

Zbornik seminarских nalog  
pri predmetu

# PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,  
2014/2015

*Uredil:*  
izr. prof. dr. Jure Ravnik



Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za strojništvo

Smetanova ulica 17  
2000 Maribor, Slovenija

# PRENOSNI POJAVI V OKOLJU

zimski semester, 2013 – 2014

## ZBORNİK 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 2015

### Tisk in vezava:

Dokument je na voljo v digitalni obliki pri uredniku.

# Kazalo

Radioaktivnost, <i>A. Šutar</i>	1
Razširjanje nafte po morju, <i>D. Gošnjak</i>	9
Napovedovanje vremena, <i>K. Vrezner</i>	17
Prenos zvoka, ki ga generirajo avtomobili na avtocestah in učinkovitost protihrupnih ograj, <i>K. Kolar</i>	25
Potresi, nastanek in razširjanje potresnih valov <i>M. Pušnik</i>	33
Napovedovanje višine morja, <i>M. Vremec</i>	41
Razširjanje radioaktivnih snovi po nesreči v Černobilu, <i>T. Zajc</i>	49
Delovanje čistilne naprave za odpadno vodo, <i>T. Gorenšek</i>	57
Zakaj izginja Veliki koralni greben v Avstraliji?, <i>K. Kuzmič</i>	65
Vulkanski izbruh na Islandiji 2010, <i>P. Škarjot</i>	73
Odstranjevanje $SO_2$ iz dimnih plinov, <i>I. Lepak</i>	81
Vpliv sonca na Zemljo, <i>N. Auer</i>	89
Prenosni pojavi v bioplinarni, <i>U. Bagari</i>	97



## *Radioaktivnost*

*Andrej Šutar<sup>1</sup>*

## *Radioactivity*

**Povzetek.** V seminarski nalogi za predmet Prenosni pojavi v okolju je predstavljena radioaktivnost, kako se ta širi in njen vpliv na živa bitja. Predstavljene so tudi jedrske reakcije, osnovna sevanja (alfa, beta, gama) in nekaj malega o fisiji.

**Abstract.** This manuscript for the class Transport phenomena in the environment, contains information about radioactivity, how does it expend and the way it affects all the living creatures. It also presents nuclear reactions, basic radiation (alpha, beta, gamma) and little bit about fission.

### **1 Uvod**

Radioaktivna preobrazba je spontan proces, pri katerem nestabilno, energijsko jedro elementa odda del svoje energije v obliki delcev  $\alpha$ , delcev  $\beta^-$ , delcev  $\beta^+$ , nevtronov, protov ali drugih težkih delcev, in pri tem nastane jedro drugega elementa. Lahko pa odda svoj del energije v obliki  $\gamma$  in pri tem ostane jedro istega elementa.

Radioaktivnost je bila odkrita 1896, eno leto za tem ko so bili odkriti rentgenski žarki. Odkril jo je Becquerel, ko je preučeval fosforescenco na uranovi soli. Kmalu za tem sta Pierre Cuire in Maria Sklodowska Cuire odkrila, da je poleg urana, radioaktiven tudi torij. V začetku 20. stoletja je Ernest Rutherford prvi opisal lastnosti sevanj alfa, beta in gama. Prvi je odkril jedrsko reakcijo s katero je odkril proton: z delci alfa je obstreljeval dušik pri čemer je nastal kisik in proton. Kasneje pa je z Geigerjem razvil prve merilnike radioaktivnega sevanja.

### **2 Jedrske reakcije**

Jedrska reakcija je proces, kjer brez zunanjih vplivov razpadejo jedra atomov ali pa reagirajo z drugimi jedri ali delci. Pri tem se atomsko jedro spremeni. Do tega pride tudi pri radioaktivnem razpadu. Na radioaktivni razpad ne moremo vplivati, medtem ko jedrsko reakcijo lahko kontroliramo. Lahko jo sprožimo, pospešimo, upočasnimo ali ustavimo.

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Jedrsko reakcijo sprožimo s curkom nevtronov, protonov, fotonov, delcev  $\alpha$  ali s kakimi drugimi delci obsevamo snov, katere jedra želimo spremeniti. Vpadni delec se imenuje projektil, obsevana snov pa tarča.

Jedrske reakcije delimo na tri različne procese. In sicer, na radioaktivnost, fuzijo in fisijo. Radioaktivnost je naključno razpadanje jeder radioizotopov. Pri fuziji se jedra vodika ob visoki temperaturi ( $T > 5000\text{K}$ ) pod vplivom težnosti in velikimi tlaki zlivajo v helij. V Franciji trenutno gradijo reaktor ITER, ki bo deloval na fuzijo.

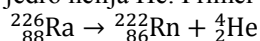
### 3 Sevanje

Sevanje je prenos energije v obliki toka delcev ali širjenja elektromagnetnih valov. Poznamo neionizirajoče in ionizirajoče sevanje. Neionizirajoče sevanje je ultravijolično sevanje, vidna svetloba, toplotno segrevanje ter mikro in radijski valovi.

Ionizirajoče sevanje pa pri prehodu skozi snov iz atomov izbija elektrone. Iz atoma tako nastane ion. To za seboj pusti ionske pare: ione in elektrone. Ionizirajoča sevanja so: sevanja radioaktivnih snovi (alfa, beta in gama sevanje), rentgensko, kozmično in delno ultravijolično sevanje.

#### 3.1 Sevanje alfa

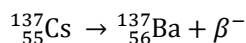
Pri razpadu alfa iz radioaktivnega jedra odleti delec alfa  $\alpha$ . Delec  $\alpha$  je sestavljen iz 2 protonov in 2 nevtronov in mu pravimo tudi jedro helija He. Primer  $\alpha$  razpada je razpad radija Ra-226:



To sevanje ima veliko energijo, saj se delci alfa gibljejo s hitrostjo  $10^7$  m/s, vendar to sevanje ni nevarno, saj delec  $\alpha$  v zraku prodre le nekaj centimetrov in ga zaustavi že list papirja (slika 1). Edino nevarno je, če razpadajoča jedra dobimo v telo npr. z vdihavanjem.

#### 3.2 Sevanje beta

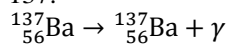
Pri beta razpadu iz radioaktivnih jeder odletijo delci beta  $\beta$  (elektroni ali pozitroni). Primer beta razpada je razpad cezija Cs-137:



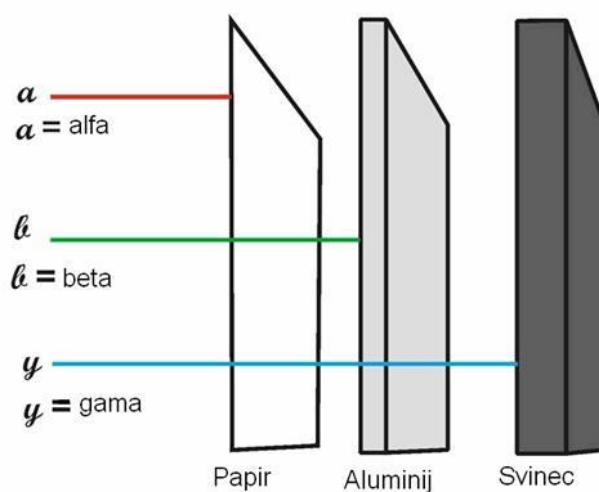
Sevanje  $\beta$  prodre v zraku nekaj metrov, zaustavi pa ga nekaj milimetrov debela plast aluminija ali stekla (slika 1). Kljub temu da so bolj predirni kakor delci  $\alpha$ , naredijo na svoji poti dosti manj škode. Kot zunanji vir povzroči poškodbe na koži ali očesni leči.

#### 3.3 Sevanje gama $\gamma$

Gama  $\gamma$  razpad po navadi sledi razpadu  $\alpha$  ali  $\beta$ . Jedro nastalo po  $\beta$  ali  $\alpha$  razpadu odda odvečno energijo v obliki fotona kot barij Ba-137:



Sevanje  $\gamma$  je elektromagnetno valovanje zelo kratke valovne dolžine ( $< 10^{-11}$  m). To sevanje je najprodornejše. Pretečena pot je odvisna od njihove energije. Pred njimi se najlažje zaščitimo z debelo plastjo snovi, ki vsebuje atome s konca periodne preglednice elementov. Pogosto uporabljamo svinčeno opeko (slika 1). Pri prehodu sevanja  $\gamma$  lahko pride do fotoelektričnega efekta, Comptonovega efekta ali tvorbo parov. Pri tem sevanje odda del ali vso svojo energijo snovi.



**Slika 1:** Prodornost izsevanih delcev  $\alpha$ ,  $\beta$  in  $\gamma$ .  
(vir: [http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost\\_files/image024.jpg](http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost_files/image024.jpg))

### 3.4 Nevtronsko sevanje

Nevtronsko sevanje je tok nevtronov. To sevanje je zelo prodorno in ga opazimo pri jedrskih reakcijah, predvsem pri cepitvi urana v jedrskih reaktorjih. Nevtroni se z lahkoto prebijajo do atomskih jeder, saj nimajo naboja. Reakcije z nevtroni delimo na sipanje in absorpcijo. Pri sipanju se nevtroni odbijejo od jeder, pri tem pa nastanejo novi delci ali jedra, prenaša pa se energija. Pri absorpciji pa jedro zajame nevtron pri čemer pride do jedrske spremembe. Poznamo še rentgensko in kozmično sevanje.

## 4 Aktivnost

Razpad nestabilnih jeder je povsem naključen pojav. Neko jedro lahko razpade ta hip, neko drugo pa čez neskončno dolgo časa. Toda kljub temu lahko določimo aktivnost  $A$  radioaktivnega elementa, ki nam pove število razpadlih jeder  $dN$  v določenem časovnem intervalu  $dt$ :

$$A = -\frac{dN}{dt} \quad (1)$$

Aktivnost je premo sorazmerna s številom jeder radioaktivnega elementa:

$$A = \lambda N \quad (2)$$

Kjer je  $\lambda$  razpadna konstanta in  $N$  je število jeder radioaktivnega elementa. Zgornji enačbi (1) in (2) združimo, da dobimo:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad (3)$$

In preoblikujemo

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (4)$$

Zgornjo enačbo (4) integriramo od časa  $t = 0$ , ko je  $N = N_0$ , do časa  $t = t$ , ko je  $N = N$ :

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \quad (5)$$

In dobimo:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \quad (6)$$

Enačbo še antilogaritmiramo:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (7)$$

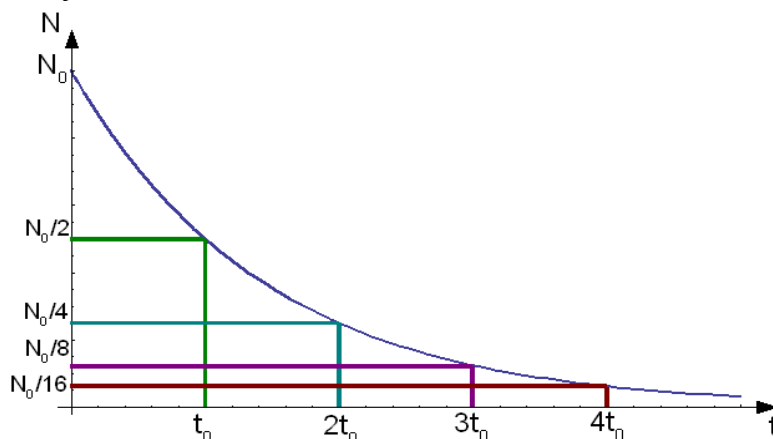
V enačbo vpeljemo novo konstanto – razpolovni čas ( $t_0$ ), ki nam pove po kolikšnem času se število jeder radioaktivnega elementa razpolovi ( $N = N_0/2$ ):

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda t_0} \quad (8)$$

Iz tega sledi, da je razpadana konstanta enaka:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_0} \quad (9)$$

Če poznamo začetno število jeder atoma ali njegovo aktivno in razpolovni čas, lahko izračunamo število jeder elementa ob poljubnem času. Na ta način računajo po enačbi (7) starost kamin. Na sliki 2 je narisana graf, ki prikazuje število jeder v odvisnosti od časa. Po preteku enega razpolovnega časa  $t_0$ , je razpadla polovica vseh jeder. Po dveh razpolovnih časih je ostalo le še  $1/4$  jeder itd.



**Slika 2:** Graf funkcije števila jeder ( $N$ ) radioaktivnega elementa v odvisnosti od časa  $t$ .  
(vir: <http://student.pfmb.uni-mb.si/~rmarkovic/SLIKE/razpolovnig.png>)



Enota za merjenje aktivnosti radioaktivnega razpada je becquerel ( $[Bq] = [s^{-1}]$ ) in določa število razpadov na sekundo. Starejša enota za aktivnost je curie (Ci):  $1 Bq = 2,7 \times 10^{-11} Ci$ .

## 5 Detekcija sevanja

Sevanja ne moremo zaznati s svojimi čutili, zato ga zaznavamo in merimo z instrumenti. Sevanje vpliva na snov s katero pride v interakcijo, to pa lahko izkoristimo za zaznavanje. Posledice, ki jih lahko zaznavamo, so nastanek prostih elektronov in ionov v snovi (ionizacija), nastanek vzbujenih elektronov, segrevanje snovi, nastanek mikroskopskih poškodb snovi, jedrske reakcije v snovi in zavorno sevanje. Za detekcijo se najpogosteje izkoristi ionizacija. Sevanje merimo z občutljivimi instrumenti: Geiger-Müllerjev števec, scintilacijski števec, ionizacijska celica, polprevodniški števec ipd. Z njim lahko odkrijemo en radioaktivni atom med bilijoni navadnih atomov.



**Slika 3:** Geiger-Müllerjev števec

(vir: [http://img.ena.com/oddelki/conrad/assets/product\\_images/najvecje/voltcraft\\_gamma\\_heck\\_geigerjev\\_stevec\\_\\_merilnik\\_radioaktivnosti\\_CO109999.JPG](http://img.ena.com/oddelki/conrad/assets/product_images/najvecje/voltcraft_gamma_heck_geigerjev_stevec__merilnik_radioaktivnosti_CO109999.JPG))

## 6 Vpliv sevanja na živa bitja

Pri prehodu skozi telo, ionizirajoče sevanje oddaja energijo. Ionizirajoče sevanje lahko celice poškoduje ali spremeni. Če se geni v celici kakorkoli poškodujejo, se lahko zgodi, da bo celica delovala nenormalno, lahko se bo nenadzorovano delila ali pa bo odmrila. Pri ljudeh, ki so bolj izpostavljeni sevanju, je večja verjetnost, da se bo pojavil rak, kot pri ostalih, ki so izpostavljeni manjši količini sevanja. Vpliv ionizirajočega sevanja na telo podaja enota absorbirana doza – gray (Gy), ki meri absorbirano energijo na 1 kg svoje mase (J/kg). Efektivnost različnih vrst ionizirajočega sevanja je zelo različna. To upoštevamo tako, da absorbirano dozo pomnožimo s faktorjem efektivnosti. S tem dobimo enoto sievert (Sv). Hitrost doze merimo s sieverti na uro (Sv/h). Mejne vrednosti podajamo v mSv prejetih v obdobju enega leta. Po mednarodnih

priporočilih naj bi bila mejna doza za skupino prebivalcev do 1 mSv, pri čemer so izvzete medicinske preiskave z radioaktivnimi izotopi ali z rentgenom in naravno ozadje. Medtem ko je za izpostavljene delavce mejna efektivna doza 20 mSv/leto. Za krajše obdobje pa so dovoljene obremenitve do 5 mSv. Izračunali so, da bi 1 do 4 osebe umrle za rakom, če bi 10.000 ljudi izpostavili sevanju 200 mSv. Smrt povzroči sevanje z dozo 4 Sv.

Od naravnih virov sevanja je povprečen človek obsevan s približno 2,4 do 2,8 mSv/leto, od umetnih virov sevanja pa s približno 0,3-1,5 mSv/leto. Povprečna letna doza delavca v NEK je okrog 1 mSv, najvišje doze posameznikov pa so okrog 10 mSv. Od naravnih virov sevanja je človek najbolj izpostavljen kozmičnemu sevanju (0,66 mSv/leto) in sevanju radona-222 in njegovih kratkoživih potomcev, ki izhajajo iz zemlje (1,3 mSv/leto).

## **7 Jedrska elektrarna**

Radioaktivnost je danes najbolj razširjena na področju pridobivanja elektrike. Na svetu danes deluje 430 jedrskih elektrarn v 31 državah. Skupaj proizvedejo več kot 11% električne energije. V Sloveniji imamo eno jedrsko elektrarno Nuklearno elektrarno Krško – NEK (slika 4), ki proizvede 38% slovenske električne energije.

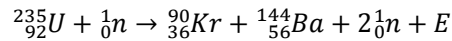


**Slika 4:** Nuklearna elektrarna Krško  
(vir: <http://www.icjt.org/wp-content/uploads/NEKizzraka.jpg>)

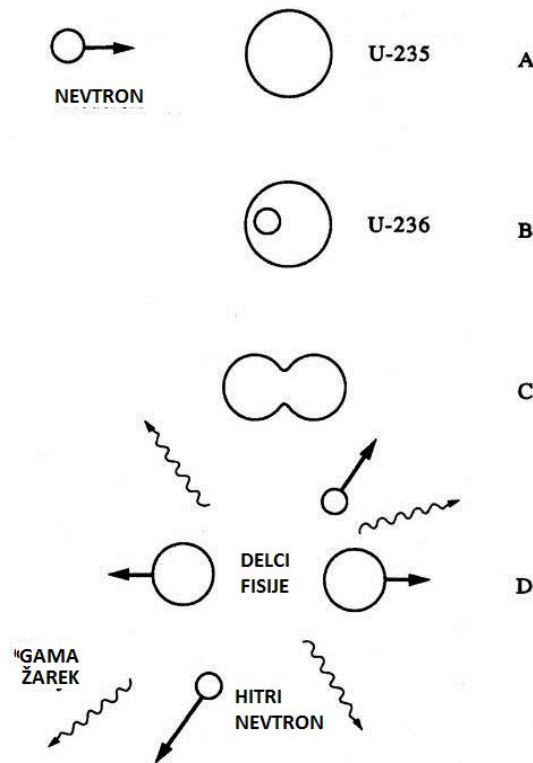
Vse jedrske tehnologije na svetu temeljijo na verižni reakciji cepitve jeder - fisije. Fisija je proces, kjer se težka jedra zaradi elektrostatskega naboja med številnimi protoni razcepijo na dve srednje težki jedri, ki ju imenujemo razcepka ali fragmenta, in nekaj nevtronov. Pri cepitvi nastanejo razcepki, nevtroni, gama žarki in velika količina energije, ki se porazdeli med nastale delce kot kinetična energija. Najpogosteje se za jedrsko gorivo uporablja uran.

## 8 Fisija

Večina izotopov, ko absorbira nevtron, preide v vzbujeno stanje. Presežek energije nato oddajo z izsevanjem gama žarkov. V določenih težkih elementih kot sta urani in plutonij, pride z absorpcijo nevtrona do drugačne reakcije. Jedro izotopa se razcepi na dva dela. . Eden izmed pogostejših primerov fisije urana U-235, kjer sta fisijska fragmenta kripton (Kr) in barij (Ba), je:



Tak proces imenujemo fisija. Slika 3 prikazuje proces fisije za izotop urana U-235. V fazi A se nevtron približa jedru U-235. V fazi B se nevtron združi z jedrom in nastane U-236 v vzbujenem stanju. V nekaterih primerih se presežek te energije sprosti v obliki sevanja gama žarkov. Toda bolj pogosto ta presežek energije povzroči popačenje jedra kot prikazuje faza C na sliki 3. Ker elektrostatske odbojne sile prevladajo nad atomskih privlakom na večjih razdaljah, se izotop dokončno loči na dva dela, kot je prikazano v fazi D. Večina presežne energije se pretvori v kinetično energijo novonastalih delcev, ki odletita narazen s skupno energijo 166 MeV. V tem procesu se sprosti približno 200 MeV energije. V fazi D pride še do izsevanja gama žarkov in hitrih nevtronov, kateri povzročijo nove procese fisije.



**Slika 5:** Proces fisije za izotop urana U-235  
(vir: [http://booksite.elsevier.com/9780123705471/errata/Nuclear-Energy-6th\\_Slides\\_Ch06.ppt](http://booksite.elsevier.com/9780123705471/errata/Nuclear-Energy-6th_Slides_Ch06.ppt) slide: 2)

## 9 Zaključek

V seminarski nalogi sem opisal radioaktivnost in različne vrste ionizirajočega sevanja. Delijo se glede na to kateri delec izsevajo pri razpadu. Ali je to helijevo jedro, elektron, pozitron ali foton. Za živa bitja je najnevarnejše sevanje  $\gamma$ , kjer radioaktivni element odda foton z visoko frekvenco. Ker ima foton posledično veliko energije, lahko na svoji poti naredi največ škode in je najprodornejše. Toda radioaktivnost je tudi zelo uporabna, saj po njeni zaslugi pridobivamo elektriko. Pri razpadu atoma urana U-235, po tem ko ga zadane delec  $\alpha$ , imajo delci, nastali pri razpadu ogromno kinetične energije. Ta kinetična energija se v jedrskih elektrarnah pretvori v termično energijo, ki se nato pretvori v mehansko in na koncu v električno energijo. Poleg pridobivanja elektrike, se radioaktivnost učinkovito uporablja tudi v medicinske namene: rentgensko slikanje kosti, zdravljenje raka in tumorjev z obsevanji, slikanje notranjih organov z napravami kot sta PET in SPECT itd.

Izraz radioaktivnost ima v današnjih časih na žalost negativen prizvok. Toda če ta pojav pobliže spoznamo in začnemo nanj gledati z bolj znanstvenimi očmi, ugotovimo, da je ob pravilnem in strokovnem ravnanju lahko popolnoma nenevaren in zelo uporaben. Življenja kot ga poznamo danes, brez izkoriščanja radioaktivnosti ne bi bilo.

### Literatura

- [1] L. R. Murray, *Nuclear energy: an introduction to the concepts, systems, and applications of nuclear processes – 6th ed.* (Elsevier Inc., ZDA, 2008)
- [2] V. Dimic, *Elektrika iz jedrskih elektrarn* (Didakta, Radovljica, 1995)
- [3] <http://www.nek.si/sl/>
- [4] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Bekerel>
- [5] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost>
- [6] <http://student.pfmb.uni-mb.si/~rmarkovic/razpadna%20enacba%202.html>
- [7] <http://student.pfmb.uni-mb.si/~tbarbic/radioaktivnost.html>

## *Razširjanje nafte po morju*

*Dejan Gošnjak<sup>1</sup>*

### *Dissemination of oil on the sea*

**Povzetek.** Ekološke katastrofe, kot so naftna razlitja v morje, so nas privedla do raziskav, s katerimi pojasnujemo kako se razlita nafta obnaša v morju in kateri procesi se ob tem sproščajo. Na širjenje naftnega madeža, izhlapevanje, emulzifikacijo, disperzijo in raztapljanje nafte v morju, vplivajo lastnosti nafte (viskoznost, gostota), vremenske razmere, temperatura in dejavnost morja (plimovanje, valovanje, morski tokovi). Posledice razlite nafte v morju so katastrofalne in jih občutijo ljudje, predvsem pa živali, vendar jih z premišljenimi ravnanji lahko omilimo. Tako imamo na voljo metode mehanskega čiščenja ali kemičnega čiščenja. Običajno uporabljamo kombinacijo obojih, saj je učinkovitost čiščenja na takšen način najbolj učinkovit.

**Abstract.** Ecological disasters such as oil spills in the sea, has led us to researches with reason, to explain, how the spilled oil behaves in the sea, and what processes are releasing. The spread of the oil slick, evaporation, emulsification, dispersion and dissolution of oil in the sea, depends on properties of oil (viscosity, density), weather conditions, temperature and activity of the sea (tidal, waves, ocean currents). Consequences of the oil spill in the sea impacts on environment, people, and especially animals, but with good management, can be reduced. We have available methods of mechanical or chemical cleaning. Typically, they are used as combination of both, because the efficiency of treatment in this way is the most effective.

#### **Uvod**

Razlitja surove nafte ali njenih derivatov (bencin, dizel) štejemo k največjim ekološkim katastrofam, ki so posledica človekove dejavnosti, ali naravnih izlivov ob premikih tektonskih plošč. Letno se v morje izlije na milijone litrov nafte in njenih produktov, velik odstotek tovrstnega onesnaženja so kanalizacije, v katere se ilegalno izlivajo in izpirajo odpadna olja in ostala težja goriva. Med pogostejša onesnaženja morja štejemo tudi vzdrževanje in čiščenje ladij iz katerih se brezvestno izlije velike količine nafte pomešano z vodo, čistili in dezinfekcijskimi sredstvi.

Presenetljivo je dejstvo, da nesreče na naftnih ploščadih in tankerske nesreče, prispevajo le majhen del onesnaževanja z surovo nafto v morje, čeprav se vanj sprostijo ogromne količine surove nafte in uničijo več kilometrov obale, ter predstavljajo največje ekološke katastrofe.

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

## Razširjanje nafte po morju

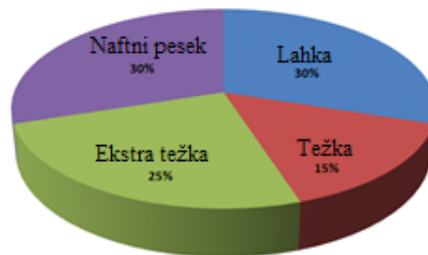
### 1.1 Nafta

Nafta je zelo gosta ( $0,7 \text{ g/cm}^3 - 0,9 \text{ g/cm}^3$ ) temnorjava tekočina, ki v vodi ni topna, in je zmes 500 spojin, med katerimi prevladujejo ogljikovodiki. Sestava nafte je odvisna od njenega nahajališča, na katerih so za nastanek nafte vplivali različni dejavniki, kot so temperatura, pritisk ter raznovrstne bakterije. Sestava nafte ter njene lastnosti, kot so viskoznost, barva in gostota, vplivajo na ceno in način njene predelave. Viskoznost je lastnost nafte, katera vpliva na hitrost razširjanja nafte na morski gladini

Nafto ločimo v več skupin si sicer:

- Lahka surova nafta, katero črpajo na Bližnjem vzhodu, ima nižjo gostoto in je zelo kvalitetna, topnost v vodi je visoka.
- Težka surova nafta, večja gostota, manj kvalitetna kot lahka nafta in tudi nižja topnost v vodi.
- Ekstra težka surova nafta z visoko gostoto, pridobljena tudi iz oljnega peska, topnost v vodi je skoraj ničelna..

Načini pridobivanja nafte so z vrtnjem v zemeljsko površje na kopnem ali na morskem dnu. Poznamo tudi pridobivanje nafte z odprtim kopom, kar pomeni, da se nafta pridobiva iz peska in zemlje, ki sta prepojena z njo. Pridobivanje slabše kakovostne nafte na ta način je dražji in okoljsko zelo obremenjujoč. Države, ki imajo največ črpališč nafte na svetu so države bližnjega vzhoda (Irak, Iran, Saudova Arabija), Rusija, Združene države Amerike, Venezuela, Mehika in Združeno kraljestvo. Slika 1 prikazuje rezerve naft razdeljene na 4 osnovne skupine.



**Slika 1:** Rezerve nafte ločene v več skupin.

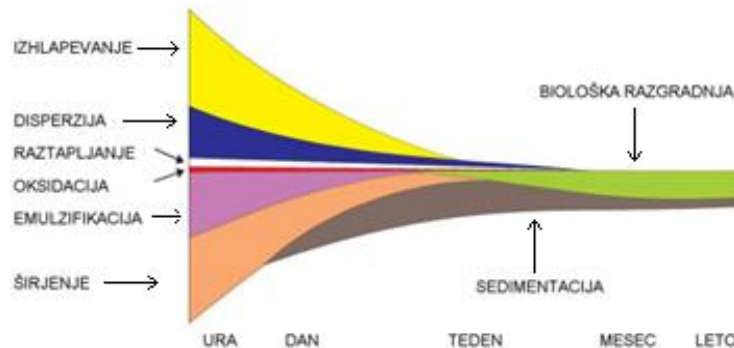
Vir: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Nafta#Vrste> [Dostop 8. januar 2015]

Surovo nafto je potrebno poslati v predelavo, saj je surova nafta skoraj neuporabna. Predelana nafta (bencin, dizel, kerozin ipd.) pa se uporablja večino za prevoz, v manjšem deležu tudi za izdelovanje plastike, asfalta ter za ogrevanje proizvodnih in stanovanjskih objektov. Za prevoz surove nafte na morju skrbijo tankerji, ki so namenjeni posebej za transport tekočin po morju. Njihova prednost je, da so sposobni prevažati ogromne količine nafte, vendar se je potrebno zavedati, da vedno obstaja možnost razlitja nafte iz tankerjev ob neugodnih vremenskih razmerah ali drugih dejavnikih.

### 1.2 Razlitje nafte v morje

Dejavniki, ki vplivajo na velikost in hitrost širjenja naftnega madeža so vremenske razmere (veter), hitrost in smer morskih tokov, ter lastnosti nafte, kot sta gostota in viskoznost. Ob

razlitju se sproži vrsta fizikalnih in kemijskih procesov, ki so časovno odvisni. Določeni procesi imajo največji vpliv nekaj ur po razlitju nafte, drugi začnejo delovati po nekaj dnevih, občutno delovanje ostalih procesov pa lahko nastopi šele po nekaj mesecih, kar prikazuje slika 2.



**Slika 2:** Odvijanje fizikalnih in kemijskih procesov glede na čas.

Vir: <http://www.medess4ms.eu/wp-content/uploads/2012/09/BIODEGRADATION.jpg>  
[Dostop 13. januar 2015]

Kot je razvidno iz slike 2, se v prvih urah po razlitju, pričnejo procesi izhlapevanja, širjenja nafte na morski gladini, emulzifikacije ter disperzije. Proces raztapljanja nafte v vodi in oksidacija nimata bistvenega pomena. Usedanje oziroma sedimentacija nastopi teden ali več po razlitju, najkasneje pa se sproži proces biološke razgradnje, ki pride v ospredje po mesecu dni.

### 1.2.1 Razširjanje nafte na morju

Po razlitju nafte se na morski gladini prične ustvarjati naftni madež, ki se kasneje razkropi na več madežev, zaradi vpliva morskih tokov in morskega valovanja. »Hitrost širjenja oljnega madeža je odvisna od temperature, plimovanja, hitrosti vetra, ter od volumna razlite nafte in od njenih lastnosti.« (Trobec A., 2007). Vpliv vetra na hitrost in smer širjenja madeža je 3-4%. »Tako se na primer že deset minut po izlitju 1 tone nafte, naftni madež razširi v premeru 50 metrov, z debelino 10 milimetrov (slika 3). Madež se z širjenjem tanjša, in tako ista količina razlite nafte prekrije večje območje z tanjšo plastjo.« (Trobec A., 2007).



**Slika 3:** Tanjšanje naftnega madeža zaradi razširjanja.

Vir: [http://www.usgs.gov/foia/FRTG\\_emails/05-31-2010...Oil%20Spill%20Background.pdf](http://www.usgs.gov/foia/FRTG_emails/05-31-2010...Oil%20Spill%20Background.pdf)  
(stran 13) [Dostop 13. januar 2015]



### 1.2.2 Izhlapovanje

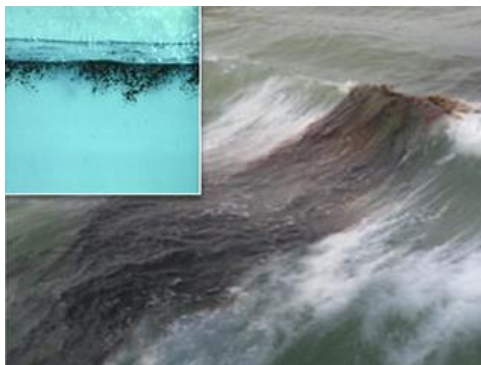
Izhlapovanje poteče takoj po razlitju nafte in se z tem procesom spreminja volumen le te. Izhlapujejo lažji delci nafte, katera vsebuje lahke hlapljive komponente (bencin, kerozin), ki popolnoma izhlapijo že v nekaj dneh. Težje komponente nafte ne izhlapevajo, ali pa se proces izvaja izredno počasi. Intenziteta izhlapevanja je odvisna od valovanja morja, temperature, ter hitrosti vetra. Veter povzroča hitrejše širjenje površine razlite nafte, zato se poveča tudi izhlapevanje.

### 1.2.3 Emulzifikacija

V mirnem morju je ta proces nepomemben in nima posebnega vpliva na obnašanje nafte v morju, saj do emulzifikacije prihaja v nemirnem morju z močnimi valovi, kar povzroči raztapljanje vodnih kapljic v nafti, z čimer nastane emulzija. Emulzifikacija je okolju obremenjujoč proces, saj se volumen naftnega madeža poveča tudi do 4 krat, in se z tem podaljša čas razgradnje nafte. Količina vpitih kapljic v nafto je odvisna predvsem od viskoznosti. Srednje viskozna nafta ima največjo sposobnost vpitja tekočine, kar pa ne velja za močno viskozno nafto, ki ni sposobna vpiti veliko morskih kapljic, in tudi za nafto z nizko viskoznostjo, ki sproti izhlapeva in preprečuje nastanek emulzifikacije.

### 1.2.4 Disperzija

Morski tokovi in valovanje morja povzročita, da se naftni madež razcepi na več delov, kar je začetek procesa disperzije (slika 4). »Disperzija je proces, kjer zaradi vpliva valov in turbulence, razcepi na majhne oljne kapljice, ki se ne zadržujejo na gladini, ampak preidejo v zgornje sloje vodnega stolpca. Večji delci lahko ponovno preidejo na površje, kjer se z drugimi delci ponovno združijo v madež ali pa se po vodni površini razlezejo v tanko plast z značilnim mavričnim ali srebrnim sijajem.« (Jeglič. T., 2010).



**Slika 4:** Valovito morje povzroči proces disperzije.

Vir: [http://www.itopf.com/fileadmin/data/Photos/Knowledge\\_Resources/know-dispersion.jpg](http://www.itopf.com/fileadmin/data/Photos/Knowledge_Resources/know-dispersion.jpg)  
[Dostop 13. januar 2015]

### 1.2.5 Sedimentacija

Težje frakcije nafte z večjo gostoto potonejo na dno morja, vendar je le teh zelo malo. Sedimentacija (usedanje na morskno dno), je lahko posledica disperzije, kadar se kapljice nafte vežejo na delčke, ki plavajo v vodi in tako potonejo na dno morja. Do te situacije običajno prihaja v plitvih vodah in ob obalah, kjer je v vodi veliko plavajočih delcev na katere se lahko



veže nafta. Odlaganje nafte na obalo bi lahko šteli k procesu sedimentacije, saj se nafta kopiči na obali, vendar se zaradi neprestanega valovanja in plimovanja morja vrača v morje. Poznamo različne metode čiščenja obal ter preprečevanja kopičenja nafte na obalah, ki bodo opisane v naslednjih poglavjih.

#### 1.2.6 Biološka razgradnja

Biološka razgradnja sodi med dolgo trajajoče procese in se prične šele po nekaj mesecih od razlitja nafte v morje. Njena hitrost je odvisna predvsem od sestave nafte, temperature in količine kisika. Če so pogoji ugodni, kar pomeni povišane temperature, hranila in predvsem zaloga kisika, se mikroorganizmi (bakterije, glive, alge, kvasovke in še mnogo drugih) pričnejo množično razmnoževati. V morski vodi, onesnaženi z nafto so ti mikroorganizmi sposobni razgraditi večino molekul tovrstne nafte. Biološka razgradnja le redko poteče na morskem dnu, kjer je pomanjkanje prepotrebne kisika za mikroorganizme.

### 1.3 Načini čiščenja morja onesnaženega z nafto

Kadar pride do razlitja nafte, je potrebno ukrepati takoj, saj lahko z preventivnimi postopki dosežemo milejše posledice vpliva na okolje, ter nižjo ceno čiščenja morja in obal. Zahtevnost čiščenja je odvisna od količine razlite nafte, kraja razlitja in vremenskih razmer. Poznamo več načinov s katerimi odstranjujemo naftne madeže:

- Mehanske metode (vodne zaves, posnemovalniki, ločevalniki, materiali za vpijanje),
- Kemične metode (kemični disperzanti, zažig nafte, zgoščevalne snovi, biološka sredstva).

Z vodnimi zavesami lahko nadzorujemo širjenje nafte in preprečujemo, da bi se nalagala na obalah. Z njimi pogosto delamo debelejšje plasti nafte na manjših površinah, kjer jih nato lažje odstranimo z drugimi metodami odstranjevanja. Največji efekt je viden kadar je morje mirno.

Posnemovalniki so prav tako najbolj uspešni kadar je morje mirno, saj posnemajo plasti nafte iz površja morske gladine. Je zelo uspešna metoda v kombinaciji z vodnimi zavesami.

Z ločevalniki lahko ločimo večje količine nafte pomešano z vodo. Naprava je sestavljena tako, da loči nafto od vode zaradi njunih različnih gostot.

Različni materiali za vpijanje morajo vpijati nafto, in istočasno odbijati vodo, ter v njej biti netopni. Smiselno jih je uporabljati na koncu čiščenja, kljub temu, da vpijejo tudi do 15 ali celo 20 kratnik njihove teže. Med takšne materiale prištevamo žagovino, pesek, glino, slamo ipd.

Naftne madeže se lahko odstranjuje z raznovrstnimi kemikalijami, ki pripomorejo razgrajevati nafto na manjše kapljice, vendar je potrebno omeniti, da je ta metoda učinkovita le za lažja olja in ne za težje frakcije nafte. Običajno se jih na naftne madeže prične nanašati z letali ali helikopterji takoj po razlitju.

Pogosto se za odstranjevanje nafte iz gladin morja, uporablja kontroliran sežig nafte. Ob sežigu se sproščajo škodljivi plini, kar pomeni veliko ogroženost za odgovorne ljudi in za okolje. Prav tako ne pomeni popolne odstranitve nafte iz morja saj lahko težji deli nafte potonejo na morsko dno.

Zgoščevalne snovi so v praksi manj priljubljene, ker je potrebna velika količina teh sredstev za učinkovit efekt, da se nafta »strdi«. Uporabljajo se večinoma za manjša razlitja, v mirnih morjih.

### 1.3.1 Čiščenje obale onesnažene z nafto

Če katera od zgoraj naštetih metod odpove, ali pa ukrepanje ni bilo pravočasno, se pogosto zgodi, da naftni madež doseže obalna območja. Namen odstranjevanja nafte iz obal, je predvsem vzpostavitev normalnih razmer, ki so vladale pred onesnaženjem, ter preprečitev ponovnega onesnaženja morja z nafto, zaradi plimovanja. Način čiščenja in odstranjevanja nafte je odvisen predvsem od dostopnosti do obale ter od vrste obale. Čiščenje peščene obale poteka z odstranitvijo zgornje plasti mivke in peska, katero je potrebno nadomestiti z neonesnaženim peskom. Obale z prodrom ali skalami, se je potrebno lotiti z uporabo kemičnih disperzantov, v kombinaciji z izpiranjem z močnimi vročimi vodnimi curki, ki izperejo nafto v morje (manjše količine), ali pa v zbiralnike.

## 1.4 Okoljski vplivi

Naftna razlitja imajo izjemno negativen učinek na ekosistem, ki ga lahko spremenijo tudi do 50 let po nesreči. Najbolj prizadete so morske ptice, želve ter vsa morská bitja, ki bivajo ob obalah in v plitvih morskih zalivih. Mnoge živali poginejo brez človeške pomoči, zaradi zastrupitve z nafto, ali ranljivosti na plenilce, saj so njihove gibalne in letalne sposobnosti omejene (slika 5).

»Za tovrstna razlitja so občutljiva predvsem tista območja, ki so zalita le ob visokih plimah. Če jih prekrije nafta, se ta s take obale precej počasneje odstranjuje, kot pa tista z obal, kamor butajo veliki valovi. Zato so za razlitje nafte najbolj občutljiva obalna močvirja, soline, mangrove in podobno.« ([http://slovensko-morje.net/sm\\_staro/ekologija/5.htm](http://slovensko-morje.net/sm_staro/ekologija/5.htm))

Takšno ekološko katastrofo občutijo tudi ljudje. Ribišstvo, turizem, potapljaštvo, reaktivni športi ter še mnogo drugih dejavnosti, na takšnih območjih izgubijo pomen in se nikoli ne vrnejo v takšni meri, ko se razmere stabilizirajo.

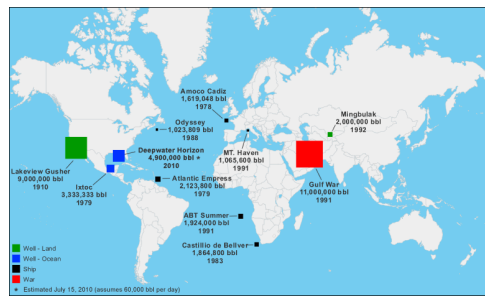


**Slika 5:** Vpliv razlitja nafte na živali.

Vir: <http://www.bodieko.si/foto/2010/05/nafta-zivali.jpg> [Dostop 8. januar 2015]

## 1.5 Najhujša razlitja nafte v zgodovini človeštva

Največje razlitje nafte se ni zgodilo zaradi spleta naključnih okoliščin, temveč se je zgodilo namerno, v času Zalivske vojne leta 1991 v Iraku (slika 6). Namen tega nerazumnega dejanja je bil preprečiti in otežiti prihod ameriških enot po morju. Rezultat namernega odprtja ventilov in cevovodov napeljanih v morje je bil ogromen naftni madež velikosti Havajskega otoka (10.000 km<sup>2</sup>) in debeline približno 5 cm. Uradne ocene so pokazale, da je v morje izteklo kar 10,3 milijonov sodčkov nafte (1 sodček nafte drži približno 159 litrov). Temeljito in učinkovitejše čiščenje se je pričelo šele po koncu Zalivske vojne.

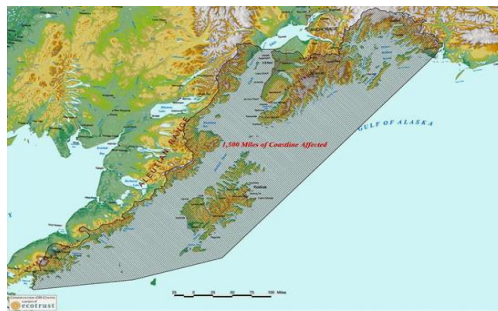


Slika 6: Največja razlitja surove nafte po svetu.

Vir: <http://www.nafta.si/wp-content/uploads/2011/11/izlitje1.gif> [Dostop 8. januar 2015]

Med najhujše ekološke katastrofe, definitivno sodi izlitje surove nafte iz nasedlega 300 metrskega tankerja Exxon Valdeza v zalivu Princa Williama na Aljaski. Iz tankerja je izteklo mnogo manj nafte kot v Iraku, in sicer 270 tisoč sodčkov, vendar so posledice v tamkajšnjem okolju katastrofalne »Močno onesnaženih je bilo približno 320 kilometrov dotlej nedotaknjene obale, blago onesnaženih pa skoraj 1.800 kilometrov (slika 7). Poginilo je približno 250.000 ptic, nekaj tisoč morskih vider, 300 tujljinov, 250 orlov in 22 kitov. Obalo so čistili približno štiri leta, vendar so nekateri deli še danes onesnaženi.«

Vir: <http://www.druzina.si/ICD/spletnastran.nsf/clanek/56-11-Razvedrilo-3>

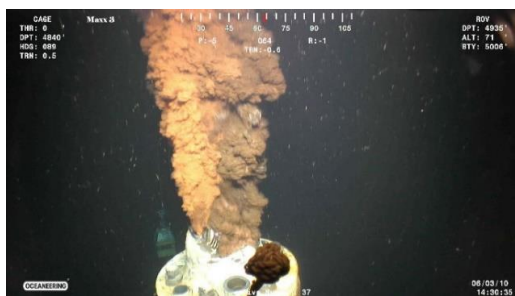


Slika 7: Razširjenost onesnaženja z surovo nafto na Aljaski.

Vir: <http://4.bp.blogspot.com/-DmXg7IR4QDk/UxrQrVCRaEI/AAAAAAAAoQA/ltER1QrXyVI/s1600/exxon-valdez-spill-map.jpg> [Dostop 8. januar 2015]

Zadnje hujše razlitje nafte se je zgodilo v Mehiškem zalivu leta 2010 (Deepwater Horizon oil spill). Zaradi eksplozije je na naftni ploščadi umrlo 11 ljudi, kasneje je ploščad tudi potonila, nadaljevalo pa se je iztekanje nafte v morje. Tehnike za preprečevanje iztekanja nafte so delovale le v plitvih vodah, zato je bilo v Mehiškem zalivu več neuspešnih poizkusov preprečitve iztekanja nafte iz vrtnice, ki se je nahajala globoko pod morskno gladino (slika 8). Šele po 87 dneh se je iztekanje nafte v zalivu končalo, v tem času se je po uradnih ocenah v morje razlilo 5 milijonov sodčkov nafte.

Čiščenje območja je potekalo z kontroliranim izgorevanjem nafte, filtracijo in zbiranjem nafte za nadaljnjo čiščenje. Izdelane so bile posebne naprave, ki so ločevale nafto in vodo, kar se je izkazalo kot uspešen projekt, saj so na takšen način do začetka meseca julija, odstranili kar 890 tisoč sodčkov nafte. Največja težava je bilo čiščenje obale, saj je bilo potrebno ves pesek na plažah odstraniti in ga nadomestiti z drugim, postopki, ki bi ves pesek očistili do te mere da bi bil primeren za plažo, so bili predragi in prepočasni.



Slika 8: Iztekanje nafte iz vrtine v morski globini.

Vir: [http://b.static.trunity.net/files/152101\\_152200/152148/dwh\\_img01.jpg](http://b.static.trunity.net/files/152101_152200/152148/dwh_img01.jpg) [Dostop 8. januar 2015]

## Literatura

- [1] Wikipedija, *Nafta*, Elektronski vir: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Nafta> [Dostop 8. januar 2015]
- [2] Wikipedija, *Razlitje nafte*, Elektronski vir: [http://sl.wikipedia.org/wiki/Razlitje\\_nafte](http://sl.wikipedia.org/wiki/Razlitje_nafte) [Dostop 8. januar 2015]
- [3] Slovensko morje, *Razlitje nafte in njihov vpliv na morsko okolje*, Elektronski vir: [http://slovensko-morje.net/sm\\_staro/ekologija/5.htm](http://slovensko-morje.net/sm_staro/ekologija/5.htm) [Dostop 8. januar 2015]
- [4] Cekin.si, *Najhujša razlitja nafte v zgodovini*, Elektronski vir: [http://cekin.si/clanek/za\\_dom\\_in\\_druzino/najhujsa-razlitja-nafte-v-zgodovini.html](http://cekin.si/clanek/za_dom_in_druzino/najhujsa-razlitja-nafte-v-zgodovini.html) [Dostop 8. januar 2015]
- [5] Wikipedija, *Exxon Valdez*, Elektronski vir: [http://sl.wikipedia.org/wiki/Exxon\\_Valdez](http://sl.wikipedia.org/wiki/Exxon_Valdez) [Dostop 8. januar 2015]
- [6] Wikipedija, *Deepwater Horizon Oil Spill*, Elektronski vir: [http://en.wikipedia.org/wiki/Deepwater\\_Horizon\\_oil\\_spill#Removal](http://en.wikipedia.org/wiki/Deepwater_Horizon_oil_spill#Removal) [Dostop 8. januar 2015]
- [7] Oil & hemical Pollution, Numerical Simulation of Oil Spills in a Generalized Domain, Elektronski vir: <http://ecommfit.urv.es/SIMOIL/FILES/paperoilf.pdf> [Dostop 13. januar 2015]
- [8] Kovčka D. 2013, *Emulzifikacija nafte in izdelava modela EMU*, Elektronski vir: [http://drugg.fgg.uni-lj.si/4155/1/GRU3283\\_Kvočka.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/4155/1/GRU3283_Kvočka.pdf) [Dostop 13. januar 2015]
- [9] ITOPF, *Fate of Oil Spills*, Elektronski vir: <http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/fate-of-oil-spills/weathering/> [Dostop 13. januar 2015]
- [10] Trobec A., *Onesnaževanje slovenskega morja z nafto*, Elektronski vir: <https://share.upr.si/fhs/PUBLIC/diplomske/Trobec-Alenka.pdf> [Dostop 13. januar 2015]
- [11] William J. Lehr, *Review of modeling procedures for oil spill weathering behavior*, Elektronski vir: [http://www.usgs.gov/foia/FRTG\\_emails/05-31-2010...Oil%20Spill%20Background.pdf](http://www.usgs.gov/foia/FRTG_emails/05-31-2010...Oil%20Spill%20Background.pdf) [Dostop 13. januar 2015]
- [12] Graham Pam, *Deep Sea Oil Spill Cleanup Techniques*, Elektronski vir: <http://www.csa.com/discoveryguides/oil/review.pdf> [Dostop 15. januar 2015]
- [13] Jeglič Teja, *Modeliranje razlitja nafte v Tržaškem zalivu*, Elektronski vir: [http://drugg.fgg.uni-lj.si/234/1/VKI\\_0141\\_Jeglic.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/234/1/VKI_0141_Jeglic.pdf) [Dostop 13. januar 2015]

## *Napovedovanje vremena*

*K. Vrezner<sup>1</sup>*

### *Weather forecasting*

**Povzetek.** Predstavljeni so modeli in tehnike napovedovanja vremena, za koliko časa in kako natančno lahko vnaprej predvidimo atmosferske spremembe. Prav tako je pomembno zbiranje podatkov, kot tudi obdelava in interpretacija le teh za uporabnike.

**Abstract.** This document summarizes models and techniques of weather forecasting, for how long and how accurate are we able to predict future changes in atmosphere. Not only it is important to gather information, but also processing and interpreting them for the users.

#### **1 Uvod**

Napovedovanje vremena je ena najbolj znanih meteoroloških dejavnosti, ki kot veja znanosti analizira in predvideva stanje atmosfere za določen čas in lokacijo. Vreme se dojema kot aktivnost pojavov, ki se pojavljajo v atmosferi določenega planeta. Povprečje vremenskih pojavov v daljšem časovnem roku pa imenujemo podnebje in jih analizirajo meteorologi.

#### **2 Zgodovina**

Napovedovanje vremena je skozi zgodovino izjemno napredovalo. Še pred pojavom prvih civilizacij so ljudje znali do neke mere predvidevati vreme in se na vremenske spremembe ustrezno pripraviti, preko stoletij pa so se te veščine le še izpopolnjevale. Zelo so pripomogla odkritja vremenskih dejavnikov, ki vplivajo na spremembe ampak meteorologija se je šele prav začela z razvojem tehnologije, ko so začeli opravljati meritve in na podlagi tega napovedovati podnebne spremembe.

Takratne merilne naprave so bile niso kos današnjim, tako kot je tudi vremenska napoved modernega časa bolj natančna kot tisto obdobje, prav tako lahko z veliko natančnostjo napovemo vreme za več časa naprej. Danes se poslužujemo raznovrstnih merilnih naprav, od meteoroloških balonov, do statičnih merilnih postaj, ki beležijo vse podatke. Meteorološki centri po vsem svetu te informacije beležijo in izdelujejo prognoze, prav tako pa se spremlja statistika za določeno področje, ki služi predvidevanju za napoved prihodnjih vremenskih sprememb. [1]

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

### **3 Robni pogoji**

Začetni robni pogoji so stanja ob začetnem času, kar ugotavljamo z meritvami. Ob spodnjem robu obravnavanega prostora, se čez dan temperatura spreminja v skladu s spreminjanjem energijske bilance ali da tam trenje ob tla zavira hitrost vetra, temu pravimo prostorski robni pogoji. Dobimo jih z meritvami oziroma iz globalnih merilnih sistemov.

Začetni pogoji pa so predhodno znanje o stanju atmosfere, opazovanja in meritve, asimilacija podatkov in inicializacija modela. [7]

### **4 Modeli**

#### **4.1 Prognošični proces**

Prognošični proces je povezan proces, ki vsebuje vsaj nekatere od naslednjih elementov:

##### **4.1.1 Sistem meritev, opazovanj in obdelave podatkov:**

Meritve in opazovanja se opravljajo istočasno ob glavnih terminih (00, 06, 12 in 18 UTC), specializirani globalni telekomunikacijski sistem (GTS) pa skrbi za zanesljiv prenos meteoroloških podatkov.

##### **4.1.2 Analiza in diagnoza stanja v atmosferi:**

Meteorološka karta nam služi pri analizi stanja atmosfere in je lahko prizemna ali višinska (npr. na izobarnih ploskvah 925, 850, 700 in 500 hPa).

Podatke pridobimo s pomočjo vertikalnih profilov meteoroloških spremenljivk, radarske slike razporeditve in jakosti padavin, satelitske slike oblačnosti in iz slike atmosferskih razelektritev. Podatke lahko prav tako dobimo na avtomatskih meteoroloških postajah.

##### **4.1.3 Uporaba tehnik in metod za napovedovanje prihodnjega stanja:**

Poznamo subjektivne in objektivne metode. Prve so zasnovane na osebnih izkušnjah prognostikov, pri drugih pa se pri procesu uporabljajo rezultati meteoroloških modelov za simulacijo dejavnikov v atmosferi, ki ponujajo vpogled v strukturo in razvoj skozi čas vremenskih procesov.

##### **4.1.4 Produkcija uporabniško prikrojene informacije o predvidenem razvoju vremena.**

Sistem mora čim boljše izpolnjevati potrebe uporabnikov, zato prognostik interaktivno izdeluje produkte, kot so tekst, tabele, grafi itd., kar imenujemo interaktivni sistem. Imamo tudi možnost avtomatskega sistema, ki omogoča avtomatično izdelovanje produktov. Tipičen primer tega sistema je avtomatska vizualizacija željenih podatkov.

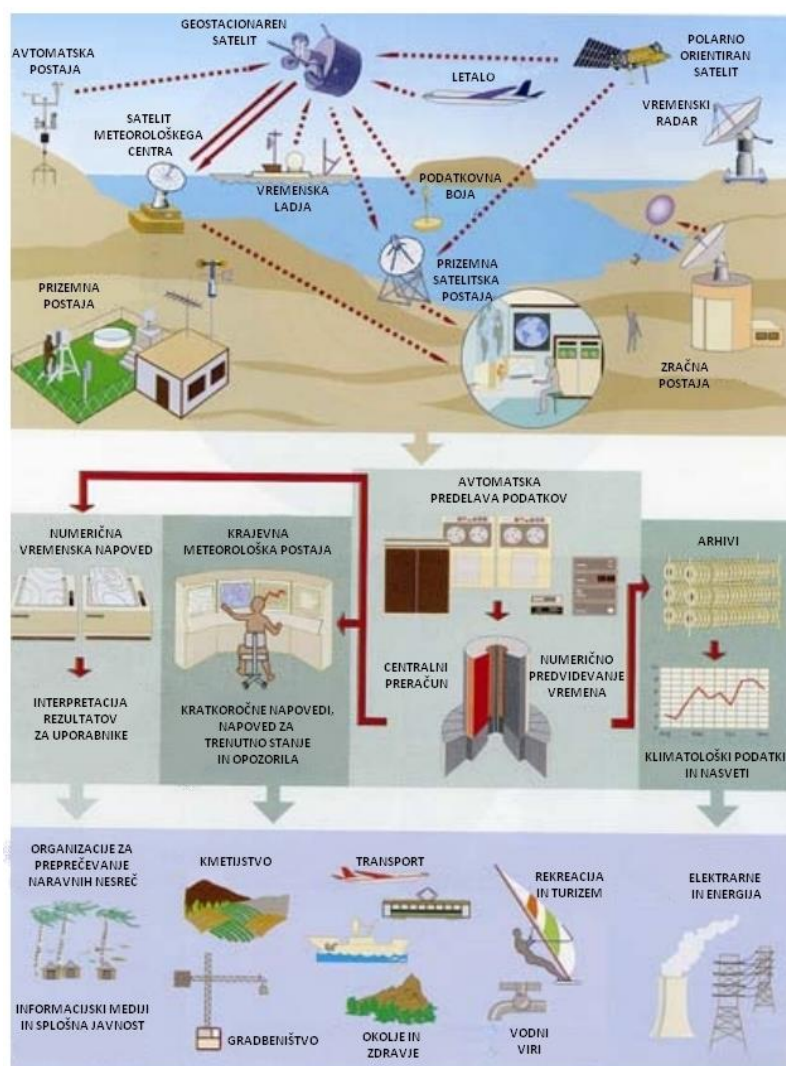
##### **4.1.5 Posredovanje informacij**

Informacije končnim odločevalcem in uporabnikom posredujemo aktivno (meteorološka služba jih dostavi uporabniku) ali pasivno (uporabnik sam dostopa do vira podatkov).

##### **4.1.6 Časovna skala**

V svetu sprejeta porazdelitev prognoze glede na čas napovedi: zelo kratkoročna (2-12 ur), kratkoročna (12-72 ur), srednjeročna (72-240 ur) in podaljšana srednjeročna (10-30 dni) napoved. Obstajajo tudi mesečne in sezonske napovedi, zaenkrat še zelo nezanesljive.





**Slika 1:** Prikaz prognostičnega procesa: opazovanja in zbiranje podatkov (zgoraj), obdelava podatkov in priprava napovedi in opozoril (sredina) in razpošiljanje napovedi in drugih specialnih informacij do končnih uporabnikov. [5]

## 4.2 Numerična metoda

Meritve za napovedovanje zberemo ob pomoči satelitov, ki krožijo okoli Zemlje. Zbrane podatke je potrebno vključiti v računalniški model, ovrednotiti rezultate z računalniškimi gručami in šele nekje na koncu tudi povzeti v razumljiv jezik. Torej je današnja meteorologija tesno povezana z vesoljsko in računalniško tehnologijo. Vremensko dogajanje je znano po svoji nepredvidljivosti, zato je deležno intenzivnih mednarodnih raziskav.

Za uspešno prognozo je potrebno znanje zakonitosti, ki uravnavajo dogajanje v atmosferi. Nato je treba te zakonitosti navesti v obliki enačb, da rešitve lahko izrazijo, kako se bodo temperatura, veter, zračni tlak, vlažnost zraka itn. v vsaki točki ozračja spreminjali skozi čas.

Če poznamo to potem poznamo tudi vrednosti spremenljivk v ozračju za več dni naprej, vendar postopka še zdaleč ni konec.

Za začetek moramo vedeti, kakšne so razmere pri začetku preračunavanja, ki se ugotovijo z meritvami. Vreme se dogaja predvsem zgoraj, to pomeni, da moramo izvajati meritve po vsem ozračju okoli Zemlje kar znaša tudi do 30km nad tlemi. Podatke je potrebno medsebojno uskladiti, saj so recimo vzrok za veter razlike zračnega tlaka med kraji.

Po drugi strani pa vetrovi prenašajo zračne mase, s tem se lahko nekje nakopiči več zraka in se zračni tlak povečuje, drugod pa je zraka lahko manj in je tlak nižji. In če se zgodi, da prostorska razdelitev zračnega tlaka ni usklajena z vetrom, bodo pri računanju razporeditve vremenskih spremenljivk hitro nastale napake in s tem neuporabne napovedi.

Meritve je torej potrebno pametno izbrati in oceniti ter jim dodati krajevne značilnosti, kot so recimo lastnosti tal. Končni rezultat računanja nam poda razporeditve vremenskih spremenljivk za prihodnji čas, kar je že za meteorologe napoved vremena. Za splošno javnost pa je potrebno to pretvoriti v uporabnikom razumljive podatke. [8]

### **4.3 Aladin**

Aladin je meteorološki model za napovedovanje vremena, kar pomeni, da je skupek matematičnih enačb, ki opisujejo gibanje zraka in pretvorbo vodne pare v ozračju. Začetni pogoji ponujajo omejeno natančnost, zato model ne more nuditi popolne zanesljivosti napovedi. Zelo pomemben je tudi opis orografije v modelu.

Regionalne meteorološke modele izračunavamo na geografsko omejenih območjih (npr.  $1000 \times 1000$  km). Začetne in robne pogoje nam zagotavljajo globalni modeli pri izračunu regionalnega dela. Prednost regionalnih modelov je v njihovi boljši časovni in prav tako prostorski ločljivosti. Medtem, ko je predpisana ločljivost globalnih modelov od 25-50 km, pa je horizontalna prostorska ločljivost regionalnih modelov med 5 in 10 km. Zaradi boljšega upoštevanja orografije in s tem povezanih vplivov na vreme lahko regionalni modeli do 3 dni vnaprej napovejo vreme na majhnih območjih z veliko natančnostjo. [4]

#### **4.3.1 Kako natančne so modelske napovedi?**

Modelske napovedi izračunavajo meteorološki računalniški modeli za simulacijo dogajanj v atmosferi. Vseh procesov se ne da nastaviti v enostavnejše matematično-fizikalne algoritme, zato so pri napovedovanju nekaterih spremenljivk subjektivne napovedi prognostikov zaenkrat še boljše.

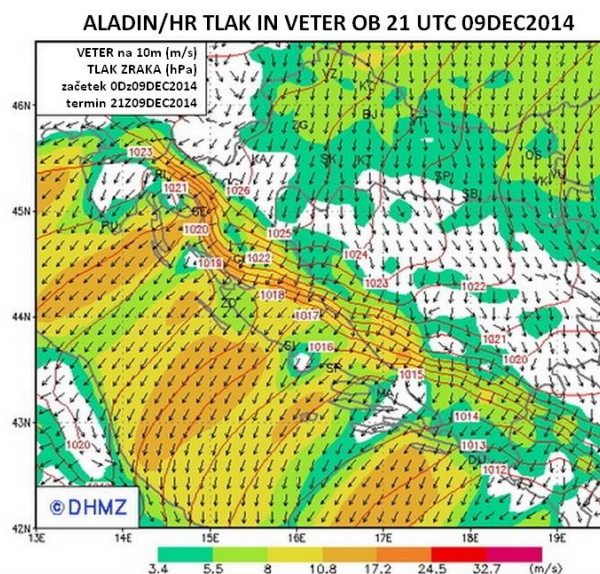
Zanesljivost vseh napovedi s časom pada, po štirih dnevih še posebej. [4]

#### **4.3.2 Kako brati karto?**

Na karti je prikazan zračni tlak z izobarami v hPa, veter pa z dvema komponentama. Ena je smer vetra, ki je prikazana s puščico v kateri piha in drugo je hitrost na višini 10 m nad tlemi, ki je prikazana z obarvanim območjem in prikazuje hitrost v m/s. Za preračun hitrosti vetra iz m/s v vozle, lahko uporabimo formulo  $m/s = 1,94 \times \text{hitrost v vozlih ali nmi/uro}$ .

Aladin je dinamična karta, ki je prikazana v časovnih razmakih 3 ur. Ker je čas v UTC, moramo za lokalni čas pozimi prišteti eno uro, v poletnem pa dve. S klikom na določeno uro se prikaže napoved za zeleni termin. Da je možno najlaže spremljati razvoj vremenskih sprememb, lahko slike predvajamo kot animacijo in na ta način ugotovimo kako se bo spreminjal veter, ali bo močnejši ali pa bo oslabil. Nepobarvano področje na karti pomeni, da vetrovi pihajo s hitrostjo manjšo od 3,4 m/s. [4]





Slika 2: Meteorološka karta [4]

## 5 Enačbe

Povprečna dnevna temperatura zraka

- a) Izračunana iz dnevni vrednosti, glej enačbo (1)

$$\bar{T}_d = \frac{\sum_{i=1}^{24} T_i}{24} \quad (1)$$

- b) Izračunana iz treh terminskih vrednosti (klimatološki način), enačba (2)

$$\bar{T}_d = \frac{(T_{7h} + T_{14h} + 2 \times T_{21h})}{4} \quad (2)$$

- c) Izračunana iz ekstremnih vrednostim, enačba (3)

$$\bar{T}_d = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} \quad (3)$$

Zračni pritisk in veter preračunamo po  $p = \rho \times R \times T$ , kjer je  $\rho$  gostota zraka,  $R$  specifična plinska konstanta zraka in  $T$  absolutna temperatura.

Za homogeno atmosfero velja  $\Delta p = \rho \times g \times \Delta z$ , kjer je  $\rho$  gostota zraka,  $g$  gravitacijski pospešek in  $\Delta z$  višinska razlika.

Sprememba zračnega pritiska z višino je  $p(z) = p_0 - \rho_0 \times g \times \Delta z$ .  $\rho_0$  je gostota okoliškega zraka,  $p_0$  je tlak okolice,  $g$  gravitacijski pospešek in

Spremembo temperature zraka z višino opišemo z  $T(z) = T_0 - \frac{g}{R} \times z = T_0 - \gamma_H \times z$ , kjer je  $T_0$  temperatura okolice,  $g$  je gravitacijski pospešek,  $R$  je specifična plinska konstanta,  $z$  je višina in  $\gamma_H$  je temperaturni gradient.

Absolutna vlaga, glej enačbo (4)

$$\rho_v = \frac{e}{R_v \times T} \quad (4)$$

e – delni parni pritisk

$R_v$  – specifična plinska konstanta za vodno paro

T – absolutna temperatura [6]

## 6 Tehnike merjenja

Splošne meteorološke meritve so bile prvotno namenjene klimatološkim potrebam, za kar je zadostovalo opazovanje in merjenje glavnih elementov in pojavov trikrat dnevno. Pozneje so z razvojem sinoptične meteorologije in vremenskih napovedi za spremljanje dogajanj v atmosferi postala potrebna pogostejša opazovanja, in to na vsake 3 ure ali celo vsako uro, število opazovanih in merjenih količin pa se je povečalo in nato razširilo tudi na klimatologijo. Pri vsakem opazovanju in meritvi obstajajo napake, in sicer napake instrumenta ali opazovalca, napake pri vpisovanju in prepisovanju, napake pri reprodukcijah in korekcijah, šifriranju, prenosu podatkov itd. Zato je potrebno podatke kontrolirati in jih kritično presoјati.

Na profesionalnih meteoroloških postajah, ki so sestavljene iz več podpostaj se poleg normalnih spremenljivk meri tudi stanje tal, vidnost, trajanje sončnega obsevanja, meteorološke pojave, UV – sevanje, radioaktivnost.

Avtomatske meteorološke postaje so postaje kjer so vsi senzorji povezani z računalnikom. Računalnik takšne postaje po vnaprej predvidenem programu opravlja meritve v kratkih časovnih intervalih. Taka postaja lahko močno razbremeni opazovalca, nadomestiti ga pa ne more. Že zaradi vzdrževanja je redni pregled seveda nujen.

### 6.1 Obstoјnost

Najenostavnejša metoda napovedovanja vremena, obstoјnost, temelji na današnjih razmerah, da se lahko napove jutrišnje stanje. To je lahko veljaven način napovedovanja, ko je vreme v stalnem stanju kot recimo med poletjem v tropskih območjih. Ta metoda je močno odvisna od prisotnosti stagnirajočega vremenskega vzorca. Je lahko uporabno pri kratkoročnih kot dolgoročnih napovedih.

### 6.2 Raba barometra

Merjenje barometričnega tlaka in sprememba tlaka skozi čas se je uporabljala v napovedovanju od poznega 19. stoletja. Večja je bila sprememba v pritisku, še posebej več kot 350 Pa, se lahko pričakuje večja sprememba vremena. Če tlak naglo upada, se približuje sistem nižjega tlaka in obstaja velika verjetnost dežja. Hitro rast tlaka povezujemo z izboljšanjem vremenskih razmer kot recimo jasno nebo.

### 6.3 Opazovanje neba

Zraven tlačnih sprememb, je stanje neba ena od pomembnejših parametrov za napovedovanje vremena v goratih pokrajinah. Širjenje oblakov je indikator za dež v bližnji prihodnosti. Visoki tanki cirrostratus oblaki lahko ponoči vodijo do sija okoli lune, ki naznanjajo prihod tople fronte in z njim tudi dež. Jutranja megla je znanilec dobrih razmer, kot je za deževno vreme značilno predhoden veter ali oblaki, ki preprečujejo nastanek megle. Približevanje nevihte lahko pomeni prihod hladne fronte. Nebo brez oblaka je dobra napoved

za bližnjo prihodnost. Skozi stoletja je raba teh tehnik pripomogla k razvoju boljšega napovedovanja, ki ga poznamo dandanes.

#### **6.4 »Nowcasting«**

S to besedo poimenujemo napovedovanje vremena v času naslednjih šestih ur. V tem časovnem intervalu je možno napovedati majhne spremembe kot so nalivi in nevihte z zmerno natančnostjo. Prav tako velja za spremembe, ki so premajhne, da bi jih lahko rešil računalniški model. Meteorolog z zadnjimi radarskimi slikami, sateliti in opazovalnimi podatki, bo znal podati boljšo analizo prisotnih majhnih sprememb in je zatoj možno napovedati natančnejšo napoved za naslednjih nekaj ur.

#### **6.5 Raba prognostičnih modelov**

V preteklosti je bil prognostik odgovoren za generiranje celotne vremenske napovedi, ki so bazirale na razpoložljivih opazovanjih. Dandanes je človeški vnos omejen na izbiro modela na podlagi različni parametrov. Raba soglasnih prognostičnih modelov in prav tako skupek členov različnih modelov zmanjšajo možnost napake pri napovedovanju. Kakorkoli, ne glede na to kako nastane majhna povprečna napaka v individualnem sistemu, so velike napake v katerih določenih smernicah še vedno mogoče v obstoječem modelu. Seveda je potrebna človeška roka za pretvorbo in interpretacijo podatkov modela v vremensko napoved, da je lahko razumljivo uporabnikom. Meteorologi lahko uporabijo znanje lokalnih efektov, ki so premajhne velikosti, da bi se lahko reševali z modelom, za dodajanje informacij k vremenski napovedi. Naraščanje natančnosti prognostičnih modelov namiguje, da ljudje na določeni točki v prihodnosti ne bodo več ključnega pomena pri napovedovalnem procesu. Trenutno je še vedno potrebna človeška interakcija.

#### **6.6 Analogna tehnika**

Je kompleksen način ustvarjanja prognoze, ki zahteva od meteorologa, da se spomni prejšnjega vremenska dogodka, ki se bo ponovil v prihajajočem stanju vremena. Kar naredi to tehniko težavno za rabo je to, da je redko prisoten popolni analog za prihajajoč dogodek. Nekateri imenujejo to metodo vzorčno prepoznavanje. Je zelo uporabna metoda za opazovanje dežja na oceanih, kjer je nedostopnost podatkov in prav tako za napovedovanje količine padavin in razporejenosti v prihodnosti. Podobna tehnika se uporablja pri srednjeročnih napovedih, ki se imenuje »teleconnections«, ko se uporabijo sistemi na različnih lokacijah in si z njimi pomagamo pri lociranju drugega sistema znotraj okoliškega režima.

### **7 Za koliko časa naprej lahko napovedujemo vreme?**

Vremenske napovedi so danes načeloma zelo točne, predvsem takšne, ki napovedujejo vreme za kratek čas v prihodnost. Precej zanesljiva je tudi vremenska napoved za 10 dni, 14 dni podobno, čeprav se stopnja natančnosti s časom seveda manjša. Vreme 10 dni v prihodnost ni tako težko napovedati, a ob nepričakovanih vremenskih spremembah od dneva napovedi je treba upoštevati druge dejavnike, tako da se na koncu napoved izkaže za napačno. Najbolje pa je vseh 10 dni vreme natančno spremljati in upoštevati napoved za vsak dan posebej. Poznamo tudi napovedi za dlje časa v prihodnost, ki pa so namenjene le določenim ljudem, ki takšne napovedi potrebujejo, za načrtovanje piknika ali družinskega izleta pa še vedno zadostuje vremenska napoved za prihodnje dni, teden ali 10 dni. [1]

## **8 Zanesljivost vremenskih napovedi**

V območju srednje in južne Evrope se na vremenske napovedi večinoma lahko zanesemo, saj nam zmerno podnebje omogoča precej natančno napovedovanje vremena. Najbolj točne bodo vedno napovedi za isti ali naslednji dan, medtem ko je vremenska napoved 10 dni v prihodnost že manj natančna. Prav tako bodo najbolj natančne vremenske napovedi za točno določen kraj oziroma za določeno merilno postajo. Vreme Hrvaška torej še ne pomeni, da bo po celotni državi takšno vreme, prav tako kot na primer vreme Ljubljana ne zagotavlja enakega stanja tudi v bolj ali manj oddaljenih okoliških krajih. Najbolje je, da v vsakem primeru preverimo najbolj točno in relevantno napoved, vreme pa lahko enostavno preverimo tudi s pogledom skozi okno. [1]

## **9 Posredovanje podatkov javnosti**

Vremenske napovedi se razlikujejo tudi v načinu podajanja podatkov. Najbolj priljubljene so danes televizijske napovedi, na internetu in v časopisih pa pogosto srečamo opisno napoved vremena, ki v slikah in besedi napove vreme za prihodnje dni. Med bolj uporabnimi in priljubljenimi metodami podajanja vremenske napovedi je tudi radarska slika padavin, ki točno in jasno prikazuje stanje padavin v določenem časovnem obdobju. Glede na te podatke radarske slike lahko napovemo premikanje deževnih oblakov in intenzivnost padavin, prav tako lahko predvidimo morebitne nevihte. Še posebej uporabne so animirane radarske slike padavin, ki z animacijo ponazorijo padavine v zadnjih urah in tudi simulirajo spremembe v prihodnosti. Vsaka radarska slika padavin je uporabna in točna, le znati moramo s slike razbrati podatke. [1]

## **Literatura**

- [1] <http://www.vreme-si.net/>
- [2] <http://val202.rtvsllo.si/2012/02/napovedovanje-vremena-je-vedno-natancejse/>
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Weather\\_forecasting#cite\\_note-25](http://en.wikipedia.org/wiki/Weather_forecasting#cite_note-25)
- [4] <http://www.enavtika.si/novice/1828-aladin--meteoroloki-model-za-napovedovanje-vremena>
- [5] [http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Prognosticni\\_proces.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Prognosticni_proces.pdf)
- [6] <http://web.bf.uni-lj.si/agromet/vajeSKRIPTA.pdf>
- [7] [http://www.meteo-drustvo.si/data/upload/simpleNWP\\_SMD.pdf](http://www.meteo-drustvo.si/data/upload/simpleNWP_SMD.pdf)
- [8] <http://ciklon.si/stran/?p=12986>

## *Prenos zvoka, ki ga generirajo avtomobili na avtocestah in učinkovitost protihrupnih ograj*

*Ken Kolar<sup>1</sup>*

### *Transmission of sound, generated by cars on highways and effectiveness of noise barriers*

**Povzetek.** Zaradi negativnega vpliva hrupa na živo okolje, ki ga povzročamo z avtomobili na cestah, ga je potrebno v čim večji meri zadušiti oziroma mu preprečiti nadaljnje širjenje. To se v praksi pogosto počne z postavitvijo protihrupnih ovir. Vrsto protihrupne zaščite se izbere glede na objekt, ki ga želimo ščititi, izvor hrupa in tehnične omejitve pri izvedbi.

**Abstract.** Due to the negative impact of noise on the live environment, caused by cars, we should somehow lower the volume and the energy of the sound waves before it spreads further. In practice, this is often done by placing noise barriers near the source of the noise. The type of noise protection is chosen according to the object that we want to protect, the source of the noise and the technical limitations.

#### **1 Uvod**

Z razvojem avtomobilske industrije in vedno bolj dostopnimi cenami avtomobilov se je z večanjem razsežnosti cestnega prometa večal tudi njegov vpliv na okolje. Enega od večjih negativnih vplivov cestnega prometa na zdravje ljudi predstavlja hrup. Ker pa so ti vplivi hrupa (glede na čas izpostavljenosti in jakost) na človeka znani so znane in določene tudi mejne vrednosti znotraj katerih zdravje človeka še ni ogroženo. Te mejne vrednosti so določene v Uredbi o mejnih vrednosti kazalcev hrupa v okolju<sup>2</sup>. Če so te vrednosti presežene, je ena od možnosti zmanjševanja širjenja hrupa iz cestnega prometa, ki jo bom podrobneje predstavil v seminarski nalogi postavljanje fizičnih ovir, ki hrup delno zadušijo.

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, TVO 1. stopnja.

<sup>2</sup> Dostopna na [www.pisrs.si](http://www.pisrs.si)

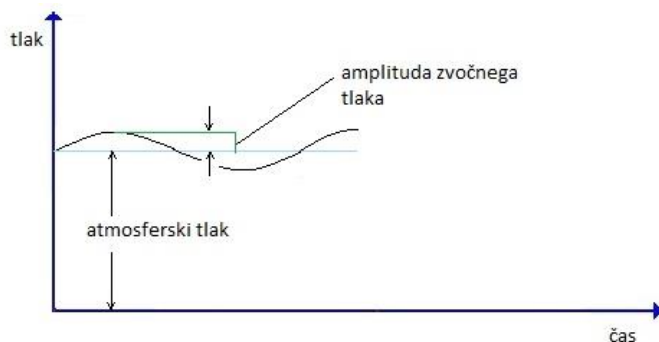
## 2 Osnove akustike

### 2.1 Zvok ali zvočno valovanje

Je pojav, ki nastane, ko v neki snovi pride do mehanskega nihanja molekul v slišnem področju frekvenc (snov- mora imeti maso in elastičnost). Taki mediji so: plini, tekočine, itd.

### 2.2 Zvočni tlak

Zvočni tlak  $p$  je sprememba motnje okrog ravnotežnega tlaka (npr.: atmosferskega). Najnižji tlak, ki ga človeško uho lahko zazna je  $20 \mu\text{Pa}$ .



Slika 1: zvočni tlak (ravnotežni atmosferski tlak je  $10^5 [\text{Pa}]$ ) (vir: lasten)

### 2.3 Hitrost širjenja zvoka v plinih [c]

Odvisna je od atmosferskega tlaka, gostote zraka in konstante  $\kappa^3$ . Izračuna se po sledeči formuli:

$$c = \sqrt{\kappa \frac{p_a}{\rho_0}} \quad (1)$$

Kjer je:  $p_a$ - atmosferski tlak;  $\rho_0$ - gostota zraka;  $\kappa$ - količnik specifične toplote.

### 2.4 Jakost zvoka (intenziteta) [I]

Je količina energije, ki preide skozi enotno površino ploskve postavljeno pravokotno na smer širjenja zvoka v določenem časovnem intervalu. Za izračun moramo poznati tudi nihajno hitrost delcev, ki se izračuna po enačbi  $v = \frac{p}{\rho_0 \cdot c}$ .

$$I = p \cdot v \quad (2)$$

Kjer je: I- jakost zvoka; p- zvočni tlak; v- nihajna hitrost delcev, c- hitrost širjenja zvoka.

### 2.5 Zvočna moč [P]

$$P = A \cdot I \quad (3)$$

Kjer je: P- zvočna moč; A- površina skozi katero prehaja zvok

<sup>3</sup> Kappa – količnik specifične toplote (za zrak: 1,4); predstavlja razmerje med specifično toploto zraka pri konstantnem tlaku in specifično toploto zraka pri konstantnem volumnu.

## 2.6 Energija zvočnega vala [E]

Na območju največjega tlaka in hitrosti je gostota največja. Na mestih, kjer sta tlak in hitrost enaka nič je tudi gostota zvočne energije enaka nič.

$$E = \frac{I}{c} \quad (4)$$

Kjer je: I- zvočna moč; c- hitrost širjenja zvoka.

## 2.7 Merjene veličine- izpeljava dB

Razmerje zvočne moči normalnega pogovora in zvokom reaktivnega letala je  $1 : 10^{10}$ . Zapis velikih števil je časovno potraten, saj lahko za primerjanje vzamemo logaritme njihovih vrednosti. Slišno področje zvočnega pritiska je od  $2 \times 10^{-4}b$  do  $2 \times 10^2b$ . Če pritiska primerjamo je razmerje  $1 : 10^6$ . Razmerje zvočnih moči pa je enako kvadratu obeh pritiskov. Tako dobimo razmerje  $1 : 10^{12}$ . Če uporabimo logaritem z osnovo 10 je logaritem od  $10^{12}$  enak 12. Tako se dobi skala z 12 razdelki, ki jih imenujemo belli<sup>4</sup>. Ko bel razdelimo na 10 delov dobimo decibele (dB). Jakost zvoka je premo-sorazmerna kvadratu zvočnega tlaka.

$$L_p = 2 \cdot 10 \log \frac{p}{p_0} \quad (5)$$

Kjer je: [ $L_p$ -število dB, ki označuje desetkratni logaritem razmerja med  $p$  in  $p_0$ ]= nivo zvočnega tlaka;  $p_0$ - referenčni tlak(spodnja meja slišnosti- $2 \cdot 10^{-5}\mu\text{Pa}$ ).

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (6)$$

Kjer je:  $L_I$ - nivo jakosti zvoka(v dB);  $I_0$ - jakost zvoka na meji slišnosti:  $10^{-12} \frac{\text{wat}}{\text{m}^2}$ ;

I- izmerjena zvočna intenzivnost

$$L_S = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (7)$$

Kjer je:  $L_S$ - nivo zvočne moči(dB), P-zvočna moč,  $P_0$ -referenčna zvočna moč:  $P_0 = 10^{-12}w$

## 2.8 Absorpcija zvoka

Je slabljenja zvoka zaradi prehoda skozi neko sredstvo ali prehoda preko neke ploskve. Zvočna energija se pri tem v večini pretvarja v toploto. Do absorpcije pride v različnih snoveh: materialih, zraku, megli, rastlinah, itd.

## 3 Širjenje hrupa iz prometa

### 3.1 Zunanji faktorji, ki vplivajo na širjenje hrupa.

Faktorji so: vrsta vira hrupa (točkoven ali zvezen), razdalja od vira(intenziteta se manjša z razdaljo), atmosferska absorpcija, veter, temperatura in temperaturni gradient, ovire in zgradbe, absorpcija tal, odboj, vlažnost, padavine, itd.

---

<sup>4</sup> Po fiziku Alexander Graham Bellu.

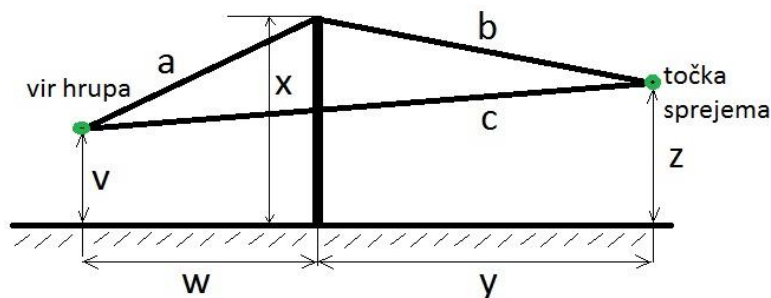
### 3.1.1 Faktorji, ki vplivajo na širjenje hrupa iz prometa

To so struktura prometa, prometne obremenitve, hitrost vozil, niveleta<sup>5</sup> vozišča, površina vozišča, pogoji vožnje, absorpcijski faktor okolice.

## 3.2 Oviranje širjenja hrupa s postavitvijo protihrupnih ograj(ovir)

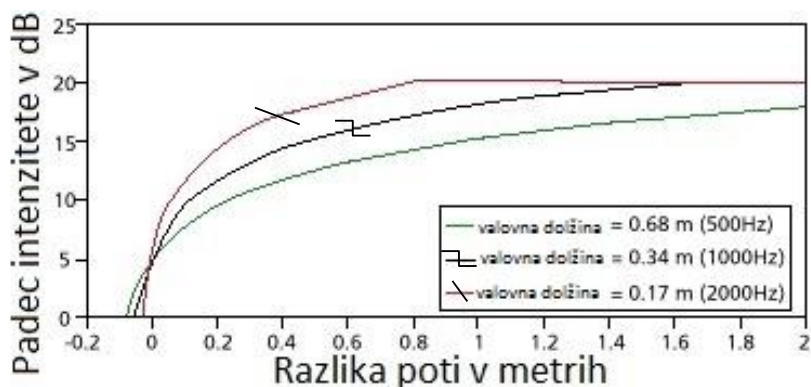
### 3.2.1 Pot zvočnega valovanja in frekvenca

Uspešnost dušenja hrupa s pomočjo togih-odbojnih ovir je odvisna od: razlike v poti zvočnega valovanja (če ta potuje nemoteno ali pa preko ovire), ter od frekvence hrupa.



Slika 2: pot zvočnega valovanja se z postavitvijo toge-odbojne ovire poveča (vir: [7])

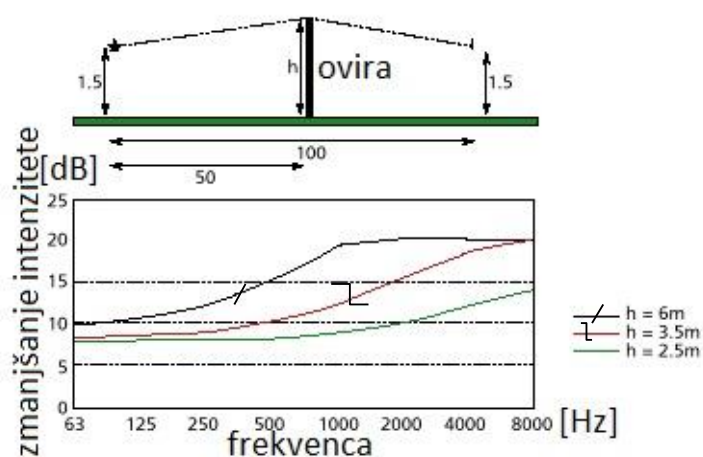
Neznanke iz slike (2) lahko izračunamo s pomočjo Pitagorovega izreka po enačbah:  $b = \sqrt{y^2 + (x - z)^2}$ ,  $a = \sqrt{w^2 + (x - v)^2}$ ,  $c = \sqrt{(w + y)^2 - (z - v)^2}$



Slika 3: padeč intenzitete zaradi daljšanje poti do prejemnika (vir: [8])

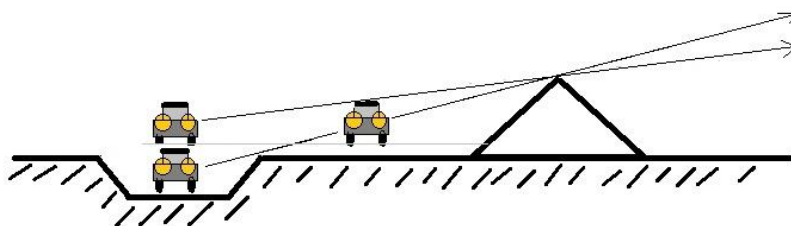
<sup>5</sup> črta, ki označuje potek osi cestišča glede na nadmorsko višino





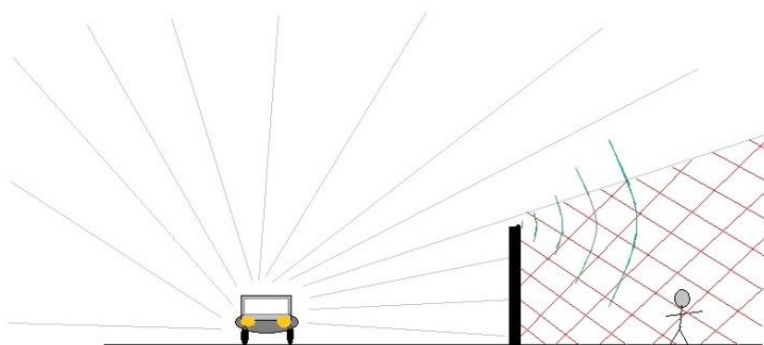
Slika 4: zvok z niskimi frekvencami težko reduciramo s pomočjo enostavnih ovir (vir: [9])

Zmanjševanje hrupa s togimi ovirami, pregradami in stenami je pogosto uporabljena tehnika, ki je precej učinkovita kadar je postavljena blizu vira oz. prejemnika hrupa.



Slika 5: učinkovitost toge ograje se z razdaljo od vira hrupa manjša (vir: lasten)

### 3.2.2 Zvočna senca in lom zvoka



Slika 6: tudi v območje zvočne sence(kara) prehaja nekaj zvoka zaradi loma na robu toge protihrupne ograje (vir: lasten)

## 4 Vrste protihrupnih ovir

Postavitev določene vrste ovire je odvisna od objekta, ki ga želimo ščititi, izvora hrupa in tehničnih omejitev pri izvedbi.

### 4.1 Protihrupni nasipi

Protihrupni nasipi so najenostavnejša oblika zaščite pred hrupom. V praksi se jih pogosto uporablja, ker je ob prekomernih izkopanih količinah materiala to najcenejša oblika zaščite, ki pa razen velike porabe površine in občasnega vzdrževanja nima slabih lastnosti.

### 4.2 Protihrupne ograje

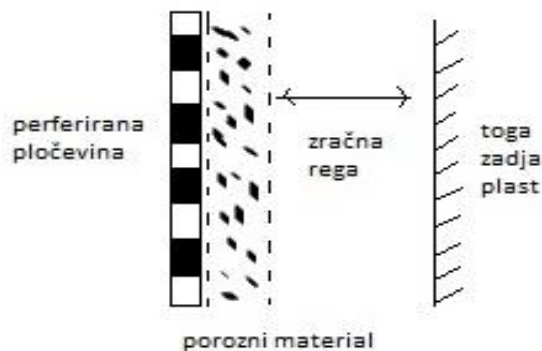
Protihrupne ograje delimo na tiste, ki zvok odbijejo in tiste, ki zvok absorbirajo. Za določitev teh dveh tipov ograj je uveden faktor  $\Delta L_A$ , ki pove za koliko dB se zniža nivo pri odbitem hrupu v primerjavi z nivojem hrupa emisije. Vse protihrupne ograje preizkušajo glede na absorpcijo. Zvočno izoliranost pregradne stene [R]-prenosne izgube (dB), je definirana z enačbo (9). Z upoštevanjem vpadne zvočne moči na pregradno steno s strani vira  $W_{vpad}$  in sevane zvočne moči, ki seva od pregradne stene na drugi strani pregrade (v kateri merimo prepustnost zvoka  $W_{seva}$ ) lahko R izrazimo z enačbo:

$$R = 10 \log \frac{W_{vpad}}{W_{seva}} \quad (8)$$

$$R = \bar{L}_1 - \bar{L}_2 + 10 \log \left( \frac{S_{12}}{A_2} \right) \quad (9)$$

Kjer je:  $\bar{L}_1$  – povprečna raven zvočnega tlaka v sobi z virom /  $\bar{L}_2$  – v sprejemni sobi;  $S_{12}$  – površina testirane pregrade (določena z standardom);  $A_2$  – celotna zvočna absorpcija v sprejemni sobi po Sabinu, ki se izračuna po enačbi:  $A = S \cdot \bar{\alpha}_{sab}$ , kjer S predstavlja površino absorpcijske površine,  $\bar{\alpha}_{sab}$  pa absorpcijski koeficient po Sabinu. Zvočno izoliranost merimo iz serije standardov ISO 140 ali SIST EN ISO 140.

Poleg togih in odbijajočih protihrupnih ovir pa poznamo tudi absorpcijske, ki jih po navadi uporabljajo v velikih oklepih ali sobah, za zmanjševanje ravni odbitega hrupa.



Slika 7: zvočno absorptivna stena (vir: [4])

Naloga poroznega materiala je, da zvočno valovanje, ki uspe prodrati v njegove pore zaradi trenja spremeni v toploto. O optimalno absorpciji govorimo, če je debelina poroznega materiala in reže (skupaj) vsaj  $\lambda/8$  ( $\lambda$ - valovna dolžina zvočnega valovanja). Cilj je zajeti čim večjo amplitudo zvočnega valovanja v pore. Pri izbiri poroznega materiala z maksimalnim koeficientom absorpcije  $\bar{\alpha}$  je treba upoštevati, da bo upor toka zraka okrog  $3\rho c$ . Če je plast pretanka, se pojavi velika refleksija od toge stene v ozadju. Podobno prihaja do refleksije od stene poroznega materiala, če porozni material z majhnimi porami povzroča prevelike pretočne upore.

#### 4.2.1 Izbira materiala

Protihrupne ograje so izdelane iz materialov, ki naj bi bili časovno obstojni in v čim večji meri takšni, da se jih da reciklirati/ponovno uporabiti ter nimajo negativnega vpliva na okolje.

##### 4.2.1.1 Kovinske protihrupne ograje

So najbolj razširjene protihrupne ograje v Sloveniji. Paneli so izdelani iz perforirane<sup>6</sup> ravne ali trapezno oblikovane pločevine iz aluminija, visokokakovostnega jekla ali pocinkane železne pločevine. Na sprednji strani je perforirana pločevina na zadnji strani pa gladka. Perforirani sprednji del povzroči, da se del zvoka, ki se pretvori v toplotno energijo absorbira ostali pa se odbije. Pomankljivost kovinskih protihrupnih ograj je: možna korozija in optična neprilagodljivost okolici ter težja montaža zaradi teže ograje. Prednosti so: večji razmik med nosilnimi stebri zaradi večje nosilnosti plošč, manjša občutljivost na mehanske poškodbe, manjši povesi zaradi obremenitev vetra, itd.

##### 4.2.1.2 Protihrupne ograje iz umetnih vlaken

So izdelane podobno kot metalne ograje, le da se namesto kovine uporabljajo snovi iz umetnih vlaken. Škatlasti elementi so na absorpcijski strani perforirani. Kot absorpcijski material se uporablja npr: steklena ali mineralna volna, ki je še dodatno zaščitena. Prednosti ograje izdelane iz umetnih vlaken so: primerna cena, dolga življenska doba, nezahtevno vzdrževanje, itd. Glavna slabost pa je: slaba protipožarna varnost.

##### 4.2.1.3 Cementno-betonske protihrupne ograje

Se lahko uporabljajo kot protihrupne odbijajoče stene ali kot dvoslojne absorbirajoče betonske ograje. Izdelane so lahko monolitno, panelno ali so sestavljene iz posebno oblikovanih izdelkov. Posebno oblikovana betonska protihrupna ograja predstavlja dobro protihrupno zaščito, še posebej pri nizkih frekvencah. Na vrhu stene pa je lahko tudi odprtina, ki skupaj z zunanjo strukturo ograje skrbi za absorpcijo visokih frekvenc, ki jih povzročajo avtomobilske gume. Prednosti cementno betonskih protihrupnih ograj so: velika obstojnost, možnost dobre prilagoditve z bivalnim okoljem, ognjevarna, lahko deluje tudi kot protiveterna zaščita. Pomanjkljivosti so: visoki stroški izdelave, počasnejša montaža, slaba prilagodljivost z naravnim okoljem.

---

<sup>6</sup> zluknjane

#### 4.2.1.4 Lesene protihrupne ograje

Uporablja se obstojen les, ki je še dodatno zaščiten. Leseni paneli imajo na absorpcijski strani različne reliefne oblike. Letvice se lahko med seboj prepletajo, so v poševnih vrstah ali pa se križajo. S takšno reliefno obliko se dobi razgibana površina, katera dobro absorbira hrup. Na zadnji strani je običajno zaprta lesena stena. V same panele pa se vgrajujejo še absorpcijski materiali. Prednosti so: naravni videz, ob kvalitetni izdelavi dosega zelo dober absorpcijski učinek. Pomanjklivosti: visoki stroški vzdrževanja, slaba protipožarna zaščita ter težavno zagotavljanje dolgoletne obstojnosti.

#### 4.2.1.5 Transparentne protihrupne ograje

So prozorne protihrupne ograje izdelane iz poroznih materialov. Za izdelavo transparentnih panelov se uporablja akrilna ali polikarbonatna umetna masa. Za zadovoljivo zaščito pred hrupom morajo biti ograje iz akrilnega stekla debele najmanj 15mm iz polikarbonata pa najmanj 12mm. V praksi se kot najdebelejšo uporablja 20mm. Zaradi možnega odboja svetlobe so rahlo pigmentirane. Prednosti: vizualno ne ovirajo ščitene okolja, lahko jih kombiniramo z drugimi materiali. Pomanjklivosti: potrebno je redno čiščenje, možen negativni učinek za nekatere vrste ptic.



**Slika 8: vsakodnevna izpostavljenost hrupu, lahko vodi v resne psihične in fizične težave izpostavljenih oseb (vir: [10])**

### Literatura

- [1] F. Alton Everest's, *Master Handbook of Acoustics, Fourth Edition*.
- [2] *Protihrupne ograje ob avtocestah*. –Ljubljana : DDC – Družba za državne ceste, 1997
- [3] <http://www.nonoise.org/library/envnoise/>. (25.11.2014)
- [4] Mirko Čudina, *Tehnična akustika*, -Ljubljana 2001. 7--30, 206—228
- [5] [http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18\\_2.gif](http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18_2.gif). (25.11.2014)
- [6] <http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/28.gif>. (25.11.2014)
- [7] [http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18\\_2.gif](http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18_2.gif) (25.11.2014)
- [8] [http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18\\_2.gif](http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18_2.gif) (25.11.2014)
- [9] [http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18\\_2.gif](http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/18_2.gif) (25.11.2014)
- [10] <http://www.nonoise.org/library/envnoise/pics/28.gif> (25.11.2014)

## *Potresi, nastanek in razširjanje potresnih valov*

*M. Pušnik<sup>1</sup>*

### *Earthquakes, formation and spread of seismic waves*

**Povzetek:** V svoji seminarski nalogi bom predstavil vzroke za nastanke potresov in njihov nastanek. Govoril bom tudi o razširjanju potresnih valov ter o merjenju in spremljanju potresov in podzemnih premikov.

**Abstract:** In my work I will present causes of earthquakes and their formation . I will talk about the spread of seismic waves and the measurement and monitoring of earthquakes and underground movements .

#### **1 Kaj je potres in kaj jih povzroča**

Potres je nenadno, hitro tresenje Zemljine skorje, ki ga povzročata lomljenje in premikanje kamnin pod površjem. Večina potresov je tektonskega izvora, poznamo pa tudi potrese, ki nastanejo zaradi vulkanskega delovanja in pa umetne potrese, ki lahko nastanejo zaradi eksplozij. V nadaljevanju se bom osredotočil na potrese, ki nastanejo kot posledica tektonskih premikov.

Zemeljsko površje je zunanja meja kamninske lupine Zemlje, ki jo imenujemo skorja. Skorja skupaj z zgornjim delom zemeljskega plašča tvori litosfero, ki je sestavljena iz več delov, ti pa so med seboj povezani kot nekakšna sestavljanka. Zaradi trenja, stiskanja in raztezanja litosferskih plošč se v kamninah razvijejo velike strižne, tlačne in natezne napetosti. Ko napetost prekorači trdnost kamnin, nastanejo prelomi. Sprostitev energije ob nenadnih premikih zemeljskih gnot povzroči tresljaje, ki se širijo kot potresni (seizmični) valovi. Valovanje na zemeljskem površju čutimo kot potres. Vsako leto se zgodi približno 11 milijonov potresov, od katerih jih je okoli 34.000 dovolj močnih, da jih lahko tudi občutimo.

##### **1.1 Pod zemeljskim površjem**

Pod Zemljino skorjo in trdnim zgornjim delom plašča je mehkejši spodnji plašč, ki je zgrajen iz vročih, deloma staljenih kamnin. Zunanje jedro je staljeno, notranji del pa je trden. Zemeljska skorja je najdebelejša pod največjimi svetovnimi gorovji, kjer lahko njena debelina

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

znaša do 70 km. Največ potresov nastane v zemeljski skorji razmeroma plitvo pod površjem, redko pa pride do potresov, katerih žarišče je lahko tudi do 700 km pod zemeljskim površjem.

## **2 Litosferske plošče**

Dandanes vemo, da litosfera ni enotna, temveč je razdeljena na velike in majhne litosferske plošče, ki plavajo na astenosferi. Litosfera je trdna in hladna, medtem ko je astenosfera zelo vroča in relativno mehka – plastična. Plošče, ki gradijo litosfero, se neprestano premikajo s hitrostjo le nekaj centimetrov na leto, vendar pa ti majhni premiki povzročajo potresno in vulkansko delovanje ter nastanek gorovij in podmorskih jarkov. Najpomembnejše plošče so Pacifiška, Severnoameriška, Južnoameriška, Evrazijska, Afriška, Indoavstralska in Antarktična. Za potresno dejavnost pa niso nič manj pomembne manjše plošče.

### **2.1 Premikanje litosferskih plošč**

Plošče se v odvisnosti od drugih plošč po Zemljini obli premikajo na tri načine:

Prvi način premikanja plošč je medsebojno približevanje in trčenje (karambol) plošč, ob katerem pride do uničevanja oziroma raztapljanja skorje. Ker so litosferske plošče zgrajene tako iz oceanske kot iz kontinentalne skorje, poznamo tri scenarije trčenja. Med seboj lahko trčita oceanska in kontinentalna plošča ter dve oceanski ali dve kontinentalni plošči.

Ob trku oceanske in kontinentalne plošče se oceanska skorja, ki je precej tanjša in bolj gosta, upogne navzdol in se pod določenim kotom podrine pod kontinentalno ploščo ter potone v vročo astenosfero. Oceanska plošča tone vedno globlje in se v vroči astenosferi začne taliti, dokler se na določeni globini popolnoma raztali in izgine. Na območju, kjer se oceanska plošča upogne navzdol, nastajajo globokomorski jarki. Področje podrivanja pa strokovno imenujemo subdukcija. Območja subdukcije in globokomorskih jarkov danes najdemo na zahodnem delu J in Severne Amerike, kjer Tihomorska oceanska plošča tone pod Severno in Južno Ameriško ploščo.

Zelo podobna zgodba se odvije, ko trčita med seboj dve oceanski plošči, kjer prav tako ena izmed plošč potone pod drugo in nastane globokomorski jarek. Tak primer predstavlja japonsko otočje.

Nekaj popolnoma drugega pa se zgodi, ko trčita dve kontinentalni plošči. Ker sta obe plošči lahki in debeli, nobena izmed njiju ne potone pod drugo, pač pa čelno trčita. Na stiku nastajajo ogromni pritiski, ki povzročijo, da se kamnine nagubajo in dvignejo v najvišja gorstva. Tak stik dveh plošč znanstveniki imenujejo kolizija.

Drugi način premikanja plošč je, da plošči drsita druga ob drugi.

V tem primeru ne prihaja do nastanka nove skorje, ne do uničenja stare. Večinoma so ti stiki na dnu oceanov, na kopnem pa predstavlja najbolj slaven tovrstni kontakt prelomnica sv. Andreja, ki poteka skozi mesti Los Angeles in San Francisco. Novonastalih značilnih geografskih oblik ob teh stikih ni.

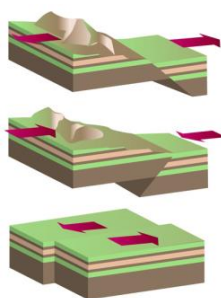
Tretji način je kjer se plošči med seboj oddaljujeta; takšna območja imenujemo cone razpiranja.

Najlepši in največji primer cone razpiranja predstavljajo srednjeoceanski hrbti, ob katerih nastaja nova oceanska skorja (recimo Srednjeatlantski greben). Ko se plošči razmakneta, nastane med njima razpoka, v katero iz notranjosti Zemlje prodira magma. Na morskem dnu se hitro strdi in zapolni razpoko. Ker pa se plošči vseskozi razmikata, se cela zgodba stalno ponavlja in morsko dno se tako na leto razširi za nekaj centimetrov.

### **3 Prelomi**

Med premikanjem in medsebojnim delovanjem litosferskih plošč se v kamninah lahko nakopičijo tolikšne napetosti in pritiski, da kamninske gmote počijo, kamninski bloki pa se med seboj premaknejo. Premiku kamninskih blokov pravimo prelom. Ploskve, ki označujejo meje med premaknjenimi bloki, imenujemo prelomne ploskve, njihov potek na zemeljskem površju pa označujejo prelomne linije. Veliki prelomi lahko segajo zelo globoko v celinsko skorjo, po površju Zemlje pa jim lahko sledimo vzdolž celotnih celin. Največji prelomi na svetu so na mejah med glavnimi litosferskimi ploščami in ustrezajo področjem z najmočnejšo potresno aktivnostjo. Ob prelomih lahko nastanejo odprte razpoke, ob njih se lahko deli zemeljskega površja dvignejo ali pa kamninski bloki ob njih potonejo. Ko se po premiku ob prelomni ploskvi med potresom sprosti nakopičena energija, se kamninski bloki ustalijo v novem položaju.

Po načinu premika ločimo več vrst prelomov, ki jih lahko združimo v tri glavne skupine. Normalni prelomi nastanejo kot posledica razteznih sil v zemeljski skorji, zaradi katerih se kamninska bloka premakneta tako, da se en blok spusti (potone) vzdolž prelomne ploskve. Pri bočnih pritiskih (stiskanju ali kompresiji) se ob prelomni ploskvi en blok dvigne nad drugega; temu pravimo reverzni prelom. Vodoravni ali zmični prelomi nastanejo, ko se bloka premakneta drug ob drugem.



**Slika 1:** 3 glavne vrste prelomov

## **4 Hipocenter in epicenter potresa**

### **4.1 Hipocenter potresa**

Žarišče ali hipocenter potresa je točka v zemeljski skorji, kjer se je potres zgodil. Seizmologi govorijo, da je hipocenter potresa točka, vendar po navadi premik poteka na nekaj kilometrov ali celo več deset kilometrov dolgem odseku preloma.

### **4.2 Epicenter potresa**

Je po definiciji projekcija hipocentrske točke ali krogle na površje. Ta definicija ustreza za grafične ponazoritve potresnih žarišč na zemljevidih, fizikalnega pomena pa epicenter seveda nima.

Epicentrski čas je čas nastopa potresa v epicentru. Izvorni čas pojava pa je hipocentrski čas, to je trenutek, ko se je v žariščni coni začel proces vzbujanja potresnega valovanja. Razlika obeh časov je odvisna od žariščne globine.

## **5 Seizmični valovi**

Točko pod površjem Zemlje, kjer nenaden premik kamnin povzroči nastanek potresa, imenujemo žarišče ali hipocenter. Ta točka je lahko več sto kilometrov pod površjem kopnega ali pod morskim dnem. Premiki kamninskih gnot povzročajo tresljaje, ki se iz žarišča širijo v vse smeri kot seizmični ali potresni valovi. Ti valovi se širijo zelo hitro, začutimo pa jih takrat, ko dosežejo zemeljsko površje. Najmočnejše valovanje je v točki neposredno nad žariščem – epicentru. Z oddaljevanjem od žarišča postajajo seizmični valovi vse šibkejši. Škoda, ki jo povzročijo potresni valovi, je v veliki meri odvisna od vrste kamnin na zemeljskem površju. Trden granit ali masiven peščenjak se treseta precej manj kot na primer peščeni sedimenti, ki se pojavljajo ob rekah in morskih obalah. Ko kamnine ob prelomu začnejo pokati in se lomiti, pred glavnim potresom pogosto pride do blagega sunka ali vrste šibkejših tresljajev. Ti tresljaji, ki jih imenujemo predpotresni sunki, lahko opozorijo ljudi na potresnem območju, da si poiščejo varno zavetje.

Hitrost širjenja je močno odvisna od vrste kamnine, poroznosti, tlaka in temperature ter od tega s čemer so zapolnjene pore v kamninah.

### **5.1 Prostorsko valovanje**

Vibracije, ki se iz žarišča potresa globoko pod površjem širijo na vse strani, imenujemo prostorsko valovanje. Razlikujemo dve vrsti prostorskih valov: primarne ali longitudinalne valove (valove P) in sekundarne ali prečne valove (valove S). Primarni valovi potujejo hitreje, in sicer s hitrostjo med 1 in 14 km/s, to je nekajkrat hitreje, kot se širi zvok. Valovi P



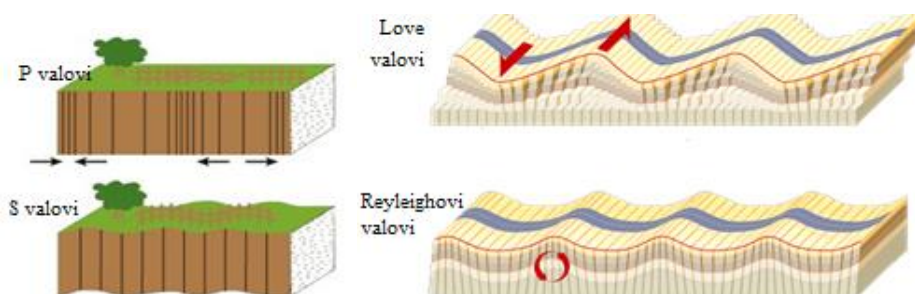
povzročajo stiskanje in raztezanje kamnin. Sekundarni ali prečni valovi valovito premikajo kamnine gor in dol ter sem in tja.

$$v_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

$\mu$ - strižni modul,  $\rho$ - gostota, K-bulkov modul

## 5.2 Površinsko valovanje

Na površju Zemlje prav tako ločimo dve vrsti valov, poimenovanih po znanstvenikih, ki so jih prvi opazili. Rayleighovi valovi se širijo v obliki valov ali gub, medtem ko Loveovi valovi ob potovanju nihajo kamnine sem in tja. Površinsko valovanje je počasnejše od prostorskega, vendar pa na zgradbah povzroča največ škode.



Slika 2: P in S prostorski valovi

Slika 3: Loveovi in Reyleighovi površinski valovi

## 6 Meritve potresov

Znanstvenike, ki se ukvarjajo s preučevanjem potresov, imenujemo seizmologi. Za meritve potresov uporabljajo naprave, imenovane seizmometri ali seizmografi, ki zapisujejo vzorce potresnega valovanja ter jakost in trajanje potresov. Seizmografi so postavljeni na več krajih, ker le na podlagi več sočasnih zapisov lahko ugotovijo natančen položaj žarišča in epicentra potresa. Jakost in učinek potresov izražamo s potresnimi lestvicami. Številčna stopnja na lestvici pove, kakšno moč je imel potres in kakšno škodo je povzročil. Danes največ uporabljamo Richterjevo lestvico, s katero na podlagi meritev s seizmografi izrazijo energijo, sproščeno ob potresu

### 6.1 Richterjeva lestvica

Ameriški seizmolog Charles F. Richter je svojo številčno lestvico izdelal leta 1935. Lestvica je logaritemska, vsaka stopnja je 32-krat močnejša od prejšnje. Za razliko od intenzitetne lestvice ni celoštevilska pač pa je določena na desetinko enote natančno. Zgornje meje teoretično nima, čeprav načeloma velja za 9-stopenjsko lestvico. V zgodovini merjenj potresov

vrednost ni preseгла stopnje 9,5, ki označuje najmočnejši potres do sedaj. Zgodil se je leta 1960 v Čilu.

**Tabela 1:** Richterjeva lestvica

Moč potresa	Učinki potresa
manj kot 3,5	Registriran, vendar ga ljudje ne zaznajo
3,5 – 3,9	Čutijo ga redki 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

## 7 Magnituda in intenziteta potresov

Med magnitudo in intenziteto je zelo velika razlika. Prvi podatki, ki jih seizmologi posredujejo javnosti, so poleg časa nastanka potresa še nadžariščno območje, magnituda potresa in grobo ocenjena intenziteta na nadžariščnem območju. Za natančnejšo oceno intenzitete pa je potreben ogled terena, pogovor s prebivalci, kako so potres občutili, ogled morebitnih poškodb in sprememb v naravi.

### 7.1 Magnituda – moč potresa

To je merilo velikosti potresa in se določi z logaritmom največjega premika ali amplitude potresnih signalov, ki je prikazana na seizmogramu. Upoštevati moramo tudi zmanjšanje razdalje med epicentrom in seizmometrom. To je nujno, saj bližje je seizmograf potresu, večja je amplituda na seizmogram ne glede na velikost ali moč potresa.

### 7.2 Intenziteta – učinki potresa

Za prebivalce je pomembnejši podatek o intenziteti potresa. To je mera za učinke potresa, ki je odvisna od njegove energije, epicentralne razdalje in geoloških razmer. Gre za subjektivno mero, ki fizikalno ni definirana. Ugotovimo predvsem učinke potresa na ljudi, predmete, zgradbe in naravo. Razvoj znanosti, predvsem gradbeništva je pripeljal do uveljavitve 12-

stopenjske evropske potresne lestvice EMS (European Macroseismic Scale). Lestvica upošteva nove načine gradnje, nove materiale in natančneje določa učinke potresov na visoke zgradbe. Intenziteta je ponavadi največja v epicentru ali nadžarišču potresa in se zmanjšuje z oddaljenostjo. Po določitvi intenzitet seizmologi narišejo izoseiste za posamezna območja. To so krivulje, ki povezujejo točke z enakimi intenzitetami na površini potresnega območja.

**Tabela 2:** Evropska potresna lestvica EMS

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
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

### 7.3 Razmerje med magnitudo in intenziteto

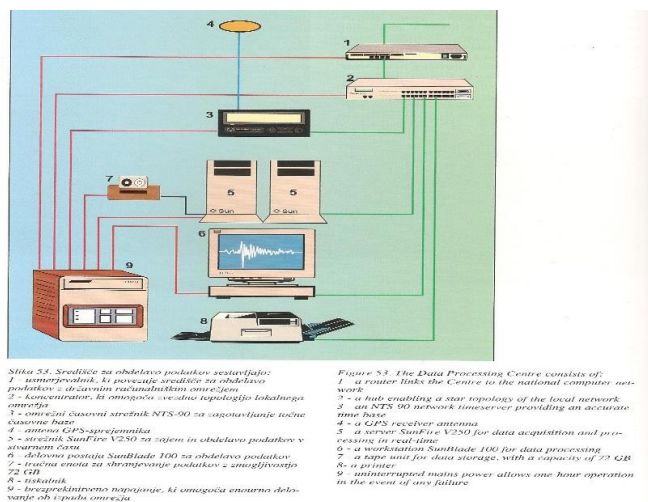
Razmerje med magnitudo potresa in njegovo intenziteto je odvisno od več parametrov, predvsem od razdalje med žariščem in točko, kjer intenziteto opazujemo, od globine žarišča, od lokalnih geoloških lastnosti in od širjenja potresnih valov. Ta razmerja so podana v številčnih empiričnih formulah. Enemu potresu ustreza ena magnituda in več intenzitet, ki so odvisne od oddaljenosti epicentra.

## 8 Napovedovanje potresov

Seizmologi nenehno iščejo nove metode, ki bi jim lahko pomagale napovedati, kje in kdaj bo prišlo do potresov. Nekateri znanstveniki domnevajo, da je nevarnost velikih potresov manjša na področjih, kjer so pogosti šibkejši potresi, pri katerih se napetosti v zemeljski skorji sproščajo sproti. Na področjih z veliko potresno ogroženostjo so v ZDA in na Japonskem postavili merilne naprave, ki beležijo že najmanjše premike tal ob prelomih. Znanstveniki upajo, da jim bodo podatki o dinamiki premikov pomagali pravočasno napovedati močnejše potrese. Podzemni merilci premikov zaznajo že najmanjše premike v tleh.

## 8.1 Državna mreža potresnih opazovalnic

Potres 12. aprila leta 1998, ki je najbolj prizadel zgornje Posočje, je dosegel učinke med VII. in VIII. stopnjo po evropski potresni lestvici in povzročil veliko gmotno škodo. Po potresu je vlada republike Slovenije odobrila sredstva za modernizacijo državne mreže potresnih opazovalnic. Potresna opazovalnica v Robiču v Posočju je bila dokončana v novembru leta 2002. Opazovalnica je zgrajena v skalni votlini, v kateri je nameščena oprema: senzor, zajemalna naprava, brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani



Slika 4: Sestavni deli središča za obdelavo podatkov

## Literatura:

- [1] N. Morris, Naravne katastrofe, Potresi, Svetilnik, 2003
- [2] R. Vidrih, Kaj spreminja svet, Potresi, Prirodoslovni muzej Slovenije, 27-43, 2006
- [3] R. Vidrih, P. Sinčič, A. Gosar, Državna mreža potresnih opazovalnic, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, 2006
- [4] V. Ribarič, Potresi; Cankarjeva založba Ljubljana, 1984
- [5] <https://bojanambrozic.wordpress.com/2013/02/02/potresi-v-sloveniji/> (dostop 13.12.2014)
- [6] <http://vedez.dzs.si/datoteke/tektonika.pdf> (dostop 13.12.2014)

## Viri slik:

- [1] <https://bojanambrozic.files.wordpress.com/2013/02/sfdfsdfs.jpg>
- [2] <http://www.sms-tsunami-warning.com/pages/seismic-waves#.VMKegSwlnFI>
- [3] <http://www.exploratorium.edu/faultline/activezone/slides/rlwaves-slide.html>

## *Napovedovanje višine morja*

*M.Vremec<sup>1</sup>*

### *Forecasting the sea level*

**Povzetek.** Napovedovanje višine morja je skupek znanja astronomije, meteorologije in mehanike tekočin. Je ključnega pomena za prebivalce obalnega območja že od daljne preteklosti. Seminaraska naloga bo tako z povezovanjem teh znanj predstavila različne postopke napovedovanja višine morja. Obravnavala bo tako znanja, ki izvirajo iz daljne preteklosti, kot tudi moderno računalniško numerično modeliranje napovedovanja višine morja v Jadranskem morju, ter ključne dejavnike, ki prispevajo k tem. Naloga je prav tako namenjena predstavitvi problema dviganja morske gladine zaradi podnebnih sprememb, ter posledic, ki jih lahko pusti na obalnih območjih.

**Abstract.** Forecasting of the sea level comprises the knowledge of astronomy, meteorology and fluid mechanics to a whole. The forecasting has been crucial for the inhabitants of the coastal area, as it affects them on a daily base. The assignment will cover the knowledges of the tide periods in the past and also the modern numerical sea models, that forecast the sea level height in the Adriatic see. The assignment will also cover the influence of global warming on increasing sea level height and its consequences to the coastal areas.

## 1 Uvod

Napovedovanje višine morja je znanje, ki je ključnega pomena za ljudi v obalnih območjih vse od daljne preteklosti. Razvijati se je začelo ob boku ribolova na odprtem morju, saj so ribiči počakali na čas med plimo in oseko, ko se je gladina vode začela nižati in so lažje tako lažje izpluli.

Prebivalci ob morju so tako zelo hitro doumeli pomembnost spreminjanja višine vodne gladine in ga začeli opazovati, tako so prišli že v daljni preteklosti do spoznanja povezave med dvigom in spustom morske gladine ter položajem Sonca in Luninimi menami. Kasneje so temu pojavu dali ime bibavica in po nje posledično poimenovali pas, v katerem pride do sprememb morske gladin. Z opazovanjem Lune in Sonca so si lahko tako pomagala že starodavna ljudstva brez poznavanja fizikalnih zakonov in matematičnega modeliranja.

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

## **2 Pregled zgodovine**

Prvi dokazi o začetku opazovanja bibavice segajo do leta 2450 pr. n. št., ki pričajo o obstoju ladjedelnice, ki se je prilagajala plimovanju. Pričanje o velikih razlike med oceanskim plimovanjem in mediteranskim plimovanjem je v svojih zapiskih podal že Aleksander Veliki, ki ga je moč dveh močnih dnevnih plim na reki Ind zelo navdušila, saj je bila tuja njihovem poznavanju plimovanja iz Mediterana.

### **2.1 Antika**

Že Aristotel, učitelj Aleksandra Velikega, je opazoval pojav močnih tokov med Evbejskim otočjem in grško celino, ter povezoval te tokove z položaje lune. [2]

V tem času je Pythens pripotoval skozi Gibraltarska vrata do Britanskega otočja, kjer je opazoval veliko dva krat dnevno plimovanje. Pythens je bil prvi, ki je poročal o mesečnih spremembah plimovanja v Atlantskem oceanu in največjem plimovanju v času polne lune. Prav tako zapisal o izredno močnem toku med Severno Škotsko in Orkneyevim otočjem. Skozi stoletja so ugotovili, da je plimovanje največje v spomladanskem in jesenskem času, in začeli to povezovati z enakonočjem.[2]

### **2.2 Renesansa**

Galileo Galilei(1564-1642) je skušal v svoji knjigi dialog, ki govori o dveh glavnih sistemih sveta plimovanja, obrazložiti da kroženje Zemlje okrog Sonca ter Zemlje okrog svoje osi, sproži gibanje morja, ki se nato spreminja zaradi spreminjajočega se morskega dna. Galilei je v svoji knjigi navajal tudi posebne ladijske dnevnike o ladijskih prihodih in odhodih v pristaniščih v Aleksandriji in Benetkah, ki pričajo o poznavanju poldnevnih in dnevnih plimnih period in vplivih le teh na družbo.

Francoski filozof Renee Descartes(1569-1650) je verjel o obstoju nevidne materije, ki se nahaja v vesolju, in jo Luna s kroženjem okoli Zemlje pritiska na določene predele Zemlje, kar se kaže v plimovanju.

Johannes Kepler(1571-1630) je bil prvi, ki je začel povezovati Lunino gravitacijsko močjo z plimovanjem in trdil, da Zemlja s svojim gravitacijskim privlakom obdrži vodne gmote na površini, Lunina gravitacijska moč pa jih nato spreminja. Kasneje je Keplerjevo teorijo matematično potrdil Isaac Newton.

### **2.3 21. stoletje**

Višina morske gladine je danes pomemben faktor za celo vrsto morskih in obmorskih aktivnosti od ladjedelnštva, turizma, transportnih infrastruktur vse do zaščite nizkoležečih priobalnih območjih, kjer za uravnavanje morske gladine uporabljajo jezove in zapornice.

Za lažji izračun oziroma napoved višine morske gladine so se začeli razvijati različni numerični modeli prilagojeni različnim karakteristikam priobalnega območja.

### 3 Plimovanje

Plimovanje definiramo kot periodično gibanje morske gladine, ki je direktno povezano z amplitudo in fazo geofizikalnih sil. V sistemu pride do dominance površinskih sil, ki so posledica položaja Lune in Zemlje ter Zemlje in Sonca. Plimovanju, ki je posledica teh gravitacijskih sil, rečemo astronomsko plimovanje.

#### 3.1 Višina morske gladine

Višina morske gladine je hidrološki parameter, ki je definiran kot višina morske gladine, merjena na določenem mestu ob določenem času. Vrednosti meritev se nanašajo na izbrana višinska izhodišča.[1]

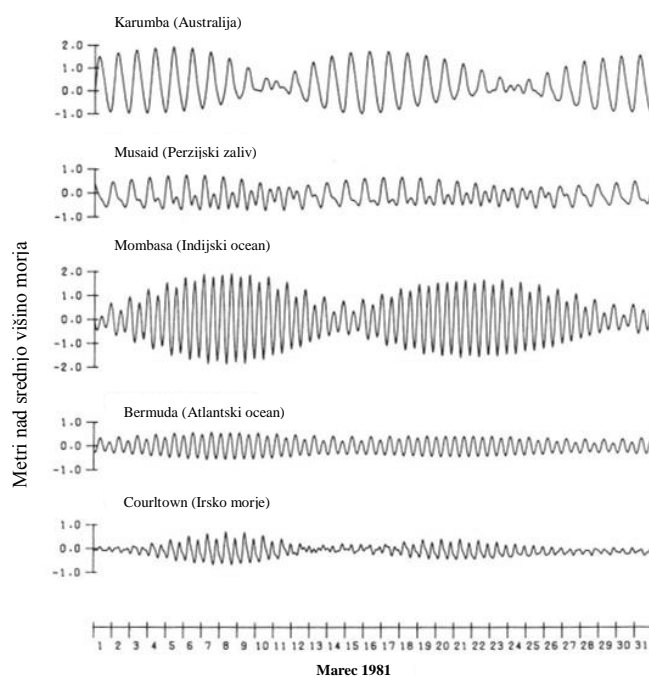
#### 3.2 Astronomsko plimovanje

V svetu ločimo dve obliki plimovanja: dnevni cikel in poldnevni cikel, ki ju razlikujemo zaradi dolžine.

Perioda dnevnega cikla traja tako dolgo kot en obhod lune, torej 24 ur in 50 minut.

Perioda poldnevnega cikla pa traja polovico tega časa in sicer 12 ur in 25 minut.

Iz spodnje slike 1 je razpoznavno razlikovanje cikla plimovanja v različnih delih sveta.



Slika 1: Model plimovanja za 5 različnih krajev po svetu[2]

### 3.2.1 Prognoza atmosferskega plimovanja v Sloveniji

Med glavna parametra plimovanja spadata predvsem višina  $X(t)$  in časovna perioda  $\lambda$  med najvišjo in najnižjo gladino morja. Plimovanje lahko tako zapišemo v obliki kosinusnega nihanja:

$$X(t) = H_x \cos(\omega_x t - g_x) \quad (1)$$

$X(t)$  -amplituda morskega nivoja v času  $t$ , ki se odmeri od povprečne vrednosti morske gladine, do najvišjega odmika (plime) in najnižjega odmika(oseke),

$H_x$  -amplituda oscilacije,

$g_x$  -faza zamika glede na izbrano točko opazovanja,

$\omega_x$  -kotna hitrost, ki je zapisana s časovno periodo  $\lambda$ ;  $\lambda = 2\pi / \omega_x$

V tem primeru bi bilo plimovanje odvisne le od gibanja nebesnih teles in bi bil ustrezen le v idealnih(laboratorijskih) pogojih.

V splošnem pa se uporablja predvsem Pughov zapis morske gladine, kjer lahko opazovano višino morja razdelimo na tri ločene prispevke:

$$X(t) = Z_0(t) + T(t) + S(t) \quad (2)$$

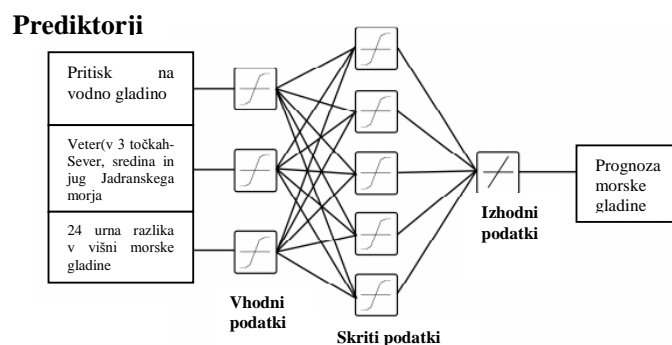
$Z_0(t)$  -predstavlja srednjo višino morja, ki se rahlo spreminja s časom(v Kopru ta variacija v obdobju 1960 - 2008 znaša 1mm/letno)

$T(t)$  -predstavlja astronomsko plimovanje, oziroma prispevek k spremembam višin morja zaradi gravitacijskih vplivov Sonca in Lune,

$S(t)$  -predstavlja residual oziroma residualno višino morja.

### 3.3 Residualna plima

Residualna višina morja je odstopanje merjene višine morske gladine od vrednosti astronomskega plimovanja. Je predvsem posledica meteoroloških vplivov(veter, variacije v zračnem pritisku, lastna nihanja morja...). Napovedovanje residualne plime se računa s pomočjo umetne nevronske mreže, ki je nestandardni statistični matematični model, ki je zgrajen po zgledu nevronske mreže v možganih sesalcev, ter je primerna za opisovanje močno nelinearnih procesov.





### 3.3.1 Izračun residualne plime v Sloveniji

Residualna plima se računa z modeliranjem z umetno nevronske mrežo pri čemer gladino morja zapišemo kot funkcijo odvisno od mrežnih prediktorjev  $\Phi$ . Ti prediktorji so:

- residualne gladine morja v Kopru
- razlike pritiskov med tremi točkami na Jadranu
- zračni pritisk v kopru
- vetrovna napoved za Koper(Aladin/SI)

Po predpostavki, da so za višino v Kopru odvisni ti parametri lahko zapišemo enačbo za višino morske gladino  $X_{(t)}$

$$X_{(t)} \approx W \cdot \Phi,$$

pri čemer je  $\Phi$  vektor prediktorjev, matrika  $W$  pa predstavlja nevronske mrežo.

Učenje mreže imenujemo proces spreminjanja matričnih elementov matrik  $W$ , dokler ni razlika med merjeno vrednostjo gladine ter odzivom UNN na izbrane prediktorje minimalna:  $|X - W \cdot \phi| = \min$ .

## 4 Operativna mreža merilnih postaj v Sloveniji

Numerični modeli nam opisujejo napoved stanja morja, kar omogoča določitev tokov, temperaturnih in slanostnih porazdelitev, ter plimovanja in valovanja v Jadranskem morju.

Na področju Slovenije opravlja meritve nadmorske višine ARSO, ki jih opravlja na mareografski postaji v Kopru in na oceanografski boji Piran, katere lastnik je MBP/NIB.

Na teh postajah neprekinjeno(z nekaj minutnim časovnim zamikom) prenašajo in evidentirajo naslednje veličine:

- višino morja na obalni mareografski postaji Koper,
- temperaturo morja ob površini na obalni mareografski postaji Koper in temperaturo morja po celotni globini na oceanografski boji Piran,
- valovanje, morski tok in slanost na oceanografski boji Piran,
- višinam in temperaturi morja pripadajoče meteorološke ter geodetske parametre,
- zračni tlak, veter in temperaturo zraka na obalni postaji Koper,



Slika 3: Obalni mareografski postaji Koper [21]



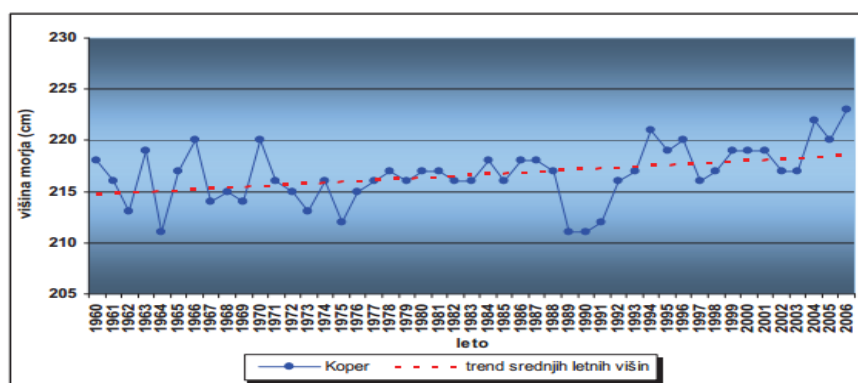
Slika 4: Oceanografski boji Piran [21]

#### 4.1 Uporaba podatkov:

Podatki meritev na morju imajo širok spekter uporabe. Podatki in produkti dolgoletnega niza višin morja so med drugim primerni za določanje geodetskih izhodišč, spremljanje variabilnosti višin morja, dnevnega režima plim in oseka, dolgoletnih trendov nihanja gladine morja.

Baza podatkov ARSO vsebuje:

- nize urnih meritev, izračune astronomskih, residualnih in karakterističnih dnevnih višin morja, temperature morja in pripadajoče meteorološke podatke kot sta smer in hitrost vetra in zračni pritisk od leta 1960 dalje ter nize mesečnih podatkov slanosti morja iz različnih lokacij na slovenskem morju od leta 1985 dalje.



**Slika 3:** Graf povprečne letne višine morja na mareografski postaji Koper v obdobju 1960-2006 in pripadajoči linearni trend[1]

#### 4.2 Izmenjava podatkov in sodelovanje v mednarodnih programih

ARSO pošilja pridobljene podatke v enega od dveh največjih zbirnih centrov višin morja v Svetu:

Permanent Service of Mean Sea Level (PSMSL) ([www.pol.ac.uk/psmsl](http://www.pol.ac.uk/psmsl)). Tukaj najdemo podatke na mesečni in letni ravni, ter izračunani PSMSL trend višin morja iz Koprca, ki so preko PSMSL dostopni širokemu krogu raziskovalnih institucij.

ESEAS ([www.eseas.org](http://www.eseas.org)). Na portalu so identificiranim raziskovalcem in mednarodni javnosti na voljo večinoma isti nizi urnih podatkov kot v internem arhivu ARSO. Namesto karakterističnih dnevnih vrednosti so na ESEAS portalu dostopne residualne višine morja, ki so v največji meri odvisne od meteoroloških dejavnikov.

## 5 Numerični modeli za napovedovanje stanja morja

"Model NAPOM (Northern Adriatic Princeton Ocean Model) je različica oceanskega modela Princeton Ocean Model [6], postavljena na domeno severnega Jadranskega morja, kamor sta ga postavila Vlado Malačič in Boris Petelin z Morske biološke postaje Piran, na ARSO pa je bil isti model postavljen s sodelovanjem Martina Vodopivca, Jureta Jermana in Neve Pristov. Gre za tridimenzionalni cirkulacijski model za izračun tokov, plimovanja in advekcije ter disperzije temperature in slanosti. Računska domena modela NAPOM je sestavljena iz ortogonalne horizontalne mreže (232 x 248 celic) s prostorsko resolucijo 600 metrov in iz krivočrtne vertikalne s-mreže z 11 sloji. Model je enostransko gnezden v model AREG (Adriatic Regional Model) operativnega prognostičnega centra za Jadransko morje pri italijanskem Nacionalnem inštitutu za geofiziko in vulkanologijo INGV v Bologni [8]. Enostransko gnezdenje pomeni, da model NAPOM dobiva robne pogoje in inicializacijske podatke od modela AREG, v nasprotni smeri pa komunikacije med modeloma ni." [4]

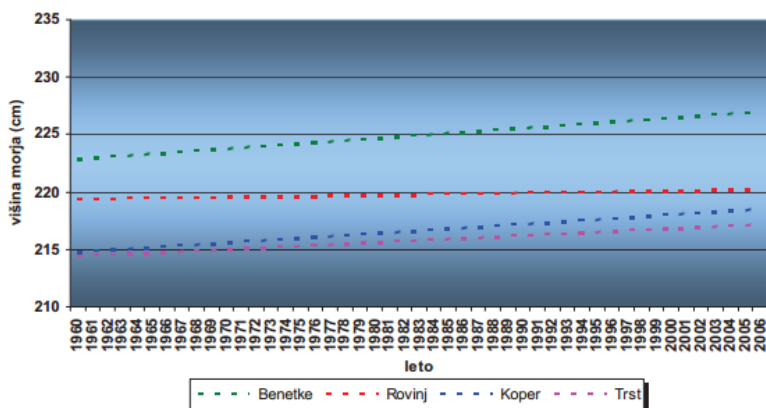
Model NAPOM za površinsko vzbujanje in toplotne tokove uporablja rezultate atmosferskega modela Aladin/SI.[4]

## 6 Vpliv podnebnih sprememb na dvig morske gladine

Znanstveniki podajajo dve skupini vzrokov za dvigovanje in sicer:

-dvigovanje in spuščanje morske gladine zaradi vertikalnih premikov kopnega med katere prištevamo izostazo, tektonske premike, sedimentacijo in človekove vplive (izraba podtalnice in mineralnih virov)

-oceanografske dejavnike med katere štejemo taljenje ledenikov, sprememba v oceanskih tokovih in plimovanju, spremembe v hidrološkem krogu ter ekspanzije vode.



Slika 4: Linearni trendi višine morja na mareografskih postajah Koper, Trst, Rovinj in Benetke v obdobju 1960-2006.[1]

## 6.1 Posledice dviga morske gladine

Prostornina vode v oceanih narašča zaradi dveh vzrokov: na eni strani se povečuje količina vode v oceanih zaradi taljenja ledu na kopnem, na drugi strani pa se morska voda segreva, s tem pa se ji zmanjšuje gostota in večja prostornina (temperaturno raztezanje ali ekspanzija vode). K zvišanju morja bo največ prispevalo toplotno raztezanje vode (70-75%), taljenje ledu na robovih Grenlandije in taljenje gorskih ledenikov. V primeru, da se 200 metrov globoka vrhnja plast segreje za eno stopinjo, se višina morja zviša za 2,6 cm, v primeru da pa se 1 kilometer globoka vrhnja plast segreje za eno stopinjo pa se višina zviša za 13 cm.

Globalna višina morja naj bi se torej zviševala premo sorazmerno z naraščanjem temperature oceanov, kjer znanstveniki ocenjujejo, da naj bi se za vsako dodatno stopinjo temperature vode višina morja zvišala od 20 do 60 cm.

Po podatkih EEA se je svetovna višina morja med letoma 1901-1990 višala v povprečju za 1,5 mm letno, med letom 1993-2010 pa se je gladina višala za 3,2 mm letno. [6]

V prihodnosti bodo obalna področja prizadeli različni vplivi zviševanja višine morja. Višji gladini morja bodo najbolj izpostavljeni nižje ležeči obmorski predeli. Nižje ležeče ranljive ekosisteme kot so delte, peščene obale, mangrove, estuarje in lagune bo morebitno zvišanje višine morja prizadelo najbolj, saj bodo ob visokih valov ob neurjih in nevihtah najbolj izpostavljeni poplavam morja, obalni eroziji, vdoru slane vode v podtalnico, spremembam v kvaliteti površinskih in podtalnih voda, izgubi zemljišč in bivališč. Prav tako bodo posledice zviševanja višine morja občutili gospodarski sektorji, kot so ribištvo, kmetijstvo (slabšanje kvalitete prsti) in turizem.

## Literatura

- [1] ARSO-agencija RS za okolje/vode/morje ([http://www.arso.gov.si/vode/morje/Plima2014\\_a5\\_final.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/morje/Plima2014_a5_final.pdf)) [15.10.2015] (<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Program%20hidrolo%C5%A1kega%20monitoringa%20povr%C5%A1inskih%20voda%20za%20leto%202014.pdf>) [15.10.2015]
- [2] David T. Pugh, *Tides, surgers and mean sea-level*. Chapter 1: Introduction, 2-22 (<http://eprints.soton.ac.uk/19157/1/sea-level.pdf>) [10.5.2014]
- [3] Igor Strojjan, *Hidrološki monitoring morja na Agenciji Republike Slovenije za okolje in sodelovanje v projektu ESEAS RI* ([http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2\\_006/SZGG\\_2006\\_Strojjan.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2_006/SZGG_2006_Strojjan.pdf)) [15.10.2014]
- [4] M. Ličer, D. Žagar, M. Jeromel, M. Vodopivec, *Numerični modeli za določanje stanje morja v Jadranskem morju*, <http://www.sos112.si/slo/docs/ujma/2012/164.pdf> [14.10.2014]
- [5] M. Ličer, *Analiza in prognoza višin morja v Slovenskem morju*, ([http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2010/SZGG2010\\_Licer.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2010/SZGG2010_Licer.pdf)) [14.10.2015]
- [6] Globalni dvig morske gladine, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/sea-level-rise-2/assessment> [15.10.2015]

## *Razširjanje radioaktivnih snovi po nesreči v Černobilu*

*T.Zajc*

### *Dissemination of radioactive material after the Chernobyl accident*

**Povzetek.** V tej seminarski nalogi je predstavljena radioaktivnost na splošno, ter vzroki in posledice razširjanja radioaktivnih snovi v najhujši jedrski nesreči v zgodovini, eksplozije jedrske elektrarne v ukrajinskem Černobilu.

**Abstract.** This seminar describes radioactivity in general, the causes and consequences of the spread of radioactive substances in the worst nuclear accident in history, the explosion of nuclear power plant in Chernobyl, Ukraine.

#### **1 Uvod**

Letos mineva 28 let od eksplozije četrtega reaktorja nuklearke v mestu Černobil, natančneje v kraju Pripjat, na severu Ukrajine. Takratne posledice so bile ogromnih razsežnosti, priča pa smo jim še danes. Območje bivše jedrske elektrarne, ter njena širša okolica je še vedno kontaminirano. To, nam da jasno vedeti, da so jedrske nesreče oz. kakršni koli izpusti škodljivih radioaktivni snovi v okolje izjemno nevarni.

#### **2 Radioaktivnost**

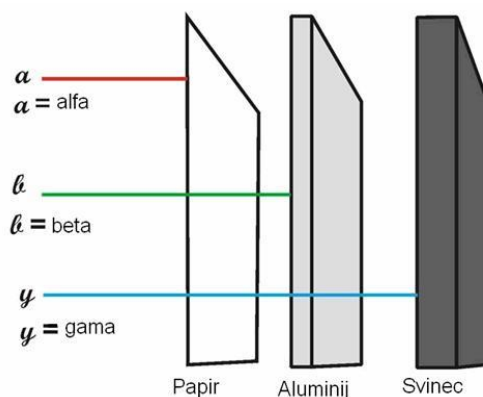
##### **2.1 Pojem radioaktivnosti**

Pojav pri katerem jedra atomov, ki niso stabilni, prehajajo v stabilno stanje, ter pri tem oddajajo energijo v obliki sevanja, imenujemo radioaktivnost. Pravimo mu tudi jedrsko sevanje, saj se prihaja iz jedra atoma. Takšna oblika sevanja je sposobna modificirati atome drugih elementov, ter njihovih spojin. Radioaktivnost je nevarna, ker izvrže iz atomov elektron, ali več elektronov, ter s tem spremeni atome, ki so nevtralni v ione, kateri zelo hitro reagirajo in tvorijo nove spojine. Posledica tega je lahko trajna okvara naših celic. V okolju je prisotna radioaktivnost, ki ima lahko umetni ali naravni izvor. Pravimo, da je v naravi bolj kot ne vse radioaktivno. Opazna porast radioaktivnosti na Zemlji pa je bila denimo po drugi svetovni vojni, zaradi napadov (kopenskih in zračnih) z atomskimi bombami. Radioaktivno sevanje se denimo uporablja v medicini, za rentgensko pregledovanje pacientov.

##### **2.2 Sevanje radioaktivnih snovi**

Ob razpadu radioaktivnih jeder, snovi oddajajo sevanje, ki se med različnimi jedri razlikuje. Od vsebnosti radionuklidov (jedra nestabilnih atomov) in vrste razpada ( s katerim ta jedra razpadejo) je odvisno kakšno je to sevanje. Po večini radioaktivna snov oddaja le eno vrsto

sevanja (alfa, beta ali gama), lahko pa tudi hkrati oddaja vse tri vrste sevanja, če vsebuje izotope elementa, ki razpadajo z različnimi razpadi. Alfa, beta in gama sevanje se med seboj razlikujejo po lastnostih, kot tudi učinkih.



**Slika 1:** Prikaz prodornosti  $\alpha$ ,  $\beta$  in  $\gamma$  sevanja skozi različne materiale

### 2.2.1 Alfa ( $\alpha$ ) sevanje

V sevanju alfa so prisotni težki  $\alpha$  delci, ki sestojijo iz dveh protonov in nevtronov, ter so dvakrat pozitivno nabiti. Energija in hitrost delcev pri tem sevanju sta velika, a ima zelo kratek doseg. Kot je razvidno iz Slike 1, ga zaustavi že list papirja. V zraku je doseg delcev  $\alpha$  le nekaj centimetrov. Tudi človeška koža zaustavi  $\alpha$  sevanje, je pa lahko človeku nevarno, če ob razpadu radioaktivnih jeder, ti oddajajo  $\alpha$  sevanje in jih človek užije preko hrane ali neposredno z dihanjem. Ti delci v človeškem organizmu razpadejo, ter lahko zaradi njihove velike energije poškodujejo celice notranjih organov (npr. pljuča). Izvor žarkov  $\alpha$  je v jedru elementa Helija.

### 2.2.2 Beta ( $\beta$ ) sevanje

Beta sevanje imenujemo tudi sevanje elektronov. Beta delci so za razliko od  $\alpha$  delcev lahki, ter pozitivno ali negativno nabiti in imajo maso elektrona. Je precej bolj prodorno od  $\alpha$  sevanja. Beta žarke zaustavi steklena ali aluminijeva plošča. Če  $\beta$  delci pridejo v človeško telo, so prav tako škodljivi.

### 2.2.3 Gama ( $\gamma$ ) sevanje

Najprodornejše sevanje se imenuje gama sevanje. Gama žarki predstavljajo elektromagnetno valovanje s kratkimi valovnimi dolžinami- visoko energijo. Učinkovito ga zaustavi šele debela plast neke snovi, ki vsebuje atome težkih elementov. Takšne snovi so recimo svinec, ter posebne vrste betona.

## 2.3 Umetni izvor sevanja

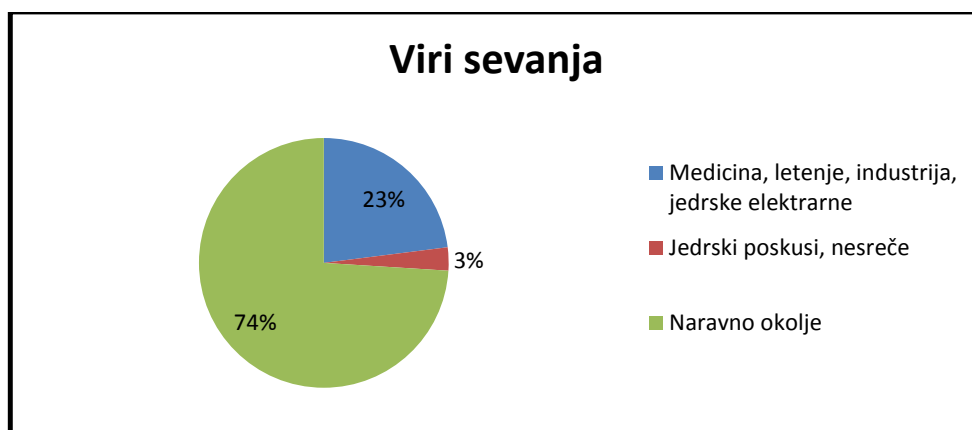
Jedrska eksplozija v Černobilu je le eden izmed primerov umetnega nastanka sevanja. Poleg jedrskih nesreč, sem sodijo jedrski poskusi, ki jih v zgodovini ni bilo malo, ter vsakodnevno radioaktivno sevanje, ki prihaja iz jedrskih elektrarn. Geografsko gledano, je umetna radioaktivnost porazdeljena precej neenakomerno.

To je posledica vseh jedrskih nesreč, ki so se zgodila, ter radioaktivne snovi razpršila v ogromnih radijih. Kontrolirano prisotno umetno sevanje, pa je večinoma locirano v nadzorovanih obratih, ter na zaprtih območjih (npr. reaktorske zgradbe, skladišča radioaktivnih odpadkov itd.). Sicer pa je več umetnega sevanja prisotnega na severnem delu zemeljske poloble, saj se je tam zgodilo več nesreč, bistveno več pa je tudi nukleark v primerjavi z južno poloblo.

#### 2.4 Naravni izvor sevanja

Radioaktivnost lahko najdemo povsod okoli nas. Zemlja, voda, zrak, kamenje, rastline, pri vseh teh naravnih elementih lahko izmerimo določeno stopnjo sevanja. Tudi človek sam po sebi rahlo seva, saj radioaktivne snovi prejme preko hrane.

Glavni izvor naravnega sevanja so kozmični žarki. Na soncu in zvezdah potekajo jedrske reakcije, katerih posledica so kozmični žarki. Zemljina atmosfera, ter magnetno polje Zemlje zadržita večino teh žarkov, a nekaj jih tudi prodre skozi in pride do tal. Okoli 90% delež v žarkih je last protonov, precej manj, 10% je helijev jeder, še manj pa je elektronov, teh je samo en odstotek. Za razliko od umetnih virov, je naravno sevanje, geografsko gledano, precej bolj enakomerno razporejeno na kopnem in v zraku.



Slika 2: Tortni diagram, ki prikazuje razmerje med viri sevanja

#### 2.5 Uporaba jedrske tehnologije

Jedrska tehnologija ima precej širok spekter uporabe, saj se uporablja v : medicini, prehrani (obsevanje hrane, iskanje vodnih virov), biologiji (genetika, nadzor insektov), navtičnem prometu, industriji, proizvodnji elektrike, v znanosti in raziskovanju.

#### 2.6 Razpolovni čas

Pojem razpolovni čas oz. čas razpadanja je pomemben, kadar govorimo radioaktivnem razpadu elementov. V tem času razpade polovica atomov radioaktivnega elementa. To lahko traja sekundo, ali več tisoč let. V Černobilski nesreči je imel radioaktivni jod 131, kratkoživega izotopa, razpolovni čas 8 dni, Cezijev izotop 137 pa okoli 30 let.

### 2.6.1 Računanje razpolovnega časa

Razpolovni čas se izračuna s pomočjo naravnega logaritma (ln), ter razpadnega časa ( $\tau$ ) ki predstavlja padeč števila atomskih jeder (tistih, ki radioaktivno razpada

jo) na  $1/e$  začetne vrednosti. »e« je osnova naravnega logaritma. Torej razpolovni čas izračunamo po formuli  $t_{\frac{1}{2}} = \tau \ln 2$ .

## 2.7 Aktivnost radioaktivnega izvora

Temeljni pokazatelj radioaktivnosti nekega izvora imenujemo aktivnost (radioaktivnega) izvora, in je enak številu razpadlih jeder izvora na enoto časa. Osnovna enota aktivnosti je Becquerel (Bq).

**Tabela 1:** Tabela, ki prikazuje aktivnost snovi iz okolja

Snov in količina	Aktivnost (v Bq)
1l deževnice	0,5
1l mleka	80
1kg krompirja	150
Odrasla oseba (70kg)	7.000-8.000
1kg naravnega urana	25.000.000

### 2.7.1 Računanje aktivnosti izvora

Atomska jedra razpadajo neodvisno drug od drugega, zato je relativni delež jeder  $\frac{dN}{N}$  realtivno razpadejo v času "dt" premo sorazmeren temu času, ter je neodvisen od drugih jeder v izviri, tako dobimo enačbo  $\frac{dN}{N} = -\lambda dt$ , pri čemer je  $\lambda$  razpadna konstanta. Rešitev te enačbe je eksponentna funkcija  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  in opisuje zmanjševanje števila jeder v izviri s časom, pri čemer je  $N(t)$  število jeder v izviri v času  $t$ ,  $N_0$  pa predstavlja začetno število jeder. Če po času ( $t$ ) odvajamo to eksponentno funkcijo pa pridemo do enačbe za aktivnost izvora ( $A$ ).

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda N(t) \quad (1)$$

Več jeder je v izvori, tem večja je aktivnost izvora, krajši je njihov razpadni čas

**Tabela 1:** Enote za merjenje sevanja

Merjena veličina	Pomen	Mednarodni sistem
------------------	-------	-------------------



Aktivnost	Število razpadov v sekundi	Becquerel (Bq)
Absorbirana doza	Energija na enoto mase	Gray (Gy)
Efektivna doza	Vpliv sevanja na telo	Sievert (Sv)

### 3 Jedrska nesreča v Černobilu

#### 3.1 Potek nesreče

Zgodila se je 26.4.1986 in še danes velja za najhujšo jedrsko nesrečo v zgodovini. Reaktor tipa RBMK številka 4 je bil zaustavljen zaradi rednega vzdrževanja. Upravljalci so izklopili ključne varnostne sisteme, da bi lažje opravili preizkus delovanja reaktorja ob zmanjšani moči. Počasen mehanizem sistema za vstavljanje nadzornih palic, votlih konic palic in začasne odstranitve hladila, je zaustavitev sistema povzročila, da se hitrost reakcije močno poveča. Desetkrat se je povečala moč v reaktorju, gorivne palice so se pričele taliti in pritisk pare je bliskovito narastel. Za tem se je zgodila eksplozija. Nesreča pa ni bila podobna eksplozijam, denimo jedrskega orožja, saj je reaktor številka 3 obratoval še naprej. Bil pa je ogromen izpust radioaktivnih snovi v okolje.

#### 3.2 Vzroki za nesrečo

Obstajata dve razlagi o tem kaj je bilo storjeno narobe, da je prišlo do eksplozije.

Prva je bila objavljena 86' leta in krivi izključno upravljalce v jedrski elektrarni. Leta 1991 pa je bila objavljena druga razlaga, ki krivdo pripisuje zasnovi reaktorja, predvsem nadzornim palicam. K nesreči je prav gotovo botrovalo tudi pomembno dejstvo, in sicer, da upravljalci, ki so delali v elektrarni sploh niso bili obveščeni o težavah z reaktorjem. Eden izmed upravljalcev je podal izjavo, v kateri omenja, da so snovalci reaktorja vedeli, da je v določenih pogojih reaktor nevaren, a so podatke seveda namerno prikrivali. Poleg vsega tega, pa večina upravljalcev sploh ni bila usposobljena za delo na takšnih reaktorjih, kar je prav gotovo glavni vzrok za eksplozijo.

Ti prav tako niso bili previdni in tudi niso upoštevali varnostnih in tehničnih postopkov delovanja v elektrarni.

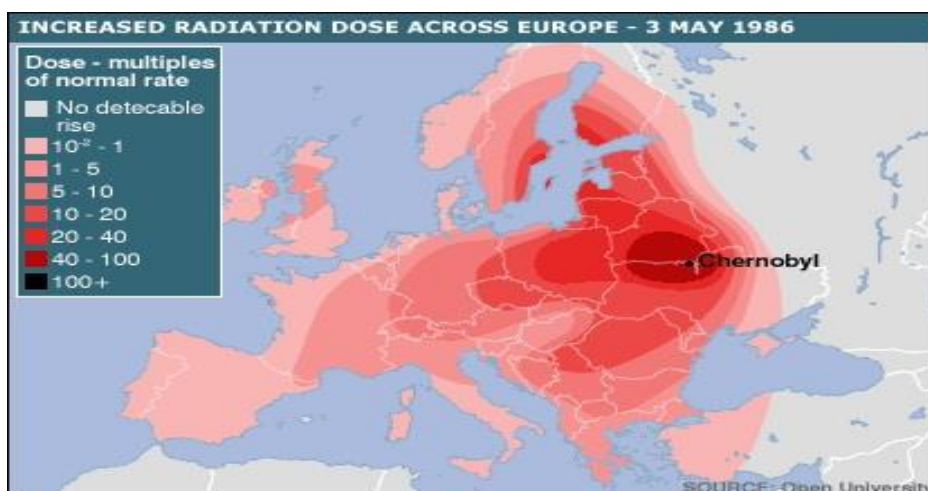
Slaba komunikacija med varnostnimi uslužbenci in upravljalci, ki so vodili preizkus je bila le ena izmed nepravilnosti v postopkih. Izključeno je bilo tudi precej varnostnih sistemov, kar je bilo po tehničnih navodilih jedrske elektrarne strogo prepovedano.

#### 3.3 Takojšnje posledice razširjanja radioaktivnih snovi

Nesreča je povzročila največji nenadzorovani radioaktivni izpust v okolje doslej. Velike količine radioaktivnih snovi, ki so bile sproščene v zrak, so v njem ostale kar približno 10 dni. To je povzročilo resne družbene in gospodarske motnje za velik del populacije v Belorusiji, Rusiji in Ukrajini. Dva radionukleida, kratkotrajen jod-131 in dolgoživ cezij-137, sta bila še posebej vplivna za moč sevanja, ki ga je prejela populacija.

Ocenjuje se, da je bilo od vsega ksenonskega plina, od tega približno polovica joda in cezija, in vsaj 5% preostalih radioaktivnih snovi v sredici reaktorja v številka 4 (ki je imel 192 ton

goriva) sproščenega v nesreči. Večina sproščenega materiala je bilo deponiranega v bližini, v obliki prahu in smeti, preostali lahek material pa je bil raznesen z vetrom preko Ukrajine, Belorusije, Rusije in nad Skandinavijo, ter preostalim delom Evrope. Ravno veter je bil najhitrejši raznašalec radioaktivnih snovi, med tem ko je bil prenos snovi preko vode, ter preko tal dosti počasnejši. Kontaminacija okrog Černobila se je razširjala precej neenakomerno. Najbolj dobila kontaminirana tista območja, kjer je padal dež, saj je le ta izpiral delce iz kontaminiranih oblakov.



**Slika 3:** Zemljevid Evrope, ki prikazuje povečano koncentracijo radioaktivnosti 3. maja leta 1986

### 3.4 Posledice nesreče na zdravje ljudi

237 ljudi, po večini delavcev je prizadela takojšnja okužba z radiacijskim sindromom, eden izmed delavcev je umrl takoj, 31 pa nekaj tednov kasneje. Med najpogostejšimi boleznimi so : rak ščitnice, levkemija, različna rakasta obolenja in tudi psihične težave. Leta 1987 so odkrili tudi skokovito rast oseb prizadetih z Downovim sindromom. V Tabeli 1 je natančneje predstavljeno število obolelih z rakom, ter drugimi boleznimi in tudi število smrti. Številke govorijo same zase o tem, kako grozovite posledice je katastrofa imela.

**Tabela 2:** Tabela prikazuje število prizadetih, ki so oboleli za rakom oz. so tragično preminuli

	Stopnja radiacije na površju (kBq/	Število prizadetih	Povečano št. obolelih za rakom ščitnice	Skupna presežena koncentracija (na osebo v Sv	Število obolelih za rakom in	Število smrti zaradi rakavih obolenj

	$m^2$ ) Cezija-137				levkemi jo	
Reševalci, gasilci, prostovoljci		530.000		77.000	9.000	4.000
Evakuiranci		115.000		5.000	600	300
Prebivaljci najbolj kontaminiranih območij	> 550	25.000	6.000 (do leta 2008)	16.000	2.000	1.000
Prebivalci najbolj kontaminiranih območij v Ukrajini, Belorusiji in Rusiji	> 37	6.4 miliona		57.000	6.000	3.000
Ostali prebivalci Ukrajine, Belorusije in prizadetega dela Rusije	< 37	92 milijonov		83.000	9.000	5.000
Prebivalci ostalih evropskih držav		500 milijonov		163.000	19.000	9.000
Vsi ostali prebivalci sveta (na severni polobli)				64.000	7.000	4.000
<b>SKUPAJ</b>				<b>456.000</b>	<b>53.000</b>	<b>27.000</b>

Mutacije, simptomi stresa, depresija, zaskrbljenost in zdravstveno nerazrešene psihične motnje, ter tudi bistveno poslabšanje splošnega počutja so vse stranski učinki katastrofe ogromnih razsežnosti.

### 3.5 Vplivi nesreče na okolje in ekosistem

Okoljska škoda, ki je bila narejena tik po nesreči je vplivala na živalstvo in rastlinstvo, reke, jezera, ter vse do podtalnice. Obseg poškodb je vodilo znanstvenike in vladne uradnike do ugotovitve, da je bilo območje izpostavljeno porušitvi ekološkega ravnovesja za več desetletij. Obsevanje sproščenih nukleotidov v okolje je povzročilo številne akutne škodljive učinke na rastline in živali, ki so živele na območjih z višjo izpostavljenostjo sevanju. To območje je segalo približno 30 kilometrov od vira eksplozije. Odziv naravnega okolja je kompleksna interakcija med odmerkom sevanja in občutljivostjo različnih rastlin in živali. Opazili so tako individualne, kot populacijske učinke motenj razvoja rastlin in živali. Bistveno so bili uničeni iglavci, povečala se je umrljivost nevretenčarjev v tleh, ter sesalcev.

### 3.5.1 Rdeči gozd

Gozd je bil eden izmed najbolj prizadetih elementov ekosistema. Več deset tisoč hektarjev gozda v okolici elektrarne je prejelo ogromen delež radioaktivnih snovi. To lahko pripisujemo dejstvu, da imajo drevesa odlično sposobnost filtracije. Prejeli so približno stokrat večjo koncentracijo sevanja kot običajno. Zaradi tako velike koncentracije radioaktivnih snovi so bili primorani del gozda požgati. Sicer pa se ta gozd, ki je bil v najbližjem okolju elektrarne, še vedno imenuje rdeči gozd.

### 3.5.2 Vplivi prenosa radioaktivnih snovi v Sloveniji

Nesreča se je zgodila ravno v času, ko je večina agro kultur v obdobju rastja, kar je pomenilo dodatno zaskrbljenost in obup prebivalcev v ožjem in širšem okolju. Prepoved prodaje oz. resna opozorila mleka, in zelenjave sta bila ena izmed prvih ukrepov v povezavi s škodljivimi vplivi na okolje. Ta prepoved ni veljala le za ožje območje nuklearke, ampak tudi drugje po svetu. Izvzeta ni bila niti Slovenija, mediji so namreč k sreči, hitro razširili ta opozorila. Slovenija je bila precej dobro pripravljena na pojav radioaktivne kontaminacije, saj se neprestane meritve izvajajo v okolici Nuklearke v Krškem in v reaktorskem centru Podgorica. Hujših posledic na zdravje posameznikov ni bilo. Je pa res, da je povprečen prebivalec Slovenije prejel povečano dozo sevanja, takšno kot bi jo sicer iz okolja prejel v nekaj mesecih.

## 3.6 Velike jedrske nesreče

Černobilska nesreča je bila največja jedrska nesreča v zgodovini. Poleg nje pa velja omeniti še nekaj ostalih nesreč, ki so za seboj pustile precej škode. Po mednarodni lestvici jedrskih nesreč je s številko 7, ki označuje veliko nesrečo, poleg Černobila označena še eksplozija jedrske elektrarne na Japonskem, v Fukušimi leta 2011. Tretja po obsegu izpusta radioaktivnih snovi, je nesreča v ruskem Kištimu. Sledita ji nesreča na Otoku treh milj v ZDA, in v Windsvalu, v Veliki Britaniji.

## 4 Zaključek

Nobenega dvoma ni, da je imela jedrska katastrofa v Černobilu strahovite posledice. Radioaktivne snovi so se razširile po celotni severni polobli. Po tej tragediji se je odprlo vprašanje, o dejanski varnosti obratovanja nukleark po vsem svetu. Ekstremni naravni pojavi, ki so bili krivec za nuklearno nesrečo v Fukušimi in, ki je imela sicer manjše posledice v primerjavi s Černobilom, so dokazali, da tudi povečana varnost in razvoj jedrske tehnologije ni zagotovilo za preprečitev nezgod. Jedrska proizvodnja energije zagotovo ni najbolj primeren vir energije, ki nam bo služil v prihodnosti.

## 5 Literatura

- [1] I.Mele, *Raopis*, 11-12, 2006.
- [2] R.Istenič, O.Gortnar, *Černobil: nesreča, posledice in nauki*, 45-58, 69-74, 1996
- [3] VirInternet:<http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Safety-of-Plants/Chernobyl-Accident/III>

## *Delovanje čistilne naprave za odpadno vodo*

*Tadej Gorenšek<sup>1</sup>*

### *Activism of wastewater treatment plants*

**Povzetek.** Iz okolja priteče odpadna voda v čistilno napravo, kjer se pred povratkom nazaj v okolje očisti. Čiščenje odpadne vode se začne s predčiščenjem ter nadaljuje s primarno, sekundarno ter terciarno fazo čiščenja. Skozi faze čiščenja se iz vode izločijo nevarne in škodljive snovi. Voda, ki se iz čistilne naprave vrne nazaj v okolje ni več nevarna okolju in ljudem.

**Abstract.** The wastewater flows from the environment into wastewater treatment plant, where it cleans, before it returns back to the environment. The cleaning of wastewater process begins with pre-cleaning and continues with primary, secondary and tertiary phase of cleaning. Dangerous and harmful substances eliminates from the wastewater, through those phases. The water, which returns from the wastewater treatment plant back into environment, is not dangerous to the environment and people anymore.

## **1 Uvod**

Živimo v času, kjer nastajajo velike količine odpadnih voda, ki so bodisi gospodinjstvskega, industrijskega, padavinskega ali drugega izvora. Odpadne vode vsebujejo tudi snovi, ki so okolju škodljive. Okolje lahko zavarujemo pred temi škodljivimi snovmi, ki so vir odpadnih voda, tako, da te odpadne vode očistimo. To dosežemo tako, da jih namenoma speljemo v čistilno napravo. V tej napravi se odpadne vode očistijo škodljivih snovi do te mere, da so, ob povrnitvi iz naprave nazaj v okolje, očiščene in neškodljive okolju. Delovanje le-te poteka v fazah predčiščenja, primarnega, sekundarnega in terciarnega čiščenja, v katerih se pojavljajo fizikalni, biološki in kemijski procesi.

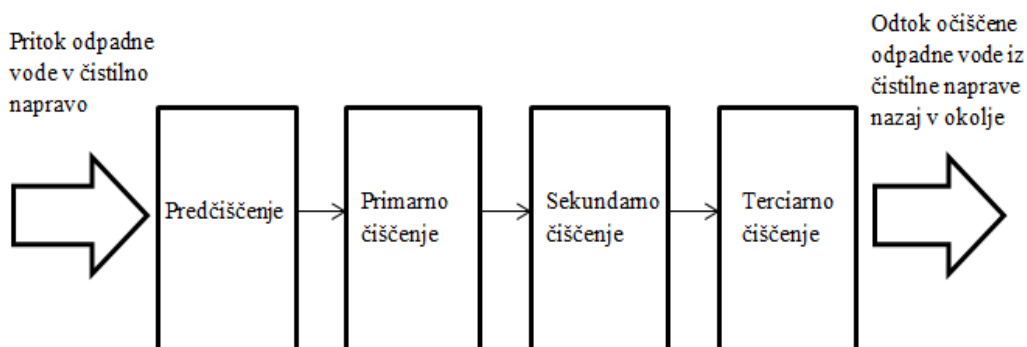
Čistilna naprava je za okolje izjemnega pomena, saj s svojim delovanjem pripomore k čistejšemu okolju.

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

## 2 Delovanje čistilne naprave

Delovanje čistilne naprave poteka v fazah predčiščenja, primarnega, sekundarnega in terciarnega čiščenja.



**Slika 1:** Delovanje čistilne naprave po fazah

Vir: Lasten

## 3 Predčiščenje

Odpadna voda lahko pogosto vsebuje tudi razne večje snovi, kot so kakšne odpadle veje dreves, kamenje, steklenice, zavržena oblačila, razne plastične snovi, itd. Te snovi bi lahko povzročale slabši učinek čiščenja, manjši pretok odpadne vode ali pa celo poškodbe na napravah. Da se izognemo tem negativnim posledicam, je v čiščenju odpadne vode pomembno predčiščenje, ki zajema postopke izločitve teh večjih snovi s pomočjo grabelj, peskolova ter lovilcev maščob in olj.

### 3.1 Grablje

Grablje so nekakšno pregradno sito s katerim iz vode izločimo večje snovi, delce. Na njih so odprtine velike do nekaj milimetrov, odvisno od vrste grabelj. Grablje se spustijo v prostor, skozi katerega teče voda in večjim snovem oziroma delcem onemogočijo prehod skozi odprtine. Te snovi se nato odlagajo v za to pripravljene zabojnike. V manjših čistilnih objektih pa namesto z grabljami, večje snovi iz odpadne vode odstranjujejo kar ročno. Na sliki 1 spodaj se lepo vidi, kako so grablje onemogočile prehod večjih snovi, ki so se zadržale nad odprtinami, ker so te snovi večje od odprtin v grabljah.



**Slika 2:** Odpadne snovi, ki so jih zajele grablje.

Vir: Lasten

### **3.2 Peskolov**

Po čiščenju odpadne vode z grabljami se predčiščenje nadaljuje s postopkom peskolova. S peskolovom iz vode odstranimo predvsem anorganske in organske odpade, ki se ne razgrajujejo in ne razpadajo v vodi. Primeri takšnih odpadov so pesek, mivka, pepel, kavna usedlina. Peskolov sestavlja eden ali več vzporednih razširjenih, daljših kanalov. V njem je bistveno, da se hitrost toka odpadne vode precej upočasni, kar pa omogoči, da se težje snovi od vode začnejo usedati. Peskolov mora obratovati tako, da se organske snovi, ki so le malo težje ne posedajo. Njihovo čiščenje poteka šele v poznejših fazah. Tako na primer določen pesek skupaj z vodo priteče v čistilno napravo. Ta pride skozi čiščenje z grabljami, ker je premajhne prostornine, da bi ga grablje odstranile iz odpadne vode. Ko prihaja skozi peskolov z zmanjšano hitrostjo toka se, zaradi večje teže od vode, usede in nato strojno transportira v posebne zabojnike. Tako je voda, ki je pretekla peskolov očiščena peska ter ostalih težjih snovi od vode.

### **3.3 Odstranjevanje maščob in olj**

Po toku skozi peskolov je voda pripravljena za naslednji postopek predčiščenja z lovilci maščob in olj. Maščobe se odstranijo tako, da se odpadna voda črpa v manjši bazen, kjer se potem maščoba in olje pojavita na gladini odpadne vode. Po vrhu se maščobe in olja nato postrgajo iz vode. Odpadi se strojno transportirajo v posebne zabojnike.



**Slika 3:** Odlaganje maščobe in olja. Na podoben način se odlaga tudi pesek.

Vir: Lasten

#### 4 Primarno čiščenje

S primarnim čiščenjem iz odpadne vode v bazenih izločimo lahko usedalne in lahke plavajoče snovi, ki jih s prejšnjimi postopki ni mogoče izločiti. Odpadna voda je speljana tako, da iz predčiščenja priteka v bazene, kjer se njena hitrost toka zmanjša. V teh bazenih je hitrost toka pod 0,3 m/s, kar povzroči usedanje težjih trdnih snovi, kot je blato. Ta upočasnjen tok pa tudi povzroči nastanek pene na površju odpade vode, ki vsebuje lažje organske snovi, olja in maščobe. Te pene se iz površja bazena posnamejo ter odložijo na komunalno deponijo. Blato, ki nastaja pri primarnem čiščenju, se imenuje primarno blato. Odlaga se v posebne zabojnike. Usedalni bazeni so lahko različnih oblik, poznamo pravokotne in okrogle. Pri pravokotnih teče odpadna voda iz ene strani na drugo stran usedalnika, ki ima na dnu nameščena strgala, ki usedeno blato potiskajo k zbirniku. Pri okroglih bazenih pa odpadna voda doteka na sredino ter teče navzven proti robu. Tudi tu se uporabljajo strgalniki za usedeno blato. Poleg strgalnika imata obe obliki usedalnih bazenov na površini posnemalnik pen, ki deluje vzporedno s strgali. Odpadna voda se v teh bazenih, kljub počasnemu toku, ne sme zadrževati predolgo, saj bi slednje povzročilo rast anaerobnih bakterij ter gnitje in s tem smrad na čistilni napravi. Navadne usedalnice počasi zamenjujejo nove tehnike mehanskega koncentriranja odpadne organske mase, ki so hitrejše. To so predvsem flotatorji, obarjalniki in filtratorji.

**Tabela 1:** Primarni usedalni bazeni so zgrajeni tako, da velja naslednje (Roš, 2001):

Zadrževalni čas odpadne vode	Od 1 do 2 uri
Povprečna površinska obremenitev	Od 32600 do 48900 l/m <sup>2</sup> d
Površinska obremenitev v konici	Od 81500 do 122000 l/m <sup>2</sup> d
Prelivna hitrost pri maksimalni obremenitvi	2 l/ms



Učinek usedalnika se meri v odvisnosti od površine in volumna bazena ter iztoka in vtoka. S pomočjo volumna določimo zadrževalni čas po enačbi (1) in s pomočjo površine bazena določimo površinsko napetost za vsak vtok po spodnji enačbi (2). (Roš 2001)

$$\text{Zadrževalni čas [h]} = \frac{\text{volumen bazena [m}^3\text{]} \cdot 24 \text{ h}}{\text{pretok [m}^3\text{/dan]}} \quad (1)$$

$$\text{Površinska obremenitev} = \frac{\text{pretok [m}^3\text{/dan]}}{\text{površina usedalnika [m}^2\text{]}} \quad (2)$$



Slika 4: Usedalni bazen primarnega čiščenja.

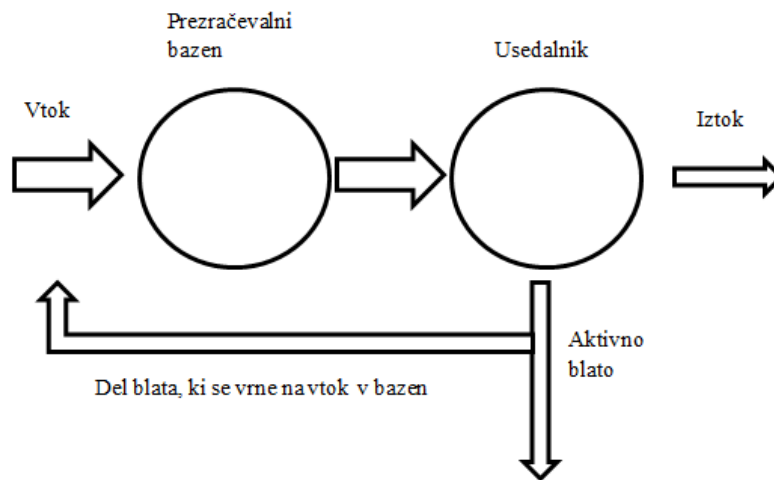
Vir: Lasten

## 5 Sekundarno čiščenje

Odpadna voda priteče iz predčiščenja in primarnega čiščenja v prezračevalne bazene, kjer poteka sekundarno oziroma biološko čiščenje. To čiščenje poteka tako, da se odpadna voda dlje čas zadrži, da potečejo biološke reakcije mikroorganizmov, ki zagotavljajo biološko presnovo organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. V tem procesu so prisotne bakterije, bičkarji, mičetalkarji, gliste, maloščetinci. Za zadrževanje vode so potrebni veliki zadrževalni bazeni, v katere se dovaja dodaten zrak in kisik, da se proces pospeši. Bazeni se prezračujejo in z mehanskimi mešali mešajo novo dotočeno odpadno vodo z staro odpadno vodo, ki je že bila zadržana v bazenu in vsebuje že razvite kolonije mikroorganizmov. Tako mikroorganizmi hitreje in bolje presnavljajo.

S takšnim načinom čiščenja je mogoče doseči do 95 odstoten učinek čiščenja na BPK<sub>5</sub>. Odpadna voda dovaja hraniva dušika in fosforja ter organsko snov ogljik, kot vir energije za nadaljnjo rast in razvoj mikroorganizmov.

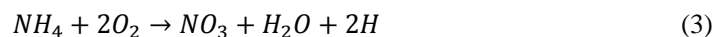
Količino organske snovi v odpadni merimo s parametrom BPK<sub>5</sub>. Optimalno razmerje organske snovi, dušika in fosforja je 100: 5: 1. Organska snov v odpadni vodi se zaradi dovedenega kisika pretvarja v aktivno blato, ki še poleg mikroorganizmov vsebuje inertne suspendirane snovi in nerazgradljive suspendirane snovi. Voda se nato iz prezračevalnih bazenov gravitacijsko preliva v usedalnik, v katerem se aktivno blato loči od očiščene vode z usedanjem. Del ločenega aktivnega blata se vrne nazaj v vtok prezračevalnega bazena, saj se v blatu nahajajo mikroorganizmi, da je zagotovljeno zadostno število mikroorganizmov med ponovnim postopkom z novo dovedeno odpadno vodo v ta bazen. Izloženo aktivno blato iz usedalnika, ki se ne vrne v prezračevalni bazen, pa se transportira v posebne zabojnike, ki so temu namenjeni.



Slika 5: Kroženje aktivnega blata, ki se izloča iz vode, v usedalniku.

Vir: Lasten

S klasičnim biološkim čiščenjem se poleg približno 80% organskega ogljika odstrani samo okoli 24% dušika in 29% fosforja, s čimer pa se njegove posledice za bilanco kisika v odvodniku ne preprečijo. Problematika sodobnega čiščenja odpadnih voda je izredno kompleksna in dopušča širok spekter možnih rešitev, ki pa se glede bistva samih bioloških procesov med seboj bistveno ne razlikujejo. Dušikove spojine v odpadni vodi so v večini primerov prisotne v obliki organskih dušikovih spojin med katerimi prevladuje amonijak in amonij. Biološko odstranjevanje amonijaka poteka tako, da se pretvori v nitrit in nato v nitrat. To opravita dve različni vrsti organizmov v prisotnosti kisika. Kot je razvidno iz reakcije spodaj (3), v primeru amonija, se v procesu nitrifikacije tvorijo vodikovi protoni, kar pomeni, da se pH raztopine znižuje. (Lobnik, 2009)





**Slika 6:** Usedalni bazen s prisotnimi mikroorganizmi, ki se uporablja za sekundarno čiščenje.

Vir: Lasten

## **6 Terciarno čiščenje**

Po sekundarnem čiščenju odpadne vode sledi še zadnja faza čiščenja pred povratkom vode nazaj v okolje. Ta faza je terciarno čiščenje, katere namen je, da dvigne kakovost vode in jo pripravi do te mere, da se lahko vrne v okolje. Iz vode se odstranijo hranilne snovi. Potekajo razni postopki, kot so odstranitev dušika, odstranitev fosforja, nitrifikacija, denitrifikacija, kot zadnji proces pri delovanju čistilne naprave pa je vedno dezinfekcija.

### **6.1 Dezinfekcija**

Po vseh fazah in postopkih čiščenja vode, ni mogoče pričakovati, da v vodi niso prisotni razni mikroorganizmi, ki lahko prispevajo k raznim boleznim. Zato je cilj, da se pred izpustom vode v okolje, zmanjša število vseh patogenov na število, ki ne povzroča negativnih posledic. Dezinfekcija je obdelava odpadne vode za uničevanje mikroorganizmov, ki povzročajo bolezni. Drugi izraz, ki se tudi pojavlja pri opisovanju uničenja vseh mikroorganizmov je sterilizacija. Pri dezinfekciji se v odpadni vodi znatno zmanjša število mikrobov, da se bakterijsko število zmanjša na varno raven. Po čiščenju in dezinfekciji se število patogenih bakterij zmanjša za več kot 99,99 %. Torej velja, da je v primeru, če je v odpadni vodi prisotnih 10000000 patogenih bakterij, jih je po dezinfekciji še samo 1000. Postopki, ki se uporabljajo za dezinfekcijo so kloriranje, ozoniranje, ultrafiltracija in dezinfekcija z UV svetlobo. Za indeks dobre dezinfekcije se uporablja preverjanje s koliformnimi organizmi, kot koncentracija, podana kot najbolj verjetno število skupnih koliformnov na 100 ml vzorca očiščene vode na iztoku.

## 7 Blato iz čistilne naprave

Pri čiščenju odpadne vode v čistilni napravi skozi procese nastaja kot stranski produkt blato. Pri primarnem čiščenju nastaja primarno blato, pri sekundarnem čiščenju pa sekundarno blato. V blatu so zgoščene od prej raztopljene suspendirane snovi skupaj z mikroorganizmi. Blato je potrebno obdelati tako, da se prisotne organske snovi mineralizirajo. Njegove karakteristike so lahko različne, odvisno od uporabljanja različnih tehnologij čiščenja. Blato sestavljajo trdne snovi in voda, pri čemer je odstotek vode med 97 in 99 odstotkov volumna vode. Za obdelavo blata se uporabljajo postopki zgoščevanje blata, kondicioniranje blata, stabilizacija blata in odstranjevanje vode iz suspendiranih snovi.



Slika 7: Odlaganje primarnega in sekundarnega blata v posebne zabojnike.

Vir: Lasten

## 8 Literatura in viri

- [1] A. Lobnik, N. Samec, *Okoljsko inženirstvo*, 2009
- [2] Disinfection of Wastewater, *elektronski vir*, <http://water.me.vccs.edu/courses/ENV149/disinfectionb.htm>, [dostop 13. december 2014]
- [3] Delovanje komunalne čistilne naprave in možnost uporabe produktov čiščenja – diplomsko delo, *elektronski vir*, <http://www.ung.si/~library/diplome/OKOLJE/38Turk.pdf>, [dostop 12. december 2014]
- [4] M. Roš, *Biološko čiščenje odpadne vode* 243, 2001.

## *Zakaj izginja Veliki koralni greben v Avstraliji?*

*Katja Kuzmič*

### *Why is The Great Barrier Reef in Australia disappearing?*

**Povzetek.** V seminarski nalogi so predstavljeni poglavni vroki zakaj Veliki koralni greben v Avstraliji propada. Predstavljeni so tako naravni kot tudi antropogeni vplivi.

**Abstract.** The document introduces the main reasons for the ruination of The Great Barrier Reef in Australia. It includes threats to the reef of natural and also anthropological causes.

#### **1. Uvod**

Veliki koralni greben je največji sistem koralnih grebenov na svetu in predstavlja pomemben ekosistem. Zaradi svoje velikosti je zelo odporen in bolj dovzeten za različne vrste vplivov. Tako naravne kot antropogene spremembe na območju grebena lahko negativno vplivajo na greben. Najbolj uničujoče posledice za greben pa povzroči kombinacija naravnih in antropogenih vplivov. Nekateri so pustili posledice, ki so vidne še danes in bodo tudi v prihodnosti. S sprejetjem različnih zakonodaj in programov varovanja se skuša zmanjšati negativne vplive in preprečiti popolno uničenje Velikega koralnega grebena.

#### **2. O Velikem koralnem grebenu**

##### **2.1 Splošno**

Veliki koralni greben je tvorba ob avstralski obali, ki jo sestavlja okoli 2800 manjših ločenih podmorskih koralnih grebenov in okoli 600 koralnih otokov, ter je največja kolekcija koral na svetu. Veliki koralni greben je od leta 1981 na UNESCO-vem seznamu zavarovane svetovne dediščine, CNN pa ga je imenoval za enega sedmih naravnih čudes sveta.

Greben je lociran v čistem, plitvem morju ob obali Queenslanda. V dolžino meri približno 2300 kilometrov in je geološko zelo »mlad«, saj se je formiral v zadnjih 18.000 letih. Večinoma se tvorbe končajo tik pod morsko gladino, nekaj pa jih je dovolj visokih, da so iz njih nastali majhni otoki. Ti so danes velika turistična atrakcija

Veliki koralni greben ima izredno raznolike živali in rastline - med njimi je 400 vrst koral, 1500 vrst rib in 4000 vrst mehkužcev. V telesu koral živijo alge, enocelične rastline, ki jih, poleg plena, ki ga ujamejo s svojimi lovkami - uporabljajo za hrano polipi. Alge se



okoriščajo s koralami, ki jim nudijo prostor za rast v bližini morske gladine in vsebujejo kemične snovi, ki filtrirajo ultravijolične sončne žarke in tako varujejo pred škodljivimi vplivi alge in same sebe. [4]



Slika 1: Karta Avstralije z Velikim koralnim grebenom (vir:[13])

## 2.2 Nastanek koralnega grebena

Starost Velikega koralnega grebena je okoli 500.000 let, ampak ni vedno obstajal v takšni obliki, kot nam je znan sedaj. Nastanek se je pričel v obdobju kenozoika, ta pa se je začel pred približno 65,5 milijoni let in traja še danes. V tistem času se je Avstralija najhajala južneje od sedanje lege in se je severno premikala povprečno za 7 cm letno. V tem obdobju je v vzhodni Avstraliji prišlo do tektonskega dvigovanja, na ozemlju Queenslanda pa do vulkanskih izbruhov. Pred približno 25 milijoni let se je formirala morska vdolbina Koralnega morja, v kateri se je pričela rast koral. Do tedaj pa se je severni Queensland nahajal južno od tropskega pasu, v zmerno toplih morjih, ki so bila prehladna za rast koral. Območje severnega Queenslanda se je okoli milijon let kasneje prestavilo v tropske vode - tam se je začelo pospešeno razmnoževanje in rast koral. Pospešeno širjenje koralnega grebena pa sta onemogočali erozija in sedimentacija, ki sta nastali kot posledica dvignjenega vzhodnega dela avstralske celine, ti pa sta povzročali neprimerne pogoje za rast. Od 20 pa do 6 tisoč let nazaj se je gladina morja konstantno dvigala in posledično so se lahko tudi korale razširjale višje na gričih obalne ravnine, ki so bili do tedaj že kontinentalni otoki. Medtem ko se je morska gladina zviševala, je bila večina otokov pod vodo in takrat so korale lahko v celoti porasle griče in oblikovale sedanje oblike grebenov in mahnjih peščenih otokov, ki nastanejo na površini koralnih grebenov. Tako kot vse ostale koralne grebene so tudi tega zgradila živa bitja – korale. Sestavlja in gradi ga na milijone drobnih organizmov – polipov. Polipi imajo apnenčasto ogrodje, ki jih med seboj povezujejo živa vlakna tako, da lahko nastane t.i. živalska kolonija. Polipi brstijo in se delijo tako, da se kolonija razširja horizontalno in vertikalno. Vendar živi del koral predstavlja samo zunanji del, globlje plasti pa gradijo apnenčasti ostanki prejšnjih generacij. Večji del grebenov Velikega koralnega grebena je nastala na celinski polici in ne v globlinah oceanov kot atoli. Veliki koralni greben

sodi med *pregradne grebene* – od kontinenta ga ločuje globok kanal ali laguna, je širok in bolj oddaljen od obale.

### **3. Vzroki za izginjanje Velikega koralnega grebena**

Veliki koralni greben je pod številnimi pritiski naravnih dejavnikov ogrožanja in človeških aktivnosti. Dejavnike, ki predstavljajo nevarnost za korale in grebene, delimo na *naravne, globalne oz. klimaske in antropogene*. Ponavljajoči se pritiski, kot so cikloni, beljenje koral in izbruhi bodičastih morskih zvezd, so krivci za najbolj vidne spremembe na koralnih grebenih. Razlikovanje med naravnimi in antropogenimi vplivi ni pogosto lahko, saj se lahko zgodi, da so antropogeni vplivi opazni šele veliko časa potem, ko se pojavijo oz. ko se spojijo z naravnimi. Zaradi tega je pri opazovanju degradacije grebena velikokrat težava določiti vzročno-posledične povezave.

#### **3.1 Naravni vzroki**

##### **3.1.1 Bodičasta morska zvezda**

Bodičasta morska zvezda je ena redkih živali, ki se hrani z živim tkivom koral – polipi. Imenuje se tako zaradi gostih, dolgih in ostrih bodic, ki prekrivajo njeno zgornjo plast. Med hranjenjem s polipi koral sprošča nevrotoksine, s tem pa dobesedno »izsesa« življenje iz koral. Pri majhni gostoti populacije je ta žival le del ekologije koralnega grebena. Problem se pojavi, ko morske zvezde dosežejo tolikšno populacijo, da jedo korale hitreje kot pa le-te rastejo in se reproducirajo. Mejna vrednost gostote populacije je ocenjena na 30 odraslih morskih zvezd na enem hektarju površine. Populacije, ki presežejo ta prag, so znane kot izbruhi. Prvi znan izbruh v zgodovini je bil opažen in zabeležen leta 1962 pri Zelenih otokih pri obali Cairnisa. Drugi izbruh, ki se je najverjetneje ponovno začel pri obali Cairnisa in se širil južneje do grebenov, je bil zabeležen med letoma 1979 in 1991. Pri tem izbruhu je bilo uničenih približno 17% od več kot 2800 koralnih grebenov. Znanstveniki so mnenja, da je širitev bodičastih morskih zvezd posledica prenosa njenih ličink proti jugu zaradi vzhodno avstralskega toka.



**Slika 2: Bodičasta morska zvezda (vir:[10])**

### 3.2 Globalni oz. klimatski vzroki

Mnogi znanstveniki se strinjajo, da so klimatske spremembe predstavljajo največjo nevarnost, s katero se soočajo koralni grebeni po svetu. Zemlja se segreva in medtem ko temperature neprestano hitreje rastejo, se naravni ekosistemi kot so koralni grebeni, s težavo prilagajajo na takšen ritem sprememb. Višje temperature morja sprožijo stres pri majhnih živalih, ki tvorijo korale, kar lahko vodi do beljenja koral in povzroči verižno reakcijo po prehranjevalni verigi navzgor, vse do smrti grebena. Po mnenju mnogih znanstvenikov je glavni krivec za višanje temperature, ki prizadene Veliki koralni greben, topli morski tok El Niño, ki se pojavlja na zahodnem delu Tihega oceana.

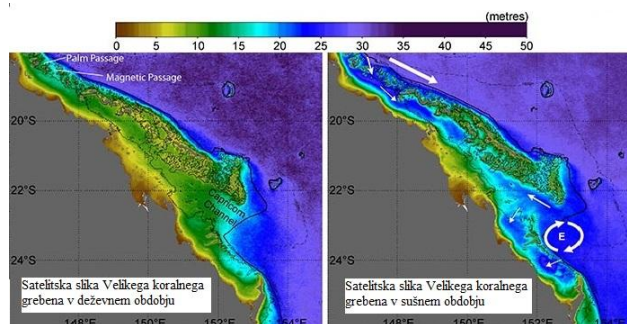
#### 3.2.1 Cikloni

Cikloni so eni izmed najbolj pogostih naravnih vplivov na koralne skupnosti. Učinki ciklonov na grebene so si med seboj zelo različni in odvisni od moči ciklona, njegovega trajanja, bližine do grebenov, usmerjenost grebenov glede na veter in valove ter globine, kjer živijo korale. V ekstremnih situacijah lahko ciklon iz grebena izbriše vse žive korale in druge organizme, medtem ko so v milejših razmerah prizadete le najbolj krhke in plitve korale.

V obdobju daljše odsotnosti ciklonov so zmožni tudi najbolj prizadeti grebeni popolnoma okrevati do originalnega stanja, v kakršnem so bili pred ciklonom. Hiro rastoče korale se lahko obnovijo v roku 5 let. V nasprotnem scenariju, če so skupnosti iz zelo starih, počasi rastočih koral, lahko to traja veliko dlje. Ker pa se je večji del grebena v zadnjih 10-20 letih soočil z več kot le enim ciklonom, lahko Veliki greben štejemo – kakor je navedeno v viru [2] - kot »mozaik obdobj na različnih stopnjah okrevanja«.

#### 3.2.2 Močno deževje – sedimentacija

Veliki koralni greben je lociran na območju monsunskih tropov, zaradi tega je eksponiran vplivom deževnih in sušnih obdobj. Poleti pride do močnega deževja, povezanega z monsunskimi območji nizkega zračnega pritiska ali cikloni, ki povzročijo prostrane poplave rek in razpustitev na milijone litrov sladke vode, obremenjene s sedimenti, v obalna območja.



Slika 3: Veliki koralni greben v deževnem (levo) in sušnem obdobju (desno) (vir:[11])



Reakcija koral na poplave varira na podlagi stopnje slanosti in turbulnce tokov ter trajanja izpostavljenosti. Precejšnja smrtnost se lahko pojavi pri ekstremnih poplavah. Kot je navedeno v viru [2] je: »ob poplavah reke Fitzroy bila smrtnost koral v plitvih vodah pri Keppelovih otokih kar 85%, na otoku Snapper pa se je pokritost koralnega grebena s koralami zmanjšala za 90%«.[6]

### 3.2.3 Povečana koncentracija ogljikovega dioksida

V zadnjih nekaj desetletjih se je količina ogljikovega dioksida povečala za eno tretjino. Odvečne količine CO<sub>2</sub> se raztapljajo v vodi, to pa povzroča raztapljanje koralnih ogrodij, kar je za korale seveda škodljivo. Posledično tvorijo korale, ki živijo v vodah z velikimi koncentracijami CO<sub>2</sub>, šibkejše skelete, zaradi česar so bolj dovzetne za poškodbe od valov, neprevidnih turistov in destruktivnih ribičev. [1]

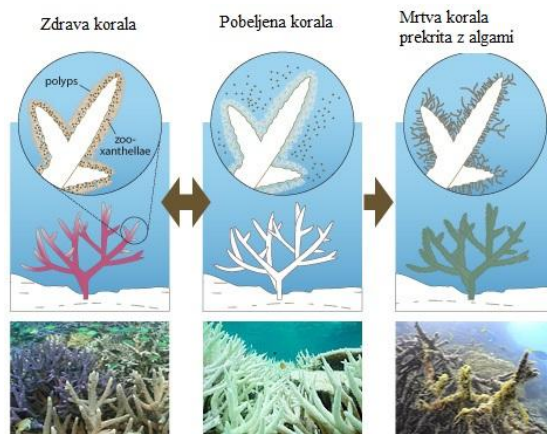
### 3.2.4 Beljenje koral

Do beljenja koral pride, ko so korale pod stresom in izvržejo alge, ki živijo v njihovih tkivih. Ko se to zgodi, je skozi prozorno koralno tkivo mogoče videti bel koralni skelet in se zdi, kot da je korala bele barve. Pobledele korale niso nujno mrtve – če niso pod prehudim stresom, lahko znova pridobijo gostoto alg in si popolnoma opomorejo, dobijo svojo normalno barvo. Pod ekstremnim in trajnim stresom pa bodo pobledele korale umrle. Tudi za tiste korale, ki preživijo beljenje, obstaja velika verjetnost, da trpijo zaradi znižane stopnje rasti, zmanjšanje razmnoževalnih sposobnosti in večje dovzetnosti za druge škodljive dejavnike, kot so recimo bolezni.

Poglavitni razlog za masovno beljenje koral je povišana temperatura vode poleti. Znano je tudi, da visoka stopnja sončne svetlobe in znižana slanost morja prav tako pripomoreta k večanju jakosti beljenja. Le-to je bilo na Velikem koralnem grebenu večkrat formalno dokumentirano, prvič leta 1980. Kot se izkaže, se beljenje v zadnjih nekaj letih povečuje tako v pogostosti kot se tudi povečuje prostorski obseg. Leta. 1998 in 2002 je Veliki koralni greben doletelo množično beljenje koral zaradi povišane temperature morja.

»Masovno beljenje koral leta 2002 je bil največji zabeležen tovrsten dogodek na Velikem koralnem grebenu« (glej vir [2]). Temperature morja so bile le za nekaj stopinj višje vendar je bilo prizadetih 60% vseh pregledanih grebenov. Izkazalo se je, da so bili grebeni na obalnem območju veliko bolj prizadeti v primerjavi s tistimi, ki so bili bolj odmaknjeni od obale.

Za masovno beljenje koral na Velikem koralnem grebenu je bilo narejeno poročilo primerjave beljenja leta 1998 in 2002, v katerem so pojasnili povezave med višanjem temperature morja in beljenjem. V poročilu so navedli, da bi porast temperature morja le za 1°C pomenila 50-82% več pojavov beljenja, 2°C za 97% in 3°C za 100% (glej vir [3]).



Slika 4: Beljenje koral (vir:[12])

## 4. Antropogeni vzroki

### 4.1 Posredni vplivi

#### 4.1.1 Onesnaževanje voda

Znanstveniki so ugotovili, da je onesnaževanje eden izmed poglavitnih razlogov za degradacijo koralnega grebena. Ta prihaja iz različnih virov. Onesnaževanje z nafto, plini in pesticidi zastruplja korale in življenje v morju. Grebeni se poškodujejo pri odlaganju človeških in živalskih odpadkov ter nutrientov v morje ali kadar rečni sistemi odnesejo te polutante v koralne vode. Ti onesnaževalci povečajo nivo dušika okoli koralnih grebenov, kar povzroči eutrofikacijo alg, ki z odvzemanjem svetlobe onemogočijo nadaljno rast grebena.

#### 4.1.2 Antropogena sedimentacija

Gradbeništvo vzdolž obale, rudarstvo, gozdarstvo in kmetovanje ob obalnih rekah so dejavnosti, pri katerih lahko pride do erozije. Erodiran material se odlaga v oceanih in prekrije koralne grebene. Korale zato ne dobijo več svetlobe, ki je nujna za preživetje in se zadušijo. Po hitrem postopku se uničujejo tudi mangrove in morska trava, ki delujejo kot filter za usedline. To je privedlo do povečanja količine sedimentov, ki dosežejo koralne grebene.

#### 4.1.3 Širitev industrije, rudarstva in pristanišč

Razvoj v rudarstvu in industriji vzhodno od glavne ločnice je v zadnjih 40-ih letih pripeljal do odprtja novih pristanišč in občutnega povečanja ladijskega prometa v vodah Velikega koralnega grebena. Na obali je pričelo delovati mnogo rafinerij in topilnic zaradi česar so nato zgradili nova pristanišča, s tem pa novo plovno pot skozi centralni del Velikega koralnega grebena. Te vode letno prepelje na tisoče ladij, ki nemalokrat prevažajo tovor, za katerega si ne bi želeli, da bi se sprostil v vode v nesreči.

## **4.2 Neposredni antropogeni vplivi**

### **4.2.1 Ribolovna industrija**

Na žalost so nekatere sedanje ribiške prakse uničujoče in netrajnostne. Te vključujejo ribolov s cianidom, prelov in ribolov z eksplozivom. Ribolov s cianidom poteka tako, da se potapljači potopijo do grebena, kjer poskropijo cianid v koralne razpoke in po hitro se premikajočih ribah. Cianid ribe omami, zaradi česar jih je enostavneje uloviti. Kljub temu da lahko nekatere večje tropske ribe prebavijo cianid, se manjše ribe in ostali morski sesalci, kot so koralni polipi, zastrupijo s kemičnim oblakom, ki nastane pri tem procesu.

### **4.2.2 Rudarjenje koral**

Človek odstranjuje korable iz njihovega habitata in ju uporablja kot gradbeni material ali pa jih prodaja kot spominek. Pesek in apnenec iz koralnih grebenov se uporablja kot cement pri gradnji novih stavb. Kosi koral so lahko uporabljeni kot opeke ali pa material za gradnjo cest. Nenavadne korable in nakit iz koral se pogosto prodaja turistom in izvoznikom za trge držav v razvoju.

### **4.2.3 Sidranje**

Sidranje ladij na območjih koralnega grebena je razlog za prizadete korable na s sidranjem zelo obremenjenih območjih. Sidra, spuščena na območjih z bolj krhkimi vrstami koral, povzročijo neizogibno uničenje nekaterih koral. Sidro lahko povzroči hude poškodbe v precejšnjem območju, odvisno od teže in dolžine uporabljenega sidra in vetrnih razmer. Nekatero poškodovane vrste so sposobne regeneracije, ki lahko traja od enega do deset let. Ponavljajoče sidranje na istem mestu lahko povzroči trajno zmanjšanje in uničenje koralnega pokrova in diverzitetno vrst, kar pa je ekološko netrajnostno.

### **4.2.4 Poglobljanje oceanskega dna**

Poglobljanje pristanišč in kanalov povzroči ustvarjanje zelo motnih in turbulentnih tokov, ki lahko uničijo korable tudi več sto metrov stran. V večini pristanišč ob obali Queenslanda je po začetni gradnji potrebno redno poglobljanje dna. Vzdrževanje dna v pristaniščih blizu koralnih grebenov lahko potencialno nevarno vpliva na korable. Gradnja marin in kanalov se pojavlja tudi ob obali vzdolž Velikega koralnega grebena.

### **4.2.5 Turizem**

Turistične lokacije, ki spuščajo odplake in odpadke direktno v morje, kjer so koralni grebeni, prispevajo k njihovi degradaciji. Odpadki, shranjeni v slabo vzdrževanih greznicah, lahko prepuščajo v okoliško podtalnico in sčasoma pronicajo do grebenov v morju. Do poškodb grebenov lahko pride tudi z neprevidnim čolnarjenjem, potapljanjem in ribolovom.

Zaradi pestre biodiverzitetne toplih in čistih morij ter lahke dostopnosti s turističnimi ladjami je Veliki koralni greben priljubljena turistična destinacija. Turizem na Velikem koralnem grebenu je največja in najbolj donosna komercialna dejavnost v celotni regiji. Leta 2003 je bil prihodek od turizma ocenjen na 4 milijarde avstralskih dolarjev. Vsako leto obišče Veliki

koralni greben okoli 2 milijona ljudi. Čeprav je večji del teh obiskov izvedenih v povezavi z morsko turistično industrijo, obstaja širša javna zaskrbljenost, da je za Veliki koralni greben turizem nevaren.

## **5. Varovanje**

Skrb za obstoj Velikega koralnega grebena je začela naraščati že v 60-ih letih in na začetku 70-ih let prejšnjega stoletja zaradi določenih vprašljivih dejavnosti, kot so rudarstvo, vrtnanje nafte in izbruhi bodičaste morske zvezde itd. Leta 1975 je Commonwealth ustanovil Great Barrier Reef Marine park z osnovno vlogo, da zagotovi zaščito, premišljeno uporabo, uživanje in spoštovanje Velikega koralnega grebena sedaj in tudi v prihodnosti. Z načrtom coniranja so določili kje in katere dejavnosti so prepovedane na grebenu.

## **6. Zaključek**

Kot je mogoče opaziti, je Veliki koralni greben »bombardiran« z nevarnostmi iz vseh možnih strani. Glede na navedeno menim, da lahko rečemo, da Veliki koralni greben v Avstraliji izginja bolj ali manj zaradi naravnih vzrokov. To pa nikakor ne pomeni, da so antropološki vzroki zanemarljivi. Glede na to, da je greben zaščiten pod okriljem UNESCO-a, in dejstvom, da je to del svetovne dediščine in eden izmed sedmih čudes sveta, bi bilo pričakovati večjo skrb za varovanje in ohranjanje tega edinstvenega ekosistema. Kljub temu pa velikost grebena ostaja njegova največja prednost oz. zaščita pred onesnaževanjem.

## **Viri in literatura**

- [1] Cuff J. David, Goudie S. Andrew: *The Oxford Companion to Global Change*. Oxford University Press, 515-519, 2009
- [2] Dovgan, M. Zaključna seminarska naloga. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, 2014. Dostopno na: [http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/zaksem\\_201405\\_miha\\_dovgan.pdf](http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/zaksem_201405_miha_dovgan.pdf) (5.12.2014)
- [3] Berkelmans Ray, De'ath Glenn, Kininmonth Stuart, Skirving J. William: *A comparison of the 1998 and 2002 coral bleaching events on the Great Barrier Reef: spatial correlation, patterns, and predictions*. Springer-Verlag, 2004. Dostopno na: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00338-003-0353-y>
- [4] [http://sl.wikipedia.org/wiki/Veliki\\_koralni\\_greben](http://sl.wikipedia.org/wiki/Veliki_koralni_greben) (15.12.2014)
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Barrier\\_Reef](http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Barrier_Reef) (13.12.2014)
- [6] <http://www.reefplan.qld.gov.au/about/scientific-consensus-statement/sources-of-pollutants.aspx> (13.12.2014)
- [7] [http://oceanservice.noaa.gov/facts/coral\\_bleach.html](http://oceanservice.noaa.gov/facts/coral_bleach.html) (15.12.2014)
- [8] <http://www.greatbarrierreef.com.au/information/great-barrier-reef-threats/> (12.12.2014)
- [9] <http://www.abc.net.au/news/2014-08-12/great-barrier-reef-still-facing-significant-threats-report/5664878> (14.12.2012)
- [10] <http://theconversation.com/great-barrier-reef-dying-beneath-its-crown-of-thorns-6383> (15.12.2014)
- [11] <http://www.abc.net.au/news/2014-05-30/reef-run-off/5488964> (15.12.2014)
- [12] <http://www.gbrmpa.gov.au/managing-the-reef/threats-to-the-reef/climate-change/what-does-this-mean-for-species/corals/what-is-coral-bleaching> (15.12.2014)
- [13] <http://reefexperience.com.au/tour-information/gallery/> (16.12.2014)

## *Vulkanski izbruh na Islandiji 2010*

*Patrizia Škarjot<sup>1</sup>*

### *Volcanic eruption in Iceland in 2010*

**Povzetek.** V seminarski nalogi bom predstavila vulkanski izbruh na Islandiji, ter širjenje vulkanskega prepela v atmosferi.

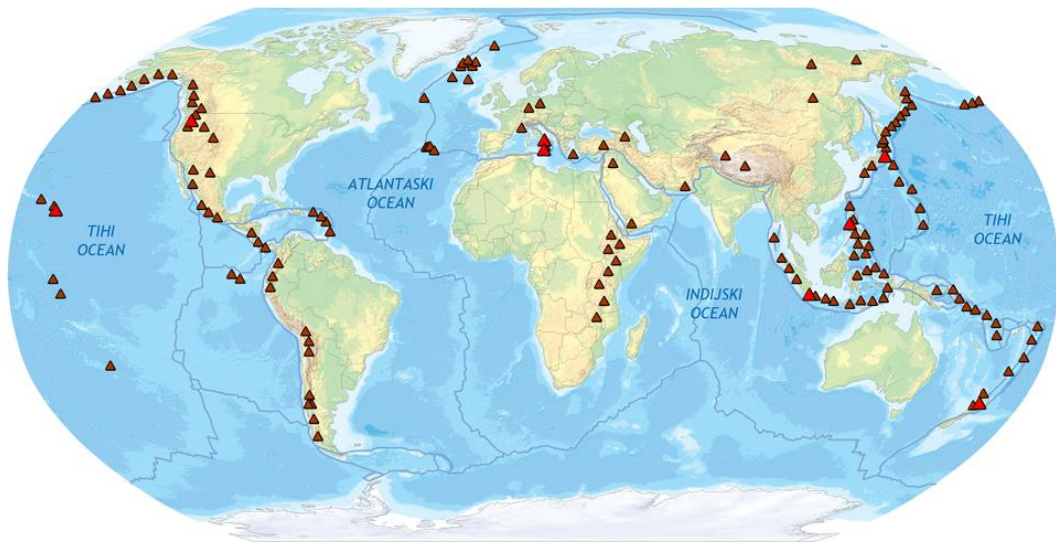
**Abstract.** In this seminar, I will present a volcanic eruption in Iceland, and the spread of volcanic sing in the atmosphere.

#### **1 Vulkani**

Ognjeniki ali vulkani so žrela ali razpoke v zemeljski skorji, skozi katere se iztiska magma (raztaljena kamnina, ki izvira iz globin pod skorjo), ki pride na dan kot lava. Največkrat so vzdolž mej med litosferskimi ploščami, večina pa jih je v pasu, ki ga imenujemo »ognjeni obroč« in poteka ob robu Tihega oceana. Ognjenike lahko razvrstimo glede na moč in pogostost njihovih izbruhov. Eksplozivnih vulkanov ni na krajih, kjer se plošče razmikajo. Pri takih izbruhih se izliva bazaltna lava, ki se hitro širi v obliki nizkih stožcev. Najmočnejši izbruhi nastanejo tam, kjer plošči trčita druga ob drugo. Ob takem izbruhu pride na površje debela riolitna lava, pa tudi oblak prahu in piroklasti (drobci lave). Lava se hitro strdi in nastanejo strma pobočja stožčastih ognjenikov. Na ognjeniških območjih so poleg ognjenikov še različni spremljajoči pojavi, kot so gejziri, termalni vreli, solfatare, fumarole in plinske blatne kotanje [1].

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Vulkani po svetu. [10]

### 1.1 Nastanek vulkana

Vsi ognjeniki nastajajo z akumulacijo (usedanjem) magme, ki izbruhne iz odprtih v površini Zemlje, ognjeniških dimnikov. Ti lahko tvorijo celotno ognjeniško verigo.

Material, ki kasneje izbruhne, je ustvarjen globoko pod površino v zgornjem delu plašča, včasih pa tudi v bazi Zemljine skorje, navadno pri globinah med 80 in 100 kilometri pod 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 dovoj velik pritisk, zato pride do izbruha (plini, lava, ter piroklastični materiali), ki se nato v večini akumulirajo na površje Zemlje [2].

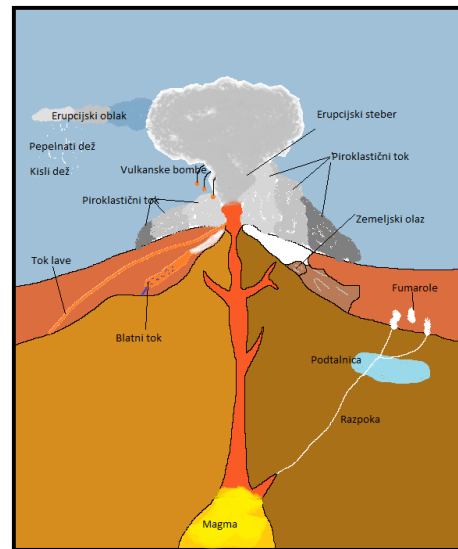
### 1.2 Vulkanski izbruh

Tip in pogostost vulkanskih izbruhov ali erupcij sta določena z židkostjo magme in količino plinov, ki so raztopljeni v njej. Židkost razumemo kot "gostoto" oz. "redkost" tekoče snovi, to je lastnost, ki določa njeno mobilnost oziroma s kakšno lahkoto teče. Vulkano z redkejšo lahkotekočo ali bolj mobilno magmo bruhajo pogosteje in z manjšo močjo. Vulkani z bolj židko, gostoto težkotekočo ali manj mobilno magmo bruhajo redkeje. Kadar pa je v takšni gosti magmi veliko plinov ali pa kadar se magma na poti sreča z vodo, ki se v trenutku upari, izbruhne s strahotno eksplozivno energijo. V bolj viskozni magmi je več kremenice ( $\text{SiO}_2$ ), več kristalčkov in več plinskih mehurčkov.

Plin je pomembna sestavina magme, ki določa tip izbruha. Ko se erupcija začne, se magma, ki je bila prej pod velikim tlakom Zemljine skorje nad njo, na površini nenadoma znajde v bistveno nižjem atmosferskem tlaku. To lahko povzroči kipenje oziroma vretje magme, izhajanje plinskih mehurčkov in izlivanje lave pod pritiskom v tako imenovanih lavometrih. Plin iz manj viskozne, redkejša in lahkotekoče magme lahko izhaja razmeroma brez ovir in zato brez eksplozij. Iz bolj viskoznih, gostejših težkotekočih lav pa izhaja eksplozivno.

Mehurčki plina lahko nastajajo v magmi že precej pod površino, če je v njej izločena velika količina plinov. Z dviganjem magme in padcem tlaka jih je vedno več. Zbirajo se v vrhnjem delu magmatskega ognjišča. Ko se začne erupcija, izbruhne na dan prav ta, vrhnji del magme bogate s plinskimi mehurčki.

Ko vulkan izvrže mehurčkasto lavino "lavino", se zaradi padca notranjega tlaka erupcija začasno konča, čeprav obstaja v podzemlju še vedno nekaj tekoče magme. Ko se magma ohlaja, v njej rastejo kristali. Več kot je kristalov v magmi, bolj je gosta. Nekatere magme so v času erupcije že skoraj strjene in kristalizirane. Temperatura lave je zelo spremenljiva. Najvišja izmerjena temperatura je 1.200 °C. Velja tudi, da bolj kot je vroča, lažje teče. Nekatere tečejo še pri temperaturah okrog 650 °C [3].



Slika 2: Prikaz vulkanskega izbruha [11]

## 2 Vulkanški pepel

Vulkanški pepel je fini prah s premerom zrn manjših od 2 mm, ki pade na zemljo po izbruhu ognjenika [8].

### 2.1 Nastanek in karakteristike

Vulkanški pepel nastane le ob eksplozivnem izbruhu ognjenika. Ob velikem pritisku, ki nastane ob tem se kamnine in magma v trenutku spremenijo v plin in drobne delce. Te delce eksplozija vrže visoko v zrak, kjer obstanejo toliko časa, da se ohladijo nato pa jih veterraznese po okolici, dokler se ne spustijo nazaj na zemljo v obliki različno debele plasti (podobno kot sneg ali pepel).

Za razliko od pepela, ki nastane ob gorenju organskih snovi, je vulkanški pepel trd in abraziven in se ne topi v vodi. Na ta način je bolj podoben puščavskemu pesku kot pepelu. Pepel, ki se naloži v večjih količinah vsebuje praviloma večje delce, ki so bolj vroči in se lahko ob nalaganju sprimejo, kar povzroči nastanek mehkih vulkanskih kamnin (tuf) [8].



## 2.2 Kako nastane piroklastični val in tok

Eksplozivni vulkani bruhajo zdrobljene drobce ohlajajoče se magme, pepela in drobcov kamnin – tako imenovani piroklastični material. Velike eksplozije trajajo več ur ali celo več dni, pri tem lahko vulkan z nenehnimi eksplozijami izbruha velike količine zdrobljenih kamnin in lave. Včasih se celo stotine kubičnih kilometrov, večinoma pepela in plovca, dviguje kot razburkan steber vulkanskega dima.



**Slika 3:** Piroklastični tokovi na pobočju ognjenika Mayon (Filipini), 1984.[12]

Erozijska moč eksplozij sproti širi žrelo in krater, zaradi česar priteka še več magme. Tako je eksplozija še več in pri tem drobi in izbruha iz rezervoarja pod vulkanom še večje količine materiala. Količina izbruhanih drobcov lahko tako naraste, da se ne more dovolj hitro mešati z zadostno količino zraka, da bi se še dvigoval. Steber se zaustavi, začne padati in se zruši okrog žrela. Vroč tok pepela in večjih fragmentov in plinov se razprostere okrog centra izbruha kot vroči plazovi, ki jih imenujemo piroklastični tokovi. Način, na kakšnega potujejo piroklastični tokovi, področje, ki ga prekrijejo, in debelina piroklastične odeje so odvisni od oblike in velikosti žrela, prostornine fragmentov in hitrosti, s katero so bili izbruhani. Tokovi se hitro razširijo v vseh smereh in na tanko pokrijejo ogromna območja.

Pred piroklastičnimi valovi se včasih pojavi hitrejši piroklastični tok vročega drobnozrnatega pepela. Kot sediment se ta pepel težko ohrani, saj ga zlahka spere prvi dež. Val pa je tako vroč in močan, da lahko poruši in zasuje stavbe ter podre in osmodi drevesa. Lahko se giblje s hitrostjo do 200 km/h. S seboj nosi nesortirane odlomke vseh velikosti od najfinejšega pepela do velikih blokov z več kot metrom premera. Ko se sediment iz umirjajočega se vala usede, je mnogokrat že vedno dovolj vroč. Da se že nataljeni delci "zvarijo" v trdno kamnino ingimbrit. V velikih piroklastičnih valovih je običajno plovec, se pravi trdni deli raztopljene magme. Kadar ni zvarjen, se piroklastični material cementira zaradi delovanja vode, šele dolgo po odložitvi [3].

Pred piroklastičnimi valovi se včasih pojavi hitrejši piroklastični tok vročega drobnozrnatega pepela. Kot sediment se ta pepel težko ohrani, saj ga zlahka spere prvi dež. Val pa je tako vroč in močan, da lahko poruši in zasuje stavbe ter podre in osmodi drevesa. Lahko se giblje s hitrostjo do 200 km/h. S seboj nosi nesortirane odlomke vseh velikosti od najfinejšega pepela do velikih blokov z več kot metrom premera. Ko se sediment iz umirjajočega se vala usede, je mnogokrat že vedno dovolj vroč. Da se že nataljeni delci "zvarijo" v trdno kamnino ingimbrit. V velikih piroklastičnih valovih je običajno plovec, se pravi trdni deli raztopljene magme. Kadar ni zvarjen, se piroklastični material cementira zaradi delovanja vode, šele dolgo po odložitvi [3].

## 2.3 Vpliv najfinejšega vulkanskega pepela in vulkanskih plinov na podnebje

Povedali smo že, da se po velikih eksplozijskih izbruhih steber plina in pepela dviguje, dokler ima dovolj vzgona. Ko sta gostoti stebra in okolice enaki, se oblak močno razširi. Najfinejši sediment višinski vetrovi prenesejo na tisoče kilometrov daleč. Večji fragmenti se seveda odložijo v neposredni bližini vulkana. Poleg velikih blokov in vulkanskih bomb izbruha vulkan še majhne steklaste drobce plovca in kristalov, pa pline in vodno paro, ki postopoma kondenzirajo v majhne kapljice vode ter žvepleno in druge kisline.



Najfinejši vulkanski pepel iz zelo visokih eksplozijskih konvekcijskih stebrov se dvigne v zgornji del atmosfere – v stratosfero. Tamkajšni vetrovi jih raznašajo okrog vse Zemlje. Večina delcev prahu odloži v nekaj mesecih po izbruhu, medtem ko kapljice žvepljene kisline lebdijo v višavah več let. Te tako imenovane “prašne koprne” lahko povzročijo spektakularni optični efekt, saj zaradi drugačnega loma sončne svetlobe nastajajo najčudovitejši obarvani sončni zahodi in nenavadni optični efekti, celo navidezno modro obarvana Luna.

Vse velike erupcije so zapustile široko razprostranjene “zapršitve” z vulkanskim prahom. Našli so ga v sedimentih mirnih sedimentacijskih okoljih, močvirski šoti in v plasteh ledu na polarnih območjih. Omogočil je določiti natančno časovno lestvico v povezavi z drugimi indikatorji klimatskih sprememb. Ti zapisi lahko skupaj z drugimi raziskavami klime, življenja in kamnin pomagajo pri napovedovanju bodočih klimatskih sprememb in morda celo pri poskusih, preprečiti nekatere uničevalne posledice izbruhov.

Plasti pepela iz številnih izbruhov v oddaljeni geološki preteklosti omogočajo rekonstrukcijo zaporedja vulkanskih dogajanj v Zemljini geološki zgodovini, posebej še, odkar lahko te plasti tudi radiometrično datirajo in jih primerjajo z drugimi sediment.

Žveplo kot vodikov dulfid je sestavni del večine magme in je pogost v postvulkanskih dejavnostih kot so fumarole in termalni izviri. Omenili smo že bili značilen močan smrad, ki je pogosto ob vulkanskih izbruhih in ob termalnih izvirih. Visoko v atmosferi nastane aerosol drobnih razprčenih kapljic žveplene kisline, ki absorbirajo in odbijejo velik del sončne energije v vesolje in povzročijo znižanje povprečne temperature na Zemlji. Podnebje, v katerem živimo, je lahko zelo občutljivo na meglice kapljic žveplene kisline. Z žveplom bogatimi izbruhi so že velikokrat imeli velik vpliv na globalne temperaturne spremembe v geološki zgodovini. Ugotovili so neprimer, da se je sprostilo v izbruhu vulkana El Chicon v Mehiki leta 1982 okrog 20 milijonov ton žveplane kisline, kar je v tistem letu povzročilo majhno ohladitev na severni polobli.

Za zadnjih nekaj tisoč let so v drevesnih prirastnicah uspeli najsti zapis o vpisu vulkanov na ohlajanje podnebja. Huda zimska zmrzal, ki je sledila večjim erupcijam, je namreč značilno poškodovala prirastnice[3].



**Slika 4:** Satelitska slika oblaka pepela pred Islandsko obalo, 17. April 2010.[13]

### **3 Islandija**

Islandija je otoška država v severnem Atlantskem oceanu, med Grelandijo in Veliko Britanijo. Nastanek Islandije je posledica razmikanja tektonskih plošč in je ena takoimenovanih »vročih točk« na Zemlji. Na Islandiji je več kot 100 vulkanov med katerimi jih je več kot 25 bruhalo v novejši zgodovini [4].

#### **3.1 Izbruh vulkana Eyjafjallajökull leta 2010**

Na jugu Islandije je ponoči izbruhnil vulkan, zaradi česar so morali evakuirati več sto ljudi, zaprli pa so tudi nekatere lokalne ceste. Nazadnje je bruhal leta 1823.

Erupcija vulkana Eyjafjallajökull je povzročila hude težave tudi v letalskem prometu; v mesecu dni je bilo odpovedanih več kot 100 tisoč letov, potovanje je bilo onemogočeno več kot osem milijonom potnikov. Gospodarska škoda je bila milijonska [5].

Vulkanski izbruh na Islandiji je delal letalskim prevoznikom velike preglavice zaradi velikih količin vulkanskega pepela v zraku, saj je vulkan nekaj dni spuščal v ozračje majhne koščke sestavljene iz silikatnega in bazaltnega stekla, ki so izredno nevarni za letalske motorje. Glavni problem je bil v tem, da je vulkan te delce "izstrelil" približno 9 km visoko v zrak, tam pa se še dodatno razpršijo po zračnem prostoru [6].



**Slika 5:** Eyjafjallajökull dne 17. April 2010 [13]

#### **3.2 Širjenje vulkanskega pepela v atmosferi**

Atmosferski delci oziroma aerosoli so drobni trdni in tekoči delci, ki so suspendirani v plinski fazi. Zato pravimo, da je aerosol disperzni sistem. Določitev velikosti aerosola je ključnega pomena tako za meritve kot modeliranje dinamike aerosola. Premer delcev največkrat opišemo z izrazom »aerodinamični premer«. Delci z enako obliko in velikostjo, toda z različno gostoto,

imajo različni aerodinamični premer. Na osnovi velikosti premera ločimo delce  $PM_{10}$  (z aerodinamičnim premerom pod  $10 \mu\text{m}$ ), delce  $PM_{2.5}$  (z aerodinamičnim premerom pod  $2.5 \mu\text{m}$ ) in delce  $PM_{1.0}$  (z aerodinamičnim premerom pod  $1 \mu\text{m}$ ).

Glede na izvor ločimo primarne in sekundarne delce. Primarni delci izvirajo iz virov na površini, medtem, ko so sekundarni delci posledica različnih pretvorb v onesnaženi atmosferi. Delci so lahko ali naravnega izvora (npr. cvetni prah, prah, morska sol, dim gozdnih požarov, meteorski prah, vulkanski pepel) ali antropogenega izvora (posledica izpustov iz energetskih objektov, industrije, prometa, kmetijstva, individualnih kurišč). Glede na izvor so delci različne kemijske sestave, oblike in fizikalnih stanj[7].

Pri prenosu delcev v atmosferi govorimo o disperznem toku. O njem govorimo, kadar je ena faza zvezna (zrak), v njej pa imamo dispergirano (nezvezno) fazo (aerosol). Veter obravnavamo kot nestisljivo tekočino. Faktor, od katerega je odvisen tok, imenujemo Reynoldsovo število:

$$Re = \frac{d_d |\vec{u} - \vec{v}|}{\nu}$$

$d_d$  – premer delca (predpostavimo da ima obliko krogle)

$\vec{u}$  – hitrost tekočine (veter)

$\vec{v}$  – hitrost delca

$\nu$  – viskoznost tekočine (zrak)

Izračunamo Navier-Stokesovo enačbo, ki je izraz za koeficient upora pri majhnem  $Re$ :

$$c_d = \frac{24}{Re}$$

Izraz za pospešek delca je naslednji:

$$\vec{a} = \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_d}\right) \vec{g} + 3\pi \frac{\rho_t}{m_d} \nu d_d (\vec{u} - \vec{v})$$

ker je delec okrogle oblike, izrazimo samo z gostoto:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left(1 - \frac{\rho_t}{\rho_d}\right) \vec{g} + 18 \frac{\rho_t \nu}{\rho_d d_d^2} (\vec{u} - \vec{v})$$

$\vec{a}$  – pospešek delca

$\vec{v}$  – hitrost delca

$d_d$  – premer delca

$\vec{u}$  – hitrost tekočine (veter)

$m_d$  – masa delca

$\nu$  – viskoznost tekočine (zrak)

$\rho_t$  – gostota tekočine

$\rho_d$  – gostota delca

Enačba pove, kako se spreminja hitrost delca s časom v odvisnosti od razmerja gostote tekočine in delca, viskoznosti tekočine (zrak), premera delca ter relativne hitrosti tekočina – delec[9].

## **Literatura**

- [1] Velik slikovni slovar/[prevedli Igor Bregant ... et al.]. – Ljubljana : Mladinska knjiga, 272-277, 2000
- [2] <http://vulkani.weebly.com/nastanek-vulkanov.html> (povzeto dne 12.12.2014)
- [3] KAJ spreminja svet – Ljubljana : Prirodoslovni muzej Slovenije : Agencija RS za okolje, 9-27, 2006
- [4] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Islandija> (povzeto dne 15.12.2014)
- [5] <http://www.zurnal24.si/nevarnost-izbruha-islandskega-vulkana-clanek-234640> (povzeto dne 15.12.2014)
- [6] <http://www.bodieko.si/ali-bo-imel-vulkanski-izbruh-v-islandiji-globalne-posledice> (povzeto dne 15.12.2014)
- [7] [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=388](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=388) (povzeto dne 30.12.2014)
- [8] [http://sl.wikipedia.org/wiki/Vulkanski\\_pepel](http://sl.wikipedia.org/wiki/Vulkanski_pepel) (povzeto dne 14.12.2014)
- [9] Matematično modeliranje pojavov v okolju / Jure Ravnik. – Maribor : Fakulteta za strojništvo, 2012, (stran 175-183)
- [10] slika 1: [http://www.gis.si/egw/GOS\\_T09\\_P01/index.html](http://www.gis.si/egw/GOS_T09_P01/index.html)
- [11] slika 2: Narisano v slikarju
- [12] slika 3: [http://junior.si/vsebina/arhiv/10\\_odshtekanih\\_naravnih\\_sil/](http://junior.si/vsebina/arhiv/10_odshtekanih_naravnih_sil/)
- [13] slika 4, 5: [http://de.wikipedia.org/wiki/Ausbruch\\_des\\_Eyjafjallaj%C3%B6kull\\_2010](http://de.wikipedia.org/wiki/Ausbruch_des_Eyjafjallaj%C3%B6kull_2010)

## *Odstranjevanje SO<sub>2</sub> iz dimnih plinov*

*Irna Lepak<sup>1</sup>*

### *Removal of SO<sub>2</sub> from flue gas*

**Povzetek.** Predstavila bom plin žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), kaj povzroča na zdravje živih bitij in kako ga lahko očistimo iz dimnih plinov.

**Abstract.** I will introduce the gas sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), what causes the health of living beings and how it can be purified from the flue gas

#### **1 Uvod**

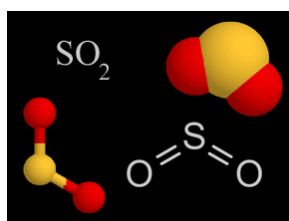
V tej seminarski nalogi vam bom predstavila kaj to sploh je žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), kako nastane, kje ga je največ, njegovo problematiko in odstranjevanje. Kot sami veste je na splošno bilo v preteklosti dosti več emisij žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>), ki ga pa danes s pomočjo sodobnejših tehnologij uspevajo zmanjševati. Mi kot ljudje se ne zavedamo negativnih posledic žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>). Posledica je kisel dež, ki uničuje eko sisteme. Veliko izpušnih emisij SO<sub>2</sub> se da znižati predvsem z nekaterimi novimi vrstami goriv in z novejšimi dimnimi sistemi. Poleg tega se načrtuje, da naj bi se emisije žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>) v bližnji prihodnosti zmanjšale.

#### **2 Žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>)**

Žveplov dioksid je kemična spojina s formulo SO<sub>2</sub>, je brezbarven plin, jedkega vonja, strupen, v vodi se dobro raztaplja in pri tem nastane žveplova kislina. Uporabljamo ga za razkuževanje (dezinfekcijo vinskih sodov), kot konzervans - E220 (suho sadje, žveplanje vina)), belilno sredstvo (papir, oblačila), uporabljen je tudi, kot hladilno sredstvo v hladilnikih za domačo uporabo, v komunalni pa se uporablja za zdravljenje klorirane odpadne vode. [1]

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo



Slika 1 : Struktura žveplovega dioksida [10]

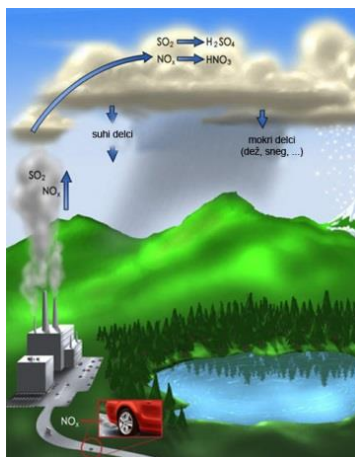
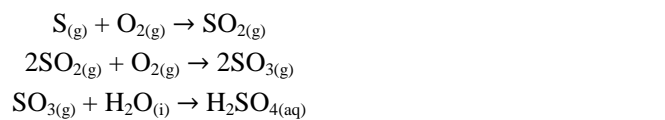
### 3 Posledice SO<sub>2</sub>

Najpogostejši od žveplovih oksidov (SO<sub>x</sub>) je žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>). SO<sub>2</sub> je brezbarven plin z vonjem, ki draži. Najhujša škoda nastane pri spreminjanju žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>) v žveplovo kislino (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), v ozračju, ki se nato nalaga kot kisel dež, sneg ali v obliki posušenih kislih delcev. [2]

#### 3.1 Kisel dež

Kisel dež so kisle padavine, ki jih povzročajo predvsem emisije SO<sub>2</sub> in dušikovih oksidov pri izgorevanju nafte in premoga v termoelektrarnah in prometu. SO<sub>2</sub> se v ozračju raztaplja z vodno paro in tako nastane žveplova kislina, ki je prikazana v kemijski reakciji (1). Največ žveplovega dioksida nastane pri izgorevanju premoga, ki ima veliko žvepla in mlajšem premogu. [3]

Reakcija kislega dežja:



Slika 2: Shema nastanka kislega dežja [11]

### **3.2 Zdravje ljudi**

Onesnaženost zunanjega zraka z SO<sub>2</sub> vpliva tako na zdravje ljudi. Kratkoročno izpostavljanje žveplovemu dioksidu povzroči težave astmatikom in občutljivim ljudem predvsem v bližini industrije, ki je brez ustreznih čistilnih naprav za dimne pline. Otroci v krajih z onesnaženim zrakom pogosteje zbolevajo za kašljem, bronhitisom in infekcijami globlje v dihalih, kot ostali otroci.

Emisije žveplovega dioksida so se v zadnjih letih močno zmanjšale in do izpostavljenosti ljudi visokim koncentracijam prihaja zelo redko. [2]

### **3.3 Vpliv SO<sub>2</sub> na rastline**

SO<sub>2</sub> vstopa v rastlino z difuzijo preko dihalnih por. Na količino plina, ki ga rastlina absorbira vpliva število por, velikost odprtine, zunanja temperatura, vlažnost zraka, hitrost vetra in svetlost. Ko SO<sub>2</sub> vstopi v liste se hitro razširi po celi rastlini in negativno vpliva na fotosintezo, dihanje in izhlapevanje vode iz rastline. [7]

## **4 Odstranjevanje SO<sub>2</sub> iz dimnih plinov**

### **4.1 Odstranjevanje SO<sub>2</sub> iz termoelektrarn**

Termoelektrarne so povsod po državah eden izmed največjih proizvajalcev električne energije. Ker pa se uporabljajo določen material za kurjavo pa nastajajo problemi iz izpuščanjem plinov v ozračje. Ker pa se hočemo to rešiti imamo tudi rešitve.

#### **Suhi postopki:**

Izboljšan aditivni postopek, je postopek pri katerem vpihujemo apno v samo kurišče kotla, nato vodimo prašno maso v poseben vodni reaktor in s tem povečamo stopnjo izločanja žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>). Produkt čiščenja je nekvalitetna sadra. Ta postopek je primeren za enote do 100 MW moči.

Drugi je suhi kalcitni postopek NITRO-ATOMIZER (razpršilnoabsorpcijski postopek), pri katerem razpršujejo absorbent v tok vročih dimnih plinov. Proces se odvija v posebni posodi, absorberju. Produkt čiščenja je kalcijev sulfid in sulfat, ki sta v vodi težko topna in zato nista problematična za okolje.

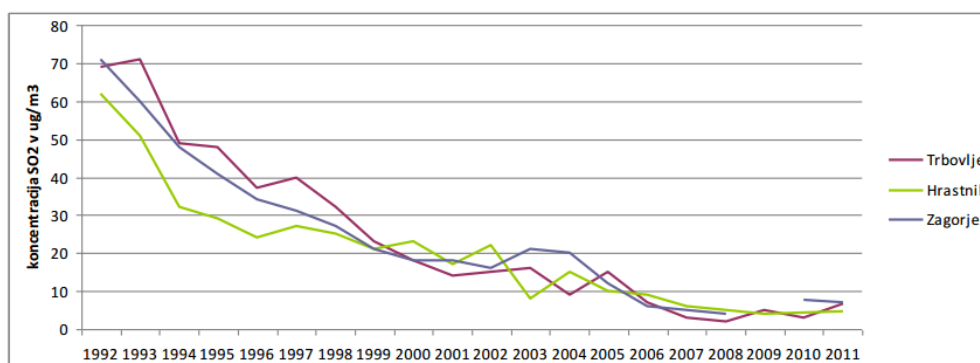
Naslednji postopek je razžveplanje dimnih plinov v zvrtničeni plasti (LURGIJEV postopek). V posebni posodi vzdržujejo plast delcev pepela in hidriranega apna, skozi katero prehajajo dimni plini. Postopek je učinkovitejši pri nižjih temperaturah in večji vlažnosti dimnih plinov, zato v absorberju razpršujejo vodo. Dimni plini se nato očistijo v elektrofiltrih, produkt je mešanica pepela, kalcijevega sulfida in sulfata.

### Mokri postopki:

Pri mokrem kalcitnem postopku se dimni plini perejo s suspenzijo apnenčeve moke in vode. Uveljavljena sta dva sistema – enostopenjski in dvostopenjski. Končni produkt obeh sistemov je sadra ali gips.

Drugi je Waltherejev postopek, pri katerem z elektro filtri očiščene dimne pline perejo z amoniakalno raztopino. Tudi ta absorbent veže na sebe kisle sestavine dimnih plinov. Produkt procesa razžveplanja je amonijev sulfat, ki se uporablja pri izdelavi umetnih gnojil.

Naslednji je Wellman-Lordov regenerativni postopek, kjer kot aditiv uporabljajo raztopino natrijevega sulfida. Iz nizko koncentriranega žveplovega dioksida ( $\text{SO}_2$ ) v dimnih plinih dobijo visoko koncentriran plin, ki ga v nadaljnji fazi predelajo v ustrezen produkt. To je žveplo ali žvepleno kislino. Del aditiva oksidira v natrijev sulfat, ki je tudi uporaben kot surovina v kemični industriji. Posredni vplivi te tehnologije so podobni kot pri visoko zahtevni kemični industriji.[4][5]



Graf 1: Prikaz povprečne letne koncentracije  $\text{SO}_2$  za TE [12]

### 4.2 Odstranjevanje $\text{SO}_2$ iz visokih virov

Emisije, ki jih spuščamo iz višjih virov, se razredčujejo v večjih višinah, in ko dosepejo do tal, so ob primerni višini dimnika razredčene do neškodljivih koncentracij. Pravilna višina dimnika je za zmanjšanje prizemnih koncentracij zelo dragocen ukrep. Zavedati pa se moramo, da višina dimnika prav nič ne zmanjšuje emisij. Le te se prej ali slej izločijo na zemlji in se akumulirajo z vse bolj zaznavnimi škodljivimi posledicami. Zato moramo predvsem zmanjševati emisije, zaradi lokalnih prednosti pa upoštevati tudi koristi primerno visokih izpustov. Opozoriti pa moramo na napačno, dokaj razširjeno mnenje, da visoki dimniki raznašajo onesnaženost na velike razdalje.

Pri določanju ustreznega preseka dimnika moramo biti pozorni na višino dimnika (od priključka za peč navzgor), nazivno moč peči, volumen kurišča (sežigalnica, kotlovnica...), dolžino veznega elementa med kuriščem in dimnikom ter vrsto kurjave. Pri uporabi trdnih goriv so običajno potrebni večji preseki dimnika kot za ogrevanje z oljem in plinom. Kako izračunati presek dimnika je navedeno v enačbi (2).



Formula za dimnike:

(2)

$$A = \frac{2,6 \cdot Q}{n \cdot \sqrt{H}}$$

A – Presek dimne tuljave v m<sup>2</sup>

Q – toplotna moč kurilne naprave v kW

H – delujoča višina dimnika v m

n – koeficient goriva

drva – 900

premog – 1600

olje in plin – 1800

Lokalno onesnaževanje iz visokih virov je zlasti omejeno, če škodljive snovi presegajo višino lokalnih temperaturnih inverzij. Temperaturne inverzije so namreč učinkovita zapora za vertikalno gibanje zraka v obeh smereh, zato onemogočajo, da bi se onesnaženost, ki se izpušča nad inverzijsko plastjo, lahko gibala proti tlom. Ugodnost tega učinka zaznavamo v okolici vseh slovenskih termoelektrarn. Za okolico teh pa so nevarne višinske inverzije, ki jih povzročajo širši vremenotvorni procesi. Kadar nastanejo pod višino okoliških področij, povzročajo akumulacijo dimnih plinov, ki z velikimi koncentracijami SO<sub>2</sub> ogrožajo gozdove na višje ležečih okoliških pobočjih. Visoke inverzije pa so na srečo mnogo manj pogoste od nizkih, ki so lokalnega izvora, kar zmanjšuje nevarnosti za okoliške gozdove.[6]

### 4.3 Odstranjevanje SO<sub>2</sub> iz nizkih virov

Najbolj škodljive emisije so emisije iz nizkih virov (izpustov), ker zaradi kratke poti dosežejo prizemne plasti atmosfere in se najmanj razredčijo. Najneugodnejše so emisije iz nizkih avtomobilskih izpustov, ki jih pešci ob cesti vdihavajo še zelo malo razredčene. Emisije iz nizkih virov so manj ugodne tudi zaradi tega, ker so za razredčevanje onesnaženosti v nižjih zračnih plasteh velik del dneva najslabše vremenske razmere. Zaradi trenja so hitrosti vetra najmanjše, kar zmanjšuje predvsem horizontalne razredčevalne sposobnosti atmosfere. V nižjih zračnih plasteh so najpogostejše in najmočnejše temperaturne inverzije, ki imajo več neugodnih lastnosti. Omejujejo dvige dimnih plinov po izstopu iz dimnikov in preprečujejo vertikalno mešanje v inverzni plasti. Zato se emisije iz nizkih dimnikov ob neugodnem vremenu zadržujejo v tanki plasti, velike koncentracije onesnaženosti pa se pojavljajo že pri skromnih emisijah. Poučno je opazovati gibanje koncentracij ob izginitvi temperaturnih inverzij. Najprej se povečajo prizemne koncentracije, ker se del bolj onesnaženega zraka iz višjih plasti s sproščenim vertikalnim gibanjem usmeri proti tlom. Z nadaljnjim mešanjem se prizemne koncentracije hitro zmanjšajo, tudi za desetkrat in še večkrat, kar vse kaže na veliko odvisnost prizemnih koncentracij od razporeditve temperature z višino.[6]

## 5 Kako lahko vplivamo na onesnaženost zraka?

Razumljivo je, da z zmanjševanjem emisij najučinkoviteje izboljšujemo kakovost zraka. Pri zmanjševanju emisij pa so omejitve, tako tehnične kakor tudi finančne. Zato ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka kombiniramo z zmanjševanjem emisij in drugimi sekundarnimi razpoložljivimi ukrepi. Med te štejemo predvsem izbiro lokacij, višino izpustov ter daljinsko

ogrevanje iz skupnih kotlovnice z višjimi dimniki, ki precej pripomorejo k lokalnemu zmanjševanju koncentracij v prizemni plasti zraka. [9]

### **5.1 Zmanjševanje emisij**

Ukrepi za zmanjševanje emisij so že dolgo znani in na drobno napisani v Zeleni knjigi. Poleg tega so tudi zapisane na ARSU. Majhen vir res ni velik onesnaževalec, takih virov pa je veliko in skupno povzročajo tako velike emisije škodljivih snovi, da brez sanacije malih virov zagotovo ne bomo imeli dovolj čistega zraka.

Največji delež emisij, ki onesnažujejo zrak ( v povprečju 90%), je zaradi rabe fosilnih goriv (premoga, tekočih goriv, plina) in lesa. Če hočemo zagotoviti čistejši zrak v naseljih, v katerih je ogroženih največ prebivalcev Slovenije, se moramo najprej odločiti za najučinkovitejši in najcenejši ukrep- za uporabo čistejših goriv. Na drugo mesto postavljamo primerno vzdrževanje in preišljeno uporabo naprav na fosilna goriva (peči, gonilniki v majhnih in velikih kotlovniceh, avtomobili, razni procesi v industriji), ki onesnažujejo zrak. Na tretje mesto postavljamo uporabo čistilnih naprav.

Drugačen prednostni red ukrepov pa sledi, če si zastavimo za nalogo zaščititi gozdove in zmanjšati daljinski transport. V tem primeru moramo z uporabo čistilnih naprav zmanjšati predvsem emisijo največjih onesnaževalcev. Zmanjšati moramo ogroženost večine prebivalstva, ohraniti kar najbolj zdrave gozdove in zmanjševati daljinski transport. [9]

### **5.2 Izvedeni ukrepi za zmanjševanje SO<sub>2</sub> onesnaževanja**

V preteklih letih so bili izvedeni naslednji ukrepi:

- dodatno razžveplanje dimnih plinov na vseh blokih TEŠ (blok 5 od leta 1990, bloki 1–4 od leta 1992)
- namestitev naprave za razžveplanje na bloku 4 TEŠ leta 1994
- znižanje vsebnosti žvepla v tekočih gorivih zaradi izvajanja novega predpisa o kakovosti tekočih goriv leta 1995
- namestitev naprave za razžveplanje na bloku 5 TEŠ leta 2000
- postopna zamenjava domačega premoga z visoko vsebnostjo žvepla z uvoženim premogom z zelo nizko vsebnostjo žvepla v TE - TOL; dokončna zamenjava leta 2002
- zamenjava goriv z višjo vsebnostjo žvepla z gorivi z nižjo vsebnostjo žvepla v industriji in gospodinjstvih (npr. zamenjava mazuta z zemeljskim plinom v industriji)
- skupina ukrepov, katerih cilj je povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE) in povečanje učinkovite rabe energije (URE) [8]

### **5.3 Sprejeti ukrepi za zmanjševanje SO<sub>2</sub> onesnaževanja**

#### **5.3.1 Termoelektrarne - toplarne in daljinsko ogrevanje**

V Sloveniji smo izpuste SO<sub>2</sub> do leta 2006 zmanjšali za 92 % glede na leto 1980. Glavnina zmanjšanje emisij SO<sub>2</sub> je malo manj kot 78 % deleža v skupnih emisijah v sektorju termoelektrarne - toplarne in daljinskega ogrevanja. Osnovni programski dokument za zmanjšanje emisij v tem sektorju je Operativni program zmanjševanja emisij snovi v zrak iz velikih kurilnih . Bili so izvedeni nekateri ukrepi:

- priključitev blokov 1–3 TEŠ na napravo za razžveplanje
- začetek obratovanja razžvepljevalne naprave na bloku 4 TE Šoštanj in začetek obratovanja razžvepljevalne naprave v TE Trbovlje,
- začetek obratovanja razžvepljevalne naprave na bloku 5 TE Šoštanj (2000),
- uvajanja tekočih goriv z nižjo vsebnostjo žvepla (1995),
- uporabe bolj kakovostnih goriv ter implementacije uredbe LCP (2002) in IPCC (2004). [8][13]

#### **5.3.2 Industrijske kotlovnice in tehnološki procesi**

Na zmanjšanje emisij SO<sub>2</sub> v industriji bo v največji meri vplivalo izvajanje direktive IPPC. Po tej direktivi se morajo podjetja do leta 2007 prilagoditi zahtevam v dokumentih BREF, kjer so predstavljene najboljše trenutno razpoložljive tehnike (BAT – »best available techniques«) in navedene ravni emisij, ki jih je s temi tehnikami možno doseči. Te ravni emisij bodo dosežene z zamenjavo goriv, razžveplanjem dimnih plinov ter reorganizacijo proizvodnje (prenehanje delovanja elektrolize B v Talumu in opustitev proizvodnje celuloze v podjetju za proizvodnjo papirja in celuloze Vipap Videm Krško). Leta 2010 bodo emisije zaradi zgoraj navedenih ukrepov nižje za 3,4 kt. Manjši vir znižanja emisij je tudi zmanjšanje z zakonom predpisane vsebnosti žvepla v kurilnem olju za polovico do 2008 po Pravilniku o fizikalno–kemijskih lastnostih goriv (na 0,1 % m/m). To bo k zmanjšanju prispevalo 100 t. [8]

#### **5.3.3 Cestni in drugi promet**

Pravilnik bo vplival tudi na zmanjšanje emisij v cestnem in drugem prometu, saj bo lahko po letu 2004 vsebnost žvepla v bencinu in dizelskem gorivu največ 50 mg/kg, po 1. 1. 2009 pa največ 10 mg/kg. Zmanjšanje emisij znaša 0,5 kt. [8]

#### **5.3.4 Ukrepi, ki posredno vplivajo na emisije SO<sub>2</sub>**

Poleg ukrepov, ki neposredno vplivajo na zmanjšanje emisij SO<sub>2</sub>, je smiselno izpostaviti tudi vpliv ukrepov, ki so bili sprejeti z drugačnim namenom, in sicer zaradi zmanjšanja emisij toplogrednih plinov (TGP). Na emisije SO<sub>2</sub> bo zlasti vplivala skupina ukrepov, katerih cilj je povečanje učinkovite rabe energije (URE) in povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE). Ti ukrepi bodo na emisije SO<sub>2</sub> vplivali z nižjo porabo trdnih in tekočih fosilnih goriv.[8]

## 6 Zaključek

Onesnaženost zraka v Sloveniji je še vedno tako velika, da povzroča precejšnjo škodo. Največji onesnaževalci zraka so termoelektrarne. Med njimi je največja TE Šoštanj, ki daje skoraj polovico vse emisije SO<sub>2</sub> v Sloveniji, ter TE Trbovlje in TO Ljubljana. Termoelektrarne morajo imeti učinkovite čistilne naprave. Kratkoročno pa lahko zelo dobre rezultate zamenjava neustreznih domačih premogov s kakovostnejšimi premogi iz uvoza, ki imajo majhen delež žvepla. Onesnaženost zraka z SO<sub>2</sub> in dimom se v slovenskih mestih v glavnem zmanjšuje, vendar pa je treba emisijo še precej zmanjšati, da bi dosegli tako raven onesnaženosti, ki ne škoduje zdravju tudi pri dolgotrajni izpostavljenosti. Pomemben sanacijski ukrep za varstvo zraka v mestih je nadaljnja širitev daljinskega ogrevanja in omrežja zemeljskega plina. Industrija, ki čezmerno onesnažujejo zrak, bo morala svoje emisije uskladiti s predpisanimi in si zagotoviti ustrezne filtre ter čistilne naprave dimnih plinov. Zelo pomembni so tudi ukrepi v zvezi z zmanjševanjem onesnaževanja zraka zaradi prometa z motornimi vozili.

## Literatura

- [1] Enciklopedija [svetovni splet].  
[http://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDveplov\\_dioksid](http://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDveplov_dioksid) [13.12.2014]
- [2] Okolje info [svetovni splet].  
<http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/zveplov-dioksid> [13.12.2014]
- [3] Obnovljivi viri energije [svetovni splet].  
<http://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/kisel-dez/> [13.12.2014]
- [4] TEŠ blok 6 [svetovni splet].  
<http://www.te-sostanj.si/si/proizvodnja/razzvepljanje-dimnih-plinov/mokri-kalcitni-postopek> [13.12.2014]
- [5] Diplomski naloga [svetovni splet].  
[http://www.ee.fs.uni-lj.si/EnergijaInOkolje/seminarji/seminar01\\_03.pdf](http://www.ee.fs.uni-lj.si/EnergijaInOkolje/seminarji/seminar01_03.pdf) [13.12.2014]
- [6] Onesnaženost ozračja [svetovni splet].  
<http://m.mf.uni-lj.si/dokumenti/a585c8844f5af66f462e97ce5d295817.pdf> [13.12.2014]
- [7] Onesnaženost ozračja in ekološki razlogi za vpeljavo električnih vozil.: <http://in-wheel.com/media/website/onesnazevanja-ozracja-in-ekoloski-razlogi-za-vpeljavo-elektricnih-vozil/onesnazevanjeinev.pdf> [17.12.2014]
- [8] Scientific assessment of climate change I, WMO-UNEP, 1990.
- [9] ARSO.  
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20s-tanju%20okolja%20v%20Sloveniji/zrak.pdf> [17.12.2014]
- [10] Slika 1: struktura žveplovega dioksida.  
[http://www.windows2universe.org/physical\\_science/chemistry/so2\\_molecule\\_sm.gif](http://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/so2_molecule_sm.gif) [13.12.2014]
- [11] Slika 2: Shema nastanka kislega dežja.  
<http://www.bodieko.si/foto/2010/04/kisli-dez.jpg> [13.12.2014]
- [12] Graf 1: Prikaz povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> za TE.  
[www.pisrs.si/Pis.web/npb/2013-01-3946-p1.pdf](http://www.pisrs.si/Pis.web/npb/2013-01-3946-p1.pdf) [18.1.2015]
- [13] [http://www.arso.gov.si/soer/kakovost\\_zraka.html](http://www.arso.gov.si/soer/kakovost_zraka.html) [18.1.2015]

## *Vpliv Sonca na Zemljo*

*N. Auer<sup>1</sup>*

## *Suns influence on Earth*

**Povzetek.** V svoji seminarski nalogi bom skušal predstaviti čimveč dejavnikov, s katerimi Sonce z svojo aktivnostjo vpliva na Zemljo in na spremembe temperatur na njej. Ker Sončeva aktivnost ni popolnoma konstantna, bom za lažjo predstavlo izračunal tudi količino energije ki varira. Vpliv Sonca na naše podnebje je do sedaj še dokaj neraziskan, saj je zelo težko povezati spremembe v aktivnosti Sonca z spremembami klime na Zemlji, še posebej z tako okornimi klimatskimi modeli kot jih poznamo danes. Z nenehnim povečevanjem količine podatkov, ki jih znanstveniki dobijo iz raznih merilnih postaj v vesolju, se zelo hitro povečuje tudi razumevanje delovanja Sonca in njegovega vpliva na nas.

**Abstract.** In this dokument, I will try to present as many factors as possible, with which the Sun and its activity correlates with Earth's changes. For a better understanding, I will also calculate the amount of energy that varies because of the Sun's unlinear activity. Correlation between Sun's activity and Earth's climate is not well researched yet, because establishing both how the output of the Sun varies and how such variations influence Earth's climate have been proved tricky. But increased amounts of data the scientists have from the Sun and about the climate on Earth over recent years mean that rapid progress is being made on understanding how Sun affects our climate.

### **1 Uvod**

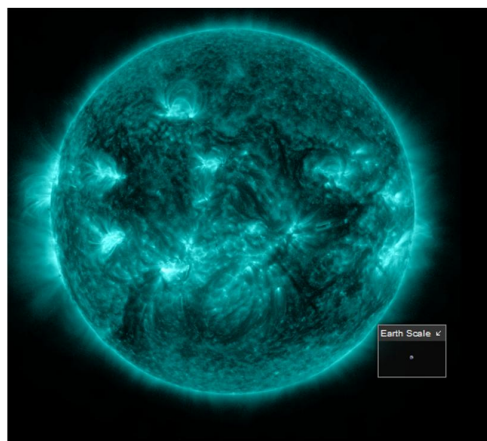
Energija, ki prihaja iz Sonca v obliki sevanja je eden najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na Zemljino klimo, kot tudi na njeno globalno temperaturo, in ta energija se je do sedaj izkazala za razmeroma konstantno. Vendar pa je kljub temu mnogo znanstvenikov opazilo povezave med Sončevo magnetno aktivnostjo, ki se izraža v številu sončevih peg, in z klimatskimi parametri na Zemlji.

### **2 Sonce**

Sonce je daleč največje telo v našem Osončju. Predvidevajo da vsebuje kar 99,86% mase celotnega Sončnega sistema (celotno Osončje ima maso 1,0014 Sončnih mas). V primerjavi z ostalimi zvezdami je Sonce po masi v zgornjih 10%. Povprečna velikost zvezde v naši galaksiji je nekaj manj kot polovica velikosti Sonca.

---

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

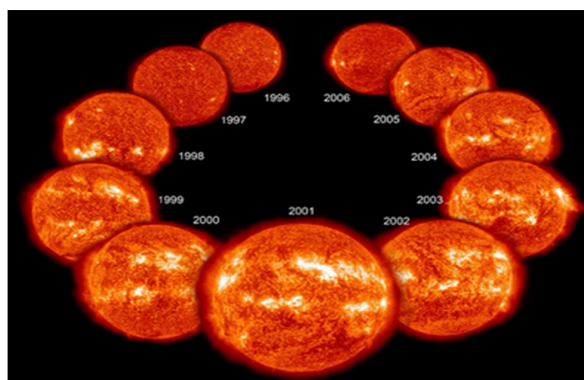


Slika 1 Slika Sonca iz SDO(Solar Dinamics Observatory) dne 13.12.2014 (glej vir [5])

## 2.1 Izsevana energija

Moč Sonca je približno  $386 \times 10^{24}$  W. Sonce vsako sekundo z nuklearno reakcijo pretvori 700 Mt vodika v okoli 695Mt helija, ostalih 5Mt se pretvori v energijo v obliki gama žarkov.

## 2.2 Sončevi cikli



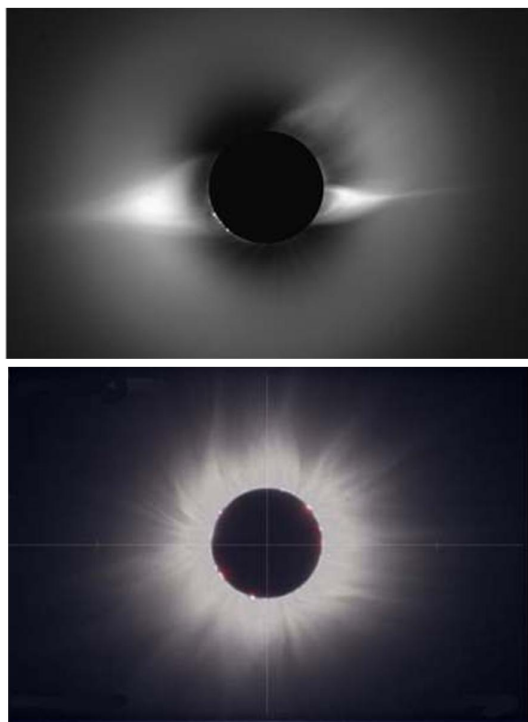
Slika 2: Prikaz 11 letnega sončevega cikla(glej vir [11])

Z opazovanjem količine Sončevih peg so odkrili 11 letni cikel Sonca, ki ga povzroča sprememba magnetnih polov. V tem času gre Sonce od relativno mirnega obdobja, imenovanega solarni minimum, proti bolj aktivnem obdobju, imenovanem solarni maksimum. Med solarnim maksimumom so pojavi kot so solarne nevihte in izbruhi koronske mase bolj pogosti.

## 2.3 Korona

Je zunanji del Sončeve atmosfere. Čeprav je gostota plina tu zelo majhna, pa ima temperaturo nekaj milijonov stopinj. Korona sveti zelo šibko, zato je vidna le med Sončevim mrkom, ko Luna prekrije svetle dele Sonca.

Temperaturo korone poznamo zaradi specifičnih ionov. Pri dovolj visokih temperaturah atomi trkajo drug ob drugega in si izbijajo elektrone - ionizacija. Pri zelo visokih temperaturah lahko atomi kot Fe izgubijo 9 do 13 elektronov. 9x ionizirani Fe nastane pri temperaturi 1.3 milijona K, 13x ionizirani Fe pa pri 2.3 milijona K. Med močno aktivnostjo lahko temperatura doseže 3.6 milijona K, kjer nastane 14x ioniziran Fe. Večina Sončeve korone je ujete blizu površja v močnem magnetnem polju. Tam kjer je magnetno polje nekoliko šibkejše nastane t.i. koronalna luknja. Vendar atomi z dovolj veliko hitrostjo pobegnejo Soncu v obliki Sončevega vetra. Struktura korone se spreminja glede na Sončevo aktivnost. Med minimumom so prisotni le ekvatorialni curki, ki ne segajo zelo daleč od Sonca. To je zato, ker je temperatura korone nekoliko nižja in hitrost ionov manjša, torej ne morejo uiti Sončevemu magnetnemu polju. Med Sončevim maksimumom je korona velika in močno razvejana, poleg zelo razvitih ekvatorialnih curkov so vidni curki iz polarnih območij, takšna korona je bila vidna med zadnjim mrkom, 11. avgusta 1999.

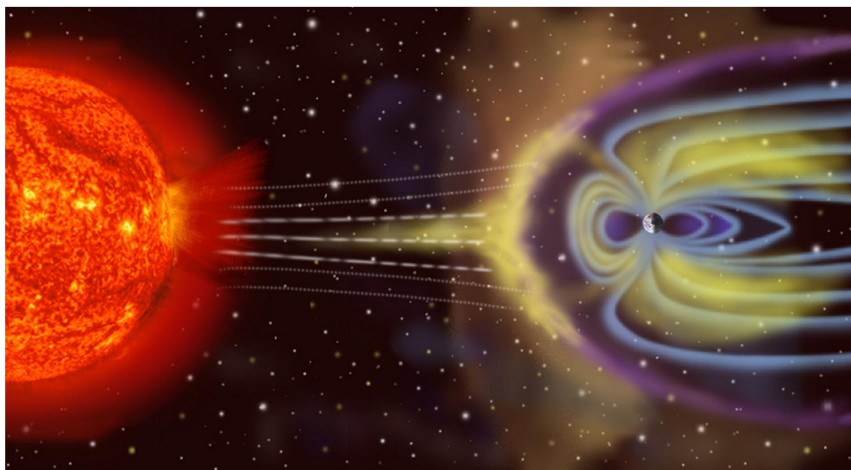


**Slika 3:** Korona med solarnim minimumom 11.3.1994(zgoraj) in maksimumom(spodaj) 11.8.1999 (glej vir[7])

#### **2.4 Sončev veter**

Sonce kontinuirano oddaja masni tok plinastih naelektrenih delcev s skupno nevtralnim nabojem, kjer je elektronom in protonom pridružena tudi ionizirana plazma. Enakomernost pošiljanja masnega toka so astronomi in fiziki opazovali na pojavu kometov, ki ne glede na

smer potovanja kažejo posledice odtrivanja repa stran od Sonca. Gostota tega Sončevega vetra v medplanetarnem prostoru znaša približno  $1 \text{ delec/cm}^3$  in v okolici Zemlje  $6 \text{ delev/cm}^3$  v primerjavi z na Zemlji umetno ustvarjenim vakuumom z gostoto  $10^{10} \text{ delev/cm}^3$ . Oddajanje delcev poteka z ocenjenim pretokom 1,8 milijonov ton v sekundi, kar je zanemarljivo glede na celotno maso Sonca, vendarle pa je od začetka aktivnosti pred 4,6 milijarde let na tak način izgubilo okoli 0,01% svoje oz. 30 Zemljinih mas. Hitrost Sončevega vetra je posledica termalne energije v koroni in relativno neraziskanih mehanizmov pospeševanja, povezanih z magnetnimi polji. Hitrost Sončevega vetra sestavljata dve komponenti: počasna in hitra. Počasna nehomogena komponenta s temperaturo  $150.000 \text{ }^\circ\text{C}$  potuje s hitrostjo  $400 \text{ km/s}$ , ima sestavo podobno koroni ter večjo gostoto. Izvor počasnega vetra se ob minimumu Sončevih aktivnosti nahaja na širinah  $30^\circ\text{--}35^\circ$ , z večanjem aktivnosti pa se izvori širijo proti ekvatorju. Energijski delci potujejo v višje plasti Sončeve atmosfere s strujnimi pasovi (angl. streamer belt), ki vzdolž zaprtih magnetnih silnic prenašajo plazmo iz notranjih plasti v korono. Po izmerjenih podatkih na vesoljskem plovilu Ulysses potuje hiter Sončev veter s hitrostjo  $750 \text{ km/s}$ , temperaturo  $800.000 \text{ }^\circ\text{C}$  in je po sestavi podoben fotosferi. Izvira iz področij koronskih lukenj vzdolž odprtih magnetnih silnic, ki se v obliki predorov pojavljajo predvsem na magnetnih polih do višine  $20.000 \text{ km}$  in trajajo tudi po 1 leto. Raziskave Sončevega vetra opravljajo še vesoljska plovila Wind, ACE in SOHO iz dinamično stabilne točke med Zemljo in Soncem na razdalji  $1,6 \text{ milijonov km}$  od Zemlje.



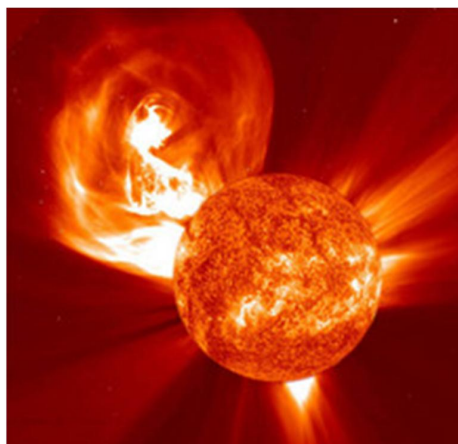
Slika 4 Prikaz interakcije Sončevega vetra z Zemljo (glej vir [8])

## 2.5 Sončevi izbruhi

Sončevi izbruhi so eksplozije v Sončevi atmosferi s sproščanjem tudi do  $10^{25} \text{ J}$  energije. Nastanejo kot posledica plazemskih nehomogenosti, ki omogočajo spajanje večločenih magnetnih tokov (angl. magnetic reconnection). V nekaj minutah se sprosti energija, ki se je v koroni zbirala nekaj ur ali dni. To povzroči močna segrevanja plazme do nekaj  $10$  milijonov  $^\circ\text{C}$  in doseganje relativističnih energij za netermalne delce, ki posledično povzročijo močno radijsko in rentgensko sevanje preko celotnih spektrov. Večina izbruhov izvira iz regij blizu Sončevih peg, kjer močne magnetne silnice prebadajo fotosfero in korono povezujejo s Sončevo notranjostjo. Pogostost pojavov znaša od nekaj izbruhov dnevno v



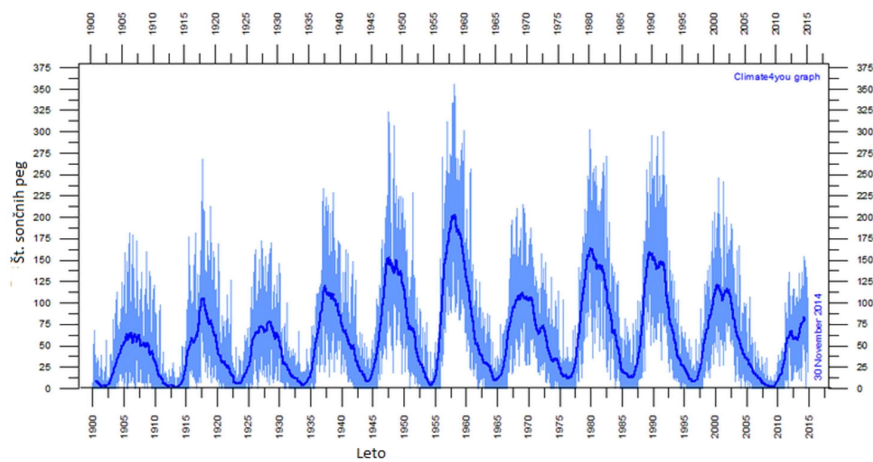
posebej aktivnih dneh do manj kot enega dnevno v mirnih obdobjih. Velikost izbruhov se ocenjuje po lestvici, označeni s črkami A, B, C, M in X glede na vršni pretok 100-800 pm X-žarkov v enotah  $W/m^2$ .



Slika 5 Sončev izbruh, posnet iz SOHO observatorija (glej vir [12])

## 2.6 Sončeve pege

To so temna področja v fotosferi, kjer je temperatura za približno 1000 stopinj nižja od okolice zaradi zavrte konvekcije kot posledice močnejše lokalne magnetne dejavnosti. Velikosti peg segajo od premera 15.000 km do skupin z obsegom več kot 150.000 km. Večjo pego sestavlja temen osrednji del z obdanim svetlejšim polsenčnim področjem. Njihove temperature znašajo od 4500 °C do 5000 °C v primerjavi s fotosfero pri 6000 °C. Čeprav so pege še vedno svetlejšje od obločnega plamena, izgledajo v okolici kot temne lise. Pege vidimo največkrat v parih in skupinah, kjer med premikanjem po Sončevi fotosferi vzdolžno proti ekvatorju po velikosti rastejo. V začetku Sončevega cikla se pege začnejo pojavljati na geografskih širinah med 30° in 45° okrog ekvatorja.



Slika 6 Prikaz števila Sončevih peg od leta 1900 do danes (glej vir [10])

### 3 Zemlja

#### 3.1 Prejeta energija od Sonca(Solarna konstanta)

Solarna konstanta je gostota svetlobnega toka Sončevega elektromagnetnega sevanja (izsev (svetlobni tok) na enoto površine), merjena na zunanem robu Zemljinega ozračja v ravnini pravokotni na sevanje, na razdalji 1 astronomske enote. Solarna konstanta vsebuje vse Sončevo sevanje, ne le vidno svetlobo. S sateliti izmerjena srednja vrednost je  $S_0=1366\text{W/m}^2$ .

#### 3.2 Vpliv variranja celotnega od Sonca prejetega sevanja

Kot tudi vse ostalo v naravi, tudi energija ki jo Sonce odda v okolico ni konstantna, temveč se v dolgem časovnem obdobju spreminja. Ocenjena vrednost variacije Sončevega sevanja v zadnjih nekaj ciklih je približno 0.1%. Za razliko od starejših, večina novejših rekonstrukcij Sončevega sevanja nakazuje, da se je le to od Mounderjevega minimuma pa do danes povečalo za le med 0.05% in 0.1%.

#### Matematični opis potovanja delcev in potovanja sevanja iz Sonca na Zemljo

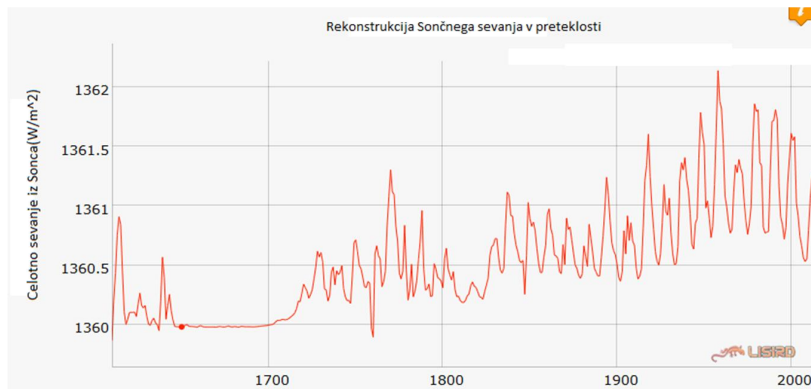
Elektromagnetno valovanje se obenem obnaša kot valovanje in kot curek fotonov. Kadar opisujemo elektromagnetno valovanje kot valovanje, ga opišemo s hitrostjo razširjanja(ki je enaka hitrosti svetlobe( $c$ )) ter valovno dolžino( $\lambda$ ) ali frekvenco( $f$ ) po spodnji enačbi.

$$c = f\lambda$$

Ko pa ga opisujemo kot curek delcev, pa podamo njihovo energijo  $E$ . To energijo pa Planckova zveza povezuje s frekvenco  $\nu$ , v enačbo:

$$E = h\nu$$

Pri tem je  $h$  Planckova konstanta  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Js. V praznem prostoru potuje elektromagnetno valovanje vedno z enako relativno hitrostjo glede na opazovalca, to je hitrostjo svetlobe, in to ne glede na to, s kakšno hitrostjo se giblje opazovalec sam.



Slika 7 Prikaz celotne od Sonca prejete energije (glej vir [9])

### **3.3 Spremembe UV sevanja**

Variranje ultravijoličnega sevanja je ocenjeno na približno 1.5% med solarnim minimumom in maksimumom. Večino UV sevanja zgornje plasti atmosfere sicer zadržijo (ozon), vendar se predvideva da povečanje UV sevanja poveča proizvodnjo ozona, kar v bistvu dodatno zaščiti Zemljo. Študije ocenjujejo, da se je količina UV sevanja od Maunderjevega minimuma povečala za približno 3%. Ena izmed posledic je sprememba višine atmosferskega tlaka 30hPa (0.03 bar) v zadnjih štirih Sončevih ciklih.

### **3.4 Spremembe Sončevega vetra**

Zelo zanimiv pojav, do katerega prihaja je, da se pri aktivnejšem Sončevem vetru in močnejšem Sončnem magnetnem polju Zemljina magnetosfera "odebeli", in tako zadrži več kozmičnih žarkov kot sicer. Variacija Sončevega vetra pravtako vpliva tudi na velikost in gostoto heliosfere, to je prostor večji od Osončja, ki je zapolnjen z delci Sončevega vetra (nabiti delci)

### **3.5 Vpliv na oblake na Zemlji**

Spremembe v ionizaciji ozračja vplivajo na količino aerosolov v ozračju, ki služijo kot jedra pri kondenzaciji oblakov. Med Sončnim minimumom, ko na Zemljo pade več kozmičnih žarkov, lahko le ti povzročijo nastanek "ultramajhnih" aerosolnih delcev, ki služijo kot kondenzacijska jedra pri nastanku oblakov. Tako nastali oblaki so svetlejši in imajo daljšo življensko dobo, zato obstajajo špekulacije, da bi sprememba količine kozmičnih žarkov, ki prodrejo v atmosfero, lahko vplivala na nastanek določenega tipa oblakov, kar bi lahko pri daljši izpostavljenosti vplivalo tudi na albedo Zemlje.

### **3.6 Geomagnetni efekt**

Polarni sij ali Aurora borealis je v bistvu visualni prikaz interakcije med Sončevim vetrom, Sončevo magnetosfero, Zemljino magnetosfero in Zemljino atmosfero. Variacija kateregakoli izmed teh ima vpliv na auroro. Sončevi izbruhi, ki so usmerjeni proti zemlji, povzročijo bolj intenzivno, in na bolj od pola oddaljenih mestih vidno auroro, Nenadne spremembe lahko povzročijo tudi motnje v Zemljinem magnetnem polju. Temu pojavu pravimo geomagnetna nevihta.



Slika 8 Polarni sij (glej vir [13])

### 3.7 Nastajanje ogljika-14

Tudi nastanek ogljikovega izotopa 14 je tesno povezan z sončno aktivnostjo. Nastaja v zgornjih slojih atmosfere, ko kozmični žarki trkajo ob dušik-14 in ga transformirajo v ogljik-14 ( $\beta^+$  razpad). Pri povečani Sončni aktivnosti je njegova koncentracija zaradi manjšega vpada kozmičnih žarkov nižja, pri nižji Sončni aktivnosti pa je njegova koncentracija višja, in ravno ta pojav omogoča datiranje snovi s pomočjo ogljika-14.

#### Literatura

- [1] <http://nineplanets.org/sol.html> (13.12.2014)
- [2] <http://astrogeo.oxfordjournals.org/content/43/5/5.9.full> (13.12.2014)
- [3] <http://www.tmgnow.com/repository/solar/lassen1.html> (13.12.2014)
- [4] <http://www.almanac.com/sunspotupdate> (13.12.2014)
- [5] <http://www.helioviewer.org/> (13.12.2014)
- [6] <http://www.ltfe.org/wp-content/uploads/2010/08/Nastanek-in-vpliv-Son%C4%8Devih-aktivnosti.pdf> (17.12.2014)
- [7] [http://www2.arnes.si/~mborion4/ado\\_slo/astronomija/osoncje/sonce/korona.html](http://www2.arnes.si/~mborion4/ado_slo/astronomija/osoncje/sonce/korona.html) (17.12.2014)
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_variation](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_variation) (17.12.2014)
- [9] <http://www.climate4you.com/Sun.htm#Recent%20sunspot%20activity> (4.1.2015)
- [10] [http://lasp.colorado.edu/lisird/tsi/historical\\_tsi.html](http://lasp.colorado.edu/lisird/tsi/historical_tsi.html) (4.1.2015)
- [11] <http://www.nasa.gov> (4.1.2015)
- [12] <http://sohowww.nascom.nasa.gov/bestofsoho/images/suncombo2.html> (4.1.2015)
- [13] <http://www.universetoday.com/110047/rocket-launches-into-an-aurora-to-study-auroral-swirls/> (4.1.2015)
- [14] [http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetno\\_valovanje](http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetno_valovanje) (15.1.2015)

## *Prenosni pojavi v bioplinarni*

*Uroš Bagari<sup>1</sup>*

### *Transport phenomena in biopower plant*

**Povzetek.** V seminarski nalogi je predstavljeno delovanje bioplinarne, njene osnovne surovine za pridobivanje bioplina, vpliv posamezne surovine na okolje, ter njihovo širjenje oziroma prenos po ozračju..

**Abstract.** This document is a presentation of some basic resources for making a biogas, the impact of resource to the environment and how is the resource spreading around the air

#### **1 Uvod**

Pomanjkanje energije na svetu je pereč problem. Človek poskuša pridobivati energijo iz vseh mogočih načinov. Zaloge nafte in plina na Zemlji počasi kopnijo in vse več ljudi se odloča za pridobivanje energije iz tako imenovanih alternativnih virov energije. Med te vire štejemo hidroenergijo, vetrno energijo, sončno energijo, ter bioplin. Bioplin je plin, ki ga pridobivamo iz bioloških odpadkov iz gospodinjstev, kmetijskih in živalskih odpadkov, energetskih rastlin in raznih drugih organskih stranskih proizvodov, ki nastajajo v industriji in se jih ne da drugače predelati.

#### **2 Surovine in nastajanje bioplina**

##### **2.1 Surovine**

V Sloveniji poznamo 3 vrste bioplinarn, ki pridobivajo električno energijo iz različnih surovin. V seminarski nalogi se bomo osredotočili na bioplinarne, katerim primarne surovine so kmetijski, kuhinjski in odpadki ki nastajajo v klavnicah kot stranski produkt.

Bioplinarne so največkrat zgrajene v bližini prašičjih farmah, saj je primarna surovina za pridobivanje energije živalska gnojevka in koruzna silaža. Nekatere bioplinarne so zgrajene tako, da poleg silaže in gnojevke sprejemajo tudi predelane kuhinjske odpadke, ter odpadke iz klavnic (čreva, kosti). Vso »svinjarijo« je treba najprej zmleti oziroma predelati na čim manjše koščke. Preden so ti kuhinjski odpadki primerni za »hrano« bakterijam, ki proizvajajo bioplin je treba le te ustrezno sterilizirati.

Odpadki iz klavnic se najprej zmeljejo na manjše kose, potujejo skozi detektor kovin in končajo v sterilizatorju skupaj z kuhinjskimi odpadki in se sterilizirajo. Sterilizacija poteka pri

visoki temperaturi in visokem tlaku zato, da uničimo morebitne bakterije ki bi lahko onesposobile bioplinarno.

**Tabela 1:** Donos metana posameznih izvornih snovi (vir [3] )

Substrat	Donos metana [m <sup>3</sup> /t organske snovi]
Ogljikov hidrat	370
Maščoba	998
Protein	585
Rastline/silaža	470

**Tabela 2:** Donos bioplina in metana posameznih organskih substratov (vir [3] )

Substrat	Donos bioplina [m <sup>3</sup> /t]	Vsebnost metana v bioplinu [%]
Goveja gnojevka	20-30	60
Praščija gnojevka	20-35	60-70
Goveji gnoj	40-50	60
Praščiji gnoj	55-65	60
Piščančji gnoj	70-90	60
Koruzna silaža	170-200	50-55
Rž	170-220	55
Sladkorna pesa	170-180	53
Krmna pesa	75-100	53
Pesna pulpa	75-100	53
Pesni listi	70	54
Travna silaža	170-200	54
Organski odpadki iz gospodarstva	80-120	58-65
Ostanki hrane – živilski odpadki	50-480	45-61
Odpadki iz tržnic	45-110	60-65
Zeleni odrez	120-200	55-65
Živalska maščoba	11-450	60-72
Različni klavniški odpadki	20-60	58-72

## 2.2 Nastajanje bioplina

Bioplin je produkt anaerobnega vrenja, ki nastaja v fermentorjih. V fermentorjih so bakterije, ki proizvajajo bioplin iz anorganskih odpadkov, koruzne silaže in gnojevke. Sladkor se v fermentorju po enačbi  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_3COOH$  pretvori v očetno kislino. Plin, ki ga proizvedejo bakterije nastane iz očetne kisline (1) ali reakcije med vodikom in ogljikovim dioksidom (2).

je potrebno tudi vpihovanje zraka zaradi »dihanja« bakterij. Količina plina, ki ga proizvedejo bakterije je odvisen predvsem od vrste surovine. Večja je vrednost bioplina v surovini, več ga bodo bakterije iz nje "iztisnile". V primeru, da bioplinarna ne sprejema organskih odpadkov kot surovino, lahko le ta deluje nemoteno, ampak so zato potrebe po silaži in gnojevki malo večje.

Za delovanje bioplinarne z močjo 1MW, je potrebno dnevno vnesti okrog 50 ton koruzne silaže in 50m<sup>3</sup> gnojevke.



### 3 Skladiščenje in zgorevanje bioplina

#### 3.1 Skladiščenje bioplina

Plin, ki ga bakterije proizvedejo v fermentorjih je potrebno skladiščiti do trenutka, ko bo prišel do generatorja kot gorivo za pogon. Plin skladiščimo v plinohramu, ki se od fermentorja razlikuje po vsebnosti silaže, gnojevke, ter po sami obliki. Pokrit je z raztegljivo kupolo, ki se odvisno od koncentracije plina raztegne ali skrči. Bioplin, ki se skladišči v plinohramu je sestavljen iz največjega deleža metana (CH<sub>4</sub>), dušika (N<sub>2</sub>), ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) in nekaj malega vodikovega sulfida (H<sub>2</sub>S). Zmes v plinohramu je bolj redka, kot v fermentorjih zaradi lažjega »izhajanja« plina.



Slika 1: Plinohram (vir: [4])

#### 3.2 Izgorevanje bioplina

Pridobivanje električne energije iz bioplina pripomore k čistejšemu okolju, saj se pri njegovem izgorevanju ustvari manj CO<sub>2</sub>, kot pri kurjenju fosilnih goriv. Plin iz plinohrama je po podzemnih ceveh speljan do puhal, ki plin pospešijo v generator kjer zgori. Pred generatorjem se izvaja monitoring kakovosti bioplina in preverjanje vodikovega sulfida. Če je vsebnost žvepla v plinu prevelika dodajo »bela metan«, ki koncentracijo žvepla zniža na dovoljeno raven. Pretok plina je odvisen od moči s katero deluje generator in od same

Če je plina v plinohramu preveč, se prižge plinska baklja, ki odvečno količino plina porabi. Ta plin ne da nobene električne energije in gre praktično v nič.



**Slika 2:** Generatorja (vir: [4])

#### **4 Surovine po predelavi**

Surovine, ki se prvotno uporabljajo v fermentorjih kot hrana bakterijam, se pozneje »preselijo« v plinohram. Ko je vsa surovina porabljena oz. bakterije iz nje ne morejo pridobiti več nobene hranilne vrednosti gre vsa ta mešanica do separatorjev.

Gnojevka pomešana s silažo pripotuje do separatorjev, kjer se loči trda snov od tekoče, ter po tekočem traku zapusti prostor. Trda snov, ki ji rečemo gnoj ali organsko gnojilo se skladišči na deponiji v večjih količinah in se kasneje odpelje na polja za gnojenje. Delovanje separatorjev je za bioplinarno nuja, saj ob dnevnem vnosu 50m<sup>3</sup> gnojevke v fermentorjih nebi bilo več prostora in bi se bioplinarna ustavila. Gnojevka oziroma ostanek le-te odteče po ceveh v laguno. To gnojevko uporabljajo kmetje za gnojenje svojih njiv.

#### **5 Vpliv bioplinarne na okolje**

##### **5.1.1 Silaža**

Ko je koruza dovolj zrela za siliranje, jo zrežejo, pripeljejo v bioplinarno in shranijo v »boksih«. Silaža v »boksih« nekaj dni počiva, nakar ji dodajo dodatek za siliranje. Silirni dodatek je kombinacija mlečno kislinskih bakterij, ki poskrbijo za učinkovitejše siliranje, višjo krmno vrednost in izboljša aerobno stabilnost koruzne silaže [vir 2 ]. Nekatere bioplinarne silažo pokrivajo s folijo in tako pospešijo razvoj bakterij in plesni. Ko silaža »vre« nastaja mlečna kislina, ki pronica skozi vrhno plast v ozračje. Silaža ki vre ima kiselkast vonj, kislina je pa tako močna, da lahko čez nekaj časa uniči tudi betonski zid. Širjenje vonja, ki nastaja pri vrenju je odvisno predvsem od vetra, ampak obseg »onesnaženja«, ki ga povzroči silaža je relativno majhen v primerjavi z smradom iz drugih objektov.

Sama pridelava silaže je močno odvisna od delovanja kmetijskih strojev. Bioplinarne poskušajo same pridelati zadostno količino silaže na njivah v njihovi lasti. S tem okolje onesnažijo z izpusti toplogrednih plinov za delovanje kmetijske mehanizacije, ter uporabo pesticidov in herbicidov za škropljenje.



### 5.1.2 Gnojevka

Gnojevka, ki iz bližnje farne priteče na bioplinarno se hrani v velikem bazenu. V njem je mešalo, ki gnojevko neprestano meša, ter s tem preprečuje njeno strjevanje. Gnojevka se mesa počasi, saj se tako težji delci počasi usedejo na dno bazena. Dokler je gnojevka v bazenu na okolje vpliva le njeno izhlapevanje, če pa pride do izlitja le-te pa se gnojevka ob prepoznom posredovanju izlije v omrežje, ki je napeljeno skozi čistilno napravo, ter nato izpuščena v bližnjo reko. Smrad, ki ga povzroča gnojevka iz rezervoarja, se zavoha na oddaljenosti 20m in je odvisen tudi od smeri vetra.



**Slika 3:** Bazan z gnojevko (vir: [4])

### 5.1.3 Bazan za izdelavo mešanice

Prostor kjer se silaža pomeša z gnojevko je pod površjem. V njem je neprestano mešanica gnojevke in silaže, ki se po določenem času dovaja v fermentorja. Ko vsipni jašek oziroma "bazan 01" polnijo, je pokrov odprt in iz njega izhaja kiselkast vonj, vonj gnojevke in silaže. Izhajanje snovi pri polnjenju bazena je neizogibno, saj se silaža dovaža z bagerjem. Poleg izhajanja vonja mešanice, se pri tem v ozračje še spuščajo toplogredni plini iz bagerja. Bazan se dnevno polni 3 krat v razmaku 8 ur.



#### 5.1.4 Organski odpadki iz gospodinjstva

Odpadki iz gospodinjstva bodo stalen vir surovine za bioplinarne, saj ljudje prevečkrat mečemo odvečno hrano v smeti. Pomije pripeljejo v 25l posodah v bioplinarno, kjer jih zlijejo v vsipni jašek, zmeljejo, ločijo plastični odpad, in druge trše stvari (kosti, kamne...) z mlinom in prečrpajo pomije v rezervoar. Nad vsipnim jaškom je nameščen »sesalec«, ki ves čas delovanja sesa zrak s smradom in s tem zmanjša uhajanje le tega v okolje.

Plastični odpadki, v katere so največkrat pakirani različni izdelki, čakajo na odvoz v kontejnerju, ki stoji za kompleksom bioplinarne. V njem so še razni zmleti organski odpadki (kosti), iz katerih izhaja smrad.

#### 5.1.5 Klavniški odpadki

Med klavniške odpadke, ki jih v bioplinarnah srečamo največkrat štejemo predvsem svinjska čreva, svinjska kri in perje. Smrad, ki pride skupaj s surovino v bioplinarno je zelo oster, kljub stalnemu odsesavanju zraka. Po mletju in morebitnem ločevanju kovine in odpadka, gre ta v sterilizator kjer se pomeša skupaj s pomijami, ter sterilizira pri visoki temperaturi in tlaku. Smrad ki nastaja pri sterilizaciji gre skozi UV žarnice da se očisti, in skozi »dimnik« zapusti bioplinarno. Širjenje smradu, ki se pri UV filtriranju ne uniči se širi po ozračju, odvisno od tlaka, temperature in smeri vetra. Vonj se po navadi razširi do bližnje vasi, kar bioplinarni še naprej predstavlja pereč problem.



**Slika 5:** Zgradba z UV-filtri in dimnikom (vir: [4])

#### 5.1.6 Organsko gnojilo

Organsko gnojilo ali po domače gnoj, ki pride po tekočem traku od separatorjev se skladišči na deponijah. Na deponiji je po navadi več ton gnoja, ki se pozneje uporabi na poljih za gnojenje. Gnoj v ozračje oddaja neprijeten vonj, in iz njega hlapi plinski amonijak ( $\text{NH}_3$ ).

#### 5.1.7 Laguna

Porabljena mešanica se v separatorjih loci na tekoči in trdi del. Kot že prej omenjeno, se trdi del po tekočem traku iz separatorjev "odpelje" na deponijo in se skladišči v večjih količinah. Preostali del gnojevke oziroma porabljene gnojevke, ki se preseparira, steče po ceveh v oddaljenejšo laguno. Laguna je površina, velika kot nogometno igrišče in globoka cca 4-5 metrov. Namen lagun ie. da skladiščiio odnadno gnoievko oziroma del te. Delci. ki se

skladišči več časa in na njej je zasajena trava. Druga laguna se uporablja vsakodnevno, saj v njo porabljen gnojek doteka neprestano. Prav tako se skoraj vsakodnevno porabljen gnojek odvažna na polja za gnojenje. Polj se ne gnoji pozimi in ob skrajnih vremenskih razmerah (premokra polja).



**Slika 6:** Laguna (vir: [4])

## **6 Zaključek**

V seminarski nalogi sem predstavil samo delovanje bioplinarne, surovine ki so potrebne za nastajanje bioplina, ter njihov vpliv na okolje. Največji vpliv pri širjenju smradov iz bioplinarne ima sama narava z vetrom. Človek ne more 100% izničiti vseh smradov iz surovin in največkrat nima vpliva na smrad, ki ga veter raznaša na okoli. Bioplinarne s svojim pridobivanjem električne energije iz odpadkov pripomorejo k zniževanju izpustov CO<sub>2</sub>, ter k povečanju pridobljene električne energije iz obnovljivih virov. Mnogim ljudem se zdi, da je bioplinarna zgolj elektrarna, ki proizvaja smrad in druge odpadke, a če pogledamo z druge strani nam daje "zeleno" električno energijo, za izdelavo pa uporablja surovine, ki bi v najslabšem primeru končale nekje v naši okolici, zakopane v gozdu ali odlite v bližnjo reko.

**Literatura**

- [1] <http://www.ecos.si/si/ecos/10/tehnologija-bioplina.html>  
22.12.2014
- [2] <http://slovenia.pioneer.com/Proizvodi/Silirnidodatki/11C33zakoruznosilazo.aspx>  
22.12.2014
- [3] [http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2686/varstvo\\_okolja/Bioplan.pdf](http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2686/varstvo_okolja/Bioplan.pdf)  
22.12.2014
- [4] Lasten vir