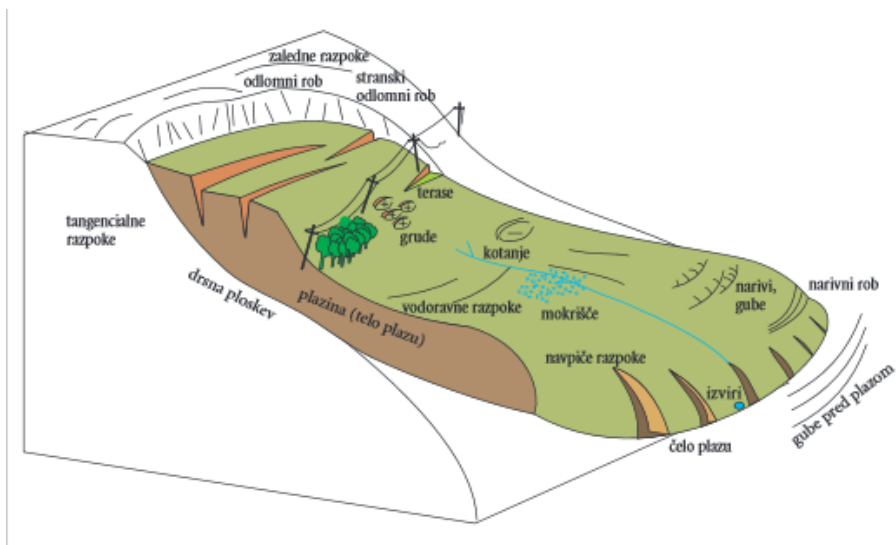
Kot navajata Komac in Zorn [1] imajo zemeljski plazovi zgoraj odlomni rob, nad katerim so pogoste razpoke različne oblike in obsega. Razpoke površje razdeljujejo v grude. Odlomni rob je prva reliefna oblika, ki nastane pri plazenju in je najvišji del drsne ploskve. Ponavadi je strm in izrazit, včasih celo previsen. Je polkrožne oblike, lahko pa tudi valovit ali nepravilnih oblik. V zgornjem delu pod odlomnim robom je zemeljski plaz različnih oblik. Njegovo površje je lahko vbočeno, izbočeno ali premočrtno. Stranski odlomni robovi so bolj ali manj vidni, kar je odvisno od oblike površja, kjer je nastal zemeljski plaz, pa tudi od hitrosti in načina njegovega premikanja. Na smer premikanja kažejo razpoke različnih oblik vzdolž stranskih odlomnih robov. Stranske razpoke lahko potekajo vzporedno s smerjo plazenja, lahko pa se širijo navzven in na ta način povečujejo območje plazu.

Razpoke, vdolbine in izbokline nastanejo na površju zemeljskega plazu in ga delijo na posamezne grude. Grude so lahko nespremenjene, na njih na primer še raste prvotno rastlinstvo. V osrednjem in spodnjem delu plazu pa se rastne razmere pogosto spremenijo. Tako z gubanjem in narivanjem nastanejo grebeni z vmesnimi kotanjami, v katerih se zadržuje voda.

Plazeča gmota je lahko različnih oblik, kar je odvisno od podlage ter vrste, plastičnosti, trdnosti in namočenosti gradiva. Pri narivanju se mehko gradivo naguba, trdno pa pri plazenju na ravni, vbočeni ali izbočeni podlagi razpoka; nastanejo natezne razpoke.

Spodnji del plazu imenujemo čelo. Tam se gradivo kopiči. Pri tem se poveča trenje, zato se spremeni oblika gradiva, nastanejo razpoke in pride do gubanja. Na spodnjem delu se čelo lahko nagrbanči in izrine podlago, lahko pa sega čez njo in oblikuje narivni rob. Čelo se lahko razlije ali oblikuje v obliki jezika, pahljače.

V Sloveniji naj bi bilo med 7000 in 10.000 aktivnih zemeljskih plazov, kar pomeni gostoto približno 0,4 plazu na kvadratni kilometer. Kar četrtnina med njimi ogroža infrastrukturo in/ali objekte. Med letoma 1994 in 2004 so plazovi povzročili za skoraj 90 milijonov škode, pri čemer pa niso vštetí stroški odprave posledic, kot tudi ne človeška življenja.



Slika 1: Shematski prikaz zemeljskega plazu [1].

3 Vzroki za nastanek zemeljskih plazov

Zemeljski plaz se sproži, kadar postane zrahljana vrhnja plast nestabilna. Eden najpomembnejših vzrokov pri tem je voda. Taleči se sneg ali obilno deževje prepojita prst z vodo. Skozi vrhno plast prodre v spodnje plasti, ki postanejo zelo spolzke. Z vodo prepojeno površje postane težje in nestabilno. Ko gradivo ne leži več trdno na pobočju, se ne more upirati sili teže. Z vodo prepojena gmota zemlje in skalovja se na strmih pobočjih spremeni v plaz, na bolj položnejših pa v tok zemlje in drobirja. Kot navaja Walkerjeva [3], je pomemben vzrok zemeljskih plazov erozija, ko odnese spodnji del pobočja. Vzroki za erozijo so lahko naravni ali pa posledice človekovih posegov v okolje. Pogostno pride do zemeljskih plazov na strmih pobočjih tudi zaradi erozije, ki je posledica sekanja gozdov ali druge neustrezne rabe tal. Zemeljske plazove lahko sprožijo tudi potresi in vulkanski izbruhi.

Komac in Zorn [1] pravita, da moramo za razumevanje neprestanega geomorfnege dogajanja razlikovati vzroke in povode pobočnih procesov. Ti so največkrat le na prvi pogled posledica izjemnih dogodkov, kot so potresi ali močne padavine, ki so ponavadi le sprožitelj ali povod geomorfnihi procesov. Povodi delujejo kratek čas in odločajo je o času sprožitve gradiva, ne pa o njegovi količini. Na sprožitev vpliva splet dalj časa trajajočih dejavnikov (vzrokov). Tako je potres lahko povod ali sprožitelj geomorfnege procesa, lahko pa je le eden od vzrokov, ki počasi načenjajo stabilnost pobočja. Določen dogodek ali proces je povod v tistem trenutku, ko dejansko pride do sprožitve gradiva, sicer pa je le delček v mozaiku vzrokov.

Vzroki za pobočne procese so dejavniki, ki daljši čas delujejo na območje sprožitve in krhajo ravnovesje. Tisti dejavnik, ki dokončni podre dinamično ravnovesje v sistemu oziroma

sistem sune prek praga v novo ravnovesno stanje, pa je povod. Po sprožitvi se na območju vzpostavi dinamično ravnovesje na novi ravni, ki vztraja toliko časa, dokler novega sistema vzroki ne privedejo do novega praga, povod pa ga spet požene čezenj.

Poglavitni povodi za nastanek zemeljskih plazov so [1]:

- Vremenska dogajanja:
 - Ekstremne padavine (močne in/ali dolgotrajne)
 - Nenaden dvig podtalnice
 - Poplave
- Hitre temperaturne spremembe:
 - Taljenje snega
 - Umikanje ledenikov in premafrosta v poznem pleistocenu, v sodobnosti pa v večjih nadmorskih višinah in višjih zemljepisnih širinah
 - Spomladansko taljenje razpok
- Potresi
- Trki nebesnih teles
- Antropogeni posegi
 - Spodkopavanje pobočij in gradnja usekov
 - Povečanje naklona pobočij
 - Pretirana raba prostora
 - Gradnja naselij na nestabilnih območjih
 - Gradnja infrastrukturnih objektov (ceste, železnice, smučarske proge)
 - Sečnja gozdov ali drugi posegi v rastlinsko odejo
 - Povzročanje tresljajev (promet, miniranje)
 - Rudarjenje
 - Kmetovanje (terasiranje pobočij, čezmerna paša)
 - Nenaden dvig podtalnice zaradi gradnje akumulacijskih jezer
 - Povečan odtok vode, sprememba oziroma usmeritev odtokov padavinske vode na nestabilno območje, odnašanje preperine
 - Vojaški posegi (raketiranje, bombardiranje)

3.1 Padavine kot povod plazenja

Eden najpogostejših vzrokov za sprožitev so obilne ali dolgotrajne padavine. Le-te prepojijo zemeljsko površje z vodo, ki skozi pore prodira v spodnje plasti. Padavine ne povzročijo na vseh površinah enako škode, pač pa je to odvisno od vrste kamnin pod površjem, njihove starosti in reliefa.

Komac in Zorn [1] pravita, da obilica vode namreč premoči preperino, kar poveča vzgonski tlak in zmanjša medzrnske sile vzdolž potencialnih drsnih ploskev. S tem se poruši ravnovesje na pobočju in poveča možnost zdrsa. Sprožitev plazov sicer ni nujno neposredno povezana z ravnijo podtalnice, vendar ima začetna vsebnost vode v tleh pri sprožitvi pomembno vlogo, saj zmanjša potrebno mejno količino padavin.

Splošno krivuljo za določitev mejne vrednosti padavin ali praga, pri katerem pride do plazanja zaradi intenzivnih padavin, opisuje enačba:

$$I=14,82*D^{-0,39},$$

pri čemer je I = intenziteta padavin (mm na uro), D pa trajanje padavin (v urah).

Mejna količina padavin za sprožitev plazanja je v Sloveniji od 100 do 150 mm pri 24-urnih padavinah in od 130-180 mm pri 48-urnih padavinah.



Slika 2: Zemeljski plaz ob številnih padavinah v kraju Letuš leta 2007 [2].

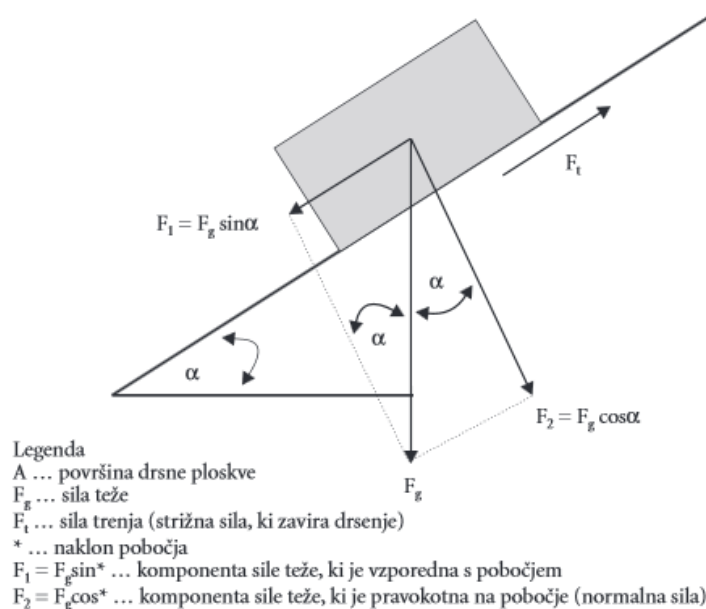
4 Plazenje

Za plazenje sta pomembna zlasti dva dejavnika, to sta zemeljska težnost in trdnost kamnine oziroma gradiva. Zemeljska težnost povzroča premikanje gradiva v nižjo lego, trdnost gradiva pa to preprečuje.

Razmerje med učinki teh dveh dejavnikov se spreminja zaradi vsebnosti vode, ki obteži pobočje in vpliva na sprijetost gradiva. Na proženje lahko vpliva tudi človek. Če se torej na pobočju zaradi povečane vsebnosti vode spremeni teža gradiva, narašča notranji upor oziroma sprijetost gradiva. Notranji upor lahko narašča le do določene meje, ki jo opredeljuje najvišji notranji upor. Ko je ta presežen, pobočje postaja nestabilno in gradivo se hipoma ali postopno premakne v nižjo lego. O zemeljskem plazu govorimo, ko je začetni zdrs hiter in so v naravi opazni njegovi učinki. Do zdrsa pride vzdolž ploskve znotraj gradiva, ob kateri je vrednost notranjega ali strižnega upora manjša od komponente sile teže, ki deluje v smeri pobočja.

Pri trdnih kamninah je pobočje stabilno tudi, če je naklon večji od kota notranjega trenja. K stabilnosti pripomore večja kohezivnost gradiva, ki pa vpliva le do določene višine pobočja. Zato v tem primeru govorimo o kritični višini pobočja, ki še omogoča njegovo stabilnost. Če se ravnovesje poruši, se znova vzpostavi ob manjšem naklonu. V idealnih razmerah je drsna ploskev zemeljskih plazov krožne ali kroglaste oblike in ni vzporedna s pobočjem. V naravi so takšne drsne ploskve redke zaradi nehomogenosti in številnih dejavnikov, ki vplivajo na plazenje oziroma zmanjšanje strižnega odpora.

V nesprijetem gradivu je pri ničelni normalni napetosti strižni tlak enak nič, kar pomeni, da kohezije ni. Zato je pomembno razmerje med kotom notranjega trenja, kohezivnostjo gradiva in silo težnosti. Stabilnost pobočja v nesprijetem gradivu je odvisna od kota notranjega trenja. Pobočje je nestabilno, ko je naklon pobočja večji od kota notranjega trenja. Ko sta sili enaki, je pobočje v ravnovesju. Notranjo trdnost gradiva torej nadomesti strižna trdnost vzdolž drsne ploskve [1].



Slika 3: Premikanje telesa po nagnjeni površini [3].

Na pobočjih je pogosto sekundarno plazenje. Gre za zaporedno ali postopno proženje zemeljskih plazov, ki poteka navzgor ali navzdol po pobočju. Plazenje sestavlja več zaporednih plazov, ki so nastali potem, ko je prvi plaz povzročil nestabilnost pobočja in so zaradi pomanjkanja opore nad njim nastali novi plazovi. Na nastanek zemeljskih plazov pa močno vpliva voda, ki zmanjša notranji upor. To se najpogosteje zgodi zaradi preperevanja, neredko pa tudi zaradi vzgona talne vode. Pri meljevcih in skrilavih glinavcih sta namreč trenje in kohezija odvisna od vsebnosti vode v polnilu razpok.

5 Vrste zemeljskih plazov

V najbolj grobem pomenu plazove ločimo na snežne in zemeljske. Zemeljske plazove pa delimo glede na gradivo, velikost, hitrost plazenja, globino, po načinu premikanja in glede na dejavnost.

Komac in Zorn [2] kot najbolj običajno delitev navajata delitev glede na sestavo gradiva. Praviloma se s plazenjem premakne nevezano gradivo, preperina. Na takšen način se lahko premakne tudi trdna kamnina. Takšen premik poteka vzdolž drsne ploskve znotraj kamnine, na primer vzdolž kamninskih plasti, ali na stiku z drugo kamnino.

Glede na hitrost plazenja razlikujemo trenutne zdrse, hitro plazenje, ki poteka s hitrostjo nekaj centimetrov na uro, in počasno plezanje, ki poteka s hitrostjo nekaj milimetrov na uro. Zemeljski plaz se lahko giblje s prekinitvami, ki so ponavadi odvisne od zunanjih dejavnikov, na primer padavin.

Glede na velikost razlikujemo usad, ki je manjši zemeljski plaz; obsega travno rušo in do 1 m debelo plast preperine. Gradivo se premakne v enem kosu in skoraj brez deformacij. Počasen premik, pri katerem se gmota med premikom tudi premeša, je zemeljski plaz.

Glede na globino razlikujemo plitve zemeljske plazove, ki zajamejo le preperino, in globoke zemeljske plazove, ki poleg preperine obsegajo tudi matično kamnino. Najgloblji zemeljski plazovi pri nas dosežajo globino več deset metrov, plitvi pa so povečini globoki le nekaj metrov.

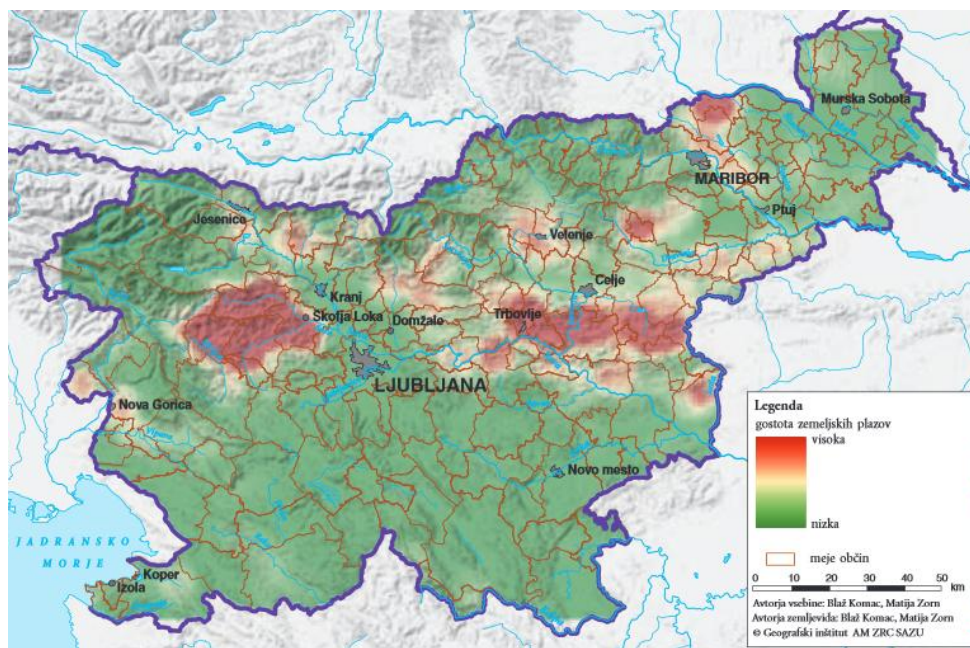
Po načinu premikanja razlikujemo rotacijsko in translacijsko plazenje. Najpogostejši so rotacijski zemeljski plazovi s krožno drsno ploskvijo. Nastanejo v homogenih kamninah oziroma preperini, ki jih sestavljajo glinasti, meljasti ali peščeni sedimenti. Za translacijske zemeljske plazove je značilno, da je drsna ploskev vsaj približno vzporedna s pobočjem, zato pride do premika gradiva v enem kosu.

Več vrst zemeljskih plazov razlikujemo tudi glede na vrsto gradiva. Splazijo lahko glina, pesek, prod, grušč, prst, preperina, jalovina. Zemeljski plazovi zelo pogosto vsebujejo raznoliko gradivo. Tako lahko na primer vsebuje glino in peščene delce z večjimi kosi kamnine. Najpogostejši so preperinski zemeljski plazovi.

Glede na dejavnost razlikujemo aktivne, umirjene in fosilne zemeljske plazove. Aktivni zemeljski plaz se premika s krajšimi ali daljšimi prekinitvami. Umirjeni zemeljski plaz se ne premika več, star ali fosilni zemeljski plaz pa razkriva nagubano ali grbinasto površje. Na njem so manjši krajevni zdrsi, površje pa je lahko mokrotno.

6 Zemeljski plazovi v Sloveniji

V Sloveniji zemeljski plazovi nastajajo zlasti v pokrajinah, kjer so za njihov obstanek ugodne geološke in reliefne razmere, to pa so predvsem hribovite in gričevnate predalpske in alpske pokrajine. Zemeljski plazovi nastajajo zlasti v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah ter Karavankah. Značilni so še za Škofjeloško, Idrijsko, Cerkljansko in Posavsko hribovje ter nekatera flišna območja, kot so Korpska in Goriška Brda ter Vipavska dolina. Relief preoblikujejo tudi v gričevju severovzhodne Slovenije, ki ga gradijo laporovci in peski, ter na območjih, kjer so na površju metamorfne kamnine (Pohorje, Kobansko, Karavanke) ali premakarbonski skrilavci (okolica Ljubljane). Plazenju so manj podvržene kraške pokrajine, kotline in široke doline [2].



Slika 4: Gostota zemeljskih plazov v Sloveniji [4].

Literatura

- [1] B. Komac in M. Zorn, *Zemeljski plazovi v Sloveniji*. Ljubljana: Založba ZRC, 2008.
- [2] B. Komac in M. Zorn, *Pobočni procesi in človek*. Ljubljana: Geografija Slovenije 15, 2007.
- [3] J. Walker, *Snežni in zemeljski plazovi*. Ljubljana: DZS, 1993.
- [4] http://www.geo-zs.si/UserFiles/1/File/Plazenje_tal.pdf

Viri slik

- [1] <http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612541071.pdf> (Str. 21)
- [2] <http://images.24ur.com/media/images/600xX/Sep2007/60050279.jpg?d41d>
- [3] <http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612541071.pdf> (Str. 33)
- [4] <http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/9789612541071.pdf> (Str. 65)

Prenosni pojavi v termoelektrarni

Sándor Paller¹

Transport phenomena in thermal power plant

Povzetek. Predstavljeno je delovanje termoelektrarne ter prenosnih pojavov, ki so del krožnega procesa delovanja termoelektrarne.

Abstract. This document summarizes the processes in thermal power plants and transport phenomena, which are part of the thermodynamic cycle.

1 Uvod

Elektrarna, v kateri s sežiganjem fosilnih goriv (premoga, nafte ali zemeljskih plinov) pridobivamo električno energijo, imenujemo elektrarna na fosilna goriva ali pa kar termoelektrarna. Glavna pogonska sila termoelektrarne je vodna para. Poznamo več vrst elektrarn; take, ki uporabljajo premog, geotermalno energijo, sončno energijo, organske odpadke in zemeljski plin, so termoelektrarne. [2] Vedno pogosteje se pojavljajo tudi bioplinarne. Tudi jedrske elektrarne prištevamo med termoelektrarne. [7] Nekatere so poleg proizvodnje električne energije skonstruirane še za proizvodnjo toplotne energije za industrijske namene daljinskega ogrevanja ali razsoljevanja vode. [1]

V svetovnem merilu se proizvede približno 65 % vse električne energije v termoelektrarnah, to razmerje velja tudi za Slovenijo. [1] Kljub temu je energijska učinkovitost klasične termoelektrarne predvidoma med 30 % in 40 %. V celoti ne more pretvoriti energijo goriva v električno energijo zaradi termodinamičnih zakonov. [2] Preostali del energije odvržejo v okolico v obliki odvečne toplote, ponavadi v reke, morja ali pa v zrak, s pomočjo hladilnega stolpa. Hkrati pa tudi povzročajo največ emisij CO₂ na proizvedeno enoto električne energije ter onesnažujejo okolje še z drugimi izpustnimi plini, kot so SO₂, NO_x, prašni delci. Termoelektrarne v Sloveniji so: TE Šoštanj, TE Trbovlje, TE-TOL Ljubljana ter plinarna TE Brestanica. [1] Električna moč termoelektrarne znaša približno 1400 MW. [7]

1.2 Nekaj o prenosnih pojavih

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Za potek procesov in reakcij so odločilnega pomena transportni pojavi. To so prenos gibalne količine, prenos snovi in prenos toplote. Pri reakcijah je zaradi porabe ali sproščanja energije pomemben prenos toplote znotraj sistema in pri izmenjavi toplote z okolico. Pri večini kemijskih reakcij in separacijskih procesov pride v sami fazi do razlike v koncentraciji ter do neuravnotežnosti različnih faz. Temu sledi prenos snovi med fazami ali znotraj faze. Od hitrosti prenosov snovi in toplote je navadno odvisna globalna hitrost separacijskih procesov ali hitrost reakcij. Trije osnovni sestavniki prenosnih pojavov so: prenos snovi, prenos toplote in prenos gibalne količine. Brez dobrega poznavanja hidromehanike opis teh pojavov skoraj da ni mogoč. Zelo pomembno je tudi, da sta si prenos snovi in toplote zelo podobna v nasprotju od transporta gibalne količine, ki se v marsičem razlikuje od prejšnjih dveh. Prenos snovi in prenos toplote mnogokrat potekata sočasno, vendar kljub podobnosti pojavov so pomembne tudi razlike med njima. Pri snovnem premiku se gre za dejanski premik materialnih delcev, pri toplotnem prenosu pa ne. Tako je lahko prenos snovi v trdnih snoveh zelo počasen, medtem pa prenos toplote zelo hiter. Pri prenosu snovi sta ponavadi fazi v neposrednem kontaktu, v primeru prenosa toplote pa ločuje faze stena. [3]

Inženir, ki se ukvarja z načrtovanjem ali vodenjem kemijskih tehnoloških procesov, se na vsakem koraku sooča s problemom iz toplotnega prenosa. Ta pojav je tako pogost, da se z njim vsakodnevno soočamo pri raznoraznih aktivnostih ali delu. Toplotni prenos je prenos energije, ki se zgodi ob razliki temperatur. S prenašanjem toplotne energije so povezani mnogi separacijski procesi kot so sušenje, destilacija, uparjevanje in drugi. Pravilno dimenzioniranje toplotnega prenosa je ključ do pravilnega načrtovanja in vodenja separacijskih procesov, ki je pa mogoče le ob ustrezni kontroli temperature, kar je pa povezano s prenašanjem toplote. Pri tem je potrebno biti pozoren na neizogibne izgube toplotne energije v okolico in na pomen njihovega obvladanja za kar je pogoj ustrezno razumevanje pojava. [3]

Difuzija je del vsakega prenosnega pojava. Je posledica naključnega molekularnega premikanja v vse smeri. Tok prenosa snovi teče vedno iz območij večjih koncentracij proti nižji. Ne ustavi se vse dokler se ne izenači koncentracijsko polje ali pa dosežemo 0 K. [5]

V termoelektrarni gre predvsem za prenos toplote in gibalne količine.

2 Delovanje termoelektrarne

Za doseg praktično uporabne oblike energije je potrebnih več sprememb. Naslednje definicije se nanašajo na pomembnejše oblike energije. [4]

Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije. Ti nosilci niso izpostavljeni nobeni tehnični spremembi. Dobljeni so z izrabo naravnih energetskega virov. Predstavniki primarne energije so: drva (iz gozda), naravni uran (iz rudnika), premog, surova nafta, energija sončnega sevanja, zemeljski plini (iz vrtine), kinetična energija vetra, potencialna energija vode. [4]

Končna energija je tisti del energije, ki koristi porabniku. Cilj njegove uporabe: za toploto, za mehansko delo, za zvok, za svetlobo. Predstavniki končne energije so: mehansko delo motorja, svetloba iz žarnice, toplota iz radiatorja, zvok iz radia. [4]

Električna energija je najuporabnejša oblika energije, ki jo je mogoče z visokim izkoristkom spreminjati v vse druge oblike energije, ki so potrebne v vsakdanjem življenju. Med drugimi so te energije toplota, svetloba, mehansko delo in zvok. Bitno je iz najrazličnejših primarnih energetskih virov čim bolj gospodarno pridobivati električno energijo. V termoelektrarnah po svetu se pridobi več kot dve tretjini električne energije. Največ v fosilnih in jedrskih elektrarnah, bistveno manj v plinskih ter nekaj z motorji z notranjim zgorevanjem. Vodne elektrarne dajejo manj kot tretjino električne energije. [4]

Delo se porablja ali pridobiva v energetskih strojih. V energetskih napravah se največkrat v obliki toplote energija prenaša, ne da bi dovedli ali odvedli mehanskega dela. Energetske naprave se med seboj razlikujejo po konstrukciji, po snovnih in termodinamičnih lastnosti delovne sile; na primer prenosnik toplote, parna kotel, hladilni stolp. Energetske naprave nimajo trajno gibajoče se dele v nasprotju z energetskimi stroji, ki jih imajo. Če imamo v sistemu opravka z več stroji, kot sta na primer električni generator in motor z notranjim zgorevanjem na skupni gredi, potem imenujemo to energetski postroj. O energetskem postrojenju govorimo, kadar gre za kopico različnih naprav in strojev, ki so med seboj funkcionalno povezani, kot na primer rafinerija nafte ali termoelektrarna (parna turbina, črpalke, električni generator, regenerativno gretje napajalne vode, parni kotel, cevovodi in pomožne naprave). [4]

Sestavni deli enostavnega parnega postrojenja so parna turbina (pridobljeno delo iz krožnega procesa), napajalne črpalke (dovedeno delo v krožni proces), parni kotel ali jederski reaktor (dovedena toplota v krožni proces), kondenzator pare (iz krožnega procesa odvedena toplota) ter ostale pomožne naprave. V tem procesu se primarna energija spreminja v mehansko delo in naprej v električno energijo. Vse naprave in stroji so med seboj povezani s cevovodi in so v krožnem procesu. Sistem je povsem zaprt in toplotno izoliran od okolice. [4]

Parna postrojenja so glavni proizvajalec energije večine dežel po svetu. Električna moč enega postrojenja je kar dvakrat večja od največjih vodnih turbin, približno petkrat večja od proste električne moči največjih plinskih postrojev, od največjih motorjev z notranjim zgorevanjem pa je vsaj desetkrat večja. [4]

V parnem kotlu se spreminja kemično vezana energija fosilnih goriv (trdih, tekočih in plinastih) v toploto. Prav tako se v jedrskem reaktorju spreminja energija jedrskega goriva v toploto. Sveža para z visoko temperaturo in visokim tlakom je končni rezultat v obeh primerih. Sodobne velike termoelektrarne s parnimi kotli na fosilna goriva obratujejo z nadkritičnim tlakom vode in temperaturo sveže pare do 565 °C. Uporaba višjih energij ni priporočljiva, zaradi visokih cen kakovostnejših kotlovskih cevi. Parametri sveže pare so nižji pri večini jedrskih elektrarn po svetu od parametrov v klasičnih termoelektrarnah.

Zaradi gospodarnosti in varnosti sta najbolj razširjena vrelni in tlačnovodni reaktor. Dopusčata le parametre sveže pare pri 280 °C in 65 bar. [4]

Sveža para jedrskega reaktorja ali parnega kotla teče v eno ali več parnih turbin, kjer ekspandira: entalpija pare se spremeni v kinetično energijo, kinetična energija neposredno v mehansko delo in naprej v električnem generatorju v električno energijo. Proces ekspandiranja pare se najprej zgodi v visokotačni turbini. Sledi ponovno pogretje delno ekspandirane pare in dokončno ekspandira v nizkotlačni turbini do temperature okolice. Tlak ponovno pregrete pare se nahaja med 35 do 50 barov v klasični termoelektrarni. V primerjavi pri jedrski elektrarni z vrelnim in tlačevodnem reaktorjem znaša tlak od 8 do 12 barov. Voda se loči parne faze v izločevalniku vlage, kamor gre delno ekspandirana para. Nastala osušena para se v eni ali več stopnjah pregreje približno na začetno temperaturo s svežo paro iz reaktorja. Za 15 % količinsko zmanjšana pregreta para ekspandira v nizkotlačni turbini do temperature okolice. [4]

Para kondenzira v kondenzatorju pri tlaku, ki ustreza temperaturi okolice. Pri tem odda jezerski, rečni, morski vodi ali okoliškemu zraku svojo toploto. V termoelektrarni Šoštanj izpustijo kondenzacijsko toploto s pomočjo hladilnega stolpa v zrak, pri jedrski elektrarni Krško pa to toploto odvedejo v reko Savo. Ta toplota je zelo velika; v okolico odveden toplotni tok se nahaja med 400 do 500 MW, pri klasični termoelektrarni električne moči 300 MW. [7] Celotni izkoristek jedrske elektrarne z vrelnim ali tlačnovodnim reaktorjem je nižji v primerjavi z izkoristkom enako velike klasične elektrarne zaradi nižjih parametrov sveže pare. Zaradi tega je potrebno več hladilne vode v kondenzatorju na enoto električne moči. [4]

Iz kondenzatorja se črpa in tlači nazaj v generator pare: parna kotel ali jedrski reaktor kondenzat. To delo opravlja napajalna črpalka. Tlak sveže pare je enak tlaku napajalne črpalke, če zanemarimo tlačne izgube skozi generator pare. Potrebna energija za pogon napajalne črpalke, ki jo proizvede parna turbina je približno 5 % električne energije. [4]

Pogonski stroj z namenom pridobivanja mehanskega dela imenujemo parna turbina. V glavnem se mehansko delo uporabi za pripravo električne energije. Tlak pare in masni tok skozi turbino določa napajalna črpalka, ki je vgrajena pred jedrskim reaktorjem ali parnim kotlom. Entalpijska razlika je omejena navzdol s temperaturo okolice in navzgor s temperaturo sveže pare. Razpoložljive entalpijske razlike je treba razdeliti na več stopenj, saj ni mogoče izkoristiti v eni sami turbinski stopnji. Konstrukcija turbinske stopnje je vezena na specifični volumen pare, tlačno razliko, vrtilno frekvenco, masni tok, premer rotorja, zato je notranji izkoristek stopnje močno odvisen od razmerja med absolutno in obodno hitrostjo pare na vstopnem vencu lopat. Turbino je treba zaradi konstrukcijskih, transportnih in montažnih stroškov deliti na več enot – na več turbinskih okrovov, ker ima parna turbina visoke parametre sveže pare, s tem tudi veliko stopenj. Generator je togo povezan z vsemi okrovi. S spreminjanjem masnega toka pare reguliramo moč parne turbine. V pravovodu sveže pare vzporedno vgrajenih več ventilov (dva do šest) nam omogoča

količinsko regulacijo. Ti ventili se odpirajo in zapirajo zaporedno – odvisno od zahtevne moči, in so postavljeni tik pred turbino. [4]

Pridobivanje hkratno električne energije in toplote je zelo preprosto in cenovno ugodno v parnih postrojenjih. Za to obstajata dve rešitvi. Preprostejša rešitev je, da je ekspanzija prekinjena pri višjem tlaku in višji temperaturi (naprimer 5 bar), torej ne ekspandira do temperature okolice. Toplota pare, ki je 150 °C in več se porablja za ogrevanje ali pa za razne tehnološke procese. Toplota in priprava električne energije sta med seboj povezani, torej več pridobljene električne energije pomeni tudi več toplote. Tukaj se izkaže pomanjkljivost te rešitve. Splošnejša je druga možnost; para ekspandira do temperature okolice v kondenzatorju, iz turbine pa se na primernem mestu odjema para, njena toplota pa se spet uporabi za ogrevanje ali različne tehnološke procese. Pridobivanje električne energije je skoraj neodvisna od pridobivanja toplote v tem primeru, saj večina pare kondenzira v kondenzatorju in ekspandira do temperature okolice. V ljubljanski toplarni je takšno parno postrojenje. Tudi pri plinskih postrojih je mogoče hkratno pridobivanje toplote in električne energije. Plinski turbini je potrebno prigraditi primeren prenosnik toplote, saj znašajo temperature izpušnih plinov iz plinskih postrojev približno 500 °C. Takšen plinski postroj najdemo v podjetju Energetika Ljubljana. Termični izkoristek elektrarne je definiran kot razmerje med električno energijo in dovedeno toploto: [4]

$$\eta_{tE} = \frac{w_E}{Q_{do}} \quad (4)$$

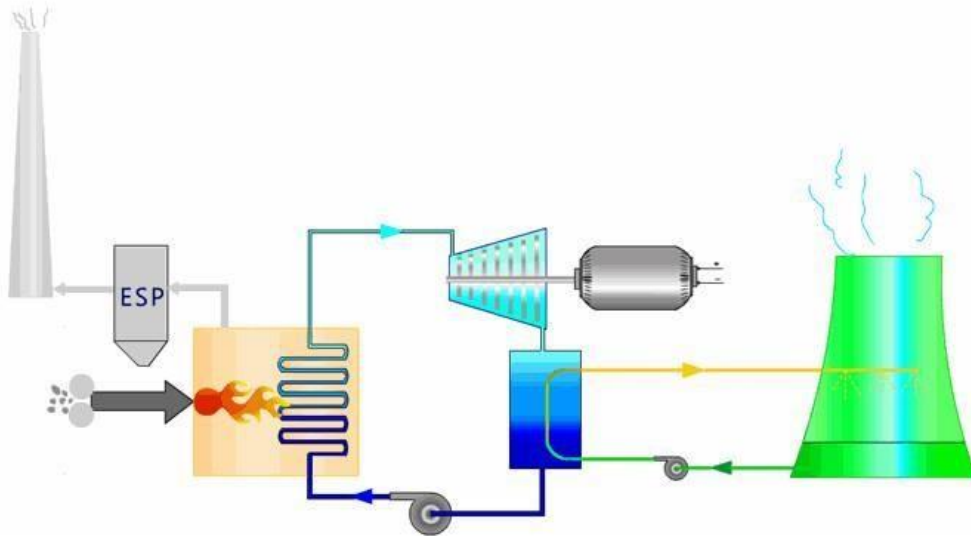
Potem je energijski izkoristek toplarne analogno definiran, ki hkrati pridobiva toploto in električno energijo, kot razmerje med vsoto koristne toplote in električne energije, ter dovedeno toploto: [4]

$$\eta_{tT} = \frac{w_E + Q_K}{Q_{do}} \quad (4)$$

Razmerje med letnim povprečjem pridobljene toplote in električne energije definiramo s toplarniškim razmernikom (enačba), s pomočjo katerega podamo energijski izkoristek toplarne: [4]

$$\eta_{tT} = \frac{w_E + \chi w_E}{Q_{do}} = \eta_{tE} (1 + \chi) \quad (4)$$

Če je energijski izkoristek toplarne enak termičnemu izkoristku elektrarne, potem je toplarniški razmernik enak nič. [4]



Slika 1: Delovanje termoelektrarne [2]

3 Procesi v termoelektrarni

Termoelektrarna deluje z osnovnim namenom pridobivanja električne energije. [2] Generiranje energije, poleg raznih naprav in procesov potrebuje elektrarna vir primarne energije oziroma gorivo, ki so snovi za pridobivanje toplote. Lahko so umetnega ali naravnega izvora. Med goriva elektrarn prištevamo fosilna goriva, zemeljske pline, toda v termoelektrarni predstavlja vir energije trdo gorivo oz. premog. Nastane s počasnim procesom karbonizacije pod vplivom delovanja bakterij v anaerobnih razmerah iz lesa. [4] Pred uporabo zmeljejejo premog na drobne delce. V kuriščih se s sežigom premoga sprosti toplota ter izpustni plini, ki se odvajajo v zrak preko dimnika. Tukaj nastopi prvi prenosni pojav: premog ob hitri oksidaciji ali zgorevanju razpade na negorljive mineralne delce (pepel) in proizvedejo se izpustni plini, ter sprosti se ogromno količine energije v obliki toplote. Nastala toplota potuje do telesa z manjšo temperaturo; do ceveh, ki so napolnjene z vodo. V termoelektrarnah se uporablja vodna para za prenos toplote. [6]

Pride do prevoda toplote ali difuzije toplote. To je nepovračljiv proces, saj poteka samo v eno smer. [5]

Toplotna prevodnost je ena izmed mnogih lastnosti snovi. Ta pojav najlažje zapišemo z enačbo t.i. fenomenološkim zakonom: [5]

$$\phi = \frac{Q}{t} = \alpha * \Delta T * A \quad (5)$$

Voda v ceveh prejme toploto, se segreje, spremeni agregatno stanje in se upari v vročo suho paro. Vodna para potuje po ceveh do turbine. Tukaj imamo opravka poleg prenosa toplote tudi s tokom gibalne količine. Tok pare v ceveh je turbulenten; s časom se tokovnice

spreminjajo, kar lahko povzroči vrtince. Tok gibalne količine podamo z Reynoldsovo enačbo: [5]

$$Re = \frac{v_0 * l}{\nu} \quad (5)$$

Vo je hitrost tekočine [$\frac{m}{s}$], l dolžina cevi [m] in ν predstavlja kinematično viskoznost snovi [$\frac{m^2}{s}$]. Reynoldsovo število je v našem primeru več kot 2300, saj je tok turbulenten. [5]

Vroča vodna para prispe do turbine. Parna turbina se vrti zaradi pare z visokim pritiskom in visoko temperaturo. Vodna para ekspandira v turbini. Vrtenje turbine, ki lahko doseže tudi do 3600 vrtljajev na minuto, omogoča vroča para s pritiskom na turbinske lopatice. [6] Tako se energija toplote pretvori v mehansko energijo. Po tem, da je turbina prejela mehansko energijo, poganja generator, ki zaključi proces pridobivanja električne energije v termoelektrarni s procesom indukcije. [1] Generator pretvori mehansko energijo v električno energijo. [7]

Zdaj, da se je zmanjšala temperatura in tlak, vstopa vodna para iz turbine v kondenzator. Tukaj se vodna para tako ohladi, da spremeni svoje agregatno stanje in se utekočini. [6] Proces lahko spet opišemo s Fourierovim zakonom: [7]

$$\vec{q} = -k\vec{\nabla}T \quad (5)$$

Gostoto toplotnega toka označimo s: q [W/m^2], T je temperatura [K], in k predstavlja sorazmernostni koeficient ali toplotna prevodnost [W/mK]. Odvisna je od temperature in mikrostrukture snovi. [5]

Razlika je ta, da sedaj vodna para oddaja toploto. Toplotna energija se prevaja na cevi, v katerih je voda. Priskrbijo jo lahko neposredno iz okolice, torej iz bližnjih jezer, rek, morja ali pa s pomočjo hladilnih stolpov. [4] Voda se hladi v hladilnih stolpih s pomočjo zraka. Proces poteka z dovajanjem vode na gladino hladilnega stolpa. Nato steče v hladilni stolp, se razprši in meša z zrakom okolice. [6] Voda se dovaja nazaj v hladilni sistem po tem, da se zbere. Med tem voda izpari, kaj omogoča dodatno hlajenje po principu parnega hlajenja. Odvečna toplota se odvaja v ozračje. Voda se s pomočjo črpalke vrne v uparjalnik in cikel se ponovi. [4]

4 Prednosti in slabosti termoelektrarne

Temeljne prednosti termoelektrarne je enostavno vzdrževanje in obratovanje. Velika količina razpoložljivega premoga omogoča nemoteno delovanje termoelektrarn za naslednja leta, ter cenovno sprejemljivo proizvodnjo električne energije. Za delovanje zavzemajo razmeroma malo prostora, ter s kombiniranjem toplotne in električne proizvodnje je lahko skupni izkoristek goriva tudi do 80 %. Termoelektrarne lahko obratujejo skoraj vsepovsod po svetu. [1]

Glavne slabosti termoelektrarn je v izkoristku energije ali toplote. [1] Odvedena toplota v okolje lahko škoduje tudi rekam in jezerom z zvišanjem njihove temperature. Predvsem pa

povzročajo termoelektrarne okolju škodljive izpuste, kot so ogljikov dioksid, prašni delci, SO₂, NO_x, sevanje. [4]

Manjša je obremenitev okolja na enoto pridobljene električne energije, če uporabljajo v termoelektrarni boljši premog ali pa povečamo izkoristek procesa. [4]

5 Zaključek

Izkoristek termoelektrarne bi lahko zvišali s ponovnim pregretjem ekspandirane pare ter zvišanjem temperature sveže pare. [4] Lahko bi tudi vključili dodatni krožni proces, ki bi povečal izkoristek. [1]

Literatura

- [1] Esvet. (2014). *GEN energija, d.o.o.* Pridobljeno na spletni strani: <http://www.esvet.si/fosilna-energija/vrste-termoelektrarn>
- [2] Learn engineering. (2011). *PSD Style*. Pridobljeno na spletni strani: <http://www.learnengineering.org/2013/01/thermal-power-plant-working.html>
- [3] Koloini, T. 1999. *Prenos toplote in snovi*. Ljubljana: Studio print. Str.: 7-15
- [4] Kraut, B. 2006. *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Littera picta. Str.: 255-290
- [5] Ravnik, J. 2016. *Prenosni pojavi v okolju*. Maribor: Fakulteta za strojništvo. Str.: 21-60
- [6] Youtube. (2011). *Kamkhohao S L*. Pridobljeno na spletni strani: <https://www.youtube.com/watch?v=xokHLFE96h8>
- [7] Wikipedia. (2015). *Wikimedia foundation, Inc.* Pridobljeno na spletni strani: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_power_station

Ozonska Luknja

Tamara Lorenčič

Ozon hole

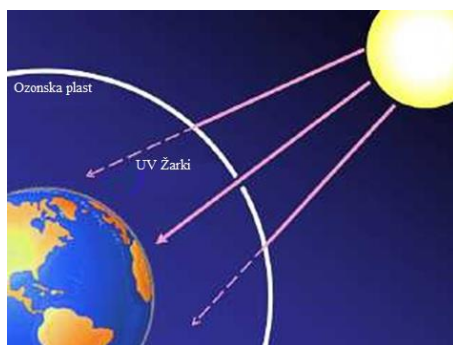
Povzetek. Ozonska luknja je novi pojem kateri se je pojavil v času modernizacije. Ozonska luknja je problem zaradi prevelikega sevanja UV žarkov Sonca. Zaradi tega pa prihaja tudi do segrevanja Zemlje. Ozonska luknja je povezana z toplogrednimi plini. Največji problem ozonske luknje je na Antarktiki. Kjer je tudi največja.

Abstract. The ozone hole is a new concept which emerged during the modernization. Ozone hole is a problem due to excessive solar ultraviolet (UV) radiation. This is the reason for global warming. The ozone hole is linked to greenhouse gases. The biggest ozone hole is in the Antarctic, where the problem is also the biggest.

1 Uvod

Ozonska plast je del Zemljine atmosfere, ki vsebuje visoke koncentracije plina ozon (O₃). Čeprav je koncentracija ozona v tej plasti na nek način majhna, pa je vseeno bistvenega pomena za življenje. Saj absorbira biološko nevarno UV sevanje sonca. Debelost ozonskega plašča, to pomeni količina ozona v stolpcu, je različna po celem svetu. Na področju ekvatorja je dokaj majhna, vendar pa se odebeli, ko se pomikamo proti poloma. Prav tako niha tudi z letnimi časi – v spomladanskih mesecih je ta plast debelejša, v jesenskih pa tanjša.[5]

Tanjšanje ozonske plasti je nov pojem, katerega so uvedli v zadnjih nekaj desetletjih, ko so znanstveniki začeli odkrivati posledice modernizacije. S tem pojmom torej opišemo opazovano izgubo ozona v stratosferi v zadnjih petdesetih letih, česar posledica je ozonska luknja. Ta zajema enakomerno tanjšanje ozona na ekvatorialnem delu, kot tudi katastrofalne pomladanske padce na polih imenujemo ozonska luknja.[5]



Slika 1: Potekanje UV žarkov skozi ozonsko plast

2 Ozonska luknja

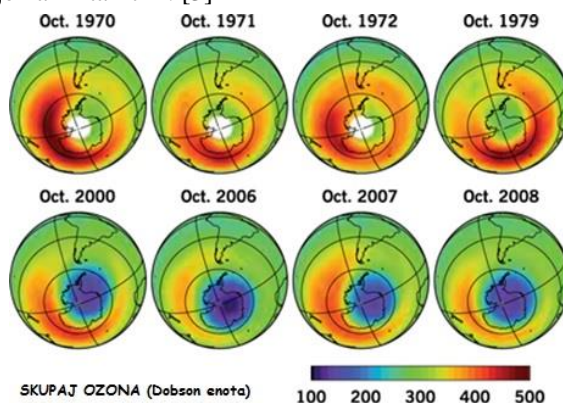
Ozonska luknja je zaščitni plašč okoli Zemlje. Molekulo ozona sestavljajo trije kisikovi atomi (O_3). Atomi klora in broma iz plinov, ki izhajajo iz raznih naprav in izdelkov, potrebujejo kar nekaj let, da najdejo pot do zgornjih plasti ozračja, potem pa se tam zadržujejo desetletja. Pri tem reagirajo z molekulami ozona in jih uničujejo. Ozon, ki ga je največ na višini med 10 in 50 kilometrov, največjo gostoto doseže na višini 25 km najmočnejše ultravijolične žarke in nas varuje pred njimi. Ozonska luknja je najizrazitejša nad polom, kjer poleti ozon skoraj izgine.[1]

Ozonska luknja je pojav, ki ga povzročajo, ki razkrajajo ozon na atom kisika in na molekulo kisika. Največja ozonska luknja je nad Antarktiko. Ozonska luknja pa onemogoča sevanje UV žarkov na površje Zemlje. Zaradi tega ima velik vpliv na rastline, živali in ljudi.

Nastala je kot posledica prevelike količine haluciniranih fenolov. To je snov katero lahko najdemo tudi doma v zmrzovalnikih. Za večanje ozonske plasti pa pripomore tudi povečana koncentracija ogljikovega dioksida, ki pa se vedno večja.

Ozonsko luknjo so zaceli ameriški znanstveniki podrobno opazovati že v 80. letih. Tedaj so znanstveniki prvič začeli poročati o problematiki ozonske luknje.

Zaradi vedno večanja števila tovarn in prometa je vedno bolj vplivalo na ozonsko plast. Prišlo je do večanje ozonske luknje. Najprej so bile posledice majhne z leti pa so se vedno povečevale. Največji problem ozonske luknje je na Antarktiki. [3]



Slika 2: Prikazuje velikost ozonske luknje v letih od 1970 do 2008

2.1 Ozon kot plin

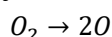
Ozon je oblika kisika, kjer so skupaj vezani trije atomi kisika. Čisti ozon je plin modrikaste barve, če pa je utekočinjen pa je temno modre barve. V koncentrirani obliki je zelo eksploziven in ima močan neprijeten vonj. Pri sobni temperaturi ni obstojen, pri višjih temperaturah pa zelo hitro razpada na molekulo kisika in na atom kisika, zato velja za močnega oksidanta. Kadar se nahaja v majhnih koncentracijah na človeka ne vpliva, če pa se pojavlja v večji koncentraciji pa povzroča razna obolenja (glavobol). Ozon lahko dosežemo tudi pri različnih kemijskih reakcijah (pri počasni oksidaciji vlažnega belega fosforja na zraku). nastajanje ozona je povezano s učinkovanjem ultravijoličnih in radioaktivnih žarkov na kisik, tehnično pa ga pridobivamo v ozonizatorjih.[2]

V zraku je približno ena petina kisika. Ko sončni žarki dosežejo stratosfero se kisik znotraj te plasti spremeni v ozon. Ker ozon velja za nestabilen plin, v ozračju ob sodelovanju sončevega sevanja potekajo različne kemijske reakcije, pri kateri prihaja do nastajanja in razpadanja ozona. Ta dva procesa pa sta v ozonski plasti v ravnovesju.

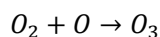
Ozonska plast v stratosferi je prijazna do življenja na Zemlji, v troposferi pa je ozon strupen. V troposferi nastane ozon tedaj ko se dušik meša z ogljikovodiki in dušikovimi oksidi. Te snovi najdemo v avtomobilskih izpušnih. Rezultat teh kemijskih reakcij je škodljivo onesnaževanje, ki mu pravimo fotokemijski smog. [2]

2.2 Reakcija nastajanja ozona

Ena molekula kisika vsebuje dva atoma kisika O_2 . V stratosferi ultravijolična razbije molekule kisike na dva atoma kisika, Kot je prikazano v reakciji:



Prosti atomi kisika se potem pridružijo molekuli kisika, pri čemur nastane molekula ozona, kot kaže reakcija:



Molekule ozona pa lahko zelo hitro razpadejo in se ponovno sprostijo posamezni atomi kisika. Pri čemer lahko pride do ponovnega spajanja atomov kisika ali molekul kisika. Če pa se v ozračju nahajajo še drugi atomi kot so kloridi in bromidi, pa pride do zmote naravnega ravnovesja.[8]

2.3 Nastanek

Ozonska luknja se je pojavila v 20.stoletju v industrijski revoluciji, ki se je godila v 80. letih 19. stoletja. V teh letih so ga začeli prvič omenjati saj se je nad Antarktiko prvič opazil ozonsko luknjo, katera pa se je hitro širila. Zaradi vedno večjega onesnaževanja pa so začeli znanstveniki vedno bolj opazovati ozonsko luknjo.

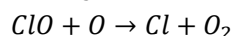
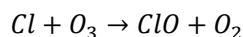
Luknja se je začela močno večati v 20. letih. Zaradi večanja ozonske luknje pa je prišlo do vedno večje zaskrbljenosti.. Ko pa so ugotovili da se lahko ozonska luknja sama objavila je bila to za njih pozitivna novica. Vendar se ozonska luknja vedno bolj širi kot pa obnavlja.[8]

3 Kemična industrija glavni povzročitelj ozonske luknje

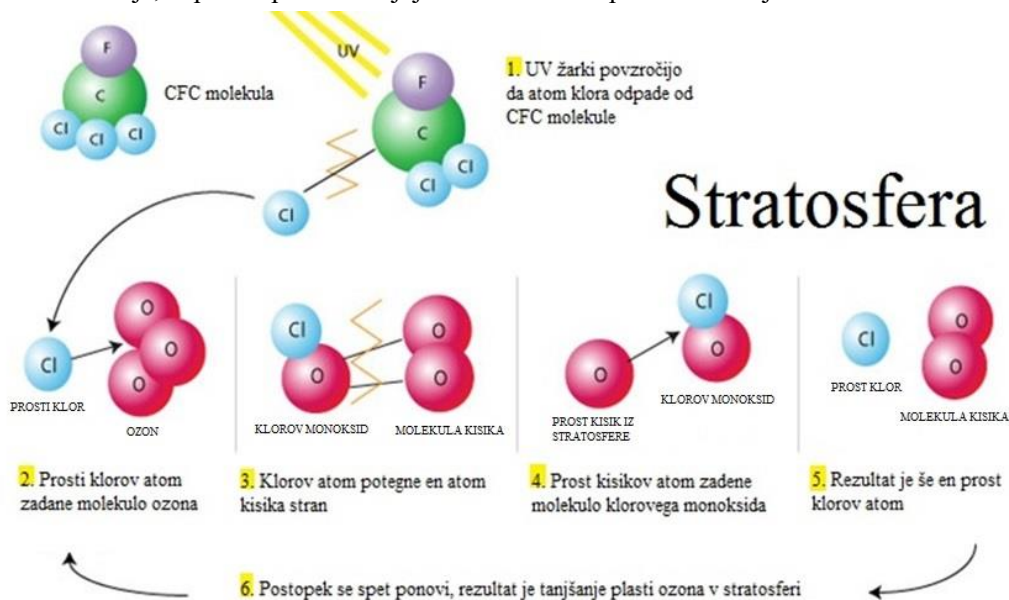
3.1 Plini CFC in haloni

Glavni povzročitelji ozonske luknje so klorofluoroogljikovodiki ali krajše CFC-ji, nato so še haloni in metil bromidi. Ko CFC-ji pridejo v zrak in se začnejo dvigovati proti stratosferi. Molekula CFC-ja

vsebuje atome klora, flora in ogljika. V stratosferi zaradi ultravijolične svetlobe pride do sproščanja atoma kisika. Ti atomi kisika reagirajo s molekulo kisika in nastane ozon. Klor pa lahko molekulo CFC-ja razdeli na dva dela, in sicer na atom kisika ali molekulo kisika, to je prikazano v spodnjima reakcija:



Kot že omenjeno sončna svetloba razbije CFC. Pri tem se sprosti atom klora. Proste atome klora privlačijo atomi kisika v molekuli ozona. Atom klora se združi z atomom kisika v ozonu. Ta se odcepi na molekule ozona odcepi in nastane klorov monoksid (ClO) in molekulo kisika. klorov monoksid nato razpade in uničuje, ta proces pa se nadaljuje. En atom klora pa lahko razbije 100000 molekul ozona.[5]



Slika 3: Prikaz razkrajanja ozona zaradi CFC

V 20 stoletju so se CFC-ji uporabljali v klimatskih napravah, zamrzovalnikih, hladilnikih in v razpršilcih. Halone pa so uporabljali v gasilnih aparatih. Metil bromid so uporabljali pri razkuževanju talin skladišč za prehrabnen izdelke.[5]

Ko so leta 1974 znanstveniki začeli opozarjati na nevarno povezavo med CFC-ji in tanjšanjem ozonske plasti, so minila še kar 4 leta preden so v ZDA prepovedali izdelavo CFC v iz pršilcih. Najnevarnejši obliki CFC 11 in CFC 12 so začeli nadomeščati manj škodljivi CFC-ji, ki pa še vedno povzročajo tanjšanje ozonske plasti, pa čeprav v ozračje oddajajo le majhne količine klora tako npr. nekateri izdelovalci uporabljajo za izdelavo hladilnikov namesto CFC zmes propana in butana. Amonijak lahko nadomesti CFC v velikih hladilnih napravah. V nekaterih krajih po svetu npr. v Portsmouthu v Angliji so ustanovili javno službo, ki odstranjuje CFC-je iz neuporabnih in zavrženih hladilnikov in jih nato zopet prodaja industriji, kar še je vedno bolje, saj se ti plini uporabijo večkrat in se tako ne proizvajajo novi. [5]

3.2 Ozonska luknja na Antarktiki

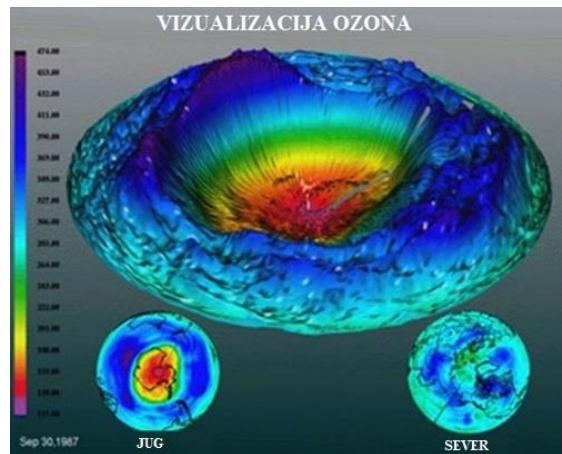
Kot sem že omenila se je v 80. letih so se po vsem svetu začela dodatna merjenja debeline ozonske plasti in koncentracije ozona. Britanski znanstvenik so leta 1982 nad Antarktiko ugotovila znatno zmanjšanje stratosferskega ozona. Ozonska luknja se je na Antarktiko se je razširila nad površino, ki je bila 2x večja kot je ozemlje ZDA. Razlogi za to naj bi bili: meteorološke razmere nad Antarktiko, stratosferske ohladitve nad tečajji, visoka koncentracija aktivnega klor.

Največjo ozonsko luknjo so odkrili leta 1992. dosegla je ozemlje Antarktike in Ognjene ozemlje. Velikost ozonske luknje pa se je še pojavljala še naprej v naslednjih letih. [6]

3.3 Vzrok za nastanek:

V dolgi trajajoči temačni zimi polarnih območij južne poloble, se nad Antarktiko pojavi zelo hladen zrak s temperaturo do -90°C . S pomočjo kemičnih reakcij na ledenih kristalih se klorove spojine iz neaktivnih oblik preoblikujejo v aktivne molekule, ki so zelo občutljive na sončno svetlobo.

Prvi spomladanski žarki nad Antarktiko (september) se začne sproščati klor in kemična reakcija uničevanja ozona traja 5 ali 6 tednov. V tej reakciji se 2 molekuli ozona pretvorita v 3 molekule kisika, klor pa preživi nedotaknjen in je sposoben uničiti naslednje molekule ozona. To je bistveni princip tanjšanja ozonske plasti na Antarktiki.[7]



Slika 4: Vizualni prikaz ozonske luknje na severu in jugu

Oktobrski pojav izrazite antarktične luknje je posledica treh vzrokov:

- Najbolj hladen zrak kar pomeni več je ledenih kristalov in klor iz CFC-ja hitreje pride do uničujočih molekul ozona.
- Zaradi močnih vrtničastih vetrov so kloridi, kristali ledu in molekule ozona pred prihodom sončnih žarkov tesno skupaj.
- Šele po 6 mesecih pride Sonce in začne se intenzivna verižna reakcija uničevanja ozona, nato pa se veter zmanjša in pride do obogatitev ozona iz soseščine.
- Zaradi navedenih vzrokov je zmanjševanje ozona v ozračju nad neposeljeno Antarktiko največje. V drugih zemljepisnih širinah je zmanjševanje količin ozona bistveno manjše. [7]

3.4 Zakaj ozonska luknja nad Antarktiko in ne na ekvatorju

Zrak nad Antarktiko je zelo hladen, kar pomeni da je veliko ledenih kristalov, pri čemur pride, da klor iz CFC hitreje uničuje molekule ozona.

Ker pa so za Antarktiko značilni močni vrtinčasti vetrovi pomeni, da so molekule kloridov, molekule ozona in kristali ledu močno povezani skupaj. Za Antarktiko je tudi značilna polarna zima. Kar pomeni, da ne pride do razpadanja molekul ozona. Ko pa se pojavijo prvi sončni žarki nad Antarktiko pa pride intenzivnih reakcij. Zato začnejo kloridi intenzivno uničevati ozon. To se pojavi na spomlad in poletje. Ko pa se situacija vetrov umiri pa pride do obogatitve ozona.

Ta pojav razgradnje ozona se pa nad ekvatorjem ne more pojaviti. Ker podnebje nad ekvatorjem se razlikuje od podnebja nad Antarktiko. Podnebje na ekvatorje je ekvatorialno. Pomeni da so sončni žarki vedno prisotni. In ne pride do tega da bi prišlo do hitrega in učinkovite razgradnje ozona. [2]

3.5 Ozonska luknja nad Arktiko

Na severnem polu se zračni vrtinec giblje nad polarnim morjem. To pa omogoča mešanje med zrakom, kjer je premalo ozona in z zrakom z več ozona. Zaradi tega ni na severu tako izrazita ozonska luknja. Vendar se vseeno zmanjšuje koncentracija zaščitnega plina. Njena izguba znaša približno od 5 do 8%.

Najbolj uničena je plast okrog 50 stopinj geografske širine. To pa je predel Severne Amerike, Kanade, Britanskega otočja, Skandinavije in Rusije.[2]

3.6 Razširjenost ozonske luknje nad Slovenijo

V Sloveniji trenutno ne obstaja kritičnega zmanjšanja koncentracije ozona v stratosferi. Koncentracija se zmanjša v spomladanskih mesecih največ do 20%, poleti pa se to izniči. V primerjavi z ostalimi deli sveta je za zmanjšana koncentracija zelo majhna. Vendar je ta podatek naše geografske širine in razmeroma čiste industrije zelo zaskrbljeni podatek.

Posledice so vidne predvsem v toplejših pomladanskih dneh. Problem se pojavi tudi vse večji koncentraciji prezimljenega ozona med poletjem.[1]

4 Kaj se dogaja danes z ozonsko luknjo?

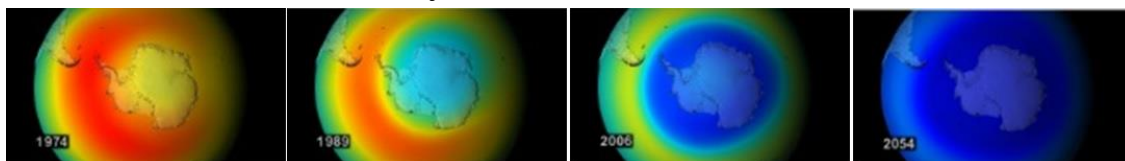
Ozonska luknja je največ problemov povzročala v začetku 80-tih let. Največji preplah so povzročili znanstveniki, ko so v javnost dali novico da se je na ozonski plasti pojavila ti. ozonska luknja. Dejali so da ima to slab učinek na življenje na našem planetu. Vendar so to krizo zelo hitro rešili.

Danes pa tega preplaha več ni. Ampak stvari se vseeno niso umirile. Nemški profesor psihiatrije Borwin Bandelow je dejal: »Znano se nam vedno zdi manj nevarno kot novo. Negotovost v začetku pogosto sproži večji strah kot nevarnost sama.« [1]

Z leti se je tudi količina CHC-jev zmanjšala. Čeprav so CFC precej stabilne substance, jim je uspelo priti v precej neprepusten prostor med stratosfero in atmosfero. Zraven zmanjšanju koncentracij še vedno povzročajo škodo. Velik poudarek za zmanjšanje CFC-jev pa ima varstvo okolja, saj je v zadnjih letih veliko pripomorejo k zmanjšanju CHC-jem.

Nekateri znanstveniki trdijo da se največja ozonska luknja nad Afriko, nekateri trdijo da se je velikost in učinke ozonske luknje zmanjšal. Nekateri znanstveniki pa celo trdijo da bo ozonska luknja popolnoma izginila. Znanstvenik Oprah meni, da so to preveč optimistične napovedi in da ozonske luknje ne povzročajo samo CFC-ji ampak tudi globalno segrevanje: »Če bo na površju Zemlje vse topleje, se bo stratosfera ohlajala, s tem pa bo ozonska luknja vse večja.« [1]

Že lansko leto so temperature bile razlog za povečanje ozonske luknje. Kajti pri nizkih temperaturah se klorove spojine spremenijo in postanejo še bolj škodljive za ozonsko plast. Pri zelo nizkih temperaturah kot je npr. -80°C lahko en atom klora uniči več tisoč molekul ozona. Ozonska luknja po vseh teh letih ni izginila ampak postaja vedno večja. Znanstveniki pa napovedujejo, da bi ozonska luknja izginila šele leta 2054, če nebi bilo več toliko CFC-jev.



Slika 5: Slika prikazuje kako bi naj ozonska luknja popolnoma izginila leta 2054

4.1 Možne tehniške rešitve

Zaradi velike količine CFC v ozračju, posebej v stratosferi, je potrebna v kratkem času najti dolgoročne tehniške rešitve, ki bodo pripomogle k uničenju in bo pripomorejo k večanju koncentracije ozona.

Znanstveniki si pri iskanju rešitev zelo nasprotujejo. Nekateri so za fizično uničevanje CFC, ki vključujejo uporabo drage in zapletene opreme. Te narave bi z pomočjo laserskih žarkov razbile molekulo CFC preden ta začne uničevati ozon. Drugi poudarjajo da uničevanje CFC nebi pomagalo pri povečanju koncentracije ozona. Zato bi morali ozon iz spodnje plasti prenesti iz spodnje plasti, kjer ni zaželen črpati v stratosfero. Tretja možnost, ki so jo predlagali je najbolj realna od predlogov. Način pa je ta, da bi v ozračje črpali etan in propan. Ta pa bi slabila vpliv škodljivih snovi.[2]

5 Posledice ozonske luknje

Posledica ozonske luknje je povečana temperatura na Zemlji, katera se je v zadnjih letih dvignila za $0,5^{\circ}\text{C}$. druga večja posledica je učinke tople grede z vedno večjimi vremenskimi ujmami. Povečanje morske gladine, topljenje Arktičnega ledu. Zaradi večanja temperature na Zemlji se je tudi na Alpah pomaknil zeleni pas navzgor.

Posledice ozonske luknje so udi takšne da se ptice selivke vedno hitreje vračajo in kasneje odhajajo. Posledice večanja ozonske pasti pa imajo tudi vpliv na ljudi, živali in na rastline. [7]

5.1 Posledica večanja ozonske luknje

Ozonska luknja je postala vedno več henolovih frenolov z zraku. Kot sem že omenila so v 80-tih letih vedno bolj merili debelino plasti in same koncentracije ozona.

Britanski znanstveniki so leta 1982 ugotovili močno zmanjšanje ozonske plasti nad Antarktiko. Ozonska luknja je v tistem času bila že velika toliko kot 2-krat ozemlje ZDA. Razlogi za to naj bi bili meteorološke razmere nad Antarktiko, stratosferske ohladitve in povečana koncentracija aktivnega klora. Velik vpliv pa ima tudi topla greda na ozonsko luknjo.[7]

5.2 Posledice ozonske luknje na ljudi, živali in rastline

Zaradi povečanega UV sevanja bo vedno večja možnost obolenja z kožnim rakom. Najbolj bodo izpostavljeni sevanju ljudje, ki nimajo zaščitnega kožnega pigmenta. Zaradi sevanja se bo povečala tudi okvara oči. Ljudje z astmo pa bodo vedno težje dihali.

Večanje ozonske luknje pa bo vplivalo tudi na rastline. Zaradi povečanja sevanja bodo rastline počasneje rasle. Zaradi povečanja ozona bo prišlo tudi do izumrtja organizmov v vodi ki so občutljivi na sevanje. Poslabšala se bo tudi kvaliteta zraka. Prišlo bo tudi do razkrajanja kemijske mase.[7]

6 Povezava med tanjšanjem ozonske plasti in toplo gredo

Gre za medsebojno povezanost mehanizmov globalnega segrevanja zemlje in tanjšanja ozonske plasti. Mehanizma povratnih lokov obeh procesov se namreč medsebojno krepita. Globalno segrevanje povzroča večje izhlapevanje in vlažnost ozračja, zato se ujame več toplote, ki bi se sicer razpršila v višje plasti ozračja in v vesolje. Končni rezultat je torej toplejša nižja troposfera in hladnejša višja stratosfera. To povzroči, da se v stratosferi (z ozonsko plastjo) več vodnih hlapov spremeni v ledene kristale. Zlasti v polarnih območjih, kjer se CFC združujejo z ozonom ob navzočnosti ledu, ki pospešuje razkrajanje ozona. Zato prihaja do zemeljskega površja več UV žarkov, ki poškodujejo rastline in tako zmanjšujejo njihovo sposobnost vpivanja CO₂. Ker rastline absorbirajo manjše količine CO₂, se ta v večji količini ohranja v ozračju. Ozračje in zemeljsko površje se torej še bolj segreva, povečuje pa se ohlajanje višje stratosfere.[7]

Literatura

- [1] Horvat, Ronnie Christopher, *Ozon, ozonska luknja in posledice*. Maribor: Škofijska gimnazija Antona Martina Slomška, 2001.
- [2] Jane Walker, *Posegi v naravo: Ozonska luknja*. DZS d.d., Ljubljana 1996.
- [3] Jane Walker, *Posegi v naravo: Onesnaževanje ozračja*. DZS d.d., Ljubljana 1996.
- [4] *Kaj se danes dogaja z ozonsko luknjo?*. (3.1.2015). Pridobljeno 13.12.2015, s <http://ciklon.si/stran/?p=4789>
- [5] *Ozonska luknja*. (3.10.2015). Pridobljeno 13.12.2015, s https://sl.wikipedia.org/wiki/Ozonska_luknja
- [6] *Obnovljivi viri in njihov vpliv na okolje*. Pridobljeno 13.12.2015, s <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/ozon-in-nastanek-ozonske-luknje/>
- [7] *Ozonska luknja*. Pridobljeno 13.12.2015, s <http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/74-ozonska-luknja>
- [8] Jane Walker, *Posegi v naravo: Ozonska luknja*. DZS d.d., Ljubljana 1996.
- [9] Vračko Uroš, *Ozon*. Maribor: I. gimnazija, 1995.

Literatura slik

- [1] *Layers of the Atmosphere*. Pridobljeno 29.12.2015, s <http://www.vtaide.com/png/atmosphere.htm>
- [2] *Ozone and UV: Where are we now?*. Pridobljeno 29.12.2015, s <http://www.skincancer.org/prevention/uva-and-uvb/ozone-and-uv-where-are-we-now>
- [3] *Atmospheric Pollution*. Pridobljeno 29.12.2015, s <https://www.learner.org/courses/envsci/unit/text.php?unit=11&secNum=10>
- [4] *Ozonska luknja*. Pridobljeno 29.12.2015, s <http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/74-ozonska-luknja>
- [5] *Earth*. Pridobljeno 29.12.2015, s http://www.nasa.gov/topics/earth/features/world_avoided.html

Velika ekološka nesreča v Černobilu, in razširjanje onesnaževal po okolju

T. Hauptman¹

Big ecological disaster in Chernobyl, and dissemination of pollutants in the environment

Povzetek. V tej seminarski nalogi je predstavljena ena izmed največjih ekoloških katastrof, ki so se kdaj koli zgodile v Evropi. Razloženi so vzroki in posledice razširjenega onesnaževala po okolju.

Abstract. This seminar paper presents one of the biggest ecological disaster in Europe history and explains the causes and the consequences of the dissemination of pollutants in the environment.

1 Uvod

Živimo v globaliziranem svetu in včasih se ne zavedamo kaj nas lahko vse doleti. Velikokrat ne pomislimo na to, da pridobivamo elektriko tudi preko jedrske energije. Letos, natančneje 26 aprila bo minilo natanko 30 let od jedrske nesreče v kraju Pripjat v mestu Černobil na severu Ukrajine. Posledice so bile katastrofalne, čutijo se še danes, vendar takrat je malo ljudi vedelo kaj se je v resnici zgodilo. Zato bom skušal v tej seminarski nalogi podrobneje in razumljivo prikazati to ekološko nesrečo.

2 Černobilska nesreča

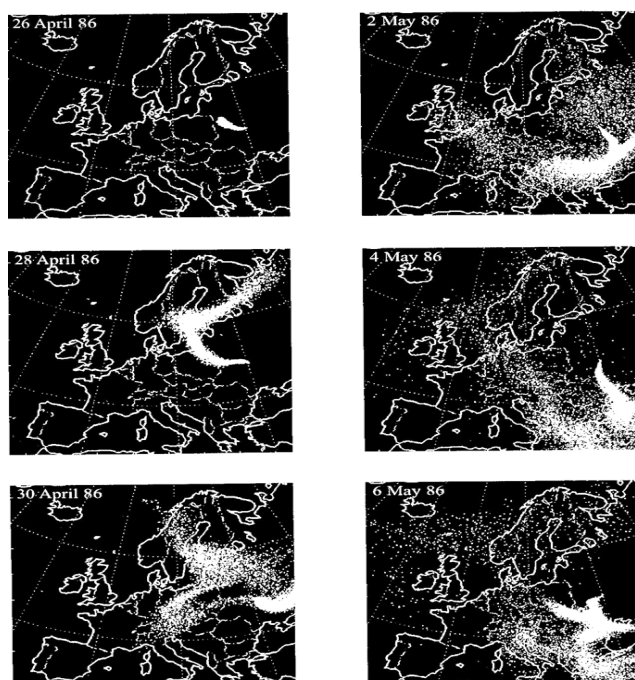
2.1 Vzroki

V reaktorju št. 4 se je dne 26. 4. 1986 okoli ene ure zjutraj nenadoma povečala moč. V tem času so ravno izvajali poskus, ki ga je zahtevala centralna oblast v Moskvi. Med rutinskim poizkusom je reaktor deloval pod zelo nizko močjo, vendar se je njegova moč v nekaj sekundah povečala za več 10 krat. Hladilna tekočina ni zmogla hladiti gorivnih palic, zato so se začele taliti in pritisk je v trenutku narastel, na kar je prišlo do eksplozije, ki je uničila reaktor. V naslednjih dneh in mesecih so se v okolje sproščali radioaktivni izotopi, ki so se razširili po celotni Evropi.

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

2.2 Razširjanje onesnaževala

V trenutku nesreče se je radioaktiven oblak razširil nad celotno bližnjo območje, vendar je veter pihal vstran od mesta Pripjat, kar je zmanjšalo onesnaženost v njem. Naslednji dan je veter spremenil smer, ter začel pihati proti mestu. Oblasti so se odločile, da 47.000 prebivalcev evakuirajo, saj je radioaktivnost segala med 7 do 10 mSv na uro (Sv je ekvivalentna doza ioniziranega sevanja, enota [J/kg]). 7 dni po nesreči, je bil evakuiran 10km obroč okoli elektrarne, do 6 maja pa so izselili več kot 90.000 prebivalcev z območja velikega 30km. Še danes je v veljavi 30 kilometrski pas, kjer ljudem svetujejo naj ne vstopajo v to območje. Onesnažen oblak se je dvignil 2 kilometra visoko. Težji delci so se usedali znotraj 100 km pasu okoli nuklearne. Približno 10 dni po nesreči se je radioaktivnost razširila nad Belorusijo, Rusijo, Ukrajino, severno Evropo in vse do Turčije. Aktivnost izpusta je presegala dva milijona becquerelov (Bq). Radioaktiven oblak je vseboval 23 radioaktivnih elementov, med katerimi so bili žlahtni plini kot npr. ksenon, kripton, jod - 131. Največji problem sta predstavljala kripton, ki ima sicer dolgo razpolovno dobo, vendar se zelo hitro razredči, medtem ko pa ima jod - 131 zelo kratko razpolovno dobo, se pa zbira v ščitnici. Kasneje so ugotovili, da sta bila tudi zelo nevarna elementa cezij in stroncij, ki se oba lahko absorbirata v človeškem telesu, kjer nadomestita kalij in kalcij.



Slika 1: Razširjanje radioaktivnosti v desetih dneh po nesreči.

Tabela 1: Tabela prikazuje nekaj radioizotopov, njihov razpolovni čas, aktivnost in delež po nesreči.

Vsebnost reaktorske sredice pred nesrečo 26. 4. 1986		Delež sredice v izpustu med nesrečo		
Radioizotop	Razpolovni čas	Aktivnost 10 ¹⁵ Bq	Delež (%)	Aktivnost 10 ¹⁵ Bq
³³ Xe	5,3 dneva	6.500	100	6.500
¹³¹ I	8 dni	3.200	50-60	ca. 1.760
¹³⁴ Cs	2 leti	180	20-40	ca. 54
¹³⁷ Cs	30 let	280	20-40	ca. 85
¹³² Te	78 ur	2.700	25-60	ca. 1.150
⁸⁹ Sr	52 dni	2.300	4-6	ca. 115
⁹⁰ Sr	28 let	200	4-6	ca. 10
¹⁴⁰ Ba	12, 8 dneva	4.800	4-6	ca. 240
⁹⁵ Zr	1,4 ure	5.600	3,5	196
¹⁴⁴ Ce	285 dni	3.300	3,5	ca. 116
²³⁹ Np	2,4 dneva	27.000	3,5	95
²³⁹ Pu	24.400 let	0,85	3,5	0,03
²⁴⁰ Pu	6.580 let	1,2	3,5	0,042

2.3 Razpolovna doba

Razpolovna doba opisuje neko eksponentno padanje, neke snovi v določenem času. Pri radioaktivnosti to pomeni, da število atomskih jeder razpade na eno polovico začetne vrednosti časa. Izračuna se kot naravni logaritmant (ln), ter razpadna konstanta (λ), ki predstavlja padec števila atomskih jeder [1]. Izračuna se: glej enačbo (1).

$$\text{RAZPOLOVNI ČAS (DOBA)} \quad t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (1)$$

V tabeli 1 lahko opazimo različni razpolovni čas pri različnih radioizotopih. Najkrajšo razpolovno dobo ima Cirkonij 95 in sicer 1,4 ure. Sledi ksenon 5,3 dneva (zelene barve). Če pa pogledamo najdaljšo razpolovno dobo pa ima plutonija (²³⁹, ²⁴⁰) 6.580 let, drugi pa 24.400 let (rumene barve). Pri tem moramo upoštevati tudi druge podatke kot so aktivnost sredice pred nesrečo in po nesreči. Pomemben je pa še delež, namreč plutonija 240 je bilo le 3 % njegove celote, medtem ko pa je ksenon imel 100% delež.

2.4 Doza sevanja

Kot smo že spoznali, je enota za aktivnost Bq (bekerel), vendar nam to nič ne razjasni če tega ne razumemo. Vir sevanja, ki ima aktivnost 100 milijonov Bq je lahko popolnoma neškodljivo, če je od nas oddaljen nekaj 100m, če pa ga zaužijemo pa je smrtonosen. Da opišemo nevarnost sevanja potrebujemo drugo enoto, da nam pove, kolikšno energijo sevanja absorbira neko tkivo in kolikšna je temu ustrezna biološka škoda. To količino imenujemo doza sevanja ali samo doza. Omenjena je bila že na začetku seminarske naloge. Enota je sivert (Sv). Alojz Pavel Florjančič nam natančneje razloži vse tri doze [2].

2.4.1 Absorbirana doza

Kadar ionizirajoče sevanje prodira skozi snov, ji preda del svoje energije. Absorbirana količina energije ionizirajočega sevanja na enoto mase nekega materiala se imenuje absorbirana doza.

2.4.2 Ekvivalentna doza

Absorbirana doza, ovrednotena še z možnostjo povzročitve škode. Merska enota sivert (Sv) 1 J/g.

2.4.3 Efektivna ekvivalentna doza

Ekvivalentna doza, ovrednotena še z dovzetnostjo raznih tkiv za poškodbe.

2.5 Akutna radiacijska bolezen

Akutna radiacijska bolezen nastopi, če v telo sprejmemo dozo več kot 1Sv. Zanj so značilni simptomi kot so slabost, utrujenost, bruhanje in izpadanje las. V povprečju umre polovica bolnikov v 30 dneh, če sprejme dozo 4Sv in več, toda človek lahko preživi precej večjo lokalno dozo (npr. pri obsevanju posameznih organov ali delov telesa).

2.6 Vzroki za nesrečo

Vzroke lahko razdelimo na 3 dele in sicer konstrukcijske napake, napake pri operaterjih in politični vzroki.

2.6.1 Konstrukcijske napake

Reaktor tipa RBMK je sovjetske izdelave, za katerega je značilno, da se reaktivnost sredice pri nizki moči povečuje z naraščanjem temperature in je zato reaktor težko nadzorovati. Prav tako je zanj značilno, da se regulacijske palice spuščajo zelo počasi (20s), medtem ko je pri drugih reaktorjih čas krajši od 2 sekund, zato je to odločilnega pomena. RBMK reaktorji ne vsebujejo filtrov za čiščenje izpušnih plinov pa tudi zadrževalnega hrama ne.

2.6.2 Napake pri operaterjih

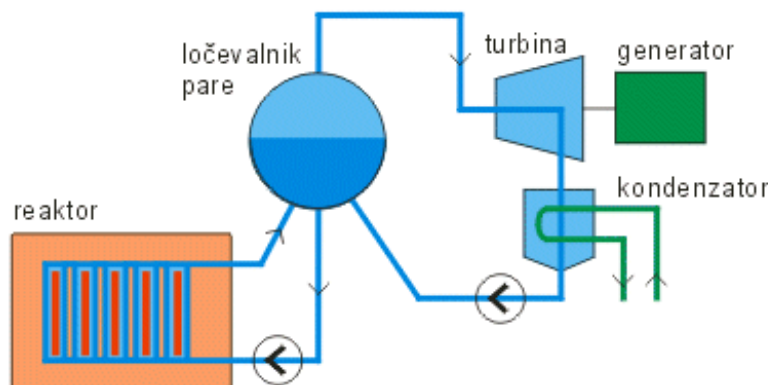
Ugotovljenih je bilo več človeških napak. Reaktor ne bi smel delovati pod močjo 700 MW, v sredico nikoli ne bi smeli do konca spustiti 30 regulacijskih palic, namenoma pa niso upoštevali niti treh varnostnih mehanizmov. Prav tako osebje ni bilo primerno usposobljeno.

2.6.3 Politični vzroki

V času hladne vojne je bilo oboroževanje in tekmovanje med Sovjetsko zvezo in Ameriko močnega pomena. Možnost pridobivanja plutonija v reaktorju RBMK je prinesla večji donos za orožje, zato jim ni bilo mar za izboljšave ali varnost. Tudi denar je imel močan vpliv, saj je bilo treba z danimi financami v najkrajšem možnem času proizvesti maksimalno količino plutonija za orožje.

2.7 Reaktor tipa RBMK

To je reaktor, ki je bil ustvarjen in grajen samo v Sovjetski zvezi. Njegova lastnost je tudi ta, da lahko se z njim pridobivamo plutonij. Vsebuje navpične cevi, ki tečejo skozi grafitni moderator, hlajene pa so z vodo. Gorivo je speljano po posameznih kanalih, samo gorivo pa je nizko obogateni uranov oksid. Kot moderator zraven vode v tlačnih ceveh deluje tudi grafit. To je namenjeno temu, da če bi se voda uparila ali bi delež vodne pare narastel, se bi v vodi absorbiralo manj nevtronov, s tem bi bilo več prostih nevtronov, za kar se reakcija cepitve ne ustavi, ampak se s pomočjo presežka nevtronov njena intenzivnost poveča. Kadar je v sredico reaktorja vstavljenih dovolj palic, je z njim možno hitreje povečati absorbcijo nevtronov. Takšni tipi reaktorjev so bili zgrajeni v Leningradu, Kursku, Smolensku, Ignalinu in Černobilu. V Černobilu se bile štiri enote, torej štirje reaktorji vsak z močjo 1000MW.



Slika 2:Reaktor tipa RBMK.

2.8 Radioaktivno širjenje v Sloveniji

Prva novica o nesreči je bila objavljena šele 29. aprila, kar so takoj sledile dodatne kontrolne meritve, ki pa še niso pokazale večje kontaminiranosti v okolju. Že naslednji dan so zasledili večjo radioaktivnost v našem okolju. Slovenijo je takrat dosegel precej redek ciklon iz vzhoda, ki je prinesel obilne padavine in še dodatno povečal onesnaženost. V prvomajskih praznikih so bile ugotovljene visoke vrednosti joda 131 na tleh in v mleku. Tudi prisotnost cezija 137 je bila prisotna. Zaradi slabe topnosti se cezij zelo dolgo ohranil zgolj v zgornjih plasteh zemlje.

Vemo pa, da je ravno v teh mesecih največja vegetacija rastlin. A je bila radioaktivnost tal zelo odvisna od količine padavin.

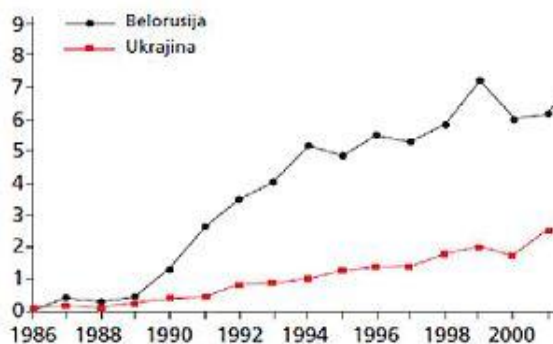
Npr. med 2 in 5 majem je v mleku v Kobaridu koncentracija stroncija dosegala 32,4/4,5 Bq/kg, v Murski Soboti pa le 7,6/2,9 Bq/kg [3]. Je pa res da je bila Slovenija pripravljena na katastrofo in ni imelo hujših posledic za naravo in ljudi. V tabeli št. 2 lahko vidimo gama radioaktivnost gama takoj po nesreči in deset let po tem [4].

Tabela 2: Radioaktivnost (gama) na Verštrskem polju (Škofja Loka) leta 1986 in 1996.

Datum meritve	klet	pritličje	nadstropje	podstrešje	streha	vrt
8. maj 1986	7	12	15	22	45	50
2. okt. 1996	7	11	11	9	8	11

3 Posledice nesreče

Zdravstvenim posledicam nesreče bi se lahko izognili. V trenutku nesreče sta umrla dva delavca, ki sta bila na vrhu reaktorja. Takoj so hospitalizirali 203 ljudi, od tega jih je 31 umrlo, večina od teh pa je bilo gasilcev, delavcev, ki so sanirali nesrečo. Zraven umrlih so zaradi suma na akutno radiacijsko bolezen zdravili še več kot 200 ljudi. Pri 145 je bila bolezen odkrita, vendar so kasneje vsi ozdraveli. Nihče od ljudi ki so v takrat bili v elektrarni, kasneje ni zbolel za akutno radiacijsko bolezen. So pa se zaradi sevanja posledice občutile kasneje. V porastu so bile bolezniki kot so rak (ščitnice), levkemija, povečalo se je rojstvo z Dawnovim sindromom, rojstvo mutacijskih otrok, stres. Pojavilo se je večje število samomorov in nasilnih smrti, povečalo se je tudi obolenje dihal, motnje pri prebavnem ter živčnem sistemu in cirkulaciji. Dejanske smrti in posledice je težko oceniti.



Slika 3: Graf prikazuje stopnjo pojavnosti raka na ščitnici pri otrocih in mladostnikih, ki so bili zaradi černobilske nesreče izpostavljeni.

Doze, ki jih je prejelo prebivalstvo niso bile izmerjene, ampak so bile v kasnejših časih izračunane. Poročilo Mednarodne agencije za atomsko energijo je avgusta 1990 navajala kot povprečne doze kontaminiranih območij Sovjetske zveze med letom 1986 in 1989 0,06 Sv, kot max. doze [5]. Doze ki jo lahko sprejme telo ni ista, kot doza ki jo lahko sprejme ščitnica.

3.1 Posledica kontaminacije na okolje

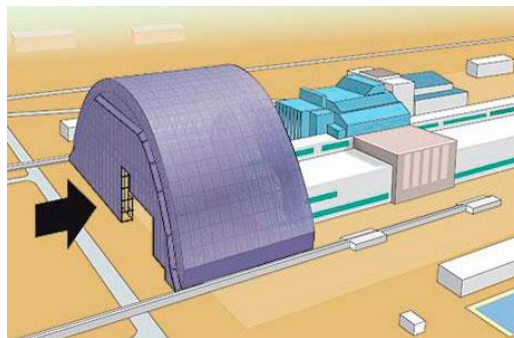
Več kot 200.000 kvadratnih kilometrov Evrope je bilo kontaminiranih, med njimi so bile najbolj prizadete države Ukrajina, Belorusija in Rusija. V prvih mesecih so bile najbolj onesnažene poljščine in rastlinojede živali. Na kar se je kontaminacija prenesla na mleko, saj so zaznali večjo dozo na ščitnico. Zaradi nenehnega kroženja radioaktivnega cezija, se je pokazal izrazit vnos pri rastlinah in živalih, ter gozdnih sadežih na gorskih območjih. Na severu Evrope je Černobilska nesreča povzročila večjo kontaminiranost mesa severnih jelenov, saj se oni prehranjujejo z lišaji, ti pa so vsebovali radioaktivne snovi. Vodni ekosistem je bil prizadet predvsem v okolici reaktorja, kjer so se radionuklidi usedali na površje rek in jezer.

V vodni verigi je bil začetni vnos radioaktivnega joda zelo velik, vendar se je hitro znižal zaradi fizikalnega razpada. Problem nastaja v jezerih ki niso pretočna, namreč tu se bo koncentracija poznala še nekaj desetletij.

Učinek na posamezno žival, rastlino ali živalsko in rastlinsko vrsto, ki je povzročila smrt celic zaradi sevanja, so zaznali pri živih bitjih zunaj 30km območja. Povečalo se je število odmiranja iglavcev, vretenčarjev v zemlji ter zmanjšanje reprodukcije pri rastlinah in živalih. Je pa imela Černobilska nesreča tudi pozitiven učinek, napreč človek je izseljen iz tega območja, kar je vplivalo na prenehanje kmetijske in industrijske dejavnosti. Rezultat tega je bilo, da se je povečala populacija nekaterih rastlinskih in živalskih vrst.

3.2 Sarkofag, nujna rešitev

Med majem in novembrom 1986 so v Černobilu zgradili betonski sarkofag pred velikimi izpusti radionuklidov v okolje.. Po 20 letih se je sarkofag močno poškodoval zaradi korozije, zgoraj je začel tudi puščati radioaktivni prah v ozračje. Zato so naredili načrte in pričeli z gradnjo novega sarkofaga, ki bo nadomestil starega. Računajo, da bi bila življenjska doba novega sarkofaga več ko 100 let. Projekt so ocenili na 1,5 milijarde evrov.



Slika 4: Nov sarkofag, ki bo prekril poškodovani del.

4 Zaključek

Če pogledamo jedrsko nesrečo iz širšega zornega kota vidimo, da je bila to največja ekološka nesreča do sedaj. Onesnažen oblak se je razširil čez celotno Evropo in pustil nekaj škode za seboj. Podobna nesreča se je zgodila leta 2011 na Japonskem po uničujočem cunamiju. In ponovno se je takrat pojavilo vprašanje, koliko je jedrska energija sploh varna. Pri tem največji problem predstavljajo nevarni radiološki odpadki in sevanje, ki lahko nastane pri poškodbah in nesrečah, drugače pa je to varna in čista energija. Pri katastrofi v Černobilu posledice niso bile zastrašujoče. Res je, da je bilo nekaj žrtev takoj po nesreči in kasneje zaradi radioaktivnega sevanja, res je tudi, da se nekateri radioaktivni elementi še danes razgrajajo v okolju. Je pa kontaminiranost veliko manjša kot pred 25 leti. Danes je gibanje okoli elektrarne povsem varno, zato nekatere turistične agencija organizirajo eno ali več dnevne izlete v zapuščeno mesto Pripjat in njeno okolico. Vedeti pa moramo, da se černobilska katastrofa ne bi zgodila, če bi delovna ekipa takrat natančno upoštevala varstvena načela in ne bi zanemarila določena opozorila.

Literatura

- [1] https://sl.wikipedia.org/wiki/Razpolovni_%C4%8Das
- [2] A. Pavel Florjančič, *Černobil na Škofjeloškem in deset let po njem*, 152, Ljubljana 1996
- [3] A. Pavel Florjančič, *Černobil na Škofjeloškem in deset let po njem*, 156, Ljubljana 1996
- [4] A. Pavel Florjančič, *Černobil na Škofjeloškem in deset let po njem* 154, Ljubljana 1996
- [5] L. Kristančič Desman, *Dediščina Černobila: Zdravstveni, okoljski in socialno-ekonomski vplivi ter Priporočila vladam Belorusije, Ruske federacije in Ukrajine*, 2006

Viri slik

- [1] R.Istenič, O.Gortnar, *Černobil: nesreča, posledice in nauki*, Ljubljana 1996(Str.27)
- [2] <http://www.nucleartourist.com/type/rbmk.htm><http://freeweb.siol.net/alekskor/Jedrske1/vrs>
<http://www.nucleartourist.com/type/rbmk.htm><http://freeweb.siol.net/alekskor/Jedrske1/vrs>
teJE.html
- [3] L. Kristančič Desman, *Dediščina Černobila: Zdravstveni, okoljski in socialno-ekonomski vplivi ter Priporočila vladam Belorusije, Ruske federacije in Ukrajine*, 2006 (Str. 12)
- [4] <http://www.icjt.org/jedrska-tehnologija/jedrske-nesrece/>

Seminarska naloga pri predmetu Prenosni pojavi v okolju

Delovanje čistilne naprave za odpadno vodo

Urša Fišer

Seminar on the subject of Transport phenomena in the environment The operation of wastewater treatment plants for wastewater

Povzetek. Predstavljena je čistilna naprava in odpadne vode. V nadaljevanju je opisano delovanje čistilne naprave. Opisana je vsaka stopnja čiščenja posebej. Primarno čiščenje, sekundarno čiščenje, terciarno čiščenje in dezinfekcija.

Abstract. This document summarizes the wastewater treatment plant and describes waste water. The following document describes the operation of wastewater treatment plants. It is described by each step separately. Pre-cleaning, primary treatment, secondary treatment, tertiary treatment and disinfection.

1 Uvod

1.1 Čistilna naprava

»Naprava je nepremična ali premična tehnološka enota, za katero je določeno, da lahko povzroča obremenitev okolja, ker v njej poteka eden ali več določenih tehnoloških procesov in na istem kraju drugi z njimi neposredno tehnološko povezani procesi, ki lahko povzročajo obremenitev okolja.« [5]

»Čistilna naprava je naprava za obdelavo odpadne vode, ki zmanjšuje ali odpravlja njeno onesnaženost. Komunalna čistilna naprava je čistilna naprava za komunalno odpadno vodo ali za mešanico komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode. Skupna čistilna naprava pa je čistilna naprava za mešanico komunalne ali padavinske odpadne vode ali obeh z industrijsko odpadno vodo.« [5]

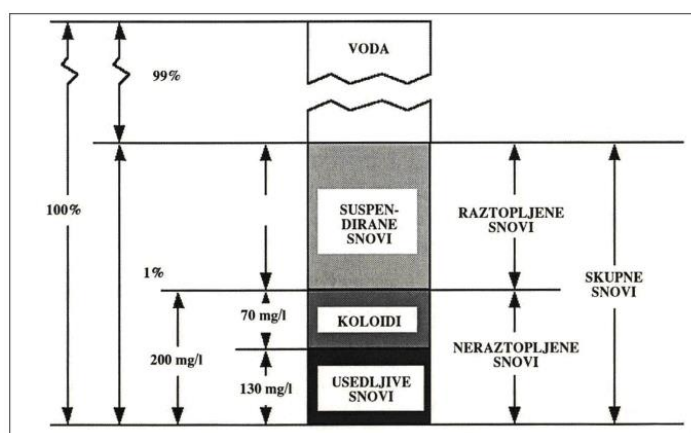
Zakonodaja ki ureja zahteve v zvezi z snovmi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav ureja Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih

čistilnih naprav, Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav in Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo.

Infrastruktura s katero rešujemo probleme čiščenja odplak je čistilna naprava. Ko odplake očistimo jih lahko vračamo nazaj v naravno okolje (predvsem površinske vodotoke). Očistimo jih z različnimi kemijskimi, fizičnimi in biološkimi postopki, pri katerih vodo očistimo tako, da ni več škodljiva za okolje in ljudi. S tem čiščenjem okolje zavarujemo pred težkimi kovinami, različnimi kemikalijami, itd., ki se nahajajo v odpadni vodi. S tem postopkom odstranjujemo onesnaževalce iz odpadnih voda (industrijskih, tudi voda iz gospodinjstev). Z uporabo napredne tehnologije je sedaj možno, da odplake očistimo do te mere, da jih lahko ponovno uporabimo ali spustimo nazaj v naravo. Cilj čistilnih naprav za odpadno vodo je varovanje okolja pred težkimi kovinami in drugimi škodljivimi snovmi, ki se nahajajo v odpadni vodi, pa tudi proizvodnja okolju varnih tekočin in trdnih odpadkov, ki so po predelavi primerni in varni za odstranjevanje ali ponovno uporabo. [5]

1.2 Odpadna voda

Pitna voda postane odpadna voda takoj, ko jo uporabimo za karkoli. Komunalne odpadne vode se stekajo skupaj z industrijsko in padavinsko odpadno vodo, z industrijskih območij, s cestišč in drugih površin v javno kanalizacijo. Nato jih odvedemo po kanalizacijskem sistemu (po predpisih) tako, da se trudimo čim manj vplivati na okolje in kakovost bivanja ljudi. Voda ima svoj krogotok, ki ga mi prekinemo z odvzemom in uporabo vode iz naravnega okolja, da se krogotok nadaljeval, je treba odpadne vode pred vrnitvijo nazaj v naravno okolje ustrezno očistiti v komunalni čistilni napravi, da lahko nadaljuje svojo naravno pot. [6]

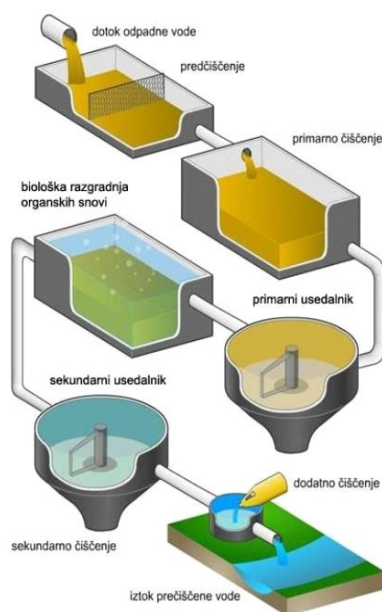


Slika 1 Sestava komunalne odpadne vode [2]

2 Delovanje čistilne naprave

Pri postopku čiščenja odpadne vode uporabljamo veliko fizikalnih, kemijskih in bioloških postopkov, odvisno od vrste in sestave odpadne vode ter snovi, ki jih je potrebno iz nje odstraniti.

Postopek začnemo z grobim oz. mehanskim čiščenjem, kjer s precejevalniki in filtri odstranujemo trdne odpadke. To se pogosto izvede z nekim sitom, ki zadrži vse večje delce. Nato sledi primarno oziroma mehansko čiščenje, z njim odstranujemo suspendirane snovi. Sekundarno čiščenje, kjer odstranimo organske razgradljive snovi. In na koncu še terciarno čiščenje, kjer lahko odstranimo hraniva, to so N in P spojine. Pred iztokom iz čistilne naprave v površinski vodotok pa se lahko doda še dezinfekcija, to je proces uničevanja patogenih organizmov. [3]



Slika 2 Shema postopka čiščenja v čistilni napravi [1]

2.1 Predčiščenje

V fazi predobdelave se iz odpadnih voda odstrani umazanijo, kot so smeti, drevesne veje, listje, itd., saj lahko te večje smeti poškodujejo ali zamašijo črpalke ali kako drugače poškodujejo infrastrukturo čistilne naprave.

Poznamo več vrst predčiščenja:

- Grobo presejanje

Z avtomatičnim ali mehničnim grabljastim sitom ali pomičnimi grabljami se iz odpadne vode (odplak) odstranijo večji predmeti, ki se znajdejo v njej. Ti trdni delci se odložijo naprej v nekakšne zabojnike, ki jih nato odpeljejo na odlagališča ali pa se

sežgejo. Grabljaste pregrade ali mrežasta groba sita so različnih velikosti, uporabljamo jih, da optimalno očistimo odpadno vodo in preprečimo da bi preveliki delci zašli v nadaljnji postopek saj to lahko vodi do raznih okvar ostalih naprav.

- Odstranitev peska

Pesek se odstranjuje z različnimi kanali za pesek in prod, oziroma peskolovi. To so manjše celice, kjer se pretok zmanjša iz 0,6 m/s (takšna je hitrost v kanalizacijskem sistemu) na 0,3 m/s, da se lahko pesek, prod, kamenje in težki delci posedejo v kanale na dnu vendar vzdržuje lažje organske snovi v suspenziji. Tudi te delce je potrebno odstraniti, da ne prihaja do zamašitev na nadaljnjih napravah. Peskolovi niso nujni, so pa pri večjih obratih zaželeni. Obstaja več tipov peskolovov: gravitacijski peskolovi, prezračeni peskolovi, peskolovi vortex, cikloni za odstranjevanje peska.

- Odstranjevanje maščob

V nekaterih večjih obratih odstranjujejo maščobe in olja. Odstranijo jih v manjših bazenih in sicer tako da z strgali postrgajo maščobe iz površine ali z lovilci maščob.

[2],[7]

2.2 Primarno čiščenje

S primarnim čiščenjem se iz odpadne vode odstranjujejo lahko usedljive in plavajoče snovi, tudi del organskih snovi (BPK). Odplake tečejo skozi večje bazene, ki jih imenujejo usedalni bazeni, lahko so različnih oblik in z različnimi tehnologijami odvajanja blata iz bazena. Da se usedanje lahko začne dogajati, mora hitrost pretoka pasti pod 0,3 m/s. Težje trdne snovi se začnejo usedati (nastane primarno blato). Lažje trdne snovi splavajo na površje, kjer se zadržujejo kot pene, ki jih nato postrgajo iz površja in jih posušijo ter odložijo. Ponekod dodajajo kemikalije da izboljšajo tvorbe kosmov in usedljivost. Nekatere čistilne naprave uporabljajo primarne usedalnice tudi za zgoščevanje npr. blata. V primarnem čiščenju se odstrani 90-95% trdnih usedljivih snovi, 50-65% suspendiranih snovi in 20-25% BPK. [2],[7]

Na učinek usedalnika vpliva površina usedalnega bazena, njegov volumen in izvedbe vtoka in iztoka.

»Zadrževalni čas je čas, ki je potreben za enoto volumna odpadne vode, da preteče skozi celotni bazen pri pretoku.« (Roš,[7]) Čas zadrževanja mora biti ravno pravšnji, če je predolg se lahko ustvarijo anaerobni pogoji in voda zgrije, če je prekratek se ne odstranijo vse usedljive snovi. Po navadi so zadrževalni časi okoli 1 do 2 uri. Formula kako izračunati zadrževalni čas: [7]

$$\text{Zadrževalni čas } v h = \frac{\text{volumen bazena } v m^3}{\text{pretok } v m^3/d} \times \frac{24 h}{\text{dan}} \quad (1)$$

Suspendirani delci v homogenem idealno mešanem usedalnem bazenu se usedajo z končno konstantno Stokesovo hitrostjo v_t , masa delcev se zaradi usedanja manjša.

$$Ah \frac{d\rho_A}{dt} = -\rho_A A v_t \quad (2)$$

Iz zgornje enačbe je razvidno kako se gostota delcev suspenzije spreminja glede na čas. V enačbi je A prerez bazena, h višina bazena. Z ρ_A pa je označena gostota delcev. [8]

2.3 Sekundarno čiščenje

Pod sekundarno čiščenje spada razgradnja bioloških organskih odpadkov, ki izvirajo iz človeških odpadkov kot so hrana, mila in detergenti, pa tudi aktivno blato, gradnja mokrišč...

Biološko čiščenje odpadne vode dosežemo po daljšem času z biološkimi reakcijami mikroorganizmov, ki presnavljajo organske snovi prisotne v odpadni vodi. To se dogaja v večji zadrževalnih bazenih (imenovanih tudi prezračevalni bazeni), ki jih je treba tudi prezračevati in tako dodajati dodaten kisik. To počnejo, da pospešijo fizikalne procese in reakcije mikroorganizmov.

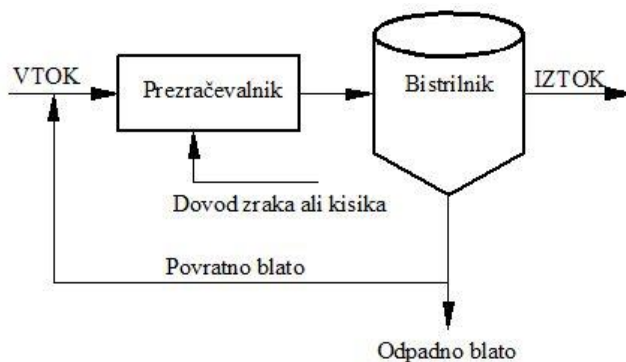
Poznamo osnovne postopke biološkega čiščenja to so anaerobno čiščenje, aerobno čiščenje, odstranjevanje hraniv. [1]

2.3.1 Aerobno čiščenje

Čiščenje, ki poteka pri aerobnih pogojih to je ob prisotnosti kisika raztopljenega v vodi.

Odpadna vode priteče iz primarnega čiščenja v prezračevalni bazen, kjer so razvite kolonije mikroorganizmov v aktivnem blatu. V odpadni vodi so hranila in organska snov, kar omogoča mikroorganizmom razrast in hrano. Tukaj se dogajajo biološke reakcije.

Očiščena voda se iz prezračevalnika preliva v usedalnik, imenovan tudi bistrilnik (slika 3). Tukaj se aktivna biomasa loči od očiščene vode z usedanjem. Čiščeno vodo lahko nato izpustimo v površinski vodotok (reko, potok) ali jo peljemo v nadaljnje postopke čiščenja. Del aktivnega blata, ki se usede v bistrilniku, dovedejo nazaj v prezračevalni bazen, da zagotovijo zadostna števila mikroorganizmov v prezračevalniku in s tem boljše delovanje naprave. Višek blata pa se iz bistrilnika pošljejo v zgoščanje in nadaljnjo obdelavo blata. [7]



Slika 3 Shema potovanja vode med prezračevalnikom in bistrilnikom [2]

2.3.2 Anaerobno čiščenje

Anaerobni procesi čiščenja se uporabljajo takrat, ko so odpadne vode organsko močno obremenjene ($BPK_5 > 1500$ mg/l). Lahko pa ta proces uporabimo tudi za dodatno obdelavo primarnega in sekundarnega blata iz čistilnih naprav. Odpadne vode, ki so bogate z biorazgradljivimi organskimi snovmi je težko čistiti z aerobnimi sistemi, saj bi bile potrebe po kisiku prevelike da bi jih lahko zagotavljali, in tudi proces sam bi bil zelo drag.

Prednosti anaerobnega čiščenja, čeprav je počasnejše, so da se s tem zagotavlja visoka stopnja čiščenja, sposobnost čiščenja pri visokih obremenitvah, na koncu za odpad dobimo majhne količine odvečnega blata, ki je zelo stabilno, ter kot končni produkt dobijo tudi metan, ki ga lahko uporabijo kot gorivo. Slabost pa je, da po anaerobnem čiščenju zaradi nestabilnosti organskih snovi potrebno še aerobno čiščenje. [1]

2.3.3 Odstranjevanje hraniv

Odpadna voda vsebuje veliko hranilnih snovi, to sta predvsem dušik in fosfor. Če bi vodo spuščali nazaj v okolje brez nadaljnjega čiščenja bi se v površinskih vodotokih začelo kopičenje hranilnih snovi. To povzroči cvetenje alg oz. voda. Evtrofikacija lahko povzroča ali vzpodbuja razrašanje plevela, alg in cianobakterij (modro-zelene alge). Množica alg z zamikom začne množično odmirati in ob tem pride do bakterijske razgradnje odmrlega organskega materiala pri čemer se intenzivno porablja kisik. To povzroča močno znižanje koncentracije kisika v vodotoku, ki postane nezadostna za preživetje drugih organizmov (žuželk, rib ipd.). Bakterije alg zavzamejo toliko kisika v vodi, da večina ali vse živali poginejo, kar ustvari več organskih snovi za razgradnjo bakterij, kar evtrofikacijo še pospeši. Nekatere vrste alg pa tudi proizvajajo strupe, ki onesnažujejo pitno vodo. [4]

Za odstranjevanje dušika in fosforja so potrebne različne obdelave.

2.3.4 Odstranitev dušika

Odstranjevanje dušika poteka s pomočjo biološke oksidacije iz amoniaka v nitrat to imenujemo nitrifikacija, sledi denitrifikacija in redukcija nitrata v plinasti dušik. Dušikov plin se sprosti v ozračje in se na tak način odstrani iz vode.

Nitrifikacija je dvostopenjski aerobni proces, kjer je vsak korak omogočen z drugačno vrsto bakterij. Nitrifikacija je oksidacija amoniaka (NH_3) v nitrate (NO_3). V prvi stopnji bakterije povzročajo oksidacijo amonijaka v dušikasto kislino. V drugi stopnji druge bakterije oksidirajo dušikasto kislino v dušikovo kislino.

Denitrifikacija zahteva anoksične pogoje (brez raztopljenega kisika) za spodbujanje ustreznih oblik življenjskih združb. To je omogočeno z raznolikostjo bakterij. Za zmanjševanje dušika se uporabljajo peščeni filtri in posebni bazeni. [2]

2.3.5 Odstranitev fosforja

Odstranjevanje fosforja je pomembno, saj omejuje hranila za rast alg v sveži vodi velikih sistemov.

Biološko odstranjevanje fosforjevih spojin poteka tako, da so mikroorganizmi podvrženi anaerobnim in nato aerobnim pogojem, tako pride do fenomena, imenovanega »obilna oz. čezmerna poraba fosforja«. Pri sistemu z aktivnim blatom se iz sistema biološko odstrani 30 do 50 % fosforjevih spojin, medtem ko se pri procesu za odstranjevanje fosforja odstrani več kot 90% fosforja. Pri sistemih za odstranjevanje fosforja dosežemo večjo učinkovitost, zato ker sta pri takem procesu vključeni dve vrsti bakterij, ki pod anaerobnimi pogoji sproščata vezani fosfor in ga nato v aerobnih pogojih v zelo velikih količinah odstranjujeta iz raztopine. Pri tem nastaja večja količina blata, kar je tudi osnova za odstranjevanje fosforja. [9]

2.4 Dezinfekcija

Namen dezinfekcije je čiščenje odpadne vode odvečnih mikroorganizmov, ki po čiščenju še vedno ostanejo v vodi. Učinkovitost dezinfekcije je odvisna od kakovosti vode, ki se obdeluje (npr. pH), pri čemer je odvisno katera vrsta razkuževanja se uporablja, kakšen je odmerek razkužila (koncentracija in čas) itd. Motno vodo bo veliko težje dezinficirati in postopek sam bo manj uspešen, ker lahko trdne snovi ščitijo organizme, zlasti pred ultravijolično svetlobo ali, če je čas stika kratek. Dezinfekcija ni učinkovita, če je njen čas kratek, če so odmerki majhni in če so pretoki vode visoki.

Čistilne naprave v splošnem niso narejene da bi popolnoma odstranile patogene bakterije iz odpadne vode. Ko se očiščene odpadne vode uporablja, lahko pride do prenosa teh mikroorganizmov na ljudi in živali. V primerih uporabe teh voda v bližini ljudi se torej zahteva dezinfekcija odpadne vode pred izpustom nazaj v naravo. V takih vzorcih voda so lahko tudi virusi in prenašalci bolezni, ki jih z postopkom dezinfekcije ne odstranijo popolnoma, ampak zmanjšamo njihovo število na minimum.

Postopki, ki se uporabljajo za dezinfekcijo so:

- **Kloriranje**
Kloriranje poteka tako da uvajamo plinski klor ali raztopino natrijevega hipoklorida v vodo. Te postopke se danes opušča, saj ostajajo v vodi ostanki organskih snovi ki lahko reagirajo s klorom in tvorijo škodljive snovi.
- **Ozoniranje**
Dezinfekcija z ozonom (O₃), je najdražji postopek in tudi splošno se ne uporablja za prečiščene odpadne vode, temveč le za pitne vode. Ozon zelo hitro reagira, zato ga je nemogoče skladiščiti.
- **Ultravijolična (UV) dezinfekcija**
Obsevanje z UV svetlobo je varnejši tip dezinfekcije, ki pa zahteva zelo bistro vodo. Močne žarnice vsebujejo živosrebrne pare, ki v nekaj sekundah uniči DNA prisotnih celic. Problem lahko nastane če so v odtoku iz čistilne naprave še vedno prisotni suspendirani delci, ki absorbirajo UV svetlobo in ta ne prodre dovolj globoko za popolno dezinfekcijo. Metoda je z veliko uporabo v zadnjem času postala cenovno dostopnejša.
- **Filtracija**
Mehanski postopek dezinfekcije preko zelo finih membran, kjer ni kontakta prečiščene odpadne vode s kemikalijo in torej ni nevarnih stranskih produktov. Pred

membransko filtracijo mora biti voda dobro očiščena suspendiranih snovi, sicer se filtri zamašijo. [9]

Literatura

- [1] *Biološko čiščenje*. Pridobljeno 11.12.2015 s http://kemija.net/e-gradiva/odvajanje_in_ciscenje_odpadnih_voda/4_6_Biolosko_ciscenje/naloga21.html
- [2] *Čistilna naprava* (8.3.2015). pridobljeno 12.12.2015 s https://sl.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cistilna_naprava
- [3] *Čistilne naprave*. Pridobljeno 11.12.2015 s <http://www.cistilnenaprave.si/>
- [4] *Evtrofikacija* (21.4.2013). Pridobljeno 12.12.2015 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Evtrofikacija>
- [5] *Naprave*. Pridobljeno 12.12.2015, s http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/vsebine/naprave
- [6] *Odpadne vode*. Pridobljeno 13.12.2015 s <http://www.komunalaradovljica.si/storitve/odpadne-vode/17>
- [7] Roš, Milenko: *Biološko čiščenje odpadne vode*; GV založba, Ljubljana 2001
- [8] Škerget Leopold: *Prenosni pojavi*. Univerza v Mariboru fakulteta za strojništvo, Maribor, 2015
- [9] Turk Damjan, *Delovanje komunalne čistilne naprave in možnosti uporabe produktov* (2008), str.: 2, 31-40,50. Pridobljeno 11.12.2015 s <http://www.ung.si/~library/diplome/OKOLJE/38Turk.pdf>

Viri slik

- [1] *Kratek opis delovanja čistilne naprave* (2010). Pridobljeno 13.12.2015 s <http://www.orz.si/cn-dravograd/delovanje-istilne-naprave.html>
- [2] Roš, Milenko: *Biološko čiščenje odpadne vode str. 11, 82*; GV založba, Ljubljana 2001

Potresi

V. Žlender¹

Earthquakes

Povzetek. Potres prepoznamo po sunkovitemu nihanju tal kot posledica gibanja zemeljskih plošč. Nam so znani kot naravna katastrofa, kajti s svojo močjo lahko rušijo stavbe in povzročajo smrtne žrtve. Nastanejo lahko zaradi več razlogov, nam najbližji so tektonskega izvora, vulkanske dejavnosti in zaradi plazov.

Abstract. Earthquakes are recognizable by sudden fluctuation in soil as a result of movement of earth plates. We know them as a natural disaster because with their power, they can demolish buildings and also they can cause deaths. They may occur for several reasons, but for use main reasons are of tectonic origin, because of volcanic activity and landslides.

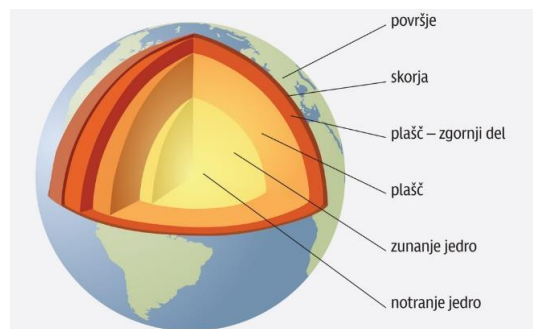
1 Uvod

Kadar nas zanima literatura o potresih, je le te ogromno. In ko želimo najdi definicijo besede potres, so številni strokovnjaki zapisali drugače. Vendar pa so si vsi nekako enotni, da je za potres značilno tresenje tal ob trenutni sprostitvi nakopičene energije v zemeljski skorji. V nadaljevanju pa bom o potresih povedala malo več. O razlogih za nastanek, o samem nastanku ter o merjenju potresnih sunkov.

2 RAZLOGI ZA NASTANEK POTRESA

Preden pričnemo z razlago kako nastane potres, je pomembno da si ogledamo kako je sestavljena Zemlja. In sicer, sestavljena je iz treh različnih plasti; skorja, plašč in jedro. Prva je sestavljena iz številnih plošč, nam znane kot tektonske plošče, ki pa se stalno premikajo. Te plavajo na žarečih raztaljenih kamninah, bolj znanih kot magma, katera pa spada k zgornjemu delu plašča. Poznamo tri vrste premikanja plošč, ti so v večini primerov razlog za nastanek potresov, okoli 90%. Drugi razlog nastanka je vulkanska aktivnost, ki zavzame nekje 7%, zadnje 3% pa zavzamejo udori površin v podzemne jame. [3]

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Sestava Zemlje [6]

3 LITOSFERSKE PLOŠČE

Če gledamo podrobneje je Zemlja sestavljena iz dveh delov in sicer iz zgornje litosfere in spodnje astenosfere. Medtem ko je prva trdna in hladna je druga vroča in relativno mehka, skoraj plastična. Teorija o tektoniki plošč nam govori o tem da litosfera ni enotna ampak je sestavljena iz 7 večjih in več manjših trdnih litosferskih plošč, ki plavajo na spodnji astenosferi. Te plošče so sestavljene iz zgornjega (trdega dela) plašča in pa dveh različnih tipov skorje (oceanske in kontinentalne). Najpomembnejše so Pacifiška, Severno- in Južnoameriška, Evrazijska, Afriška, Indoavstralska in Antarktična. Te plošče se na svojih robovih stikajo z drugimi in prav ti predstavljajo najbolj živahna območja na Zemlji. Na robovih lahko nastaja nova skorja ali pa se uničuje stara. Ta območja pa tudi največkrat stresejo potresi.[5]

3.1 PREMIKANJE LITOSFERSKIH PLOŠČ

Poznamo tri vrste premikanja litosferskih plošč, in sicer lahko drsijo druga ob drugi, se druga v drugo zaletijo ali pa oddaljujejo.

V primeru ko plošči drsita druga ob drugi ne pride do nastanka nove skorje ne do uničevanja stare. Nastane pa prečni prelom, katerega bom natančneje opisala v naslednjem poglavju. Večinoma so to stiki na dnu oceanov, na kopnem pa je nam najbolj poznana prelomnica sv. Andreja. [5]

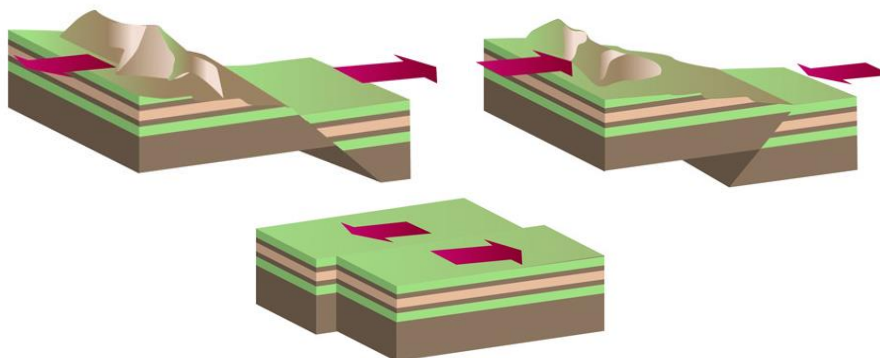
Kadar je litosferska plošča zgrajena iz oceanske in iz kontinentalne skorje, poznamo tri načine trčenja. Lahko trčita dve kontinentalni, dve oceanski ali pa oceanska in kontinentalna. Kadar trčita dve kontinentalni plošči, ki sta obe debeli in lahki, nobena od njiju ne potone pod drugo pač pa trčita naravnost druga v drugo. Na tem stiku nastanejo ogromni pritiski, ki povzročijo, da se kamnine nagubajo in tako so nastala najvišja gorstva. Takšen stik imenujemo kolizija. Povsem druga je ko trčita dve oceanski plošči, kjer ena izmed njiju potone pod drugo in posledično nastane globokomorski jarek. Kadar trčita kontinentalna in oceanska, slednja, ki je precej tanjša in gostejša, se upogne navzdol in se pod določenim kotom podrine pod kontinentalno in tako potone v vročo astenosfero, kjer se začne taliti, na določeni globini pa se tudi popolnoma raztali. Tako kot pri drugemu trčenju tudi tu nastanejo globokomorski jarki, strokovno pa to trčenje imenujemo subdukcija.[5]

V tretjem primeru pa se dve plošči med sabo oddaljujeta, imenujemo pa jih cone razpiranja. Ko se plošči razmakneta, nastane med njima razpoka, v katero prodira magma. Ta se na morskem dnu hitro strdi in zapolni razpoko. Posledica tega je razširjanje morskega dna, kajti plošči se stalno razmikata in se zgodba ponavlja. Primer razpiranja predstavljajo srednje oceanski hrbti, ob katerih nastaja nova oceanska skorja. Razmikanje pa ne najdemo samo na dnu oceanov ampak tudi na kontinentih, kjer nastajajo dolge in globoke doline, ki lahko povzročijo razpoke kontinentov in razpadanje teh na več delov. [5]

3.1.1 Prelomi

Kot smo že omenili, takrat ko dve tektonski plošči drsita druga ob drugi nastane prečni prelom. Zaradi kopičenja napetosti in pritiskov, kamninske gmote počijo, kamninski bloki pa se med seboj premaknejo in tako nastane omenjeni prelom. Ploskve imenujemo prelomne ploskve, potek na zemeljskem površju pa označujemo kot prelomne linije. Največji prelomi na svetu so na mejah med glavnimi ploščami. Ob njih se lahko deli površja dvignejo ali pa potonejo. [2]

Po načinu premika ločimo tri različne prelome. Najprej imamo normalni prelom, ki nastane kot posledica razteznih sil v zemeljski skorji. Pri tem prelomu se en kamninski blok spusti oz. potone vzdolž prelomne ploskve. Drugi je reverzni prelom, ki nastane ko se en blok dvigne nad drugega ob prelomni ploskvi. Vodoravni ali zmični prelom pa nastane takrat, ko se bloka premikata drug ob drugem. [2]



Slika 2: Normalni, reverzni in zmični prelom [7]

3.1.1.1 Prelom Svetega Andreja

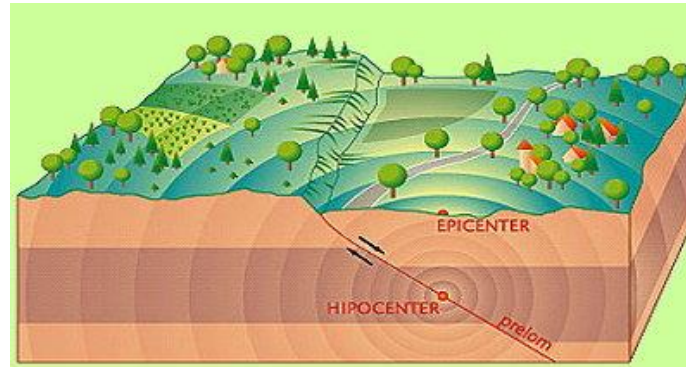
Eden najznamenitejših prelomov je zagotovo prelom Svetega Andreja, ki poteka vzdolž obale v Kaliforniji v ZDA. Meri 1200 km in tvori mejo med Pacifiško in Ameriško ploščo. To območje je poznano tudi kot najbolj potresno območje na svetu, saj zabeležijo več kot 20000 potresnih sunkov na leto.[2]

3.2 NASTANEK POTRESA

3.2.1 HIPOCENTER IN EPICENTER

Seizmologi pravijo da je hipocenter točka v zemeljski skorji, kje naj bi se potres zgodil, vendar pa je po navadi tako, da premik poteka po daljšem odseku preloma in ne samo v eni točki.

Epicenter pa je, če gledamo definicijo seizmologov, neposredno nad žariščem potresa. [3]



Slika 3: Nastanek potresa [8]

3.2.2 POTRESNI ALI SEIZMIČNI VALOVI

Že preden pride do potresa so pritiski in napetosti v kamninskih plasteh pod površjem zelo močni. Ko pa pride do premika kamninskih gnot, ti povzročijo tresljaje, ki se iz žarišča oziroma hipocentra, kateri je lahko več sto kilometrov pod površjem kopnega ali morskega dna, širijo v vse smeri kot potresni ali seizmični valovi. Ti se širijo v dveh oblikah in sicer v obliki primarnih (longitudinalnih) in sekundarnih (transverzalnih) valov. Širijo se zelo hitro, mi pa jih začutimo, ko dosežejo zemeljsko površje. [2,3,4]

Če gledamo z očmi fizikalnih zakonov se ti valovi odbijajo, lomijo in uklanjajo med sabo. V točki neposredno nad žariščem, ki jo imenujemo epicenter, imamo najmočnejše valovanje. Vendar pa z oddaljevanjem od žarišča postanejo seizmični valovi vse šibkejši. Vzorec potresnega valovanja ni vedno tako enostaven kot lahko vidimo na sliki 3, kajti valovanje prehaja skozi različne vrste kamnin in geoloških struktur in se lahko ta odbije nazaj v globino. Od vrste kamnin (poroznost, tlak, temperatura, s čim so zapolnjene pore) pa je odvisna tudi hitrost širjenja. [2,3,4]

Na seizmografih, zapisih tresenja tal, seizmologi prepoznajo različne tipe valov, ki jih zaradi enostavnejše analize razvrščajo v skupine in podskupine z značilnimi oznakami. Tako jih delimo v dve skupine in sicer v prostorske in površinske valove. [10]

3.2.3 Prostorsko valovanje

Pri prostorskemu valovanju se pod površjem vibracije širijo na vse strani. Valove delimo na primarne (valovi P) in sekundarne (valovi S). Primarni so hitrejši. Njihova hitrost pa znaša od 1 in 14 km/s. Pridobimo pa jo z enačbo 1:

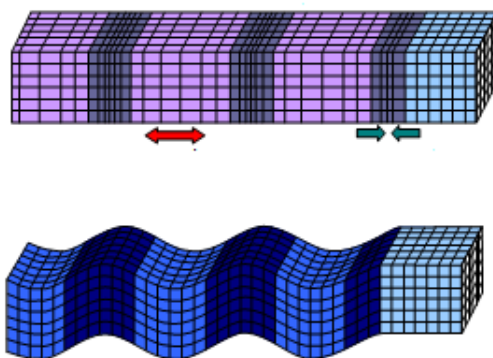
$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (1)$$

Primarni valovi povzročajo stiskanje in raztezanje kamnin, medtem ko sekundarni valovi valovito premikajo kamnine gor in dol ter sem in tja. Hitrost sekundarnih valov pa pridobimo z enačbo 2:

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (2)$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (3)$$

Kjer je E modul elastičnosti, ρ gostota, ν Poissonovo število, G pa strižni modul, definiran z enačbo 3. [1]



Slika 4 : Primarni in sekundarni valovi [10]

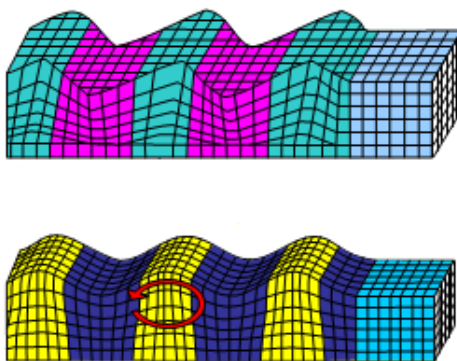
Primarni in sekundarni valovi se ločijo še po eni lastnosti. Slednji ne morejo potovati skozi tekočine, ta lastnost pa močno vpliva na beleženje potresov. Jedro Zemlje je v tekočem stanju, zato sekundarni valovi ne potujejo skozenj. Posledično ob potresu obstaja zasenčeno območje za te valove. Zaradi istega razloga pa se primarni valovi lomijo na območju plašč-jedro. [1]



Slika 5: Potovanje S-valov in P-valov skozi Zemljo[1]

3.2.4 Površinsko valovanje

Tudi pri površinskem valovanju poznamo dve vrsti valov, ki pa sta poimenovani po znanstvenikih, ki so jih prvi opazili. Rayleighovi valovi se širijo v obliki gub ali valov, drugi, Loveovi pa nihajo kamnino sem in tja. To valovanje je počasnejše od prostorskega.[2]



Slika 6: Loveovi in Rayleighovi valovi [10]

4 POTRESNE LESTVICE

Seizmologi, torej strokovnjaki za potrese, za ovrednotenje potresov uporabljajo dve osnovni lestvici: magnitudo in intenziteto.

4.1 MAGNITUDA POTRESA

Magnituda nam pove velikostno stopnjo potresa, izračunamo pa jo na podlagi instrumentalne meritve s seizmometri ali seizmografi nihanja tal. Fizik Charles F. Richter (1900-1985) je leta 1935 z vpeljavo magnitude naredil ključen korak pri količinskem ovrednotenju potresov. Magnituda »Richterjeva« potresna lestvica je brez dimenzijsko številsko oziroma stopenjsko merilo sproščene potresne energije v žarišču. Teoretično ta lestvica nima zgornje meje,

končuje se pri 9,5, ki pa označuje doslej največji zabeležen potres Čila leta 1960. Lestvica pa lahko ima tudi ne celoštevilsko vrednost, določeno na desetinko enote natančno. [3]

Tabela 1: Richterjeva potresna lestvica [11]

manj kot 3,5	v glavnem se potresa ne čuti, zaznajo pa ga instrumenti;
3,5 – 3,9	rahlo nihanje, ki ga zaznajo le občutljivi ljudje;
4,0 – 4,4	- tresenje, kot ga povzroči tovornjak;
4,5 – 4,9	tresenje povzroča nihanje visečih predmetov;
5,0 – 5,4	- drevesa šelestijo, zazvonijo cerkveni zvonovi;
5,5 – 5,9	pokanje sten, odpada omet;
6,0 – 6,4	promet obstane, podirajo se dimniki;
6,5 – 6,9	slabo grajene stavbe se podrejo;
7,0 – 7,4	zemlja razpoka, podre se večina stavb, plinovodi, električni vodi in vodovodi so poškodovani;
7,5 – 7,9	obstane le nekaj stavb, požari, poplave, plazovi;
več kot 8	popolno uničenje, tla so vzvalovana in razpokana

4.2 INTENZITETA

Je mera, ki je odvisna od njegove energije, epicentralne razdalje in geoloških razmer. Gre za subjektivno mero, ki pa fizikalno ni definirana. Predvsem se tu gleda učinke na ljudi, predmete, zgradbe in naravo. Po navadi je intenziteta največja v epicentru in se z oddaljenostjo zmanjšuje. Po določitvi te, seizmologi narišejo krivulje, ki povezujejo točke z enakimi intenzitetami na površini potresnega območja. [3]

4.2.1 Evropska potresna lestvica

Lestvica MSK velja v svetovnih razmerah za dogovorjeno lestvico. Končno obliko so pripravili leta 1964 kot nadaljevanje MCS, kasneje MM (modificirana Mercallijeva) in makrosezmične lestvice GEOFIAN. Potrebe po spremembah pa so bile tako obsežne, da so predlagatelji pripravili lestvico, ki se sedaj imenuje Evropska potresna lestvica EMS. Ta je bila pripravljena 1992. v Sloveniji to lestvico uporabljamo od leta 1995.[3]

Tabela 2: Evropska potresna lestvica [12]

Intenziteta potresa	Posledice potresa
1	Potres za ljudi ni opazen

2	Potres je opazen le v vrhnjih nadstropjih
3	Potres opazijo le določeni ljudje v stavbah
4	Potres čuti večina ljudi v stavbah, zunaj redki (~ težek tovornjak)
5	Ljudje se zbudijo, predmeti nihajo, rahle poškodbe slabih stavb
6	Ljudje se prestrašijo, težko pohištvo se premika, razpoke do 1 cm
7	Težko je stati ob sunkih, zvonovi zvonijo, slabe stavbe se rušijo
8	25% stavb se ruši, cevi lahko počijo, talna voda se menja
9	50% stavb se ruši, rušilni potres, razpoke do 10 cm
10	Uničujoč potres, nevarnost za jezove in mostove, razpoke do 1 m
11	Vse se ruši, katastrofa
12	Pokrajina se menja

Literatura

- [1] Gornik, Kristina. [Seminarska naloga]. Fizika potresov. Ljubljana, Pedagoška fakulteta. 2009
- [2] Morris, N. (2003). Potresi. Ljubljana: Založba Grlica.
- [3] Vidrih, R. (2009). Nemirna zemlja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- [4] Walker, J. (1993). Naravne nesreče - Potresi. Ljubljana: DZS.
- [5] <http://vedez.dzs.si/datoteke/tektonika.pdf> (4.1.2016)
- [6] [http://zemljavesoljuw.blogspot.si/\(13.12.2015\)](http://zemljavesoljuw.blogspot.si/(13.12.2015))
- [7] [http://bojanambrozic.com/2013/02/02/potresi-v-sloveniji/\(13.12.2015\)](http://bojanambrozic.com/2013/02/02/potresi-v-sloveniji/(13.12.2015))
- [8] http://www.oos.ce.edus.si/gradiva/geo/geomorfologija/endogene_sile/potresi.html (13.12.2015)
- [9] <http://sss.fmf.uni-lj.si/data/179.pdf> (3.1.2016)
- [10] <http://nwbobcatscience.weebly.com/seismic-activity.html> (5.1.2016)
- [11] https://sl.wikipedia.org/wiki/Richterjeva_potresna_lestvica(12.12.2015)
- [12] https://sl.wikipedia.org/wiki/Evropska_makroseizmi%C4%8Dna_lestvica (12.12.2014)

Vulkani

Ž.Napast¹

Volcanoes

Povzetek. V seminarski nalogi bom predstavil vulkane, zakaj pride do izbruha vulkana ter razširjanje lave.

Abstract. In my seminar work i will talk about volcanoes, why it comes to volcanoes, volcanic eruption in Iceland and spread of dust.

1 Uvod

Vulkani po svetu so dejavni že tisočletja, najdemo jih na otokih, v državah, največ pa jih je v oceanih. Veliko je vulkanov, ki izbruhnejo vsake toliko časa, poznamo pa tudi takšne, ki so neaktivni. Znani vulkani so v glavnem lepe stožaste gore. Sicer pa je vulkan oziroma ognjenik vsaka odprtina, skozi katero se lava izlije na zemeljsko površje.

Vulkanski izbruhi so naravni pojavi, ki jih ni mogoče obvladati ali napovedati. Vulkani lahko bruhajo le razbeljeno lavo ali pa visoko v ozračje izvržejo mogočne oblake pepela in plinov, ki lahko preprečijo oziroma ogrozijo letalski promet. [2]

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

2 Ognjenik

Ognjenik ali vulkan je geološka površinska oblika, ki se največkrat pojavlja kot gora ali hrib. Nastane zaradi akumulacije magmatskega materiala, izbruhanega iz notranjosti Zemlje zaradi tamkajšnjih pritiskov. Ognjenik ima lahko poleg najbolj znane stožčaste oblike tudi zelo položna pobočja, ki tvorijo vzpetino v obliki ščita, ali pa je celo popolnoma raven.

Ime vulkana izhaja iz istoimenskega boga ognja v rimski mitologiji. Vulkane(ognjenike), njihovo delovanje in dejavnost proučuje vulkanologija. [1]

3 Nastanek ognjenika ter njegovo delovanje

Ta geološka površinska oblika nastane zaradi premikov velikanskih kamnin imenovanih litosferske plošče, katere sestavljajo zemeljsko skorjo. Magma, ki jo sestavljajo raztopljene kamnine, se nahaja med 80 in 100 km pod Zemljinim površjem. Zaradi razlike gostot med magmo in okoliškimi trdninami pride do dvigovanja magme. Ta se pri tem združuje v večje delce, ki nato potujejo do površja. Pred izbruhom, pa se magma zbira v ognjeniškem kotlu. Ko se kotel napolni se v njem ustvari dovolj velik pritisk, zato pride do izbruha materiala (plini, lava, ter piroklastični material), ki se nato v večini akumulira na površje Zemlje. S tem nastanejo različno strme vzpetine v obliki stožca. [2]

Vulkanske izbruhe najbolj laično povzame enačba 1. Vendar je to le najbolj osnovna razlaga izbruha, obstajajo veliko bolj kompleksne enačbe, ki jih bomo razložili v nadaljevanju.



H₂S - vodikov sulfid

O₂ - kisik

H₂O - voda

SO₂ - žveplov dioksid

4 Delitev ognjenikov

Vulkane oz. ognjenike delimo na več možnih načinov.

Delimo jih glede na:

Način izbruha: Havajski tip, Strombolijski tip, Ognjeniški tip, Pelee tip, Plinijski tip.

Lego: vulkanska gorstva, vulkani v oceanih, vulkanski otoki

Obliko: ščitni ognjenik, pepelni stožci, stratovulkani, kaldere

Aktivnost: aktivni, speči, mrtvi ognjeniki

5 Lava

Lava je vrsta raztaljene kamnine, ki jo med erupcijo izbruha ognjenik. Lava ima na izhodu iz vulkanskega dimnika temperaturo od 700 °C do 1200 °C. Viskoznost lave je približno 10.000 krat večja od viskoznosti vode, zaradi tiksotropskih lastnosti, ki zmanjšajo njeno viskoznost, pa lahko preteče velike razdalje preden se ohladi in strdi. Ko se lava strdi, se pretvori v magmatsko kamnino. Jedro toka lave je po navadi masivno in kristalinično, pasasto ali razslojeno in z mikroskopskimi kristali v osnovni masi. Kristali v jedru lave so na splošno večji kot na robovih, ker imajo več časa za svojo rast. Če lava teče preko mokre ali vlažne podlage, lahko pride do hidrotermalnih pojavov. V spodnjem sloju lave lahko nastanejo mehurčki, ki so včasih napolnjeni z minerali. Podlaga, po kateri je tekla lava, je lahko zdrobljena ali poškodovana zaradi delovanja vrele ujete vode, zemlja pa je lahko zapečena v terakoto opečnato rdeče barve.

Značilnosti toka lave in oblike vulkanov so odvisne od fizikalnih lastnosti lave, predvsem viskoznosti. Tokovi bolj tekoče bazaltske lave tvorijo bolj ploščate tvorbe, medtem ko tokovi viskozne riolitske lave tvorijo grčaste in kladaste gmote kamnin. [8]

6 Viskoznost lave

Tok lave je odvisen od viskoznosti. Kot navaja Tazieff[6], viskoznost je torej eden izmed najvažnejših faktorjev pri eruptivnih pojavih. Če je viskoznost neznatna, tedaj dopušča tokovom lave, da se razlijejo čez širna prostranstva ter niti najmanj ne ovira plinov, da ne bi prosto izhlapevali. Velika viskoznost lahko omeji izlivanje lave do skrajnosti. Vulkanske bombe, lapilli, vulkanski pesek in pepel imajo pravtako svojo viskoznost. Ta se upira izparevanju plinov in s tem povzroča precejšnjo napetost, ki končno razstreli maso lave in s tem del vulkanove zgradbe same. Eksplozija vrže drobce neverjetno visoko in daleč. Od viskoznosti je odvisen tudi način vulkansekga delovanja v velikem; vulkanizem pa je ravno tako odvisen od pritiska plina, ki se prvotno raztaplja v lavi. Viskoznost je premosorazmerna z množino silicija in aluminija in obratnosorazmerna z množino železa, kalcija in magnezija. Viskoznost je nadalje odvisna od temperature, ki je bistveno pomembna, od pritiska in predvsem od plinske napetosti.

6.1 Pretok lave

Poglejmo sliko toka lave (slika 2). Lava se vzdolž toka površinsko ohlaja in trdi. Iz strjene površine lahko razberemo, kako hitro se je mestoma gibala. To opazimo, če opazujemo strnjene kolobarje: kolobarji so (približno) najdlje prišli na sredini, najmanj poti pa so naredili ob robovih toka. Če predpostavimo (to je približna predpostavka), da se je celoten kolobar ohlajal enako hitro (imel enako časa za premikanje) lahko zaključimo, da se lava najhitreje premika prav na sredini, najpočasneje pa ob robovih. [8]

Tok lave ni vedno v bistvu samo en. Ko se nekaj malih tokov preplavi med sabo in se celotna masa skupaj ohladi se uporabi beseda mešanica tokov. Beseda pretočno polje opisuje preplet tokov iz enega samega izbruha. Mešanica tokov ustvari pogosto produkte, ki imajo relativno majhno burnost, majhne viskoznosti katere dovolijo zgodnjim tokom, da se ustavijo in ohladijo preden se prepletejo z kasnejšimi. Pri višjih hitrostih in višjih viskoznostih, tokovi lave hitro potujejo od vira, da oblikujejo dolge, enostavne struge. [9]



Slika 2: Tok lave je v sredini hitrejši kot ob robu(kolobarji so zakrivljeni). [8]

Dve sili vplivata na to, kam se bo lava razširila; gravitacija in viskoznost. Magnituda gravitacijske sile je odvisna od mase telesa, medtem pa je viskoznost neločljivo povezana z materialom. Lave imajo moč na površju, večjo pa ima tista, ki se strdi takoj. Preden se lava lahko razlije more biti njena moč v notranjosti zelo velika, večja kot lomilni potres. Seveda lave nikoli ne naredijo ravnega površja: njena debelost se vedno razlikuje, to je odraz njihove moči strjevanja. [9]

To najbolje prikazuje naslednja enačba:

$$t = \frac{\tau}{\rho g \tan \alpha} \quad (2)$$

Pri čemer je:

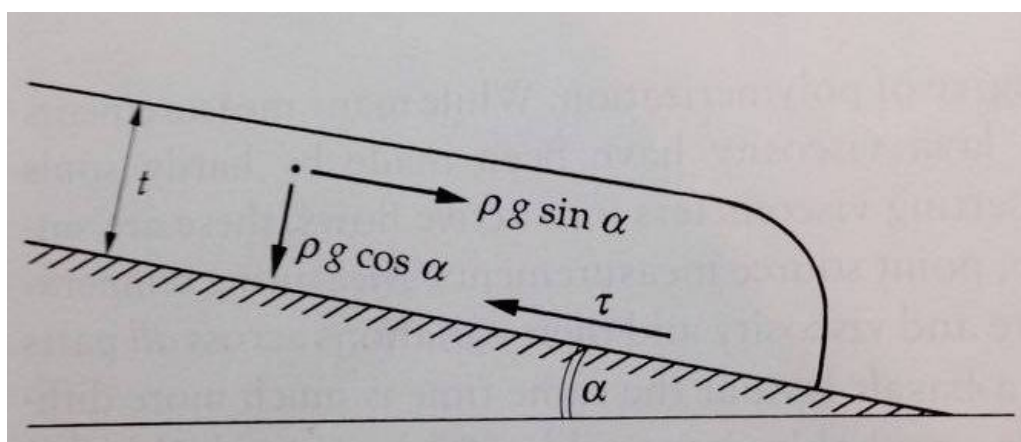
g - gravitacijski pospešek,

ρ - je gostota,

τ - moč lave

$\tan \alpha$ - kot v stopinjah

To enačbo opisuje (Slika 3)



Slika 3: Tok premera t teče po naklonu s silo $\rho g \tan \alpha$, upira se mu τ . Tok steče ko je naklonska sila večja od meje tečenja. [9]

Bazaltno premikajoča lava na površini kjer je lomljivost večja, ima manjšo viskoznost kot tista na nežni podlagi, upoštevajoč da so ostali faktorji enakovredni. To je podano z naslednjo enačbo:

$$V = \frac{\rho g t^2}{B \eta \sin \alpha} \quad (3)$$

Pri čemer je :

η - viskoznost

B - konstanta (vrednost je okrog 3 na ravni površini)

ρ - gostota

$\sin \alpha$ – naklonski kot

g - gravitacijski pospešek

Ne rabiš biti matematični genij, da ugotoviš, da so lave z nižjo viskoznostjo hitrejše kot tiste z višjo. Zaradi tega bodo nastajale različne kompozicije lave na različnih tokih z različnimi morfologijami. Ena izmed uporabnih načinov izražanja sprememb v morfologiji je tako imenovan “aspect ratio” termin izposojen iz področja letalstva. Za strokovnjaka za vulkane je torej to vrednost debeline lave proti površini ki jo pokriva. [9]

6.2 Moč lave

Ker imajo tokovi oz. razlitja lave določeno moč, se ne razlijejo vse okoli po prostoru, ampak so omejeni ob robih toka lave. Ohlajen material zaporedoma gradi te marginalne bankine, katere nato povzročijo da lava teče po tako imenovanih samo narejenih kanalih. Pogosto so levo stoječi, suhi in visoki, kot nekakšni dolgi, navadni zidovi, po nekajkratnih znižanjih lave. V teoriji stopnje moči lave opisuje naslednja enačba:

$$W_b = \frac{\tau}{2g\rho} * (\tan \alpha)^2 \quad (4)$$

Pri čemer je:

W_b - širina toka lave

τ – moč lave

g- gravitacijski pospešek

ρ -gostota

$\tan \alpha$ -naklonski kot

6.3 Dolžina tokov lave

Veliko faktorjev določa dolžino, kako daleč bo lava potovala, kompozicija, pobočje, stopnjo ohlajevanja in veliko drugih faktorjev. Po zbiranju podatkov je Walker domneval, da če so ostali faktorji isti je intenzivnost bruhanja bolj kritična kot njena viskoznost. To dvoje je vedno tekmovalo med sabo. Kljub temu so ostali faktorji tudi pomembni. Pierri in Baloga sta dokazala oz. pokazala, da je vrednost burnosti boljše vodilo na površinsko območje, kasneje prekrito z tokom, kot pa njena dolžina. Razpravljala sta da odkar je termalno sevanje iz ozračja dominanten način ohlajevanja, je delež lavinega površja, ki je žareča, vroča lava raje kot ohlajena skorja bo narekovala, kako hitro se bo lava ohladila in kako daleč bo potovala. Ta delež je narejen iz pobočja in topografske hrapavosti.

Medtem, ko bi lahko postalo očitno, da se lava večinoma ohlaja z sevanjem je vredno poudariti, da je sevanje dosti bolj pomembno na visokih temperaturah kot nizkih. Na srednjih temperaturah je zračna konvekcija glavni ohlajevalni mehanizem. Ohlajanje je povzeto v Stefan-Boltzmannovi enačbi. [9]

$$Q = \sigma * T^4 \quad (5)$$

Pri čemer je :

Q - radialna termalna moč na enoto zračnega prostora (W_m^{-2}),

σ - Stefan Boltzmannova konstanta

T^4 - temperatura v Kelvinih.

Zaradi temperature na 4 stopnjo, majhen procent znižanja v temperaturi oz. odstopanja povzroči veliko upadanje v sevalni termalni energiji. Kot ostali kamni je lava slab prevodnik toplote. Ko je temperatura zračnega prostora okoli lave visoka, takrat sevanje hitro izgubi radioaktivno toploto, katera ne more biti uravnotežena z termalnim prevodnikom iz jedra. Zato se tok skorje aktivne lave neizogibno hitro ohlajuje ter se premika od svojega vira. [9]

7 Vulkanski pepel

Vulkanski pepel je fin prah s premerom zrnč manjšim od 2 mm, ki pade na zemljo po izbruhu ognjenika. [3]

S pomočjo Eulerjevega modela, ki simulira disperzijo onesnaževal v ozračju lahko prikažemo širjenje pepela.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{v}\nabla C = \nabla(K\nabla C) + \dot{S}_0 + \dot{S}_i \quad (6)$$

Pri tem je :

C – koncentracija polutanta

\vec{v} – hitrost delcev

(K) Reynoldsov tenzor

\dot{S}_0 – izvor onesnaževala

\dot{S}_i – ponor onesnaževala

Disperzija pomeni razširjanje snovi v ozračju zaradi vetrov ali difuzije – višje koncentracije potujejo proti nižjim. Tako se oblak onesnaževala širi in hkrati potuje z vetrom. [7]

Literatura

- [1] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Ognjenik> [8.12.2015]
- [2] K.Lanšček, A.Stopinšek, *Vulkani*, http://www.dijaski.net/gradivo/geo_ref_vulkani_05?r=1 [8.12.2015]
- [3] https://sl.wikipedia.org/wiki/Vulkanski_pepel [8.12.2015]
- [4] http://davidb.splet.arnes.si/files/2014/04/vrste_vulkanov.png [29.12.2015]
- [5] <http://si.openprof.com/wb/viskoznost?ch=1175> [4.1.2016]
- [6] C.Kruger in sodelavci, *Vulkani*.Ljubljana:DZS,1972. Str.:60-61
- [7] http://www.arso.gov.si/vreme/poročila%20in%20projekti/drzavna%20sluzba/Onesnazenje_-_disperzijski_modeli.pdf [4.1.2015]
- [8] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Lava> [4.1.2016]
- [9] Peter Francis, Clive Oppenheimer, *Volcanoes*. Oxford, 2004. Str:141-150