

Letno vremensko poročilo 2017

Vremenska postaja Tolmin

Naprave	
Temperatura, vlaga, veter, tlak, sončno obsevanje	Davis Vantage Pro2 (https://www.davisnet.com/solution/vantage-pro2)
Temperatura tal	1-wire temperaturni senzor (2x)
Temperatura na soncu	1-wire temperaturni senzor
Senzor za oblačnost ponoči	1-wire temperaturni senzor v bučki
Detektor za razelektritve (strele)	AS3935 + Raspberry Pi
Senzor za delce PM2.5	GP2Y1010AU0F + Arduino + Raspberry Pi

Beleženje podatkov: HP EliteBook (prej EeePC seashell series)
Intel i5, 4 GB DDR3, 120 GB SSD
Windows10Pro
Weather Display, v10.37

Podatki se beležijo vsako minuto. Spletna stran <http://www.vremetolmin.si> je osvežena vsakih 10 minut. <http://www.vremetolmin.si/realtime> je osvežena vsaki 2 sekundi. Podatki so na voljo tudi na Weather Underground (ITOLMINT6) v realnem času (vsakih nekaj sekund - RapidFire).

Avtor: Peter Leban (pws.tolmin@gmail.com)

Tolmin, 3.1.2018

Kazalo vsebine

O meritvah.....	3
Povprečne in skupne vrednosti.....	4
Ekstremne vrednosti.....	5
Strele.....	7
Temperatura tal.....	9
Kakovost zraka.....	9
Temperatura v bučki.....	11
Zaključek.....	13

Kazalo tabel

Povprečne vrednosti po mesecih.....	4
Ekstremne vrednosti.....	5

Kazalo grafov

Povprečna temperatura in padavine čez leto.....	4
Dan z najvišjo temperaturo (4.8.2017).....	5
Najnižje in najvišje temperature čez leto.....	6
Padavine kumulativno čez leto.....	6
Udarci strel od maja do novembra.....	7
Dolga nevihta, 11.7.2017.....	7
Dve dolgi nevihti, 6.8.2017.....	8
Raspberry Pi + detektor AS3935.....	8
Namestitev pod streho.....	8
Detektor AS3935.....	8
Temperatura tal čez leto.....	9
Primer podatkov s senzorja PM2.5.....	10
Detektor za prašne delce PM2.5.....	10
Merjenje sončnega obsevanja.....	11
Določanje oblačnosti neba ponoči.....	12
Senzor v bučki.....	12

O meritvah

V letu 2017 so vsi podatki beleženi s postajo Davis. Z beleženjem ni bilo nobenih težav, povezava z računalnikom je bila nemotena ter zanesljiva. Računalnik je deloval brez problemov, Windows10 so se izkazali za presenetljivo stabilne. Kljub zadostnim specifikacijam se je izkazalo, da računalnik vsake toliko kakšen podatek zamudi oziroma se mu občasno kolca pri pisanju v datoteke (vsakič, ko program generira nove datoteke za splet). Tako je nekaj močnejših sunkov vetra (40-60 km/h) ostalo nezabeleženih. Ker sem v zadnjem letu dodal več senzorjev (tudi takih, ki niso objavljeni), sem se odločil za nadgradnjo in kupil rabljen 12" prenosnik z i5 procesorjem in SSD trdim diskom. Sedaj deluje vse zelo tekoče. Če bo ostalo tako zanesljivo, bom dodal možnost podrobnega vpogleda v zadnjih 12 ali 24 ur sunkov vetra (časovna resolucija datoteke je 1 sekunda).

V letu 2017 sem prvič čez celo leto spremljal sončno obsevanje. Senzor sem namestil na balkon na mesto, kjer dobim največ sonca. Ker sem »za hribom«, me sonce zapusti popoldne, ko je v večjem delu Tolmina še sonce. V zimskem času, ko je svetli del dneva najkrajši, dobim direktno sonce med 8:28 in 13:40 (dejanski vzhod je ob 7:45 in zahod 16:20). Poleti lahko merim sonce med približno 7:30 in 17:00 (junija). Podatke o urah sončnega obsevanja je torej potrebno brati z upoštevanjem mojih mikro lokacijskih omejitev. Enako velja za veter; zahodnega vetra ne morem meriti.

Poleti sem namestil in pognal senzor za štetje udarcev strel (potrebno je bilo kar nekaj programiranja). Nameščen je izven hiše pod streho odprte ute. Nad delovanjem sem bil zelo pozitivno presenečen, saj je zanesljivo zaznaval udarce strel celo naprej od Kobarida (proti Robiču) ter za Livkom in Kolovratom. Bohinjske strani ne zaznava. Senzor sem pozimi izklopil, ker je lažno zaznaval udarce (1-4 na dan); našel sem korelacijo z delovanjem oljnega gorilnika.

Konec poletja sem začel eksperimentirati tudi z detektorjem za prašne delce PM2.5. V osnovi je to zelo enostaven in poceni detektor, ki za krmiljenje potrebuje Arduino. Krmiljo sem naredil kar na Arduino Nano in vse skupaj povezal na Raspberry (isti, ki krmili senzor za strele). Pri PM2.5 detektorju je težko reči, kdaj je zrak »čist« in kdaj manj »čist«. Po teoretičnih specifikacijah bi se sicer dalo lepo napisati algoritem, v praksi pa vse skupaj ne drži ravno. Zato sem detektor umeril zelo približno (točko »0«). Od tu naprej sem upošteval gradient, ki je predpisan v specifikacijah. V praksi se je izkazalo, da je senzor zelo občutljiv na meglo (vrednosti se takoj dvignejo) in tudi dim (testirano). So pa vse podane vrednosti popolnoma brez uporabne vrednosti (mikrogrami na volumen) in le za občutek.

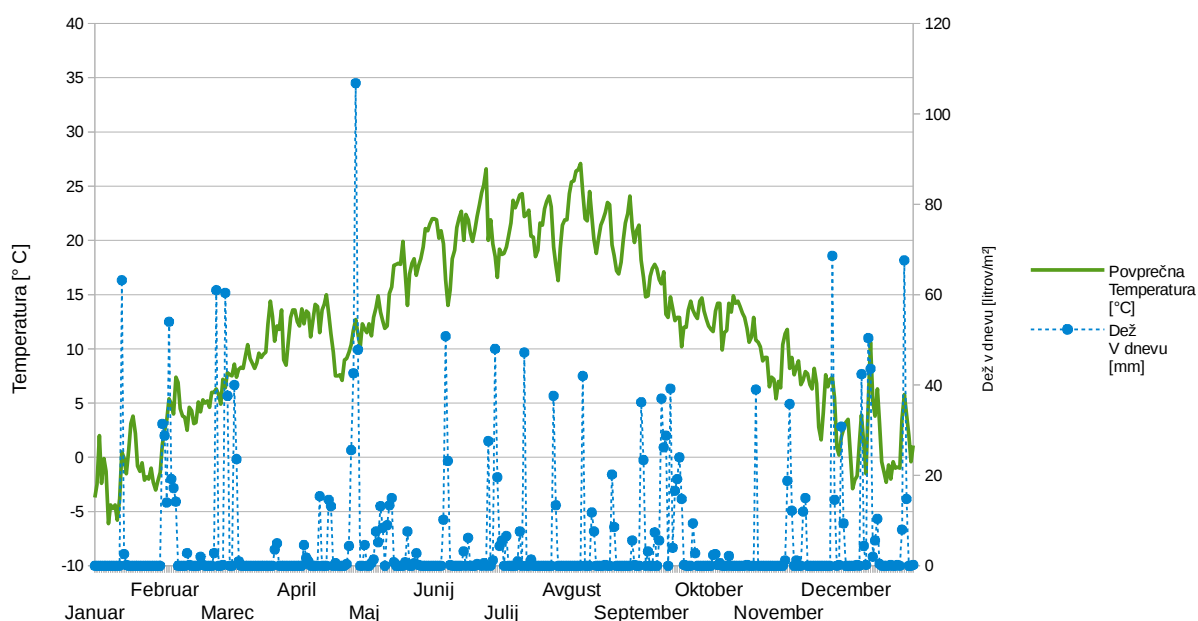
Povprečne in skupne vrednosti

Povprečna letna temperatura je znašala 11,6°C. Padavin je bilo za malo manj kot 2100 litrov/m². Najtoplejši mesec je bil avgust, najhladnejši pa januar. Padavinsko so bili bogati vsi meseci. Najbolj september (298 litrov), najmanj pa oktober (45 litrov). Sončnega obsevanja je bilo največ poleti (julij, avgust), izpostaviti pa velja zelo sončen januar (ko je sicer svetli del dneva najkrajši).

Povprečne temperature ter kumulativa padavin ter sončnega obsevanja po mesecih je prikazana v Tabeli 1 in Ilustracija 1.

Tabela 1: Povprečne vrednosti po mesecih.

Mesec	Povprečna temperatura [°C]	Skupne padavine [litrov/m ²]	Sončno obsevanje [h]
Januar	-1,5	99	102,7
Februar	4,9	278	67,2
Marec	10,1	111	121,7
April	11,5	279	112,9
Maj	16,2	91	130,4
Junij	20,6	197	158,3
Julij	21,4	120	184,2
Avgust	21,9	96	195,8
September	14,4	298	56,8
Oktober	11,4	45	102,7
November	6,5	220	43,8
December	1,5	251	52
Skupno / povprečno	11,6	2085	1328,5



Ilustracija 1: Povprečna temperatura in padavine čez leto.

Ekstremne vrednosti

Najvišja temperatura, **36,6°C**, je bila izmerjena 4.8.2017 ob 14:40. Nad 30°C se je ogrelo v **40** dneh, nad 25°C pa v 94 dneh. Največ vročih dni (nad 30°C) je bilo v avgustu (**16**). Ekstremno vročih dni (nad 35°C) je bilo **5**. Živo srebro je temperaturo 30°C (30,3°C) zadnjič preseglo 28.8.2017.

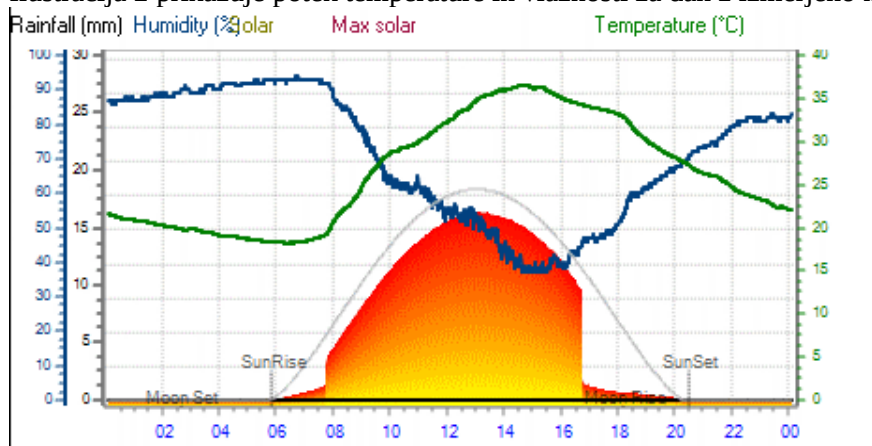
Najnižja temperatura, **-11,9°C**, je bila izmerjena 7.1.2017 zjutraj malo pred 8h. Temperatura pod 0°C je bila izmerjena v **63** dneh.

Tabela 2 vsebuje zbrane ekstremne vrednosti.

Tabela 2: Ekstremne vrednosti.

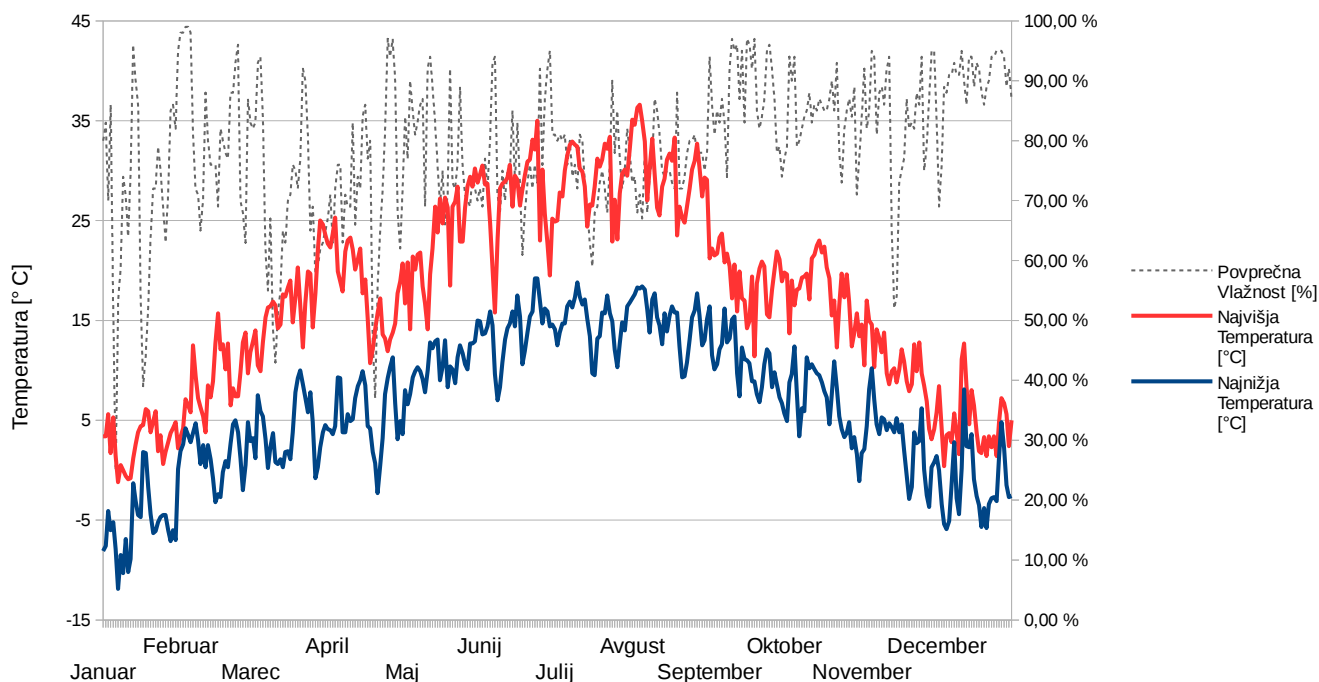
	Najnižja vrednost	Najvišja vrednost
Temperatura	-11,9°C 7.1.2017 ob 7:37	36,6°C 4.8.2017 ob 14:40
Vlažnost	13% 11.3.2017 ob 13:55	99% 18.9.2017 ob 9:32
Zračni tlak	987,2 mb 1.12.2017 ob 3:21	1038,2 mb 1.2.2017 ob 0:03
Padavine	8,6 litrov v 1 minuti 13.5.2017 ob 14:27 107 litrov v 1 dnevu 27.4.2017	
Veter	Sunek 70 km/h (309°, SZ), 20.4.2017 ob 12:55	

Ilustracija 2 prikazuje potek temperature in vlažnosti za dan z izmerjeno najvišjo temperaturo.



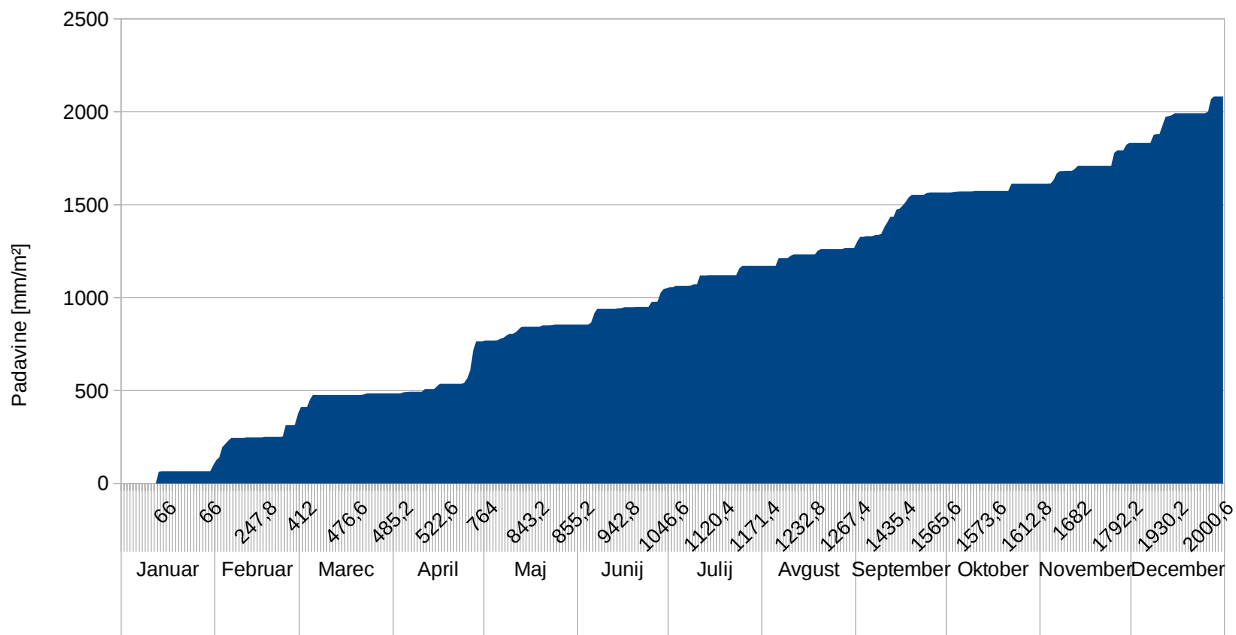
Ilustracija 2: Dan z najvišjo temperaturo (4.8.2017).

Ilustracija 3 prikazuje najnižje (modra črta) in najvišje (rdeča črta) dnevne temperature čez leto. Siva prekinjena črta označuje potek povprečne dnevne vlažnosti.



Ilustracija 3: Najnižje in najvišje temperature čez leto.

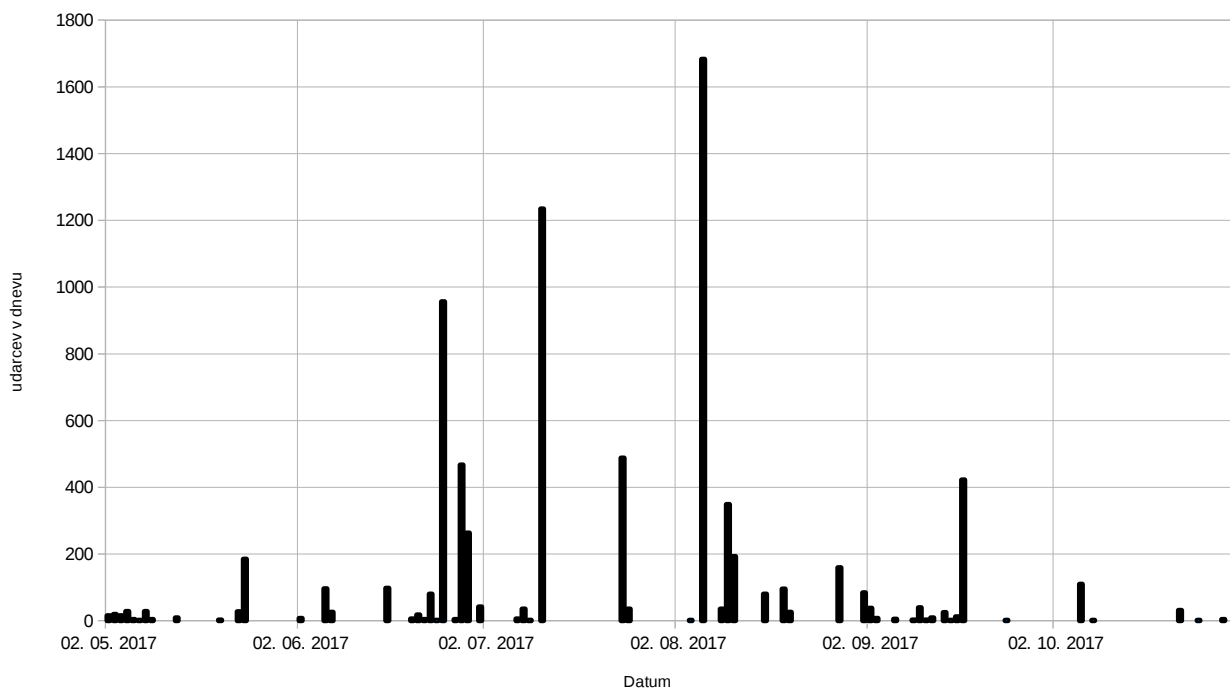
Ilustracija 4 prikazuje padavine kumulativno čez leto. Ni bilo izrazitega deževnega obdobja. Mogoče izstopa dež konec januarja (po dolgem obdobju mraza), nato 4-dnevno deževje konec aprila in t.i. »summer killer« konec avgusta (31.8. --> 1.9.).



Ilustracija 4: Padavine kumulativno čez leto.

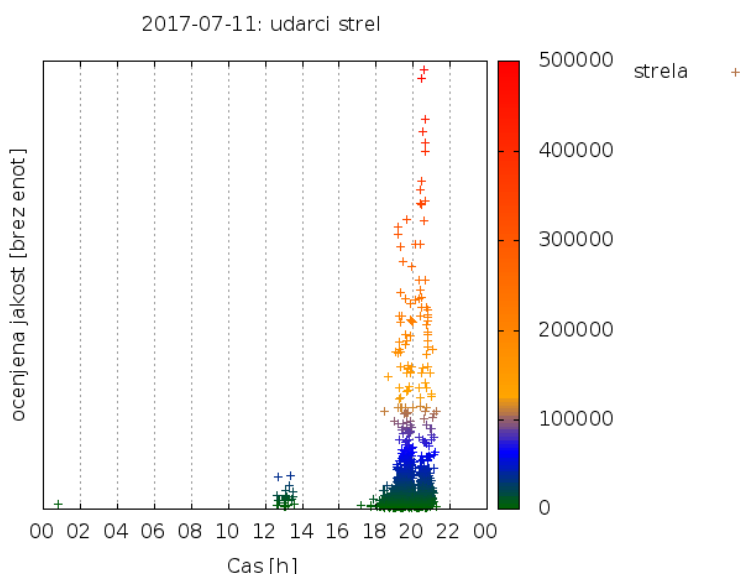
Strele

Z novim detektorjem so se odprle nove možnosti analize vremena. Najbolj nevihtno je bilo seveda poletje. Ilustracija 5 prikazuje splošni pregled dnevnih udarcev od maja do konca oktobra. Izstopajo 25.6.2017 (956 udarcev), 11.7.2017 (1234 udarcev) in 6.8.2017 (1683 udarcev).



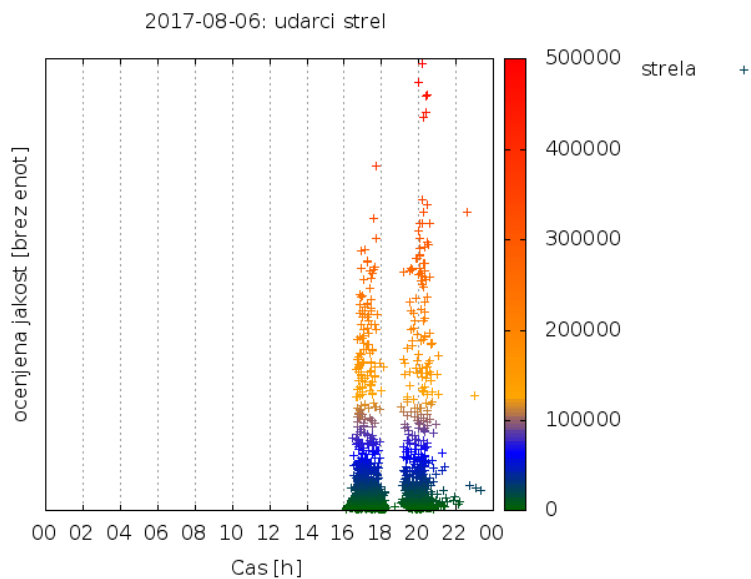
Ilustracija 5: Udarci strel od maja do novembra.

Ilustracija 6 prikazuje dnevni graf dolge nevihte (11.7.2017). Jakost udarcev je predstavljena z barvo (zelena=šibko, rdeče=zelo močno). Jakost navadno pomeni tudi oddaljenost; šibko pomeni bolj oddaljeno. Kot je videti, je nevihta trajala od 18h do 21h, najverjetneje v okolici Tolmina (predvsem med 18h in 19h).



Ilustracija 6: Dolga nevihta, 11.7.2017

Še bolj intenzivno je bilo 6.8.2017 (Ilustracija 7), ko sta se v popoldanskem in večernem času razvili dve močni nevihti. Obe sta trajali po približno 2 uri.



Ilustracija 7: Dve dolgi nevihti, 6.8.2017

Detektor in namestitev prikazuje Ilustracija 8, Ilustracija 9 in Ilustracija 10.



Ilustracija 8: Raspberry Pi + detektor AS3935.



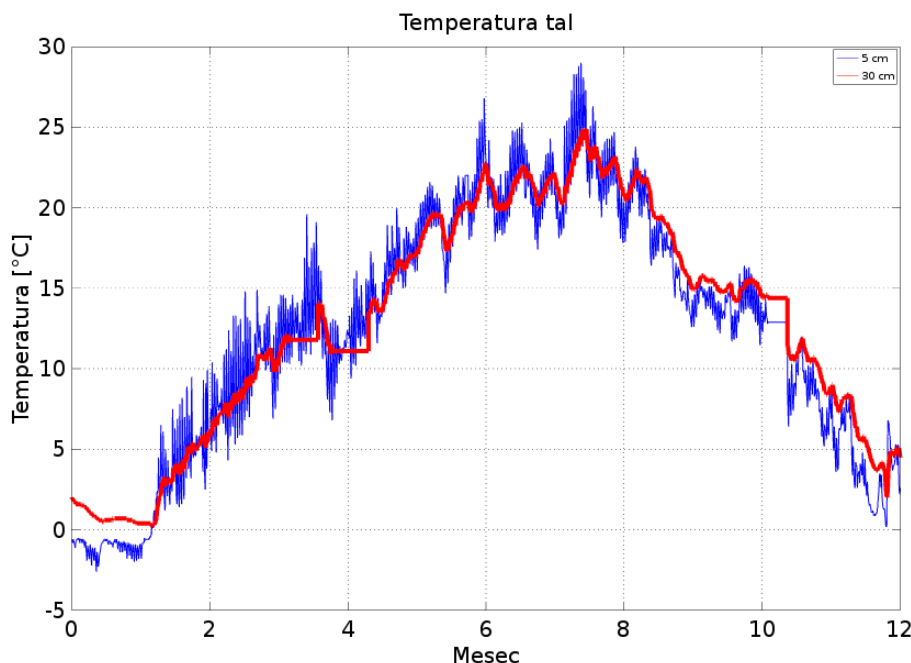
Ilustracija 9: Namestitev pod streho.



Ilustracija 10: Detektor AS3935.

Temperatura tal

Temperaturo tal merim na dveh globinah: 5 cm in 30 cm. Januar je bil mrzel, tako da je vrhnja plast prsti ostala zamrznjena do prvega tedna februarja. Globlje (30 cm) zemlja ni zmrznila. Nad 10°C se je zemlja ogrela šele v drugi polovici februarja. Ravni odsek začetek oktobra pomeni, da sem imel težave s komunikacijo s senzorjema.



Ilustracija 11: Temperatura tal čez leto.

Kakovost zraka

Kakovost zraka izražamo s faktorjem AQI (Air Quality Index). Lestvica gre takole:

AQI	Kakovost zraka	Učinek na ljudi
0 – 50	Odlična	Brez učinkov.
51 – 100	Dobra	Redki posamezniki naj zmanjšajo zunanje aktivnosti.
101 – 150	Rahlo onesnažen	Rahlo draženje, posamezniki z dihalnimi ali srčnimi težavami morajo zmanjšati zunanje aktivnosti.
151 – 200	Zmerno onesnažen	Rahlo draženje, posamezniki z dihalnimi ali srčnimi težavami morajo zmanjšati zunanje aktivnosti.
201 – 300	Močno onesnažen	Učinek na zdrave ljudi. Ljudje z dihalnimi ali srčnimi težavami morajo ostati v zaprtih prostorih in zmanjšati aktivnosti.
300+	Kritično onesnažen	Učinek na vse ljudi. Ljudje morajo ostati v zaprtih prostorih in zmanjšati aktivnosti.

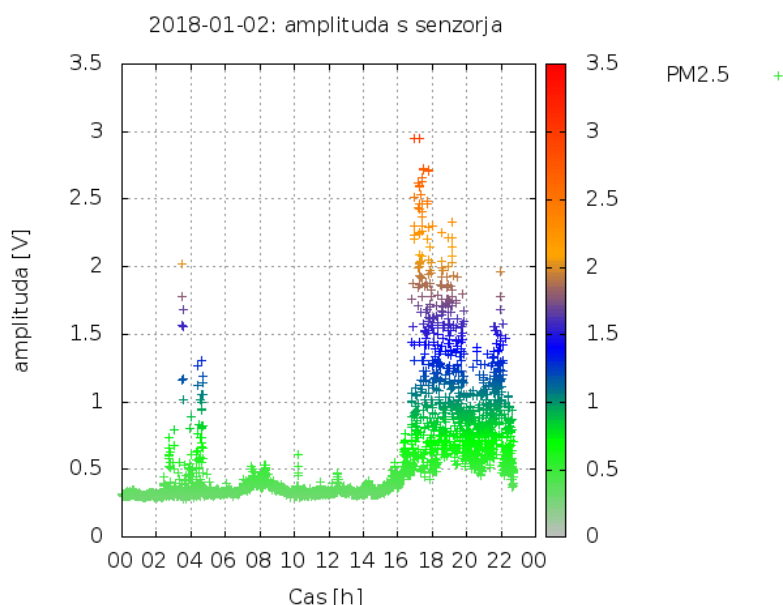
Izhod senzorja za delce PM2.5 je napetost. Ob čistem zraku je tipična napetost med 0,4 in 0,5 V (varira od senzorja do senzorja), lahko tudi več. Imam več teh senzorjev in vsi so nekje v tem območju. Senzor ima v sredini luknjo, v kateri se nahajata LED in foto diodi. LED dioda sproži

svetlobni pulz, fotodioda ga zazna. Če je zrak v luknji prašen, je odčitana napetost višja, če je zrak čist, je odčitana napetost nižja. Senzor je napaján iz Arduina s 5 V. Teoretična maksimalna odčitana napetost je 5 V, realno pa je v rangu 3,6 V. Po specifikacijah je občutljivost sensorja 100 $\mu\text{g}/\text{V}$. Skalo sem tako umeril (poenostavljeno zapisano) kot: $3,6 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 3 \text{ V} \Rightarrow 500 \mu\text{g}$. Ker nimam možnosti kalibracije, je podana vrednost lahko obremenjena z ogromno napako.

Bolj zanesljiv je graf z odčitki – le ta prikazuje surove odčitke s sensorja. Vizualno lahko dobimo občutek, kako močno se je koncentracija povišala in kdaj. Povišane vrednosti sensor zaznava, ko je zunaj megla (in dim od kurjave).

Pretvorbo iz napetosti v μg delam v Raspberry Pi, nadaljnjo pretvorbo v AQI pa dela Weather Display (izkoriščam podporo za Purple Air senzor in sem moje podatke prilagodil v ta format).

Vzorčni graf je prikazan na Ilustracija 12 (danes, ko to pišem). Popoldne se je na hitro prikradla gosta megla (po 16h) in se rahlo razkadila šele pozno zvečer.



Ilustracija 12: Primer podatkov s sensorja PM2.5.

Senzor je prikazan na Ilustracija 13.

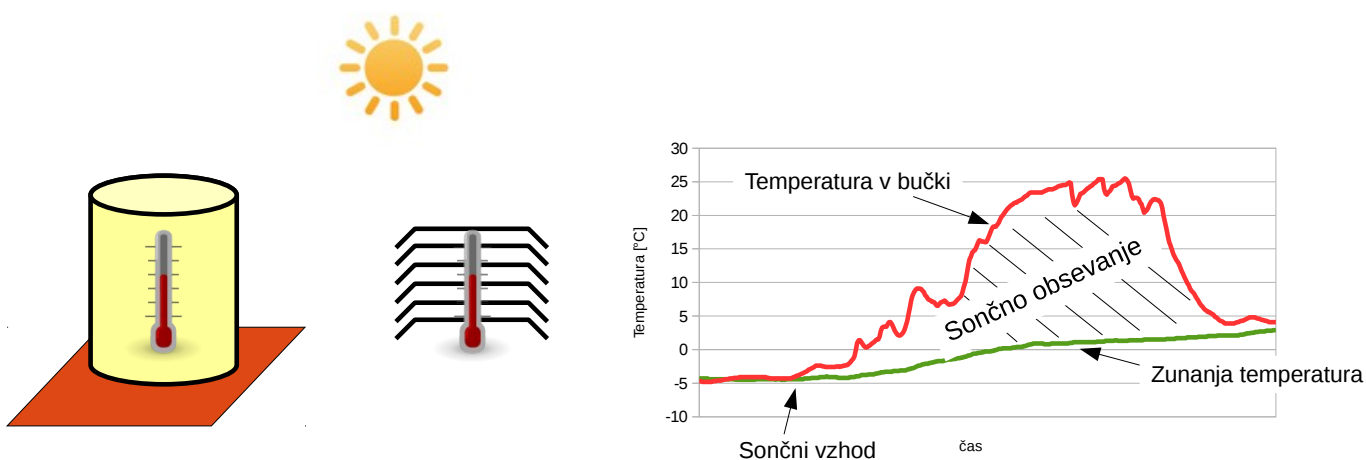


Ilustracija 13: Detektor za prašne delce PM2.5.

Temperatura v bučki

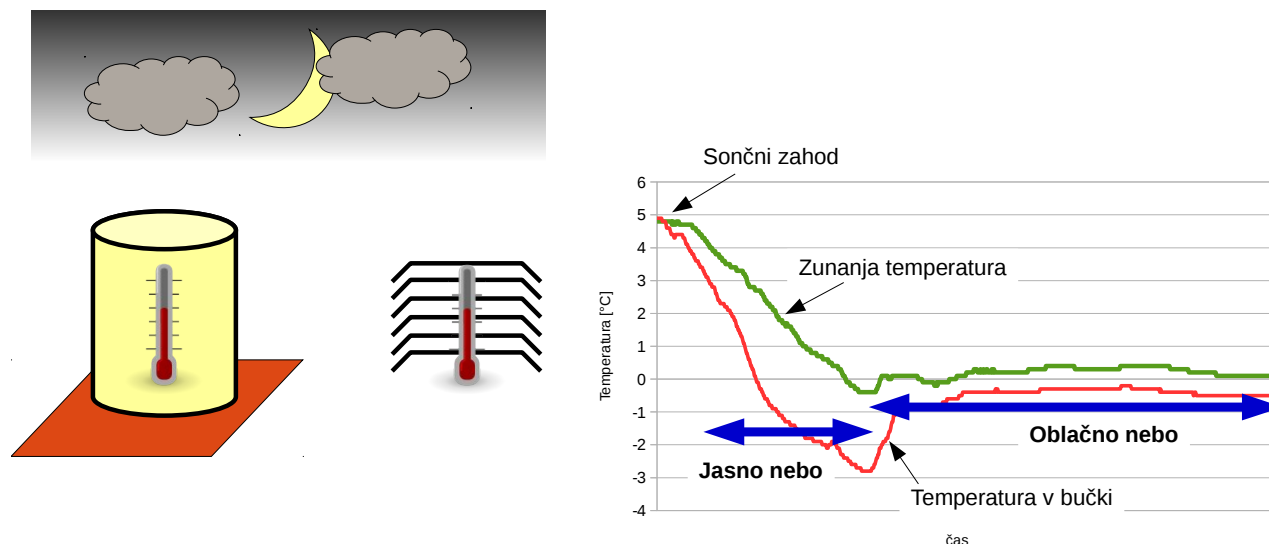
Če vremenska postaja zazna padavine, potem to (navadno) pomeni dež. V odvisnosti od jakosti padavin (litrov/m²) v določenem časovnem obdobju (minuta ali ura), lahko določimo, ali gre za rosenje, rahel dež, močnejši dež ali naliv/nevihto. Ko pa padavin ni, običajne vremenske postaje (temperatura, vlaga, veter, padavine) ne morejo določiti, ali je nebo oblačno ali jasno. Za to je potrebno dodati še senzor za svetlobo oz. senzor, ki pove jakost sončnega obsevanja. Izražen je v W/m². Največjo jakost pričakujemo sredi dneva (ob 12h) in to na vrhuncu poletja. Takrat dosegajo tipične vrednosti okrog 1000 W/m². Absolutna maksimalna vrednost se spreminja glede na zemljepisno širino in letni čas. Pričakovana maksimalna vrednost za trenutno obdobje v dnevu (jutro, dopoldne, poldne, popoldne, zvečer) je privzeta kot 100% oz jasno vreme. Ko tudi izmerjeno sončno obsevanje dosega pričakovano maksimalno vrednost, potem lahko rečemo, da je vreme jasno. Če je izmerjena vrednost nižja, so na nebu oblaki. Glede na razmerje izmerjeno/pričakovano lahko nato določimo stopnjo oblačnosti.

Za merjenje sončnega obsevanja obstajajo "uradne" komponente, npr. Davis solar sensor ali druge vremenske postaje z integriranim solarnim senzorjev. Lahko pa si senzor sestavimo tudi sami. Ena opcija je z uporabo fotodiode - le-ta reagira na svetlobo. Druga opcija pa je uporaba temperaturnega senzorja, ki je zaprt v bučki (po domače: v zaprtem kozarčku). Ta reagira na temperaturo. Razlika v temperaturah (v bučki minus zunaj) lahko določimo jakost sončnega obsevanja. V vseh primerih morata biti tako solarni senzor kot tudi bučka izpostavljena direktnemu sončnemu obsevanju ves dan. Primer prikazuje Ilustracija 14.



Ilustracija 14: Merjenje sončnega obsevanja.

Ob sončnem vzhodu začne temperatura v bučki precej hitreje naraščati kot je dejansko zunanja temperatura. V podanem primeru je bilo nebo pretežno del časa jasno, z nekaj oblačnosti dopoldan. Za hec pa lahko ta isti senzor v bučki izkoristimo tudi za določanje jasnosti neba v nočnem času. Takrat izkoriščamo efekt "radiative cooling". Temperatura v bučki je ob jasnem nebu nižja od dejanske zunanje temperature za približno 2-3 stopinje Celzija. Ko pa je nebo oblačno, je razlika manj kot 1 stopinja Celzija (tipično 0.5 - 0.8 stopinje Celzija). Glede na razliko temperatur lahko določimo, ali je nebo ponoči jasno/delno oblačno/oblačno. Primer prikazuje Ilustracija 15.



Ilustracija 15: Določanje oblačnosti neba ponoči.

Ker ima moja vremenska postaja svoj (kalibriran) solarni senzor, uporabljam senzor v bučki le za določanje oblačnosti neba ponoči. Na drugi lokaciji pa enak senzor uporabljam tudi za merjenje sončnega obsevanja in deluje dokaj dobro (za svojo ceno). Glavni problem je debelina stekla (mora biti čim tanjša), da notranja temperatura čim hitreje sledi soncu.

»Senzor« je prikazan na Ilustracija 16.



Ilustracija 16: Senzor v bučki.

Zaključek

V letu 2018 bom spremenil način izmenjave podatkov med Raspberry Pi in računalnikom ter izboljšal kodo za analizo na Raspberry. Nabor senzorjev bi lahko razširil z bolj zanesljivim in kalibriranim merilnikom delcev PM1.0, PM2.5 in PM10 (Purple Air). Obstaja tudi programska oprema za prilagodljivo napoved vremena (bazira na lastnih podatkih ter se samodejno »uči«). Vse skupaj stane približno 500 EUR, kar ni ravno zanemarljiv znesek. Na spletni strani sem poskusno omogočil oglase (Google AdSense), vendar le za en dan. Oglasi so videz in uporabnost spletne strani pokvarili, zato ostaja stran spet »čista«. Ostaja pa možnost donacije preko sistema PayPal; sredstva pa namenjam izključno vzdrževanju obstoječe opreme. Do danes sem dobil donacij za 0 EUR! :-). Mi pa spletni prostor brezplačno zagotavlja <http://www.novagorica.eu>.

Zanimivo bi bilo postaviti postajo nekam v center Tolmina (najboljši prostor bi bila Brajda, ker dobi največ sonca in je izpostavljena vsem smerem vetra). Prav tako bi bilo zanimivo in koristno namestiti Purple Air senzorje zraka na Brajdo (zraven šole) in v center Tolmina (blizu križišča). Tako bi vedeli, kakšen zrak dihamo mi in naši otroci.

Bolj dolgoročno bi želel postaviti samostojno postajo na vrhu Kozlovega roba (Gradu), ki je priljubljena sprehajalna točka. Druga lokacija bi bila lahko Kolovrat ali Kobala; tako bi lahko padalci in zmajarji spremljali podatke o vetru v realnem času, postaja pa lahko generira tudi standardni METAR. Komponente imam večinoma izbrane, bi jih pa moral prej dobro testirati (solarni sistem napajanja, 3G modem, itd.).

Hvala vsem za branje in se beremo čez eno leto.