

# Analiza točke rosišta atmosferskog zraka u okolini Rudnika sv. Barbara u Rudama

---

Šarko, David

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:270469>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Preddiplomski studij rudarstva

**ANALIZA TOČKE ROSIŠTA ATMOSFERSKOG ZRAKA U OKOLINI RUDNIKA  
SV. BARBARA U RUDAMA**

Završni rad

David Šarko

R4168

Zagreb, 2020



KLASA: 602-04/20-01/71  
URBROJ: 251-70-03-20-3  
U Zagrebu, 15.07.2020.

**David Šarko, student**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/71, UR.BR. 251-70-11-20-1 od 21.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

### ANALIZA TOČKE ROSIŠTA ATMOSFERSKOG ZRAKA U OKOLINI RUDNIKA SV. BARBARA U RUDAMA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu doc. dr. sc. Mario Klanfar, docent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

**Voditelj**

(potpis)

Doc. dr. sc. Mario Klanfar

(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite**

(potpis)

Doc. dr. sc. Želimir Veinović

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i  
studente**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)

ANALIZA TOČKE ROSIŠTA ATMOSFERSKOG ZRAKA U OKOLINI RUDNIKA SV. BARBARA U  
RUDAMA

David Šarko

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo i geotehniku  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Rad se bavi teorijskom obradom atmosferskog zraka i njegove vlage te zatim proračunom temperature rosišta kroz 10 godina i njegovo prikazivanje dijagramima i histogramima, sve rađeno u svrhu smanjenja vlažnosti unutar samog rudnika sv. Barbare u Rudama. Cilj ovog rada je utvrditi vrijeme kada je točka rosišta ispod temperature stijene u rudniku, čime se osigurava da neće doći do kondenzacije vlage, a zrak ima određeni kapacitet da primi dio vlage sa podgrede i stijenki rudnika.

Ključne riječi: vlažnost, relativna vlažnost, rosište, temperatura

Završni rad sadrži: 20 stranica, 3 tablica, 15 slika, 1 priloga, i 10 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: dr.sc Mario Klanfar, docent RGNF  
Dr. sc. Ime Prezime, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: dr.sc. Mario Klanfar, docent RGNF  
dr.sc. Želimir Veinović, docent RGNF  
dr.sc. Dubravko Domitrović, docent RGNF

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. VLAŽNOST ZRAKA .....	2
2.1. Vlažnost zraka .....	2
2.2. Mjerenje vlažnosti .....	4
2.3. Temperatura rosišta i mollierov dijagram.....	6
3. ANALIZA ROSIŠTA.....	8
3.1. Klimatološki podaci za područje Samobora .....	8
3.2. Obrada podataka .....	10
3.3. Dijagrami kretanja rosišta kroz vrijeme .....	14
4. ZAKLJUČAK .....	19
5. LITERATURA .....	20

## POPIS SLIKA

Slika 2-1 Sastav zraka.....	2
Slika 2-2 Količina vodene pare u zraku.....	3
Slika 2-3 Psihrometar.....	5
Slika 2-4 Mollierov dijagram.....	7
Slika 3-1 Kretanje rosišta 2018.....	14
Slika 3-2 Kretanje rosišta 2017.....	14
Slika 3-3 Kretanje rosišta 2016.....	15
Slika 3-4 Kretanje rosišta 2015.....	15
Slika 3-5 Kretanje rosišta 2012.....	15
Slika 3-6 Kretanje rosišta 2011.....	16
Slika 3-7 Kretanje rosišta 2010.....	16
Slika 3-8 Kretanje rosišta 1999.....	16
Slika 3-9 Kretanje rosišta 1998.....	17
Slika 3-10 Histogram postotoka.....	17
Slika 3-11 Prosječno rosište.....	18

## **POPIS TABLICA**

Tablica 3-1 klimatološki izvještaj.....	9
Tablica 3-2 klimatološki izvještaj u excelu.....	10
Tablica 3-3 proračun u excelu.....	12

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 1 Tablice proračuna u excelu

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
$X$	$\text{kg}/\text{m}^3$	apsolutna vlažnost zraka
$e$	Pa	parcijalni tlak vodene pare u zraku
$\varphi$	%	relativna vlažnost zraka
$E$	Pa	parcijalni tlak zasićene vodene pare u zraku
$t_r$	$^{\circ}\text{C}$	temperatura rosišta vanjskog zraka
$t$	$^{\circ}\text{C}$	temperatura vanjskog zraka

## 1. UVOD

Završni rad analizira točke rosišta u okolini rudnika sv. Barbare u Rudama. Rađen je u svrhu dobivanja neophodnih podataka o temperaturama rosišta koje nam koriste kako bi smanjili vlažnost zraka unutar rudnika te tako usporili proces truljenja drvene podgrade. Rudnik sv. Barbare radi isključivo u turističke svrhe pošto je eksploatacija završena i nema više ekonomski isplativih ležišta (prije poznat kao jedan od najstarijih europskih rudnika bakra i željeza). U rudnik je krajem 2019.godine ugrađen novi ventilator promijenjivog smjera vrtnje i bitno većeg kapaciteta od postojećeg. Promjenom smjera vrtnje dobivena je mogućnost upuhivanja ili izvlačenja zraka iz rudarskog potkopa (depresijski i tlačni način rada), ovisno o vanjskoj temperaturi. Automatski sustav kontrole i regulacije vlage po potrebi će uključivati i isključivati ventilator, što bi prema očekivanjima trebalo imati za posljedicu smanjenje vlage u rudniku i usporavanje procesa truljenja drvene podgrade. (KUD Oštrc, 2019). Rad se sastoji od dva dijela, teorijski te praktični, odnosno obrada podataka. U teorijskom dijelu opisani su pojmovi kao što su rosište, vlažnost te njegovo mjerenje i mollierov dijagram, a u praktičnom smo obradili podatke dobivene od strane državnog hidrometeorološkog zavoda za grad Samobor. Izračunate su temperature rosišta te prikazane dijagramima kretanja kroz vrijeme te histogramima.



## 2. VLAŽNOST ZRAKA

Prije nego što krenemo u objašnjavanje vlažnosti, trebalo bi spomenuti što je to uopće zrak. Zrak je smjesa plinova čiji je omjer približno konstantan ( slika 2-1.), dok se sadržaj vlage u zraku mijenja značajno. O sadržaju vlage u zraku ovise gustoća zraka, specifična plinska konstanta te toplinski kapacitet i provodljivost. Vlažnost zraka, dakle je količina vodene pare u zraku. (Klanfar, 2018).

Plin	Sadržaj u zraku	Molarna masa	Specifična plinska konstanta
	q (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	M (g/mol)	Rs (J/kg K)
N <sub>2</sub>	0,7803	28,015	296,784
O <sub>2</sub>	0,2099	32,000	259,825
Ar	0,0094	39,950	208,120
CO <sub>2</sub>	0,00038	44,003	188,951
CH <sub>4</sub>		18,000	461,912
H <sub>2</sub>		2,016	4124,211
H <sub>2</sub> O		18,015	461,334

Slika 2-1 sastav zraka (Klanfar, 2018)

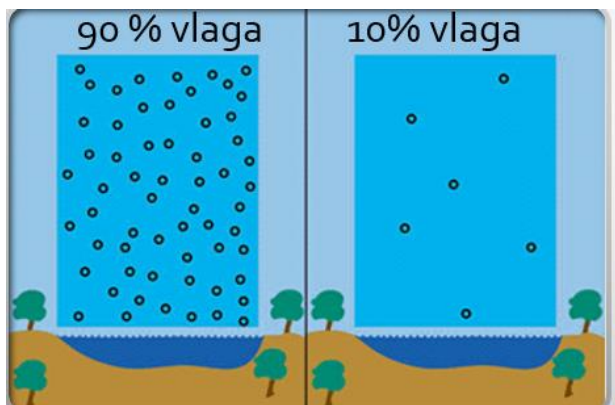
Vodena para u atmosferu dolazi na razne načine. Jedan od njih je transpiracija ili isparavanje s površine biljaka. 75% vode s tla, biljnog pokrova i vodenih površina na kopnu ispari natrag u atmosferu. Najveće isparavanje je u području tropskog i subtropskog dijela Indijskog oceana, između Madagaskara i Australije. Isparavanje se smanjuje približavanjem kopnu, to jest obali. Dnevni hod relativne vlage obratan je od dnevnog hoda temperature, to jest relativna vlaga zraka najveća je ujutro, a najmanja poslije podne, kad je temperatura najviša. ( Wikipedija, 2018).

### 2.1. Vlažnost zraka

Razlikujemo apsolutnu vlažnost zraka i relativnu vlažnost zraka. Apsolutna vlažnost zraka je zapravo masa vodene pare u masi suhog zraka :

$$X = \frac{mv}{ms} \quad (2-1)$$

odnosno predstavlja odnos količine vodene pare u zraku prema količini suhog zraka.(Klanfar, 2018); kao i što prikazuje slika 2-2. Krugovi slikovito prikazuju količinu vodene pare u zraku dok plavo obojeni prostor predstavlja zrak odnosno njegovu masu.



Slika 2-2 količina vodene pare u zraku ( Klanfar, 2018)

Za određivanje apsolutne vlage trebamo poznavati parcijalne tlakove  $p_s$  i  $e$  gdje je  $p_s$ , parcijalni tlak suhog zraka, a  $e$  parcijalni tlak vodene pare u zraku. To je zapravo tlak koji bi se razvio, kada bi se iz smjese odstranile sve ostale tvari. Tako bi parcijalni tlak vodene pare u zraku bio onaj tlak, koji bi razvijale molekule vode, kada bi bile "same" u atmosferi (bez molekula dušika, kisika, ugljičnog dioksida, plemenitih plinova). SI-jedinica je Pa (paskal). Iz omjera parcijalnih tlakova koji je jednak omjeru količine tvari:

$$\frac{e}{p_s} = \frac{\frac{mv}{28,965}}{\frac{ms}{18,015}} = 0,6225 X \quad (2-2)$$

gdje su :

- $mv$  masa vodene pare
- $ms$  masa suhog zraka
- 28,965 predstavlja molarnu masu suhog zraka
- 18,015 predstavlja molarnu masu vodene pare

i poznavanja da je ukupni tlak  $p$  jednak zbroju parcijalnih tlakova:

$$p = p_s + e ,$$

dobivamo univerzalnu formulu za određivanje apsolutne vlažnosti zraka :

$$X = \frac{0,6225 e}{p-e} \quad (2-3)$$

gdje  $X$  predstavlja apsolutnu vlažnost zraka. Mjerna jedinica apsolutne vlažnosti je kilogram po kubičnom metru ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

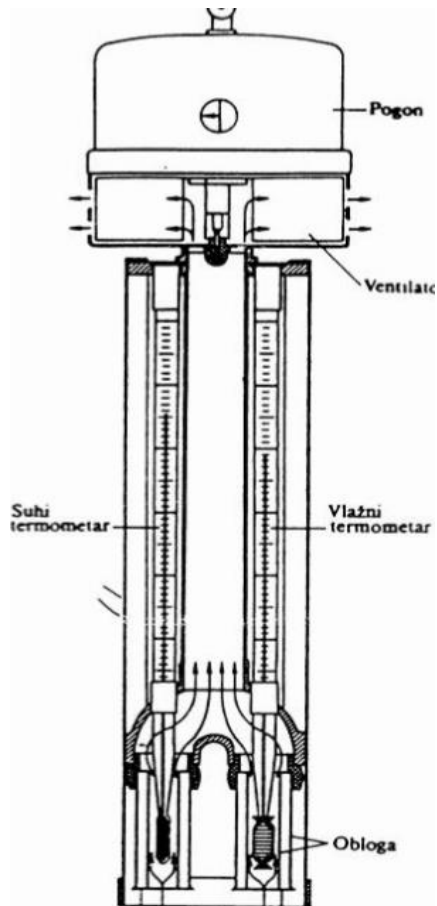
Relativna vlaga je omjer sadržaja vlage i maksimalno mogućeg sadržaja vlage, odnosno to je količina vodene pare koju sadrži zrak u odnosu na maksimalnu količinu vodene pare koju zrak može sadržavati pri toj temperaturi i tlaku. (Klanfar, 2018). Formula za relativnu vlažnost glasi :

$$\varphi = \frac{e}{E} * 100 \quad (2-4)$$

gdje je  $\varphi$  relativna vlažnost zraka, a  $E$  parcijalni tlak zasićene vodene pare u zraku. Relativna vlažnost izražava se u postotcima ( %). Upravo relativna vlažnost je korištena ovdje za proračun temperature rosišta jer je lakše računati s njom te 100-postotna relativna vlažnost je zapravo rosište.

## 2.2. Mjerenje vlažnosti

Vlažnost možemo odrediti na nekoliko načina, a najkorišteniji su mollierov dijagram, psihrometrijske tablice (interpolacijom) te računskom metodom (približna formula). Psihrometerske tablice daju nam veliku točnost u mjerenju. Psihrometar je uređaj koji se sastoji se od dva termometra preko kojih struji zrak . Jedan termometar je omotan vlažnom tkaninom, voda isparava i oduzima toplinu te snižava temperaturu (vlažni termometar). Drugi termometar pokazuje normalnu temperaturu zraka. (slika 2-3).



Slika 2-3 Psihrometar ( Klanfar,2018)

Kako se za isparavanje troši toplina, vrijednost temperature na mokrom termometru niža je od one na suhome, osim onda kada je zrak zasićen vodenom parom, pa su obje vrijednosti jednake. Što je zrak suši, to je razlika temperatura veća. Iz temperaturnih podataka obaju termometara te poznate vrijednosti tlaka zraka određuje se tlak vodene pare, a odatle i veličine koje određuju vlažnost zraka (relativna vlažnost, apsolutna vlažnost i dr.). Psihrometar se drži u termometrijskoj meteorološkoj kućici kako bi se zaštitio od izravna toplinskoga zračenja okoline; budući da brzina isparavanja ovisi i o brzini strujanja zraka oko posudice termometra, stalna propisana brzina strujanja postiže se priključenim ventilatorom (aspirator). ( Hrvatska enciklopedija, 2020a).

U metodi približne formule trebamo poznavati samo temperaturu zraka kako bi izračunali vlažnost. Formula glasi :

$$E = 611 * 10^{\frac{7,5 t}{237,7+t}} \quad (2-5)$$

gdje je :

- $t$  temperatura zraka

Iz toga se može izračunati parcijalni tlak vodene pare u zraku po formuli :

$$e = E' - 0,5 * p * \frac{ts-tv}{755} \quad (2-6)$$

gdje su :

- $p$  tlak zraka
- $tv$  temperatura vlažnog zraka
- $ts$  temperatura suhog zraka

Sad kad poznajemo te dvije vrijednosti, vlažnost se izračuna prema gore navedenim formulama za relativnu (2-4) te apsolutnu vlažnost (2-3).

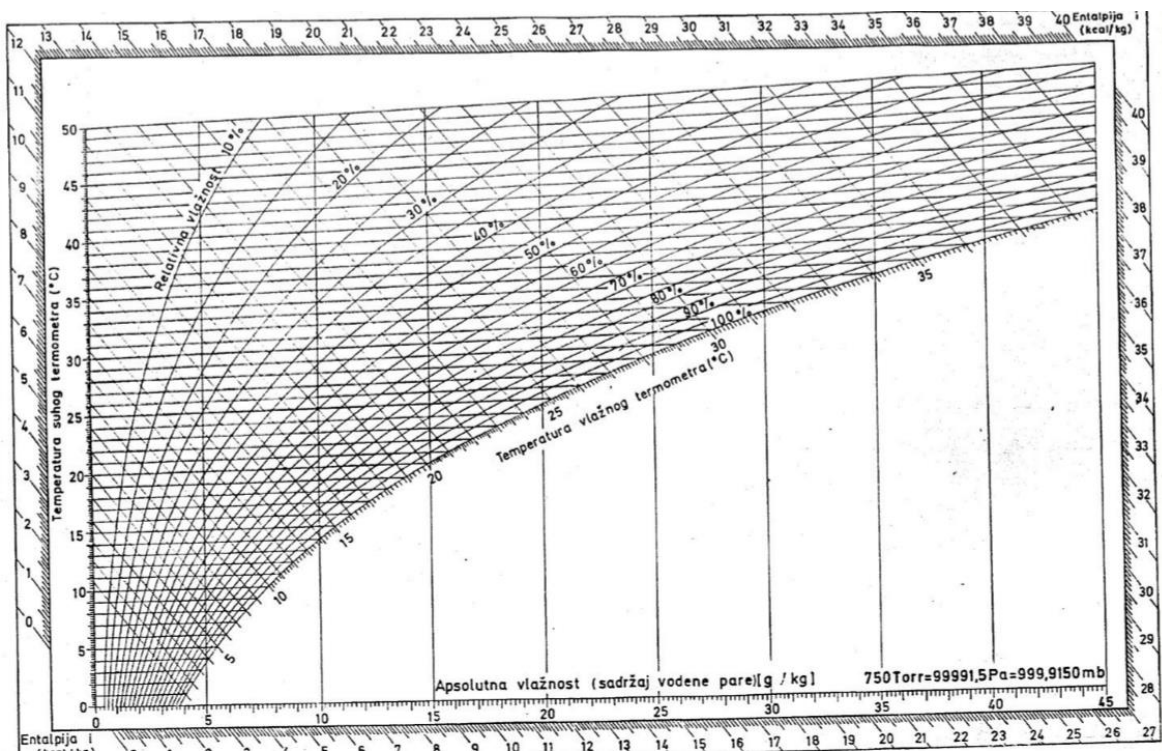
### 2.3. Temperatura rosišta i mollierov dijagram

Rosište je najbolje opisati kao temperaturu pri kojoj dolazi do kondenzacije vlage u zraku. Daljnja definicija kaže da je to temperatura pri kojoj zrak, uz nepromijenjeni tlak i nepromijenjenu količinu vodene pare, postaje zasićen vodenom parom. Hlađenjem zraka ispod rosišta višak vodene pare u zraku prelazi u tekuće ili čvrsto agregatno stanje (rosa ili mraz), što ovisi o temperaturi zraka. S obzirom na to da su promjene tlaka zraka uz tlo relativno male, rosište je dobar pokazatelj stvarnoga udjela vodene pare: visoke vrijednosti rosišta znače visok udjel vlage u zraku. (Hrvatska enciklopedija, 2020b).

Snižavanjem temperature zraka smanjuje se tlak zasićene vodene pare, a do kondenzacije dolazi kada se parcijalni tlak vodene pare i tlak zasićene vodene pare izjednače. ( $e=E$ , što znači da je relativna vlaga,  $\phi = 100\%$ ). Temperaturu rosišta odredili smo računskom

metodom, poznavanjem relativne vlage i temperature zraka, proračun će biti objašnjen u nastavku rada, u obradi podataka.

Mollierov dijagram (slika 2-4) ili psihrometarski dijagram koristimo za određivanje vlažnosti zraka. To je dvofazni termodinamički dijagram (dvije faze – zrak i vodena para), uz dva poznata podatka (sjecište dviju linija) moguće je odrediti ostale parametre (parametri su relativna vlažnost, apsolutna vlažnost, temperatura vlažnog termometra, temperatura suhog termometra). Pomoću njega moguće je pratiti procese primjene (hlađenje, grijanje, odvlaživanje, isparavanje, kondenzacija..). (Klanfar, 2018).



Slika 2-4 Mollierov dijagram (Klanfar, 2018)

### 3. ANALIZA ROSIŠTA

Prelazimo na računski dio rada, odnosno obradu podataka. U ovom dijelu obradili smo podatke dobivene od strane državnog hidrometeorološkog zavoda, izračunali smo temperaturu rosišta na temelju dobivenih podataka te izradili dijagrame kretanja rosišta kroz vrijeme, dijagrame o prosječnim vrijednostima rosišta te o postotku pojavljivanja rosišta ispod 13°C.

#### 3.1. Klimatološki podaci za područje Samobora

Kao što je navedeno u uvodu, podaci su dobiveni od strane državnog hidrometeorološkog zavoda, redom za 2018. , 2017. , 2016. , 2015. , 2012. , 2011. , 2010. , 1999. te 1998. godinu. Za svaku godinu izvučeni su podaci o relativnoj vlazi i temperaturi zraka svaki dan u tri mjerenja (7,14, 21 sat) koji su korišteni za izračun temperature rosišta. Odabran je Samobor pošto se rudnik sv. Barbara nalazi u Rudama, a najbliži grad u kojemu se mjeri je upravo Samobor. Primjer jednog takvog zapisa državnog hidrometeorološkog zavoda možemo vidjeti na tablica 3-1, gdje imamo razne podatke, a nama bitne su samo relativna vlaga te temperatura zraka. Tablica prikazuje samo dio podataka za 2017 godinu, odnosno samo prvih 10 dana mjeseca siječnja, uzeti radi primjera. Tablica tako izgleda za cijelu godinu te za sve ostale godine.

Tablica 3-1 klimatološki izvještaj

K L I M A T O L O S K I M J E S E C N I I Z V J E S T A J

D   SAMOBOR		Hs = 146 m Mjesec : 1 Godina : 2017										
a	tx(oC)	tn(oC)	tx-tn (oC)	Temperatura zraka (oC)			Temperatura mokrog ter.(oC)					
n	21-21	21-21	21-21	7	14	21	Sred.	7	14	21	Sred.	
1	3.5	-11.4	14.9	-9.2	2.7	-5.4	-4.3	L -9.7	1.3	L -6.0	-5.1	
2	X 10.0	-10.2	X 20.2	-8.3	X 8.5	0.6	0.4	L -8.8	7.0	0.1	-0.4	
3	4.2	-5.6	9.8	-1.2	3.8	-3.3	-1.0	-1.5	3.0	L -3.9	-1.6	
4	1.1	-10.2	11.3	-8.1	-0.2	-0.4	-2.3	L -8.6	-0.9	-0.9	-2.8	
5	3.7	-8.0	11.7	-5.8	2.8	-2.1	-1.8	L -6.3	1.7	-2.7	-2.5	
6	-1.7	-7.9	6.2	-5.1	-3.2	-6.7	-5.4	L -5.6	L -3.9	L -7.2	-6.0	
7	-3.6	-15.5	11.9	-12.8	-4.5	-11.1	N -9.9	L -13.5	L -5.2	L -11.6	-10.5	
8	-5.0	-12.9	7.9	-10.2	-5.8	-8.1	-8.0	L -10.5	L -6.2	L -8.5	-8.4	
9	-2.5	-9.9	7.4	-6.8	-3.2	-3.3	-4.2	L -7.3	L -3.7	L -3.7	-4.6	
10	-3.3	-11.9	8.6	-6.5	-5.4	-10.6	-8.3	L -7.7	L -5.9	L -11.1	-9.0	

D   SAMOBOR		Mjesec : 1 Godina : 2017													
a	Tlak vodene pare (hPa)				Relativna vlaga ( % )				Naoblaka ( 0-10 ) s pojavama						
n	7	14	21	Sred.	7	14	21	Sred.	7	14	21	Sred.			
1	2.4	5.8	3.3	3.8	78	78	82	79	1	4	1	2	0	4	0.7
2	2.6	X 9.0	5.8	5.8	80	81	91	84	1	4	1	2	9		3.7
3	5.3	7.0	4.1	5.5	X 94	88	85	89	10		4	2	0		4.7
4	2.7	5.3	5.4	4.5	80	87	91	86	7		6	2	10		7.7
5	3.3	6.2	4.6	4.7	83	83	88	85	10		8		7		8.3
6	3.5	4.0	3.0	3.5	84	83	82	83	4		5	2	1		3.3
7	1.5	3.5	2.0	N 2.3	N 65	81	75	N 74	0		0	2	3		1.0
8	2.3	3.4	2.7	2.8	82	86	82	83	8		10	6	10		9.3
9	3.0	4.2	4.3	3.8	82	87	89	86	9		10		10		9.7
10	2.5	3.4	2.1	2.7	66	84	76	75	10		3	2	0		4.3

Preuzeta tablica je formata Text Document (.txt) koju za korištenje u Excelu moramo modificirati, odnosno prebaciti u Excel tako da svaka ćelija zauzima jednu vrijednost temperature ili vlage. To ćemo postići tako da u notepadu stisnemo edit te select all, zatim copy (s time smo označili sve podatke i kopirali), slijedi prelazak u excel te naredba paste →use text import wizard→delimiters→other : |. Time smo svaku ćeliju odvojili s | i postigli



da svaka ćelija prikazuje jednu vrijednost relativne vlage ili temperature zraka (tablica 3-2). Tablica prikazuje podatke koje smo ovim postupkom prebacili u Excel, možemo vidjeti kako svaka ćelija ima svoj podatak o vlazi i temperaturi zraka te tako možemo računati s njima.

**Tablica 3-2** klimatološki izvještaj u Excelu

D	SAMOBOR Hs = 146 m Mjesec : 12 Godina : 2017											
a	tx(oC)	tn(oC)	tx-tn (oC)	temperatura zraka oC				temperatura mokrog ter. oC				
n	21-21	21-21	21-21	7	14	21	Sred.	7	14	21	Sred.	
1	4.5	0.5	4	0.8	3.8	3	2.6	0.2	3.4	2.5	2.2	
2	4	-0.5	4.5	0.1	3.4	0.3	1	-0.4	1.9	-0.2	0.3	
3	3.5	-3	6.5	-1.2	3.2	-2.9	-1	-1.7	1.9	-3.2	-1.6	
4	2.1	-6.5	8.6	-6.3	1.8	-1.9	-2.1	-6.7	0.9	-2.3	-2.6	
5	6.5	-3.2	9.7	-2.3	6.3	-0.2	0.9	-2.7	4.9	-0.6	0.2	
6	8	-3.7	11.7	-3.1	7.6	-1.9	0.2	-3.7	6.4	-2.2	-0.4	
7	10.5	-4.4	14.9	-3.9	9.8	1	2	-4.3	7.6	0.6	1.1	
8	13	-0.3	13.3	6.9	11.7	9.3	9.3	6.1	10.6	8.5	8.4	
9	9.3	-1.7	11	0.4	2.9	-1.2	0.2	0	2.1	-1.7	-0.3	
10	4.9	-5.5	10.4	-4.8	3.5	3.1	1.2	L -5.2	1.7	2.2	0.2	

### 3.2. Obrada podataka

Nakon što su izvučeni podaci o relativnoj vlazi i temperaturi zraka, slijedi proračun temperature rosišta. Kao što smo rekli rosište je temperatura pri kojoj dolazi do kondenzacije vlage u zraku. Snižavanjem temperature zraka smanjuje se tlak zasićene vodene pare, a do kondenzacije dolazi kada se parcijalni tlak vodene pare i tlak zasićene vodene pare izjednače. ( $e=E$ , što znači da je relativna vlaga,  $\varphi = 100\%$ ). Iz toga slijedi :

$$\varphi_1 = \frac{e_1}{E} \rightarrow e_1 = \varphi_1 \times E = \varphi \times 611 \times 10^{\frac{7,5 \times t}{237,7+t}} , \quad (3-1)$$

$$E = 611 \times 10^{\frac{7,5 \times t}{237,7+t}} \rightarrow \frac{7,5 \times t}{237,7+t} = \log \frac{E}{611} \rightarrow t = \frac{237,7 \times \log \frac{E}{611}}{7,5 - \log \frac{E}{611}} \quad (3-2)$$

Znamo da vrijedi  $e = E$  (do kondenzacije dolazi kada se parcijalni tlak vodene pare i tlak zasićene vodene pare izjednače), pa iz toga konačno odredimo temperaturu rosišta :

$$t_r = \frac{237,7 \times \log \frac{\varphi \times 611 \times 10^{\frac{7,5 \times t}{237,7+t}}}{611}}{7,5 - \log \frac{\varphi \times 611 \times 10^{\frac{7,5 \times t}{237,7+t}}}{611}} \quad (3-3)$$

gdje je :

- $t_r$  temperatura rosišta (°C).

Dakle za poznavanje temperature rosišta nisu nam potrebni podaci o parcijalnom tlaku vodene pare ( $e$ ), niti o tlaku zasićene vodene pare ( $E$ ), već za određivanje trebamo poznavati samo relativnu vlažnost zraka ( $\varphi$ ) te temperaturu zraka ( $t$ ). Upravo zbog tog razloga smo iz državnog hidrometeorološkog zavoda izvukli podatke samo za relativnu vlagu i temperaturu zraka.

Proračun, odnosno obrada podataka vršena je korištenjem programa Microsoft Excela, gdje su podaci prikazani tablično, po stupcima i redcima. Prvi stupac predstavlja broj dana u godini, drugi temperaturu u tom danu (odnosno tri su stupca, svaki za 7,14,21 sat). Slijedi stupac gdje su podaci o relativnoj vlažnosti po danu (također tri stupca, svaki za 7,14,21 sat). Zadnji stupac odnosi se na temperaturu rosišta (koji je također 3 stupca, za 7,14,21 sat). Ti stupci zahtjevaju proračun kako bi dobili njihove vrijednosti, a to ćemo postići uvrštavanjem gore navedene formule za rosište (3-3) u jednu od ćelija u Excelu, (tablica 3-3). Tablica prikazuje podatke za 2017 godinu, za mjesec siječanj, radi primjera. Takav način prikazivanja i račun korišten je i za sve ostale godine). To postizemo tako da stisnemo na ćeliju i unesemo znak jednako (=) te krenemo pisati željenu formulu.

Međutim, treba paziti na znakove koje koristi Excel pa formula nije istog oblika kao gore navedena. Excel oblik formule glasi :

$$=(237.7*\text{LOG}(H5*611*10^{((7.5*E5)/(237.7+E5))}/100/611))/(7.5-\text{LOG}(H5*611*10^{((7.5*E5)/(237.7+E5))}/100/611))$$

Navedena formula služi za određivanje temperature rosišta u Excelu ( $t_r$ ),

gdje je H5 – ćelija u kojoj je podatak (vrijednost) o relativnoj vlažnosti

E5 – ćelija u kojoj je podatak (vrijednost) o temperaturi zraka.

Svaka ćelija ima drugačiju oznaku, ovdje je H5,E5 radi primjera.

**Tablica 3-3** proračun u excelu

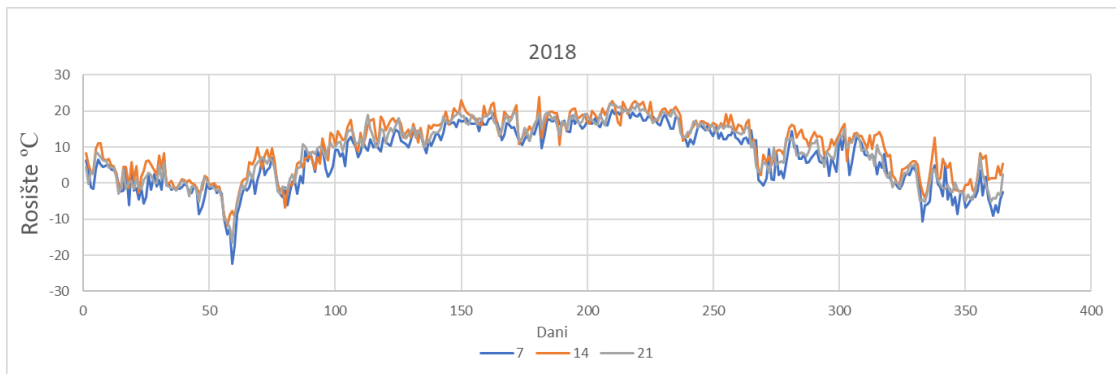
Dan u godini	temperatura (°C)			relativna vlažnost (%)			rosište		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1	-9.2	2.7	-5.4	78	78	82	-12.3172	-0.74785	-7.97986
2	-8.3	8.5	0.6	80	81	91	-11.1254	5.427276	-0.69757
3	-1.2	3.8	-3.3	94	88	85	-2.0401	1.997321	-5.45527
4	-8.1	-0.2	-0.4	80	87	91	-10.9303	-2.09832	-1.68673
5	-5.8	2.8	-2.1	83	83	88	-8.21563	0.202889	-3.81599
6	-5.1	-3.2	-6.7	84	83	82	-7.37549	-5.66981	-9.25122
7	-12.8	-4.5	-11.1	65	81	75	-17.9856	-7.25861	-14.6423
8	-10.2	-5.8	-8.1	82	86	82	-12.6749	-7.7592	-10.6206
9	-6.8	-3.2	-3.3	82	87	89	-9.34902	-5.05085	-4.84946
10	-6.5	-5.4	-10.6	66	84	76	-11.787	-7.66965	-13.9965
11	-15.1	-5.1	-7.8	71	84	80	-19.1588	-7.37549	-10.6377
12	0.4	4.9	1.1	91	87	93	-0.8954	2.91962	0.096091
13	1.3	1.4	0.5	93	93	93	0.294413	0.393573	-0.49888
14	-0.6	2.7	-3.5	93	89	87	-1.5897	1.070475	-5.34614
15	-7.3	0.5	-4.8	93	88	87	-8.23466	-1.25393	-6.62578
16	-5.1	0.2	-1.4	86	82	91	-7.07099	-2.50501	-2.67594
17	-1.8	-0.4	-0.8	93	93	92	-2.77972	-1.39136	-1.93451
18	-1.8	-0.7	-1.5	91	93	91	-3.07164	-1.68886	-2.77486
19	-2.6	0.2	-3.7	90	89	88	-4.01015	-1.39592	-5.39284
20	-11.4	-1.2	-7.7	74	79	83	-15.0951	-4.36883	-10.0764
21	-11.7	-1.8	-4.8	77	92	89	-14.9059	-2.92498	-6.32976
22	-5.7	-1.1	-7.6	88	92	83	-7.36413	-2.23165	-9.97846
23	-8.7	-5.1	-5.4	84	89	84	-10.9059	-6.62583	-7.66965
24	-5.3	-5	-5.5	86	89	86	-7.26762	-6.52714	-7.46425
25	-4.7	-1.9	-2.5	89	94	90	-6.23107	-2.73514	-3.91134
26	-3.2	-0.2	-1.8	91	93	92	-4.45663	-1.19303	-2.92498
27	-6.6	-0.6	-5.1	84	74	86	-8.84637	-4.6531	-7.07099
28	-10.3	-6.3	-7.1	90	87	86	-11.6195	-8.10243	-9.03738
29	-7.5	-5.8	-6.5	83	83	85	-9.88052	-8.21563	-8.59709
30	-7.2	-6.7	-7.4	86	87	83	-9.13571	-8.49622	-9.78258
31	-6.5	-2.1	-0.9	87	94	94	-8.29932	-2.93373	-1.74222

Kada jednom napišemo formulu nema potrebe za ponovnim pisanjem u sljedećem redu, u donjem desnom kutu ćelije u kojoj je napisana formula postoji crni križić koji stisnemo i jednostavno povučemo do zadnjeg retka i tako se odredi rosište za sve dane u godini. Poslije određivanja rosišta za svih 10 godina treba odrediti prosječno rosište za svaku godinu te

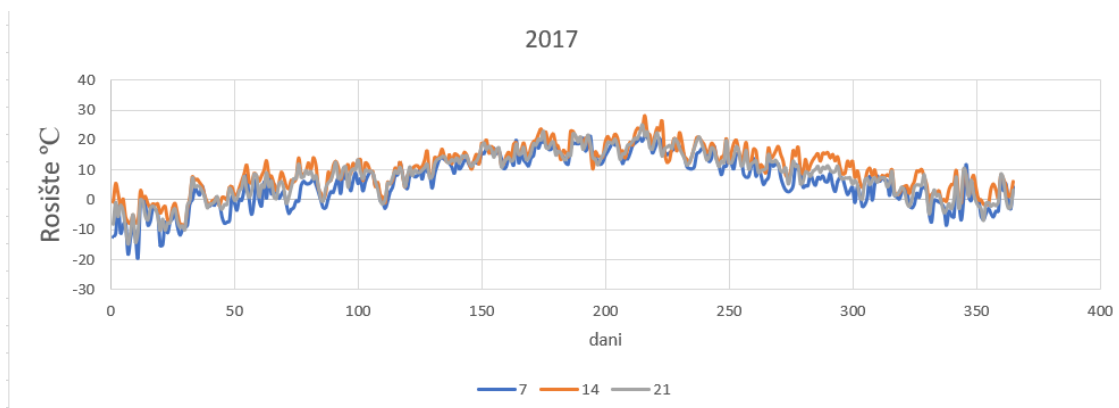
postotak pojavljivanja rosišta ispod 13 °C jer je to prosječna temperatura u rudniku. Prosječno rosište za pojedinu godinu računamo tako da u ćeliju upišemo znak jednako (=) i jednostavno označimo dobivene temperature rosišta u 7,14,21 sat i po formuli za srednju aritmetičku vrijednost dobivamo prosjek za taj određeni dan ( vrijednost u 7 + vrijednost u 14 + vrijednost u 21/3). Zatim u donjem desnom kutu ćelije stisnemo crni križić i povučemo do zadnjeg dana i time smo dobili prosječne vrijednosti za svaki dan. Sad kad nam je taj podatak jasan, možemo odrediti prosječno rosište za godinu, tako da koristimo naredbu Average (prosjek). Naredba funkcionira tako da odredimo raspon vrijednosti koje želimo da uđu u proračun. Jednostavno povučemo sve vrijednosti koje smo dobili za prosječno rosište za dan i time dobivamo prosječno rosište za tu određenu godinu. Tako napravimo za svih 10 godina. Za 2018. godinu još preostaje odrediti postotak pojavljivanja rosišta ispod 13°C za svaki mjesec. To ćemo napraviti tako da prvo odredimo broj pojavljivanja rosišta ispod 13°C za svaki mjesec. Koristimo naredbu Countif koja zapravo broji ćelije određenog raspona koje sadrže vrijednosti manje od 13. Moramo postaviti uvjet koji će mu „reći“ da broji vrijednosti manje od 13. (=count if( željeni raspon ćelija, <“13“)). Kad smo to napravili, sljedeći korak je dobivene vrijednosti podijeliti s brojem mjerenja u tom određenom mjesecu. Broj mjerenja nije isti za svaki mjesec pošto nemaju svi jednak broj dana pa će tako recimo za mjesec srpanj biti ukupno 93 mjerenja (mjesec ima 31 dan, a mjerenje je izvršeno svaki dan u 7,14 te 21 sat). Još preostaje pomnožiti sa 100 kako bi dobili postotak. Cijeli postupak ponovimo za sve mjesece i tako smo dobili postotak pojavljivanja rosišta ispod <13°C.

### 3.3. Dijagrami kretanja rosišta kroz vrijeme

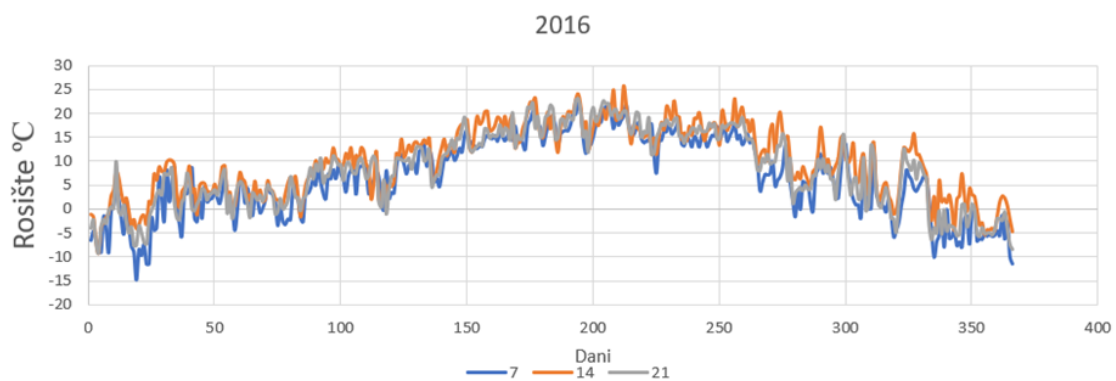
Nakon što smo napravili proračun, podatke možemo prikazati dijagramima kako bi preglednije vidjeli dobivene vrijednosti. Ubacivanje dijagrama u excelu radi se tako da se odaberu vrijednosti koje želimo prikazati dijagramom, stisnemo na insert → chart → scatter with smooth lines. Preostaje nam odabrati koji stupac će nam prikazivati podatke na x os, a koji na y. Odabrano je da broj dana u godini predstvalja x os, a temperatura rosišta y os. Postoje tri krivulje po dijagramu pošto su mjerenja izvršena tri puta (7,14,21 sat), tako da svaka krivulja predstavlja jedno mjerenje (slika 3-1, 3-2,3-3,3-4,3-5,3-6,3-7,3-8,3-9).



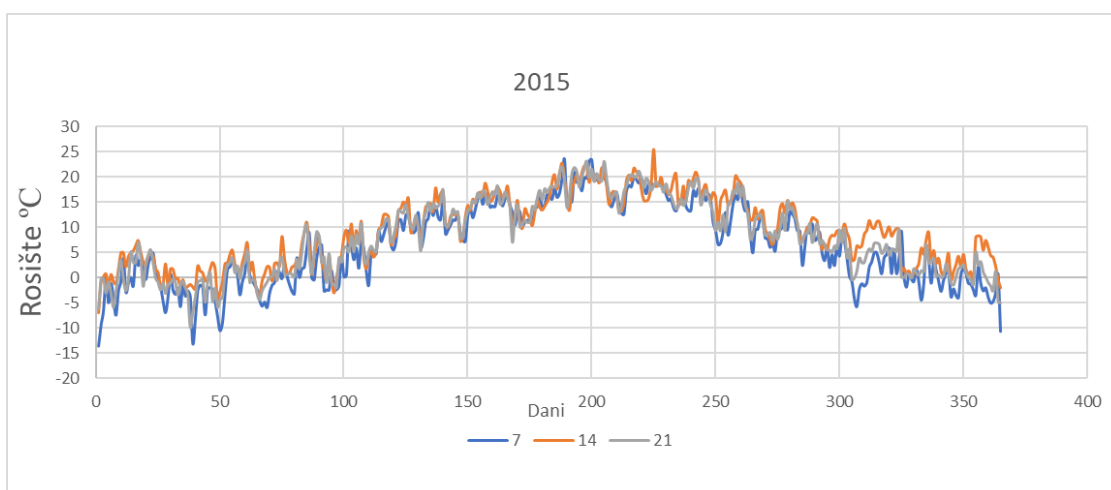
Slika 3-1 kretanje rosišta 2018



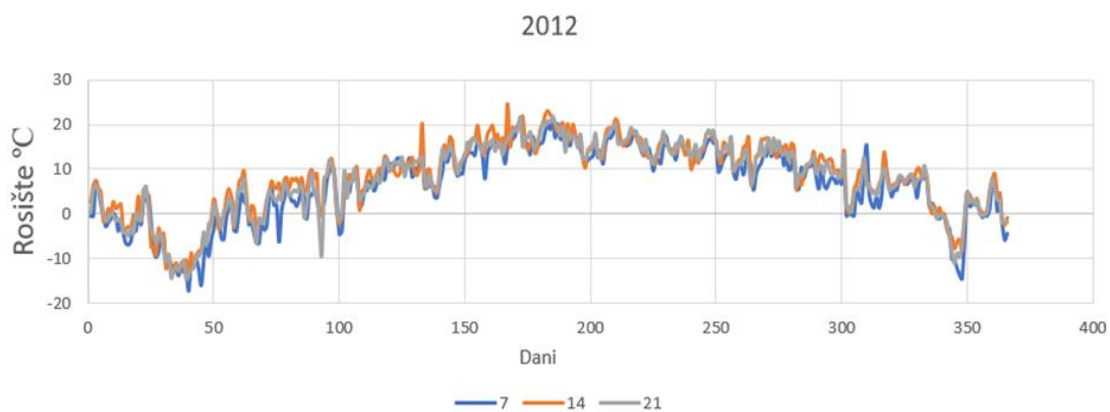
Slika 3-2 kretanje rosišta 2017



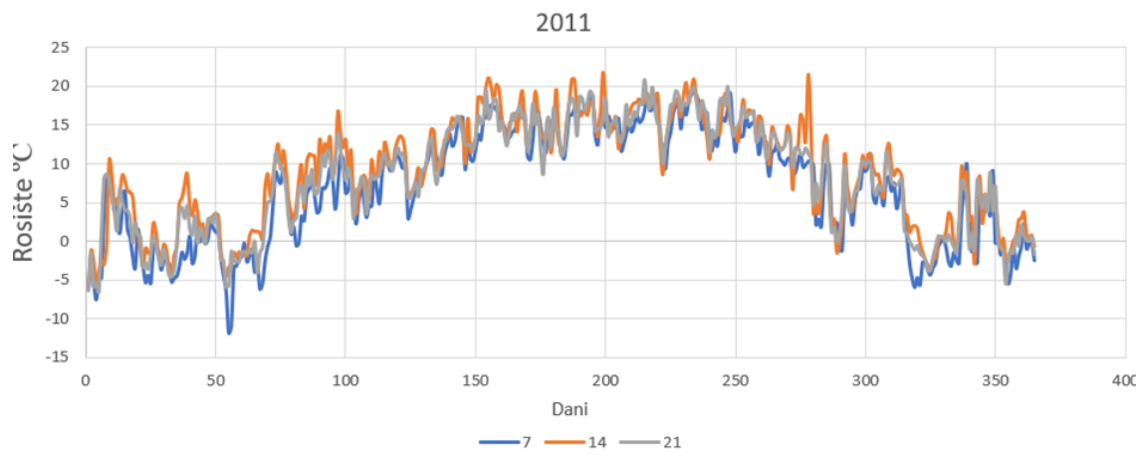
Slika 3-3 kretanje rosišta 2016



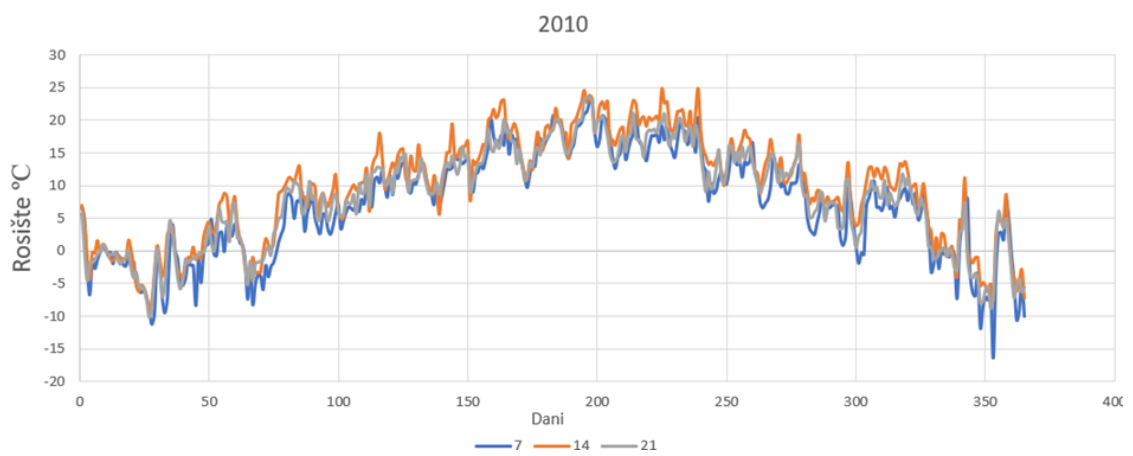
Slika 3-4 kretanje rosišta 2015



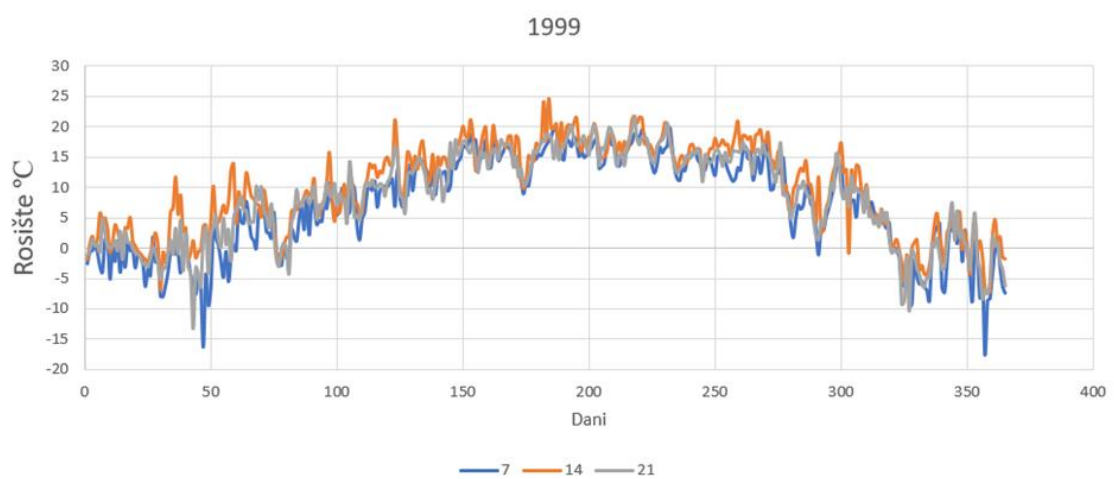
Slika 3-5 kretanje rosišta 2012



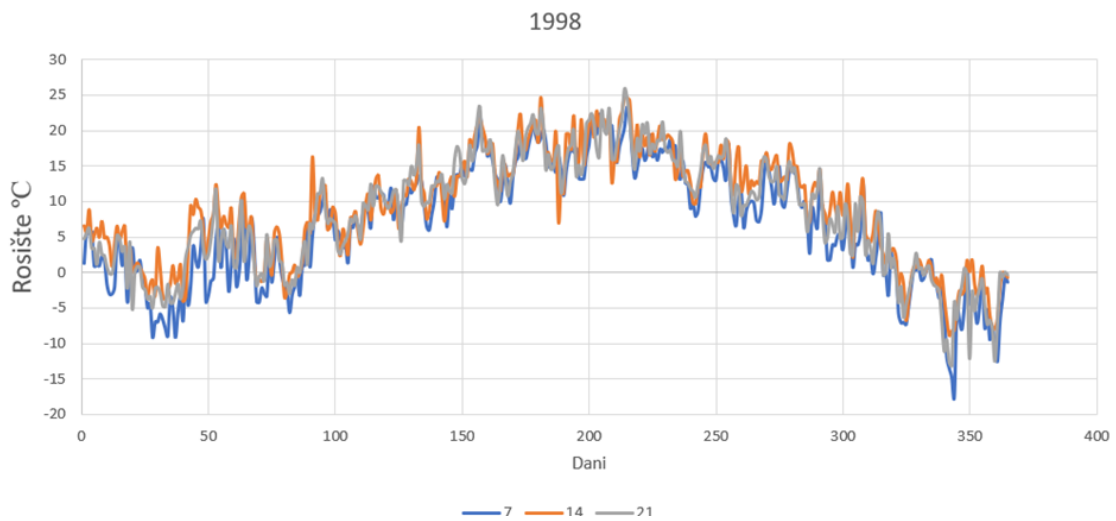
**Slika 3-6** kretanje rosišta 2011



**Slika 3-7** kretanje rosišta 2010

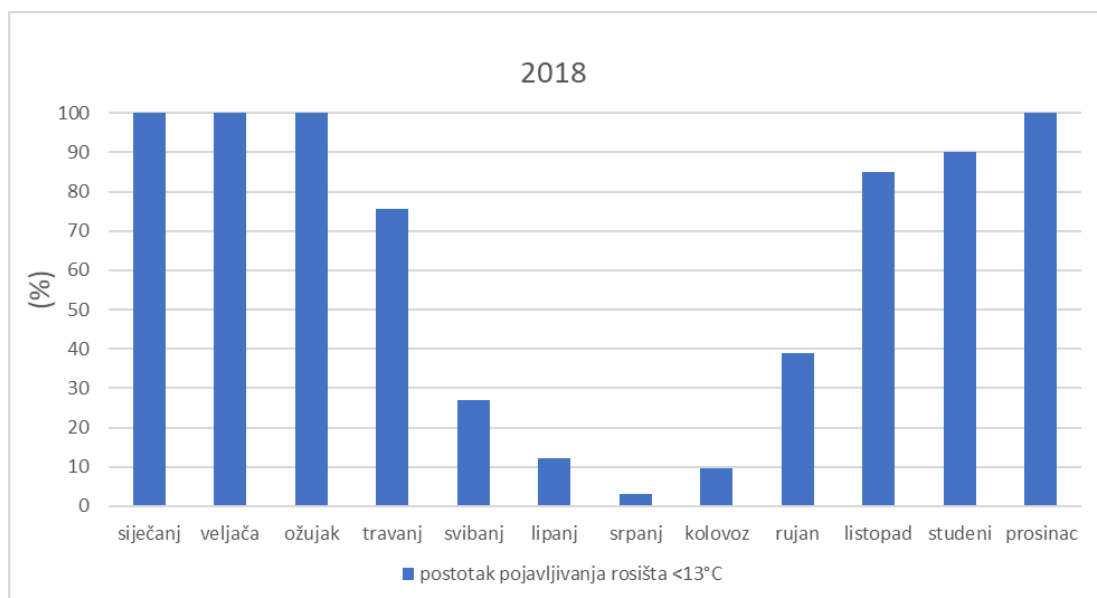


**Slika 3-8** kretanje rosišta 1999



**Slika 3-9** kretanje rosišta 1998

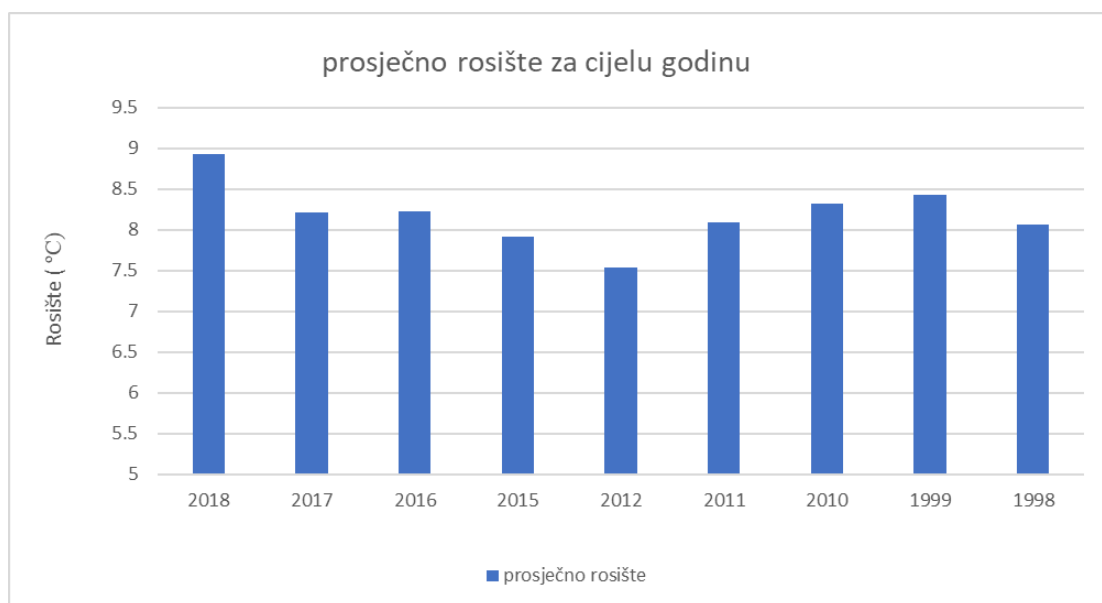
Slijede dijagrami, odnosno histogrami koji pokazuju odnose rosišta kroz godine, odnosno mjesece. Slika 3-10 prikazuje histogram koji iskazuje postotak pojavljivanja rosišta ispod (<)13°C za 2018. godinu jer je to prosječna temperatura u rudniku (na y os smješteni su postotoci, dok na x mjeseci u godini). Utvrdili smo da kretanje rosišta je tipično isto kroz svaku godinu (slika 3-1 do 3-9), tako da nije potrebno raditi histogram za svaku, već je dovoljno izraditi samo za 2018.



**Slika 3-10** histogram postotoka



Na histogramu se jasno vidi kako mjesec siječanj, veljača, ožujak te prosinac u svim svojim danima imaju rosište ispod 13°C (100% pojavljivanje) što je bilo i za očekivati jer se radi o mjesecima koji su hladniji. Histogram nam služi da odredimo kad možemo upaliti ventilaciju u rudniku. Rudnik treba vjetriti tako da se onemogući zgušnjavanje vlage i stvaranje rose u objektu. Stoga, temperatura zraka u rudniku treba biti viša od temperature točke rosišta vanjskog zraka (Rendulić i Petzel ,1999). Slika 3-11 prikazuje histogram koji pokazuje prosječna rosišta za cijelu godinu, i tako za sve godine kojima smo odredili rosišta. Na histogramu se vidi kako se prosječno rosište nije promijenilo znatno u zadnjih 20 godina, te možemo očekivati da će tako i ostati, no klimatološke promjene mogu utjecati na to i pitanje je što će biti za 20 godina.



**Slika 3-11** prosječno rosište

#### 4. ZAKLJUČAK

Koristeći teoriju i zakonitosti o vlažnosti, temperaturi zraka te o rosištu, uspjeli smo izračunati vrijednosti rosišta vanjskog zraka. Dobivene vrijednosti su nam potrebne kako bi dobili bolji uvid o vjetrenju rudnika, koje služi da bi mogli sniziti vlagu unutar rudnika. Prevelika vlaga je štetna za drvenu podgradu. Manja vlaga će usporiti proces truljenja drvene podgrade, ako je vlaga prevelika onda je pogodna za razvitak plijesni koje štete drvenoj podgradi. Također, količina vlage u zraku utječe i na čovjeka, a naglasili smo kako rudnik sv. Barbare radi u turističke svrhe. “*Čovjek se osjeća ugodno kod relativne vlage od 50 do 60 %*“ (Rendulić i Petzel, 1999). Izračunati podaci prikazani su slikovito u obliku dijagrama i histograma te pokazuju kada je vjetrenje preporučeno, a kada nije. Iz dijagrama zaključujemo da se rosište tipično mijenja kroz godinu tako da je niže u zimskim mjesecima, a više u ljetnim (slika 3-1 do 3-9). Trenuci kada je rosište ispod 13°C su rijetki u ljetnim mjesecima, i tada je potrebna regulacija ventilatora, no od studenog do ožujka je rosište stalno ispod 13°C te ventilator može biti stalno uključen (slika 3-10). Prosječno godišnje rosište nije se promijenilo u 20 godina, te je za pretpostaviti da se neće ni mijenjati u narednim godinama (slika 3-11).

Završni rad analiza točke rosišta atmosferskog zraka u okolini rudnika sv. Barbare u Rudama poslužio je svrsi dobivanja podataka koji su nužni za smanjivanje vlage u zraku te time pripomogao u unapređenju rudnika.

## 5. LITERATURA

Hrvatska enciklopedija, 2020a. Psihrometar. Mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. URL : <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=50960> (30. 6. 2020).

Hrvatska enciklopedija, 2020b. Rosište . Mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. URL : <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53391> (30. 6. 2020).

Klanfar M. 2018. Vjetrenje i odvodnjavanje. Predavanja. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

KUD Oštrc. 2019. Rudnik sveta Barbara. URL: <http://www.rudnik.hr/hr/news/nadogradnja-sustava-vjetrenja> (30.6.2020).

Petzel, M. , Rendulić V. 1999. Vlažnost i vjetrenje podzemnog skladišta eksplozivnih tvari, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, vol.11, str.43-48.

Wikipedija, 2018. Vlažnost zraka. URL : [https://hr.wikipedia.org/wiki/Vla%C5%BEnost\\_zraka](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vla%C5%BEnost_zraka) (30.6. 2020).

## Prilog 1 Tablice proračuna u Excelu

Tablica prikazuje izračunate podatke za 2017, uzeta radi primjera. Za sve ostale godine rađeno je po istom principu kao i ovdje.

Godina 2017.

Dan u godini	temperatura (°C)			Rel. vlažnost (%)			Rosište (°C)		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1	-9.2	2.7	-5.4	78	78	82	-12.3	-0.7	-8.0
2	-8.3	8.5	0.6	80	81	91	-11.1	5.4	-0.7
3	-1.2	3.8	-3.3	94	88	85	-2.0	2.0	-5.5
4	-8.1	-0.2	-0.4	80	87	91	-10.9	-2.1	-1.7
5	-5.8	2.8	-2.1	83	83	88	-8.2	0.2	-3.8
6	-5.1	-3.2	-6.7	84	83	82	-7.4	-5.7	-9.3
7	-12.8	-4.5	-11.1	65	81	75	-18.0	-7.3	-14.6
8	-10.2	-5.8	-8.1	82	86	82	-12.7	-7.8	-10.6
9	-6.8	-3.2	-3.3	82	87	89	-9.3	-5.1	-4.8
10	-6.5	-5.4	-10.6	66	84	76	-11.8	-7.7	-14.0
11	-15.1	-5.1	-7.8	71	84	80	-19.2	-7.4	-10.6
12	0.4	4.9	1.1	91	87	93	-0.9	2.9	0.1
13	1.3	1.4	0.5	93	93	93	0.3	0.4	-0.5
14	-0.6	2.7	-3.5	93	89	87	-1.6	1.1	-5.3
15	-7.3	0.5	-4.8	93	88	87	-8.2	-1.3	-6.6
16	-5.1	0.2	-1.4	86	82	91	-7.1	-2.5	-2.7
17	-1.8	-0.4	-0.8	93	93	92	-2.8	-1.4	-1.9
18	-1.8	-0.7	-1.5	91	93	91	-3.1	-1.7	-2.8
19	-2.6	0.2	-3.7	90	89	88	-4.0	-1.4	-5.4
20	-11.4	-1.2	-7.7	74	79	83	-15.1	-4.4	-10.1
21	-11.7	-1.8	-4.8	77	92	89	-14.9	-2.9	-6.3
22	-5.7	-1.1	-7.6	88	92	83	-7.4	-2.2	-10.0
23	-8.7	-5.1	-5.4	84	89	84	-10.9	-6.6	-7.7
24	-5.3	-5	-5.5	86	89	86	-7.3	-6.5	-7.5
25	-4.7	-1.9	-2.5	89	94	90	-6.2	-2.7	-3.9
26	-3.2	-0.2	-1.8	91	93	92	-4.5	-1.2	-2.9
27	-6.6	-0.6	-5.1	84	74	86	-8.8	-4.7	-7.1
28	-10.3	-6.3	-7.1	90	87	86	-11.6	-8.1	-9.0
29	-7.5	-5.8	-6.5	83	83	85	-9.9	-8.2	-8.6
30	-7.2	-6.7	-7.4	86	87	83	-9.1	-8.5	-9.8
31	-6.5	-2.1	-0.9	87	94	94	-8.3	-2.9	-1.7
32	-0.3	1.9	0.9	94	93	93	-1.1	0.9	-0.1
33	0.8	11.5	10.5	95	77	81	0.1	7.6	7.4
34	6.2	13.5	6.8	85	63	85	3.9	6.6	4.5
35	4.2	12.1	7.4	90	70	83	2.7	6.8	4.7

36	3.4	9.7	5.3	89	76	94	1.8	5.7	4.4
37	5.8	5.4	4.5	92	93	90	4.6	4.4	3.0
38	2.8	5.3	2.2	89	76	92	1.2	1.4	1.0
39	0.6	3.8	0.2	84	72	82	-1.8	-0.8	-2.5
40	-1.2	-0.4	-0.4	94	91	93	-2.0	-1.7	-1.4
41	-0.3	1.1	0.1	94	90	91	-1.1	-0.4	-1.2
42	-0.4	3.2	1.9	91	80	84	-1.7	0.1	-0.5
43	1.4	3.5	2.8	92	83	89	0.2	0.9	1.2
44	0.5	3.9	1.7	89	66	77	-1.1	-1.9	-1.9
45	-3.6	5.8	-1.6	86	70	90	-5.6	0.8	-3.0
46	-5.1	10.2	0.3	82	52	88	-7.7	0.8	-1.5
47	-4.6	10.1	1.7	81	50	80	-7.4	0.1	-1.4
48	-4.5	12	5.8	83	59	87	-6.9	4.2	3.8
49	2.2	9.2	4.5	92	72	88	1.0	4.4	2.7
50	0.9	9.8	1.8	88	57	88	-0.9	1.7	0.0
51	-1.6	11.8	1.9	88	50	90	-3.3	1.7	0.4
52	1.7	10.5	6.8	90	64	77	0.2	4.0	3.1
53	1.4	14.8	7.1	90	57	82	-0.1	6.4	4.2
54	7.4	15.1	13	78	66	71	3.8	8.8	7.9
55	13.1	13.8	4.6	72	86	91	8.2	11.5	3.3
56	1.1	9.8	2.1	93	77	92	0.1	6.0	0.9
57	-2.9	9.7	4.5	87	76	91	-4.8	5.7	3.2
58	1.4	16.3	11.4	90	61	83	-0.1	8.8	8.6
59	10.6	15.4	13.5	78	61	70	6.9	7.9	8.1
60	1.3	7.6	2.1	91	91	93	0.0	6.2	1.1
61	-0.3	13.2	6.9	89	71	88	-1.9	8.1	5.1
62	7.5	14.2	5.2	90	75	94	6.0	9.8	4.3
63	2.3	18.8	15	89	69	68	0.7	13.0	9.1
64	10.3	9.9	5.7	86	88	92	8.1	8.0	4.5
65	3.2	11.4	7.8	92	79	90	2.0	7.9	6.3
66	6.2	11	9.7	93	68	55	5.2	5.3	1.1
67	6.5	12.7	4.8	77	52	74	2.8	3.1	0.6
68	2.5	15.8	9.2	87	50	77	0.6	5.4	5.4
69	3.9	12.9	9.2	86	78	81	1.8	9.2	6.1
70	4.6	12.7	6.1	88	70	85	2.8	7.4	3.8
71	0.9	9.1	1	86	73	86	-1.2	4.5	-1.1
72	-2.7	12.1	2.1	88	57	92	-4.4	3.8	0.9
73	-1.4	15.2	6.1	88	56	88	-3.1	6.5	4.3
74	-0.3	15.2	8.3	85	54	92	-2.5	6.0	7.1
75	1.5	16.2	8.2	88	55	94	-0.3	7.1	7.3
76	1.5	19.8	13.1	88	69	93	-0.3	13.9	12.0
77	6.1	18.3	12.8	92	54	71	4.9	8.8	7.7
78	8.6	16.1	10.3	85	61	84	6.2	8.6	7.7
79	7.3	21.4	16.7	88	47	64	5.4	9.6	9.9
80	7.6	21.4	15.4	86	56	64	5.4	12.3	8.6
81	7.5	21.7	14.5	90	48	72	6.0	10.2	9.5
82	8.8	22.4	15.2	89	59	58	7.1	14.0	7.0
83	7.7	21.7	13.9	84	52	68	5.2	11.4	8.1

84	5.3	15.9	10.8	83	45	65	2.6	4.0	4.5
85	2.8	10.1	6.7	81	58	63	-0.1	2.2	0.2
86	-0.3	14.4	5.4	84	38	67	-2.7	0.3	-0.2
87	-0.9	18.1	9.3	89	35	70	-2.5	2.4	4.1
88	2.2	22.8	12.2	89	42	65	0.6	9.2	5.8
89	4.5	20.9	14.4	88	39	60	2.7	6.4	6.7
90	5.1	21.9	16.4	84	51	62	2.6	11.3	9.1
91	8.5	24.9	15.9	80	47	81	5.2	12.8	12.6
92	9.6	22.8	12.5	84	47	71	7.0	10.9	7.4
93	7.3	23.7	14.9	70	34	61	2.2	6.9	7.4
94	12.9	19	12.5	78	54	88	9.2	9.5	10.6
95	8.4	16.6	12.5	92	65	91	7.2	10.0	11.1
96	9.4	13.8	6.1	93	87	88	8.3	11.7	4.3
97	5.1	17.8	10.7	87	55	92	3.1	8.6	9.5
98	9.3	20.4	13.7	82	59	80	6.4	12.1	10.3
99	10.9	19.8	12.4	88	57	86	9.0	11.0	10.1
100	7.9	24	17.7	85	51	76	5.5	13.2	13.4
101	10	16.8	10.5	82	80	93	7.1	13.3	9.4
102	4.6	16.6	11.1	90	51	76	3.1	6.4	7.0
103	8.3	22.9	15.6	86	51	69	6.1	12.2	9.9
104	11.8	19.9	16.9	78	59	62	8.1	11.6	9.6
105	10.6	14.9	10.6	92	70	94	9.4	9.5	9.7
106	9.9	10.7	10.1	95	91	93	9.1	9.3	9.0
107	8.1	15.1	8.8	80	49	84	4.9	4.5	6.2
108	6.8	8.1	4.4	91	85	94	5.4	5.7	3.5
109	4.5	7.7	4.5	72	66	71	-0.1	1.8	-0.3
110	5	8.5	4.1	66	59	68	-0.8	0.9	-1.3
111	0.5	10.9	5.2	79	44	70	-2.7	-0.9	0.2
112	2.8	18.7	11.6	80	43	67	-0.3	5.9	5.7
113	4	12.6	9.9	92	61	74	2.8	5.3	5.5
114	7.2	17.1	14.3	82	50	64	4.3	6.6	7.6
115	13.5	19.9	16.1	70	55	66	8.1	10.6	9.7
116	10.6	21.1	16.3	87	46	62	8.5	9.0	9.0
117	17.1	17.9	12.2	74	71	92	12.4	12.6	10.9
118	10	10.5	10.3	92	87	88	8.8	8.4	8.4
119	7.5	14	7	83	52	84	4.8	4.3	4.5
120	5.9	15.8	12.1	87	60	76	3.9	8.0	8.0
121	11.1	19.3	15.4	84	53	75	8.5	9.5	11.0
122	11.7	19.7	12.9	82	55	73	8.7	10.4	8.2
123	10.3	17.2	13.4	84	68	80	7.7	11.2	10.0
124	9.5	18.3	13.7	91	64	74	8.1	11.4	9.1
125	10.8	13.9	10.5	94	80	92	9.9	10.5	9.3
126	10.3	21.4	16.9	80	52	64	7.0	11.1	10.0
127	12.7	15.7	12.8	88	86	88	10.8	13.4	10.9
128	11	19.5	13.8	90	81	88	9.4	16.1	11.8
129	12.2	10.9	9.1	79	81	89	8.7	7.8	7.4
130	7.6	16.8	10.4	78	56	85	4.0	8.0	8.0
131	11.2	22.2	15.6	84	60	79	8.6	14.1	12.0

132	13.8	24.6	19.8	86	51	67	11.5	13.8	13.5
133	16.2	22.2	16.4	85	62	85	13.7	14.6	13.9
134	16.6	24.6	17.7	85	62	81	14.1	16.8	14.4
135	14.8	18.4	15.9	92	77	91	13.5	14.3	14.4
136	15.4	23.8	15.9	86	50	81	13.1	12.7	12.6
137	18	22.1	15.8	69	64	80	12.2	15.0	12.4
138	14.1	25.2	17.6	81	44	77	10.9	12.1	13.5
139	13.3	27.5	21.2	75	47	59	9.0	15.2	12.9
140	17.8	20	14.9	71	73	94	12.5	15.0	13.9
141	16.8	21.2	15.6	66	64	81	10.4	14.1	12.3
142	13.8	24.2	17.3	85	52	84	11.3	13.7	14.6
143	16.2	25.5	18.1	82	55	79	13.1	15.8	14.4
144	15.3	21.5	15.9	88	66	93	13.3	14.9	14.8
145	14.2	20.1	15.4	85	60	82	11.7	12.1	12.3
146	13.8	22.8	14.9	82	45	79	10.8	10.2	11.3
147	16.8	25.5	17.5	79	47	72	13.1	13.3	12.4
148	17.2	25.1	18.2	73	54	72	12.3	15.1	13.1
149	15.9	26.3	18.6	80	41	79	12.5	12.0	14.9
150	18.8	28.4	21.2	81	56	81	15.5	18.8	17.8
151	19.7	29.8	20.7	77	51	90	15.5	18.6	19.0
152	19.2	28	21.1	89	61	77	17.3	19.8	16.9
153	19.6	27.9	21.9	88	47	78	17.6	15.5	17.9
154	19.8	28.2	20.6	77	53	79	15.6	17.7	16.8
155	20.8	29.3	20.9	80	47	66	17.2	16.8	14.3
156	19	25.1	19.9	80	59	82	15.5	16.5	16.7
157	19.8	25	20.9	80	60	80	16.2	16.7	17.3
158	15.6	18.8	12.5	89	62	91	13.8	11.4	11.1
159	12.8	22.3	15.2	86	53	85	10.5	12.2	12.7
160	14.1	25.2	17	83	52	80	11.3	14.6	13.5
161	17.7	25.2	17.9	80	56	79	14.2	15.8	14.2
162	20.8	25.5	18	63	50	72	13.5	14.3	12.9
163	16.2	30.2	24.8	75	50	50	11.8	18.6	13.7
164	21.8	28.9	23.6	89	55	74	19.9	18.9	18.7
165	19.7	24	19.5	63	58	77	12.5	15.2	15.4
166	19.4	28.1	21.5	76	49	68	15.1	16.4	15.3
167	18.5	26	18.7	72	65	93	13.4	18.9	17.5
168	18.1	22.5	17.2	69	66	79	12.3	15.8	13.5
169	19.4	24.8	19.5	60	53	70	11.4	14.6	13.9
170	19.2	28.2	20.6	72	53	74	14.0	17.7	15.8
171	20.1	31.1	23.9	72	50	73	14.9	19.4	18.8
172	23.3	33.4	20.3	79	45	88	19.4	19.8	18.2
173	20.7	32.8	25	81	53	75	17.3	21.9	20.3
174	23.4	34.9	27.2	79	52	65	19.5	23.6	20.0
175	24	32	25.8	75	55	84	19.3	21.8	22.9
176	23.9	30.9	19.2	81	61	90	20.4	22.5	17.5
177	18.2	28.7	22.1	93	55	74	17.0	18.8	17.2
178	19.8	28	21.6	83	65	84	16.8	20.8	18.8
179	20.1	32.4	24.7	89	54	72	18.2	21.9	19.3

180	18.3	26.7	20.5	96	61	71	17.6	18.5	15.1
181	21.7	19.4	18.4	75	90	87	17.1	17.7	16.2
182	17	24.2	20.1	84	51	76	14.3	13.4	15.7
183	20.4	25.6	20.7	69	57	65	14.5	16.4	13.9
184	19.7	25.9	16.6	63	53	82	12.5	15.6	13.5
185	16.9	27.4	19.3	73	45	79	12.0	14.4	15.6
186	20.1	30.7	21.5	83	63	66	17.1	22.8	14.9
187	21.2	32.7	25.4	87	56	82	18.9	22.8	22.1
188	21.5	34.7	25.6	85	45	78	18.9	21.0	21.5
189	21	32.1	25.7	87	49	68	18.7	20.0	19.3
190	22.8	33.6	28.2	80	47	65	19.2	20.7	21.0
191	25.1	35.6	28.7	76	37	49	20.6	18.6	16.9
192	24.5	33.4	27.1	61	47	60	16.5	20.5	18.7
193	21.3	30.7	22.8	81	55	93	17.9	20.6	21.6
194	22.6	25.7	19.9	92	58	92	21.2	16.8	18.6
195	16.1	20.5	15.7	88	52	90	14.1	10.3	14.1
196	16.5	25.3	18.1	88	56	75	14.5	15.9	13.6
197	17.8	24.3	16.8	72	55	72	12.7	14.7	11.7
198	16.5	28.1	19.2	74	43	70	11.8	14.3	13.6
199	18.9	30.2	22.8	67	38	61	12.6	14.3	14.9
200	20.4	34	27.6	70	42	51	14.7	19.2	16.5
201	21	34.8	27.3	74	45	61	16.2	21.1	19.1
202	24.2	31.4	25.5	67	50	68	17.7	19.7	19.1
203	23.3	34.1	26.6	78	44	63	19.2	20.1	19.0
204	23.7	29.7	21.6	72	63	92	18.3	21.9	20.2
205	21.8	24.1	18.8	86	80	94	19.3	20.4	17.8
206	18	25.2	14.7	89	56	93	16.2	15.8	13.6
207	13	24.1	16.1	95	62	95	12.2	16.4	15.3
208	14.9	24.5	19.9	95	52	76	14.1	14.0	15.5
209	17.8	29.2	24.8	77	47	67	13.7	16.7	18.2
210	22.2	28.5	23.2	66	57	75	15.5	19.1	18.5
211	20.8	28.5	23.7	84	54	77	18.0	18.3	19.4
212	22.6	31.9	25.1	80	56	76	19.0	22.0	20.6
213	23.1	33.8	26.4	81	56	70	19.7	23.8	20.5
214	23.2	34.6	27.5	86	53	74	20.7	23.6	22.4
215	21.7	33.9	26.1	88	55	94	19.6	23.6	25.1
216	23.2	36.2	26.8	90	63	72	21.5	28.0	21.3
217	25.3	33	26.2	76	54	81	20.8	22.4	22.7
218	26.7	29.2	21.1	69	64	80	20.5	21.7	17.5
219	18.8	26.3	19.9	83	62	83	15.8	18.4	16.9
220	18.4	26.9	22.7	92	71	85	17.1	21.2	20.0
221	21	31.6	24.5	90	64	88	19.3	23.9	22.4
222	23.2	32.8	19.4	85	57	95	20.5	23.1	18.6
223	19.8	30.2	21	91	79	67	18.3	26.1	14.6
224	17	17.4	18	95	90	94	16.2	15.7	17.0
225	16.1	25.3	18.6	94	45	94	15.1	12.5	17.6
226	16.8	26.9	19.3	93	43	93	15.7	13.2	18.1
227	18.2	29.3	18.4	90	50	93	16.5	17.8	17.2



228	18.6	30.2	22.4	92	56	88	17.3	20.4	20.3
229	20.3	30.3	21.7	95	43	88	19.5	16.3	19.6
230	19.9	32.2	24.1	88	56	66	17.8	22.3	17.3
231	19.7	26.7	19.1	84	64	80	16.9	19.3	15.6
232	15.6	20.4	16.6	93	69	84	14.5	14.5	13.9
233	13.3	23.7	14.9	87	53	81	11.2	13.5	11.7
234	12.1	23.6	14.3	90	49	89	10.5	12.3	12.5
235	12.3	24.8	18.7	88	53	77	10.4	14.6	14.6
236	13.9	28.7	21.1	83	51	79	11.1	17.5	17.3
237	17.6	31.4	21.9	87	53	87	15.4	20.6	19.6
238	19.9	32.9	24.3	78	49	82	15.9	20.7	21.0
239	19.3	33.4	23.7	87	44	74	17.1	19.5	18.8
240	19	27.7	17.2	90	57	95	17.3	18.4	16.4
241	17.1	25.9	15.9	92	54	85	15.8	15.9	13.4
242	14.5	27.4	18.5	90	51	77	12.9	16.4	14.4
243	16.9	32.3	21.8	83	45	76	14.0	18.8	17.4
244	19.7	19.1	17.5	90	92	95	18.0	17.8	16.7
245	14.7	15.8	14.7	94	91	92	13.7	14.3	13.4
246	12.9	17.3	12.3	91	71	93	11.5	12.0	11.2
247	9.4	21.8	14.3	94	62	92	8.5	14.2	13.0
248	12.6	23.7	13.8	91	58	92	11.2	14.9	12.5
249	13	25.3	21	90	74	93	11.4	20.3	19.8
250	17.2	13.5	13.7	89	93	93	15.4	12.4	12.6
251	13.3	17.3	13.4	94	90	94	12.4	15.6	12.5
252	11.6	23.7	15.4	93	74	94	10.5	18.8	14.4
253	16.1	23.7	19.9	95	79	88	15.3	19.8	17.8
254	16.5	17.2	17.2	92	95	95	15.2	16.4	16.4
255	15.1	13.6	12.7	93	95	92	14.0	12.8	11.4
256	9.5	20.6	13	94	72	96	8.6	15.4	12.4
257	14.1	23.1	18.2	65	78	90	7.6	19.0	16.5
258	10.8	13.3	11.8	82	95	91	7.9	12.5	10.4
259	11.9	14.1	13.1	95	91	93	11.1	12.7	12.0
260	14.6	19.9	13.5	95	83	94	13.8	16.9	12.6
261	9.3	17.3	13.7	91	93	96	7.9	16.2	13.1
262	11.9	10.8	10.1	95	94	94	11.1	9.9	9.2
263	9	13.1	10.7	95	91	94	8.2	11.7	9.8
264	6.1	19.2	11	94	57	94	5.2	10.5	10.1
265	7.6	20.5	11.5	93	48	94	6.5	9.1	10.6
266	8.5	20.2	16.2	94	83	94	7.6	17.2	15.2
267	13.5	16.3	13.8	95	86	94	12.7	14.0	12.9
268	12.6	16.5	13.4	92	89	96	11.3	14.7	12.8
269	12.8	17.7	14	95	92	95	12.0	16.4	13.2
270	13.2	19.1	12.8	92	92	93	11.9	17.8	11.7
271	8.8	19.6	10.8	92	75	93	7.6	15.0	9.7
272	6.1	18.3	10.2	92	70	95	4.9	12.7	9.4
273	4.3	17	11.4	93	56	95	3.3	8.2	10.6
274	4.1	17.1	6.8	91	54	91	2.8	7.7	5.4
275	4.2	17.8	9	93	59	95	3.2	9.7	8.2

276	6.5	17.1	13.9	89	95	94	4.8	16.3	12.9
277	12.1	19.7	11.9	97	73	95	11.6	14.7	11.1
278	11.8	21.5	12.9	90	78	90	10.2	17.5	11.3
279	11.5	11.5	6.5	93	90	93	10.4	9.9	5.5
280	5.2	16.8	7.7	94	59	90	4.3	8.7	6.2
281	5.8	17.7	10.2	93	76	94	4.8	13.4	9.3
282	6.1	16.1	11.9	92	66	83	4.9	9.7	9.1
283	9.9	14.7	8.8	92	82	94	8.7	11.7	7.9
284	7.6	17.8	11.2	92	75	90	6.4	13.3	9.6
285	6.5	22.6	11.1	90	60	94	5.0	14.4	10.2
286	8.3	21.5	12.3	95	68	93	7.5	15.3	11.2
287	7.9	20.2	10.2	94	63	94	7.0	12.9	9.3
288	8.8	20.5	12.2	95	73	92	8.0	15.5	10.9
289	7.2	21.5	11.7	93	68	92	6.1	15.3	10.4
290	7.3	21.4	12.7	93	70	92	6.2	15.7	11.4
291	9.7	21.6	11.9	95	62	88	8.9	14.0	10.0
292	6.8	23	10.5	88	61	92	5.0	15.1	9.3
293	5.4	21.7	10.8	84	58	92	2.9	13.1	9.6
294	7.4	20.4	12.9	92	68	90	6.2	14.3	11.3
295	8.9	11.8	8.7	91	93	94	7.5	10.7	7.8
296	8.6	11.2	10.1	91	84	81	7.2	8.6	7.0
297	10.7	15.8	10.5	65	64	81	4.4	9.0	7.4
298	3.5	16.3	8.5	89	80	92	1.9	12.8	7.3
299	4.2	18.3	8.6	93	63	92	3.2	11.1	7.4
300	5.7	17.9	6.5	90	72	92	4.2	12.8	5.3
301	0.5	12.8	7.6	91	70	93	-0.8	7.5	6.5
302	5.6	17.5	11.1	93	60	66	4.6	9.6	5.0
303	5.9	14.2	2.6	75	58	90	1.8	6.1	1.1
304	-0.8	12.7	1.8	91	56	90	-2.1	4.1	0.3
305	-0.2	14.1	8.4	91	58	89	-1.5	6.0	6.7
306	2.4	15.7	8.1	90	67	94	0.9	9.6	7.2
307	9.8	13.7	6.2	88	81	93	7.9	10.5	5.2
308	1.3	12.3	10.2	91	76	79	0.0	8.2	6.7
309	6.4	16.8	10.5	92	64	81	5.2	9.9	7.4
310	9.1	7.5	7	93	93	93	8.0	6.4	5.9
311	7.3	7.9	8.3	93	92	94	6.2	6.7	7.4
312	8.1	10.3	8.6	96	86	92	7.5	8.1	7.4
313	7.7	9.8	8.6	93	87	92	6.6	7.7	7.4
314	7.4	10.9	5.5	93	84	93	6.3	8.3	4.5
315	2.9	12.1	6.9	91	76	92	1.6	8.0	5.7
316	7.2	15.4	10.5	89	70	94	5.5	10.0	9.6
317	2.5	5.3	6.1	94	83	73	1.6	2.6	1.6
318	5.7	7.2	5.2	72	68	79	1.0	1.7	1.9
319	3.7	5.6	3.8	79	79	94	0.4	2.2	2.9
320	3.9	6.3	5.2	92	85	94	2.7	4.0	4.3
321	5.3	6.3	4	93	88	94	4.3	4.5	3.1
322	4.3	7.1	0.5	93	84	91	3.3	4.6	-0.8
323	-0.9	3.1	-0.8	94	94	91	-1.7	2.2	-2.1

324	-1.5	6.8	1.6	92	85	90	-2.6	4.5	0.1
325	0.1	13	8.1	89	63	77	-1.5	6.1	4.3
326	3.9	14.7	6.6	89	71	90	2.3	9.5	5.1
327	2.4	14.9	6.9	90	70	88	0.9	9.5	5.1
328	5.8	16.7	7.5	89	65	84	4.1	10.1	5.0
329	5	14.7	14.1	94	62	69	4.1	7.5	8.5
330	4.6	6.2	3.5	90	92	92	3.1	5.0	2.3
331	-2.5	7.2	-2.1	86	57	83	-4.5	-0.7	-4.6
332	-4.5	4.9	1.7	81	80	88	-7.3	1.7	-0.1
333	1.9	3.2	4.1	87	94	95	0.0	2.3	3.4
334	0.8	3.2	2.1	93	94	95	-0.2	2.3	1.4
335	0.8	3.8	3	90	94	92	-0.7	2.9	1.8
336	0.1	3.4	0.3	91	77	91	-1.2	-0.2	-1.0
337	-1.2	3.2	-2.9	90	80	91	-2.6	0.1	-4.2
338	-6.3	1.8	-1.9	85	85	91	-8.4	-0.4	-3.2
339	-2.3	6.3	-0.2	90	81	93	-3.7	3.3	-1.2
340	-3.1	7.6	-1.9	85	84	93	-5.3	5.1	-2.9
341	-3.9	9.8	1	88	74	93	-5.6	5.4	0.0
342	6.9	11.7	9.3	89	88	90	5.2	9.8	7.7
343	0.4	2.9	-1.2	93	87	90	-0.6	1.0	-2.6
344	-4.8	3.5	3.1	87	73	86	-6.6	-0.9	1.0
345	2	14.5	14.8	93	74	75	1.0	9.9	10.4
346	14.5	10.3	8.9	84	86	95	11.8	8.1	8.1
347	2.7	4.3	2.8	90	82	89	1.2	1.5	1.2
348	0.8	13.8	7.4	93	59	95	-0.2	5.9	6.7
349	6.8	12.8	3	91	73	94	5.4	8.1	2.1
350	2.1	5.3	0.9	95	90	90	1.4	3.8	-0.6
351	1.1	3.8	-0.9	95	76	92	0.4	0.0	-2.0
352	-3.9	2.4	-1.4	90	84	90	-5.3	0.0	-2.8
353	-4.7	0.9	-4.3	87	84	83	-6.5	-1.5	-6.7
354	-3.2	0.6	-0.1	91	86	93	-4.5	-1.5	-1.1
355	-1.7	4.8	0.5	92	64	91	-2.8	-1.4	-0.8
356	-2.9	5.9	-0.9	89	85	92	-4.5	3.6	-2.0
357	-3.9	6.9	-0.3	88	89	93	-5.6	5.2	-1.3
358	-2.3	10.9	-0.5	90	60	91	-3.7	3.4	-1.8
359	-2.5	10.8	0.3	92	50	93	-3.6	0.8	-0.7
360	8.5	13.2	9.3	92	72	95	7.3	8.3	8.5
361	5.8	13	11.1	83	67	77	3.1	7.0	7.2
362	6.9	5.7	1.8	91	94	93	5.5	4.8	0.8
363	1	5.1	-1.5	95	76	92	0.3	1.2	-2.6
364	-1.6	4.9	-1.2	91	80	92	-2.9	1.7	-2.3
365	5.4	11.8	4.8	93	68	90	4.4	6.1	3.3