

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**DALJINSKI NADZOR MERILNIKOV NA
AKUMULACIJSKEM JEZERU KANALSKI VRH**

DIPLOMSKO DELO

Lea Manfreda

Mentor: prof. dr. Juš Kocijan

Nova Gorica, 2012

ZAHVALA

»V slovarju je zagotovo kakšna močnejša beseda kot le »hvala«, saj to nikakor ne more izraziti vsega, kar občutim v zvezi z vami in vso podporo, ki ste mi jo dali.«
(Margot Thomson)

Hvala mentorju na Poslovno-tehniški fakulteti, prof. dr. Jušu Kocijanu za strokovno svetovanje, potrpežljivost in spodbudo pri nastajanju diplomskega dela.

Prav tako se zahvaljujem za pomoč in podporo celotnemu kolektivu HSE Invest, Soških elektrarn in podjetja RGP d. o. o.

Zahvaljujem se tudi podjetju Eltratec, d. o. o., podjetju Sisgeo S.r.l. in podjetju Moxa Europe GmbH za dovoljenje uporabe slikovnega materiala v diplomskem delu.

Zahvala pa je namenjena tudi staršem in sorodnikom, ki so me podpirali in omogočili šolanje.

NASLOV

Daljinski nadzor merilnikov na akumulacijskem jezeru Kanalski vrh

IZVLEČEK

Namen diplomskega dela je raziskati in izbrati primerno tehnologijo za avtomatsko zajemanje podatkov iz piezometrov (merilnikov nivoja vode) na akumulacijskem jezeru Kanalski vrh. Opisali smo možnosti za nadgradnjo obstoječih merilnikov ter navedli glavne zahteve in predlagano tehnološko rešitev.

Diplomsko delo je s področja avtomatskega vodenja, prepleteno z drugimi področji elektrotehnike in informatike. V delu je smo najprej predstavili problem zajemanja podatkov na zgornjem akumulacijskem jezeru, ČHE Avče. Sledi pregled in opis merilnih sistemov ter tehnologije komunikacije. Na koncu je predstavljena in utemeljena idejna zasnova sistema daljinskega zajemanja podatkov.

Glavni cilj diplomskega dela je zasnovati idejni plan za razpisno dokumentacijo za avtomatsko zajemanje podatkov iz obstoječih piezometrov. Treba je bilo izbrati tehnološko rešitev za nadgradnjo in digitalizacijo obstoječih analognih merilnikov in povezavo v nadzorno sobo na sedežu podjetja SENG preko komunikacijske mreže. V centru vodenja bo računalnik, ki bo podatke zbiral in jih obdeloval z ustrezno programsko opremo. To bo omogočilo večjo varnost akumulacijskega jezera in hkrati olajšalo delo zunanjemu izvajalcu, ki sedaj meritve odčitava preko USB kabla enkrat mesečno.

Po dokončani idejni zasnovi smo prišli do zaključka, da je bil cilj dosežen, saj so glavne zahteve za razpisno dokumentacijo sestavljene in postavljene smernice za izvedbo avtomatskega zajemanja podatkov.

KLJUČNE BESEDE

Avtomatski nadzor, piezometer, meritve, nadziranje in zajemanje podatkov, senzor

TITLE

Remote sensor monitoring at Kanalski Vrh accumulation lake

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis is to investigate and select an adequate technology for automatic data collection from the piezometers – water-level meters – at Kanalski vrh accumulation lake. We are describing the possibility of the existing meters upgrade and we are stating the main requirements and suggested technological solution.

The diploma thesis from the field of automatic control is integrated into other fields of electrical engineering and computer science. The diploma thesis first describes the problem of data collection at the upper accumulation lake at the Avče Hydro-electrical Power Plant, gives a review and a description of measurement systems and communications technology. In the end the thesis presents and justifies the concept of remote data collection system.

The main purpose of the diploma thesis is to set out a conceptual plan for tender documentation for the automatic data collection with the existing piezometers. It was necessary to collect technological solutions for upgrading and digitalization of the existing analogue meters and to make a connection with the control room at the premises of the company SENG through the communication network. The center of control will be a computer, which will collect data and provide data processing with an adequate software. It will enable greater safety of the storage dam and make easier work of an external service provider, who at present reads the measurements through the USB key once per month.

Following the completion of the suggested concept, we may conclude that the thesis goal was reached, as the main requirements for tender documentation were set out together with the directions for the execution of the automatic data collection.

KEYWORDS

Automatic control, peizometer, measurements, supervision and data collection

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	OPIS PROBLEMA.....	3
3	PREGLED IN OPIS MERILNIKOV	8
3.1	Merilni sistemi	8
3.2	Analogni in digitalni signali	8
3.3	Analogno digitalna pretvorba	8
3.4	Senzorji	9
3.5	Inklinometri	9
3.6	Piezometri	12
3.7	Pomožni elementi	20
4	KOMUNIKACIJE.....	22
4.1	Elementi komunikacije	22
4.2	Delitev prenosne zmogljivosti	24
4.3	Omrežja.....	24
4.4	Topologije omrežja	25
4.5	Protokol.....	26
4.6	Vrste komunikacijskih zvez.....	27
4.7	Področna vodila	30
4.8	Standard RS 485	30
4.9	Možne tehnologije prenosa podatkov ČHE Avče.....	31

4.10	Pretvorniki	34
5	IDEJNA ZASNOVA SISTEMA DALJINSKEGA ZAJEMANJA PODATKOV ZGORNJEGA AKUMULACIJSKEGA BAZENA NA KANALSKEM VRHU, ČHE-AVČE.....	38
5.1	Senzorji	39
5.2	Komunikacijske zveze	40
5.3	Izbira vodnikov	42
5.4	Komunikacijski protokol	45
5.5	Topologija komunikacijskih zvez	48
5.6	Programska oprema	50
5.7	Priključitev	54
6	ZAKLJUČEK	55
7	LITERATURA	57
	PRILOGA 1: TEHNIČNI PODATKI UPORABLJENIH PIEZOMETROV	61
	PRILOGA 2: SITUACIJA NA ZGORNJEM AKUMULACIJSKEM JEZERU KANALSKI VRH	63

KAZALO SLIK

Slika 1: Zgornji akumulacijski bazen na Kanalskem vrhu, ČHE – Avče	4
Slika 2: Situacija ČHE – Avče (ČHE – Avče, 2012).....	5
Slika 3: Katastrofalne posledice v državi Missouri na gorskem območju St. Francois, Ozarks (Taum Sauk, 2012)	6
Slika 4: Piezometer, opremljen s sondo za meritev nivojev podzemne vode	7
Slika 5: Povezava med analognimi in digitalnimi signali	9
Slika 6: Shematski prikaz delovanja inklinometra.....	10
Slika 7: Prikaz poteka osi	11
Slika 8: Senzor tlaka pri piezometru (Grebe, 2005).....	13
Slika 9: Zgradba piezometra na vibracijsko žico (Grebe, 2005).....	14
Slika 10: Zgradba keramičnega piezometra (Grebe, 2005).....	15
Slika 11: Delovanje keramičnega piezometra (Grebe, 2005)	15
Slika 12: Princip delovanja pnevmatičnega piezometra (Grebe, 2005)	16
Slika 13: Zgradba električnega piezometra (Grebe, 2005)	16
Slika 14: Piezoelektrični senzor pomika	17
Slika 15: Zgradba Casagrande piezometra (Grebe, 2012)	18
Slika 16: Elementi komunikacije	23
Slika 17: Razdelitev po kodi – kodni multipleks	24
Slika 18: Topologije omrežja	26
Slika 19: OSI referenčni model.....	27
Slika 20: Lokalni prenos podatkov (Tehnični list, 2011).....	32

Slika 21: Brežični prenos podatkov (Tehnični list, 2011).....	32
Slika 22: Brežični prenos podatkov preko antene (Tehnični list, 2011)	33
Slika 23: Mrežno komuniciranje (Tehnični list, 2011)	33
Slika 24: Pretvornik RS 485 / Optika, MOXA, serija TCF 142 (Moxa, 2012)	35
Slika 25: Pretvornik RS 485 / Ethernet, MOXA, serija NPort 6450 (Moxa, 2011)...	36
Slika 26: Shema napeljave napajalnega kabla.....	37
Slika 27: Idejna bločna shema povezave	42
Slika 28: Idejni plan izvedbe z Liycy kablom.....	43
Slika 29: Sestava optičnega kabla iz 4 vlaken	44
Slika 30: Princip delovanja Modbus med gospodarjem in slugo	46
Slika 31: Splošna dvožilna topologija Modbus RS 485	46
Slika 32: Komunikacija gospodar – sluga.....	47
Slika 33: Izbrana topologija vodila pri povezavi z optiko	49
Slika 34: Idejni plan izvedbe z optiko preko baze SCADA.....	52
Slika 35: Shema delovanja programske opreme	53
Slika 36: Idejni plan povezave z optiko	54
Slika 37: Priključne žice.....	62

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prednosti in slabosti posameznih tipov piezometrov	19
Tabela 2: Modbus protokol in ISO/OSI model	45

1 UVOD

Avtomatski nadzor in zajemanje podatkov, o katerem govori diplomsko delo, je področje, kjer se prepletata elektrotehnika in informatika. Namen diplomskega dela je raziskati in izbrati primerno tehnologijo in opremo za prenos podatkov (nivojev vode v vrtinah) preko daljinskega spremljanja v nadzorni center črpalne hidroelektrarne – Avče (ČHE – Avče) in nato v center vodenja na sedežu podjetja Soške elektrarne Nova Gorica (SENG), kjer bodo podatke tudi dodatno obdelovali. Za cilje smo si določili prikazati tehnološke alternative in utemeljiti izbrano rešitev za izboljšanje obstoječega stanja merilnega sistema akumulacijskega bazena na Kanalskem vrhu. Za primer, da iz finančnih razlogov ne bo mogoče izpeljati projekta, kot je bilo zamišljeno, bomo opisali tudi predloge izboljšav obstoječega sistema. Na podjetju Holding slovenskih elektrarn (HSE) Invest je bilo odločeno, da bomo za podjetje HSE Invest, d. o. o., razvili rešitev za daljinsko spremljanje piezometrov, to je merilnikov nivoja vode. Za to rešitev so se odločili zato, ker je trenutno treba meritve odčitavati enkrat mesečno z zunanjim izvajalcem iz podjetja Rudarski gradbeni programi (RGP), d. o. o. Delo je zamudno in ob slabih vremenskih pogojih naporno.

Sedež družbe HSE Invest je v Mariboru. Poslovne enote pa ima tudi drugod po Sloveniji, in sicer v Ljubljani, Novi Gorici, Sevnici in Šoštanju. Vsega skupaj je na družbi približno 80 zaposlenih. To je podjetje, ki se ukvarja z inženiringom investicij in izgradnjo energetskih objektov, zato je tudi najpomembnejša dejavnost družbe vodenje razvojnih projektov v predinvesticijski fazi, vodenje projektov izgradnje novih objektov in vodenje projektov rekonstrukcij obstoječih objektov. Družba izvaja projekte na energetskem področju, infrastrukturnem področju in področju varstva okolja doma v Sloveniji z vizijo razširiti dejavnost tudi v tujino. Zaposleni so razdeljeni v sektorje za načrtovanje, izgradnjo objektov in sektor za ekonomiko poslovanja. (Avberšek, 2011)

Na začetku diplomskega dela bo opisan problem na zgornjem akumulacijskem jezeru na Kanalskem vrhu. V nadaljevanju sledi podrobnejši opis in pregled merilnikov ter tehnologije. V četrtem poglavju so opisani komunikacije, omrežje, topologija, standardi, protokoli, možne tehnologije za prenos podatkov iz obstoječih merilnih sistemov (piezometrov) in instrumentacija za izvedbo nadzora. V petem poglavju je

predstavljena in utemeljena predlagana rešitev izvedbe daljinskega spremljanja meritev zgornjega akumulacijskega jezera na Kanalskem vrhu, ČHE – Avče.

2 OPIS PROBLEMA

ČHE Avče je last podjetja SENG, ki jo tudi vzdržuje in upravlja, HSE Invest pa je vodil investicije hidroelektrarne in ima funkcijo nadzora investicij. Črpalna hidroelektrarna je hidroelektrarna, ki je poleg proizvodnje električne energije sposobna tudi z električno energijo iz omrežja črpati vodo v višje ležeče akumulacijsko jezero. Ko so cene električne energije nižje, črpa vodo iz nizko ležečega v višje ležeče akumulacijsko jezero. Ko pa so cene elektrike v omrežju višje, izkorišča padec vode iz višje ležečega akumulacijskega jezera v nižje ležeče in energijo proizvaja. Opisani postopek shranjevanja energije se ekonomsko splača. Slovenija se je v preteklosti bolj ali manj prilagajala politiki nekdanjega skupnega jugoslovanskega elektroenergetskega sistema. Ob osamosvojitvi in ustanovitvi podjetja pa se je slovenskemu elektroenergetskemu sistemu predstavila priložnost za izgradnjo črpalne hidroelektrarne. Projekt ČHE Avče je bil vključen v prostorske dokumente Republike Slovenije in v njen nacionalni energetski program.

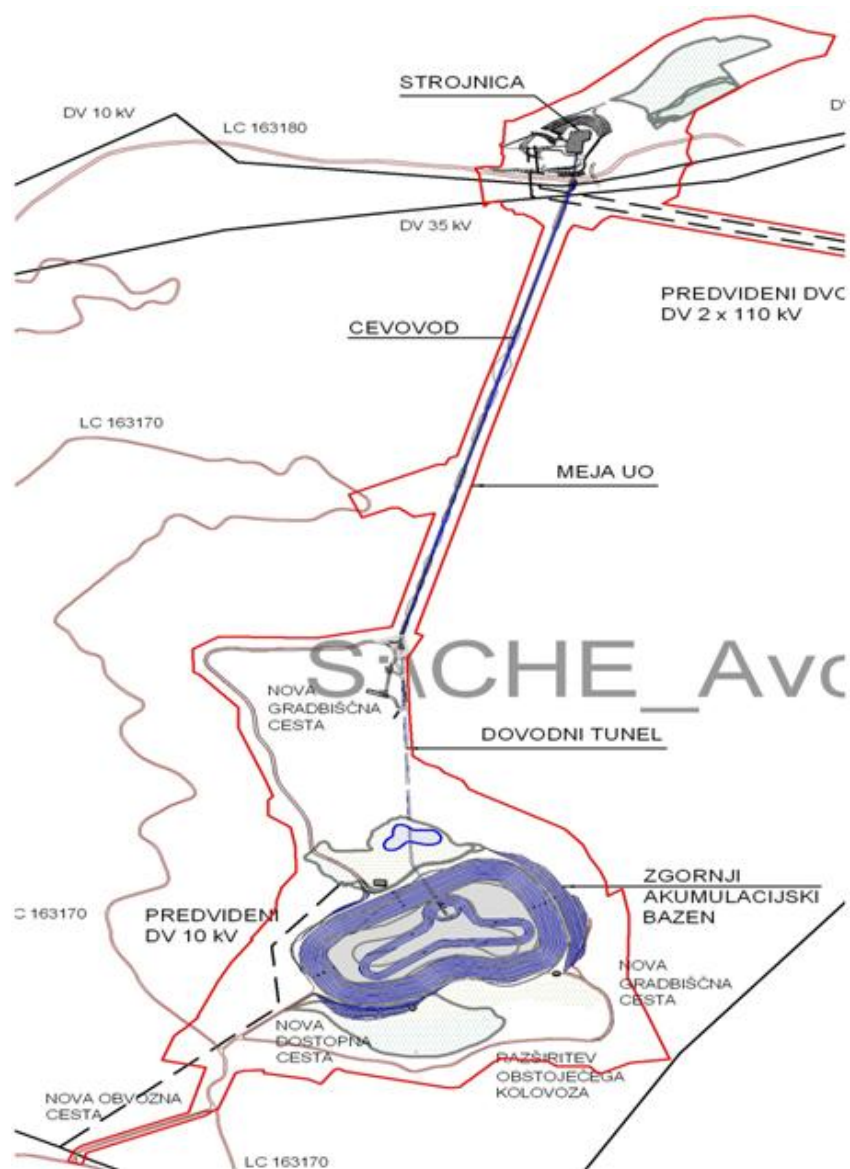
ČHE Avče (ČHE – Avče, 2012) je sestavljena iz zgornjega in spodnjega akumulacijskega jezera s cevovodi in strojnico. Zgornji akumulacijski bazen (slika 1) ČHE Avče je lociran severno od Kanalskega vrha, v naravno oblikovani kotanji na Banjški planoti. Na območju zgornje akumulacije je naravno zemljišče, ki ima videz razpotegnjene kraške doline. Sama sestava terena je omogočala ureditev bazena s prostornino okoli 2.170.000 m³. Projektirano prostornino akumulacije so dosegli z dvema dodatno zgrajenima vodotesnima bočnima nasipoma, saj dolina ni bila popolnoma zaprta. Vodotesnost je zagotovljena z oblogo iz asfaltbetona.

Spodnji bazen ČHE Avče je že obstoječi bazen HE Plave (jez Ajba). Njegov razpoložljiv volumen znaša 416.000 m³. Po potrebi je možno vodo dodati iz akumulacije Podselo, hidroelektrarne Doblar. Dovodni tunel in tlačni cevovod merita v skupni dolžini 2.216 m in povezujeta strojnico elektrarne z zgornjim akumulacijskim jezero. Cevovod poteka delno na površini (826 m), delno pa po podzemno navpičnem jašku (395 m) ter horizontalnem (190 m) in poševnem (120 m) tunelu.



Slika 1: Zgornji akumulacijski bazen na Kanalskem vrhu, ČHE – Avče

Lokacija strojnice je na levem bregu Soče ob spodnjem akumulacijskem bazenu Ajba ob izlivu potoka Avšček. Od pregrade Ajba je oddaljena približno 2.300 m. Celotna situacija je vidna na sliki 2. Strojnica je jaškastega tipa. Strojnični jašek je globok 80 m in ima notranji premer 18 m. V jašek je nameščen reverzibilni agregat (turbina – črpalka) moči 185 MW v turbinskem režimu. Ostala oprema je vgrajena v strojnični zgradbi. ČHE Avče je priključena na obstoječe 110 kV omrežje severnoprimske zanke. Elektrarna je vzankana na relaciji hidroelektrarne Doblar (HE Doblar) – razdelilna transformatorska postaja (RTP) Gorica, preko dvojnega dvosistemskega 110 kV daljnovoda in kablovoda skupne dolžine cca 2 km.



Slika 2: Situacija ČHE – Avče (ČHE – Avče, 2012)

Stalni nadzor na zgornjem akumulacijskem bazenu je nujen, saj omogoča pravočasno zaznavanje in vrednotenje pojavov v pregradah. Posledice porušitve pregrad so lahko katastrofalne. To lahko preprosto vidimo iz primera (Taum Sauk, 2012) v Ameriki, državi Missouri, na gorskem območju St. Francois, Ozarks, prikazan na sliki 3. Zgodaj zjutraj 14. decembra 2005 je trikotni del nasipine popustil in po dolini se je sprostilo 4 milijone m³ vode v 12 minutah v višini 7 metrov vse do Črne reke (angl. Black River). Prišlo je do napake na merilni opremi in na zgornji akumulaciji se je bazen polnil, kljub temu da je bil že na običajni, torej polni ravni. Posledice katastrofe so vidne na spodnji fotografiji na sliki 3.



Slika 3: Katastrofalne posledice v državi Missouri na gorskem območju St. Francois, Ozarks (Taum Sauk, 2012)

Prav zaradi takšnih dogodkov so na zgornjem akumulacijskem bazenu vgrajeni merilni sistemi, ki nadzirajo nivo vode in puščanje vode v nasipih. Trenutno se meritve na piezometrih beležijo s frekvenco 8 ur, odčita pa se jih ročno preko lokalnega prenosa enkrat na mesec, z USB kablom, ki je hkrati tudi pretvornik iz standarda električne povezave RS 485 na USB izhod. Na sliki 4 je prikazan eden izmed jaškov, v katerem je piezometer (sonda in mikroprocesor). Problem takega sistema je, ker zajete podatke gledamo za nazaj, torej kaj se je zgodilo v preteklem mesecu. V primeru, da bi prišlo do resnih deformacij, ne bi takoj ukrepali, saj za to ne bi vedeli pravočasno. Z avtomatskim nadzorom pa bi bili s podatki v stiku takoj ob nastanku alarmnega dogodka.



Slika 4: Piezometer, opremljen s sondo za meritev nivojev podzemne vode

Zaradi problema varnosti je potrebno zasnovati idejni projekt nadzora akumulacijskega jezera, ki bo najustreznejša različica avtomatskega zajemanja podatkov. Idejna zasnova projekta bo osnova za razpisno dokumentacijo za zunanje izvajalce. V njej so napisane želje naročnika in določene smernice za način izvedbe del.

3 PREGLED IN OPIS MERILNIKOV

V tem poglavju bomo opisali merilno tehnologijo, ki bi jo lahko uporabili v projektu nadzora in avtomatskega zajemanja podatkov.

3.1 Merilni sistemi

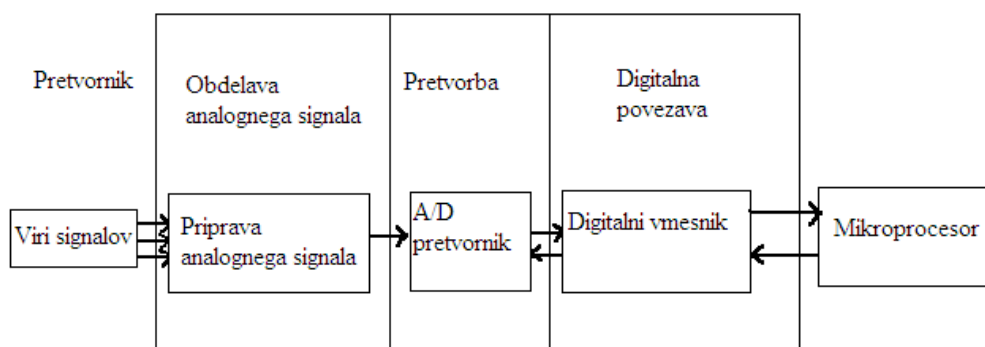
Najprej moramo razumeti, kako merilni sistemi delujejo, da si bomo kasneje lažje predstavljali delovanje piezometra samega in nadgradnje na avtomatsko zajemanje podatkov. Primarni element merilnega sistema je senzor ali tipalo (Karba, 1994), ki je v direktnem fizičnem kontaktu z merjenim medijem. Merilni pretvornik pa je sekundarni element merilnega sistema, ki iz izhoda tipala tvori uporaben signal, ki ga potrebujemo v regulacijski zanki ali za prikaz rezultatov meritev. Meritev fizikalne veličine, ki poteka s prenosom informacije in obenem s prenosom energije, je naloga merilnega sistema. Najbolj pogosto uporabljen in razširjen električni signal je 0–20 mA ali 4–20 mA enosmernega toka.

3.2 Analogni in digitalni signali

Vsak merilnik odda signal (analogni ali digitalni) in tako sporoči veličino izmerjene meritve. Analogni signali se navadno pretvarjajo v digitalne na samem mestu nastanka, digitalni signali pa navadno v analogne na mestu izvrševanja. Prenos podatkov v digitalni obliki ima veliko prednosti, med njimi so enostaven in nepopačen prenos signalov, enostavno shranjevanje podatkov, prilagodljiva računalniška oprema in možnost hitre vpeljave inovacij zaradi enostavne menjave ali spremembe programske opreme.

3.3 Analogno digitalna pretvorba

Merilne količine, kot so pritisk, temperatura itd. posredujejo merilni sistemi v analogni obliki. Analogni signal (informacijo) je treba pretvoriti v obliko, na osnovi katere deluje računalnik, torej digitalno obliko (slika 5). Zato potrebujemo analogno–digitalne pretvornike (A/D) (Čížman, 1999). Naloga pretvornikov je torej pretvorba fizikalnih spremenljivk iz analogne v digitalno obliko, ki je primerna za neposredno računalniško obdelavo ali za prenos podatkov.



Slika 5: Povezava med analognimi in digitalnimi signali

3.4 Senzorji

Senzor (Strmčnik, 1998) je glavni element vseh merilnih sistemov, saj z njim merilnik zazna izmerjeno veličino. Merjeno fizikalno veličino pretvori v drugo, največkrat električno obliko. Bolj ko izhodni signal ustreza merjeni veličini, in manj kot vpliva na merjeno veličino, boljši je senzor.

Akumulacijski jezeri ČHE Avče sta za nadzor opremljeni predvsem z inklinometri in piezometri.

3.5 Inklinometri

Inklinometri so senzorji, ki merijo naklon. Poznamo več vrst inklinometrov, ki imajo več imen, odvisno od njihovih funkcij. Inklinometri, ki merijo naklon fizične površine, imajo lahko ime gradiometer ali merilnik stopnje nagiba. Inklinometri, ki merijo nagnjenost letala, so lahko imenovani indikatorji naklona ali nagiba. (Robinson, 2009)

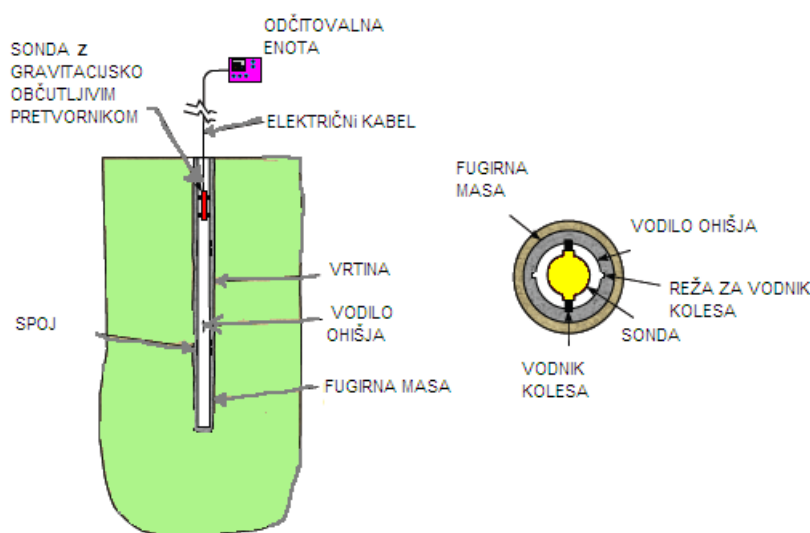
Inklinometri (Merilnik naklona, 2010) se v našem primeru uporabljajo za merjenje naklona vrtine. Ohišje z vdolbinami se namesti v vrtino, ki nadzira orientacijo inklinometra. Namestijo se v sloje, ki jih je treba nadzorovati, in sicer v skladu z geotehničnim poročilom. Če se sloj zemlje, okoli katere se nahaja vrtina, premakne, se zabeleži sprememba meritve.

Pri enostavnih inklinometrih se lahko uporablja več tehnik za merjenje naklona. Preprost inklinometer je sestavljen iz ravne cevi in navpičnega nihala – grezila (angl.

plumb bob), pritrjenega na kotomer. Upravljevec upravlja vidno cev v smeri opazovanega objekta. Grezilo kaže na kot gledanja cevi na kotomeru.

Slika 6 prikazuje shematski prikaz delovanja inklinometra za vertikalne in skoraj vertikalne meritve. Inklinometersko ohišje je vgrajeno po svoji celotni dolžini v vrtino, tako da je en par od štirih ortogonalnih utorov v ohišju naravnan na želeno smer gibanja. Ohišje je vgrajeno v globino, kar zagotavlja nepremičnost. Meritve (Instrumentation, 2005) so izvedene z znižanjem sonde po nekaj utorih na želeno smer gibanja in opazovanja, torej na dno ohišja, in nato postopoma dvigujejo sondo in merijo njen naklon na vsakem intervalu.

Inklinometri se uporabljajo za merjenje nadzora stabilnosti na pobočjih in konstrukcijah ter za ohranjanje jezov in nasipov. Prav tako jih uporabljajo tudi za merjenje deformacij pri izkopavanju sten kot tudi predorov in cevi.



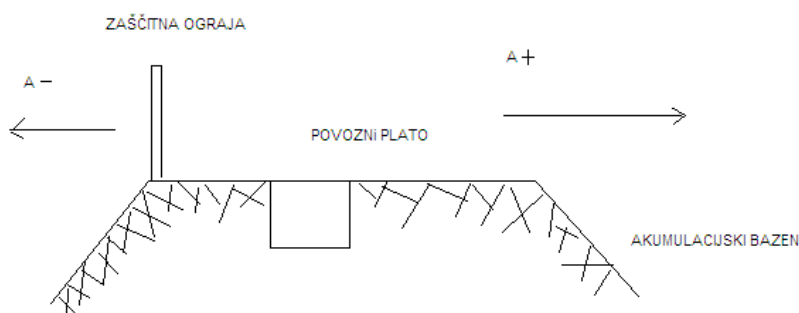
Slika 6: Shematski prikaz delovanja inklinometra

Inklinometerska sonda (Ranzinger, Sternad, 2011) je izdelana za merjenje sprememb naklona inklinometerskih cevi na določenih intervalih (0,5 ali 1.0 m cevi). Povezana je s prenosnim digitalnim zajemalnikom podatkov, ki med posamezno meritvijo beleži merske podatke, ki jih po končani meritvi izvajalec računsko ali programsko obdelava in grafično prikaže z diagrami. Merska cev je lahko odklonjena od vertikalne osi $\pm 30^\circ$, dolžina pa lahko znaša največ 200 m. Sonda mora imeti občutljivost večjo ali enako $1,01^\circ$ ali $0,175 \text{ mm/m}$.

Ravna površina je na splošno opredeljena kot površina, ki je pravokotna na linijo med točko opazovanja in središčem zemlje. Kot z mero 0° torej pomeni, da je inklinometer v vodoravnem položaju. Kot $+90^\circ$ pomeni, da je inklinometer poravnan pravokotno navzgor, kot -90° pa, da je inklinometer poravnan pravokotno navzdol.

TIPI INKLINOMETROV

Hidrostatski vertikalni inklinometer je naprava za merjenje vertikalnih premikov gibkih konstrukcij (npr. zemeljskih pregrad ali nasipov) v izbranem profilu. Naprava meri tlak v kablu, ki je odvisen od višine merilne sonde v plastični cevi, glede na referenčno točko ob ustju. Kabel je sestavljen iz treh cevk, od katerih sta dve napolnjeni z vodo pod pritiskom. Najprej se izvede ničelna meritev, na osnovi katere dobimo absolutne odmike vrtine, oz. inklinometerske cevi, od navpičnice. Vse nadaljnje meritve »odštevamo« od ničelnega odčitka in prikazujemo razlike glede na ničelni odčitek. Vzporedno s temi meritvami je potrebno natančno izvajati tudi geodetske meritve pozicije inklinometra. Pri meritvi spuščamo inklinometersko sondo v vrtino po štirih utorih, meritve pa izvajamo na vsake 0,5 m ali 1 m globine v smeri A in pravokotno v smeri B (za A+ smer so v vseh treh vrtinah izbrali usmerjenost v notranjost akumulacijskega bazena), kar je vidno na sliki 7.



Slika 7: Prikaz poteka osi

Električni inklinometer je sposoben meriti kote zelo natančno. Ti modeli uporabljajo notranji giroskop (imenovan tudi žiroskop) za merjenje smeri gravitacijske sile. Vrtavka giroskopa ostane v enem položaju, ne glede na usmerjenost. Ko se postavi ob trden predmet, inklinometer primerja kot objekta na giroskop in prikaže rezultat elektronsko.

Inklinometer na živo srebro deluje na podoben način. Namesto giroskopa se uporablja živo srebro. Ko naprava deluje, živo srebro ostane vodoravno. Ker živo srebro prevaja elektriko, lahko stik zazna kot naprave glede na raven tekočine, kar se pokaže na zaslonu.

Starejši, ročni inklinometer je tip s plinskim mehurčkom (angl. Gas bubble). Ima stekleno cevko z notranjo tekočino in zračni mehurček. Ko se instrument premakne, se tudi mehurček premakne. Njegov položaj kaže nagib kota na zaslonu/lestvici.

Druga pogosta oblika inklinometra uporablja nihalo. Nihalo je lahko senzor nagiba in se ga običajno uporablja za nadzor stabilnosti ladij in podmornic v mornaricah po celem svetu. Nihalo je prekinjeno z votlim kovinskim cilindrom, napolnjenim z živim srebrom. Kovinski cilindar je pritrjen na majhno gred, ki se nagiba, da nihalo ostane v vertikalnem položaju. Gibanje nihala se v merilnem instrumentu odraža preko kazalca, ki prikazuje stopinje nagiba.

Tehnični podatki inklinometrov:

- merilno območje: $\pm 10^\circ$ do $\pm 12^\circ$ (odvisno od tipa senzorja),
- merilna natančnost: $0,0025^\circ$ do $0,005^\circ$ (odvisno od tipa senzorja),
- dimenzije ohišja z vdolbinami: 70 mm ali 85 mm,
- temperaturno območje delovanja: -25°C do $+70^\circ\text{C}$.

3.6 Piezometri

Piezometer je v osnovi opazovalna vrtina, namenjena merjenju nivoja podzemne vode. Z njim ugotavljamo, ali voda v umetnem jezu pušča oz. pronica. Dober piezometer se hitro odziva na spremembe nivoja vode v vodonosniku. V splošnem pa imenujemo z besedo piezometer tudi vrtine večjih premerov, ki so namenjene razen meritvam nivojev tudi vzorčenju podzemne vode.

Piezometer je torej vrtina, ki uporablja piezometer ali manometer za merjenje pritiska ali tlaka tekočine v njej na specifični lokaciji v koloni ali vrtini. Faktorji, ki so pomembni pri izdelavi piezometra so hidrogeološki pogoji, premer vrtine, globina,

premer vrtanja vrtine, način in tehnika vrtanja. Pri izdelavi piezometrov je zaželen čim manjši poseg v naravo. (Zamuda, 1998; Vižintin, 2008)

Piezometrijske meritve (Žiberna, 2006) so namenjene ugotavljanju nivoja talne vode v vrtinah. Meritve se izvajajo v različnih časovnih intervalih, podobno kot pri inklinometrih. Vse bolj se uveljavljajo piezometri, pri katerih se nivoji vode merijo avtomatsko.

V osnovi so taki piezometri sestavljeni iz treh glavnih komponent, in sicer iz senzorja tlaka, signalne naprave in vmesnika. Primer senzorja tlaka prikazuje slika 8.

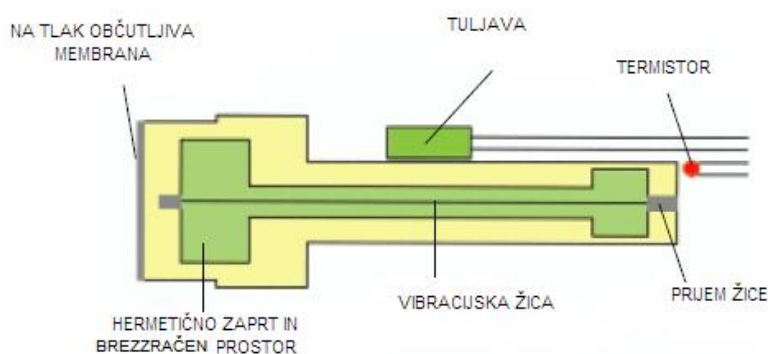


Slika 8: Senzor tlaka pri piezometru (Grebe, 2005)

TIPI PIEZOMETROV

Senzor na vibracijsko žico: vključujejo nadzor tlaka v tleh in avtomatsko merjenje ravni podzemne vode, merjenje in nadzor prepustnosti in spremljanje dviga tlaka ter hidravličnih sprememb v jezih in naravnih ter umetnih nasipih oziroma pobočjih. Izhodni signali so lahko berljivi in preprosto avtomatsko zajemani. Ta senzor je iz nerjavečega jekla in se nahaja v majhni odprtini, ki ima na pritisk občutljivo membrano iz napete jeklene žice. Vibracijska žica je hermetično zaprta in napeta v notranjosti brezračnega prostora. Tlak vode povzroči odklon prepone z ustrezno spremembo v napetosti jeklene žice. Sprememba napetosti se meri kot sprememba resonančne frekvence žice. Resonančna frekvenca merilne žice je neposredno

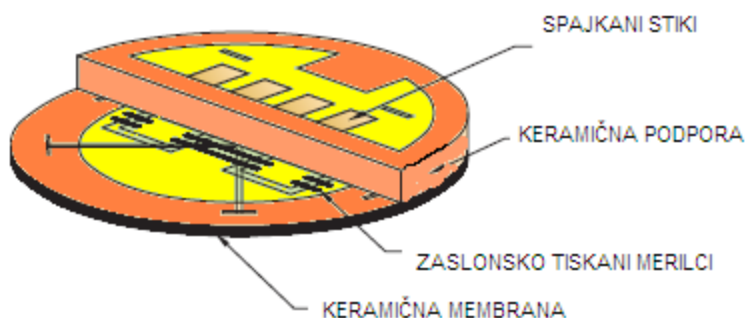
sorazmerna s pritiskom na membrano. Blizu žice sta dve tuljavi, ena z magnetom, druga z osjo. V uporabi lahko vzbujanje z različno frekvenco, ki se nanaša na tuljave, povzroča, da žica primerno vibrira na svoji resonančni frekvenci. Ko se vzbujanje konča, žica še vedno vibrira in sinusni signal resonančne frekvence se inducira na tuljavi in prenese na odčitovalno enoto. Zgradba senzorja na vibracijsko žico je razvidna s slike 9.



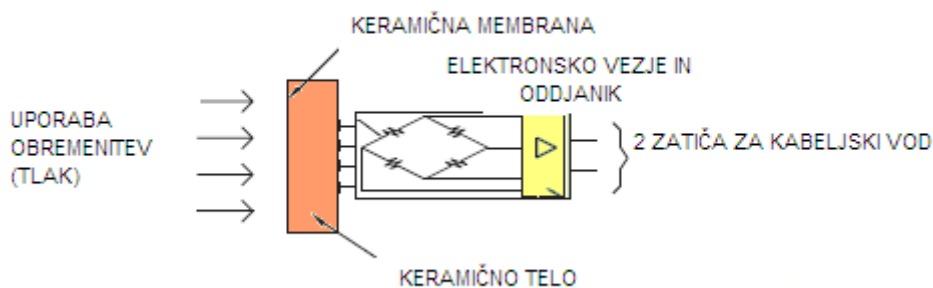
Slika 9: Zgradba piezometra na vibracijsko žico (Grebe, 2005)

Keramični senzor: ta senzor je nadgradnja debeloslojne tehnologije, ki izkorišča piezo odporne značilnosti posebnih uporovnih plasti. Upori so tiskani in položeni na stisljivo keramično membransko podlago, ki omogoča ustvarjanje polj za merjenje deformacije. Deformacijske spremembe zaradi zunanjih obremenitev na stisljivo keramično membrano se kažejo kot spremembe v uporih v poljih za merjenje deformacije. Električni signal iz polj za merjenje deformacije je premosorazmeren s tlačno obremenitvijo na membrano. Senzor je sestavljen iz keramične strukture, podobne kristalu, in predstavlja kemično neaktivno membrano s skoraj popolnimi mehanskimi lastnostmi. Podrobnejša zgradba keramičnega senzorja je prikazana na sliki 10. Tiskani upori so nameščeni na membrano in oblikujejo 4-kraki Wheatstonov most. Napajalna napetost mosta se dovaja na diagonalo tokokroga.

Deformacija, ki jo zazna membrana, spremeni vrednost posameznega upora znotraj Wheatstonovega mostu, zaradi česar pride do neravnovesja na tem mostu. Zaradi navedenega neravnovesja nastane signal iz zunanje diagonale Wheatstonovega mostu, ki je premosorazmeren merjenemu pritisku, ki povzroča deformacijo (slika 11). Elektronski pretvornik ta signal spremeni v 4–20 mA, kar je primerno za prenos na večje razdalje za oddaljeno odčitavanje oziroma za sistem za sprejem podatkov.

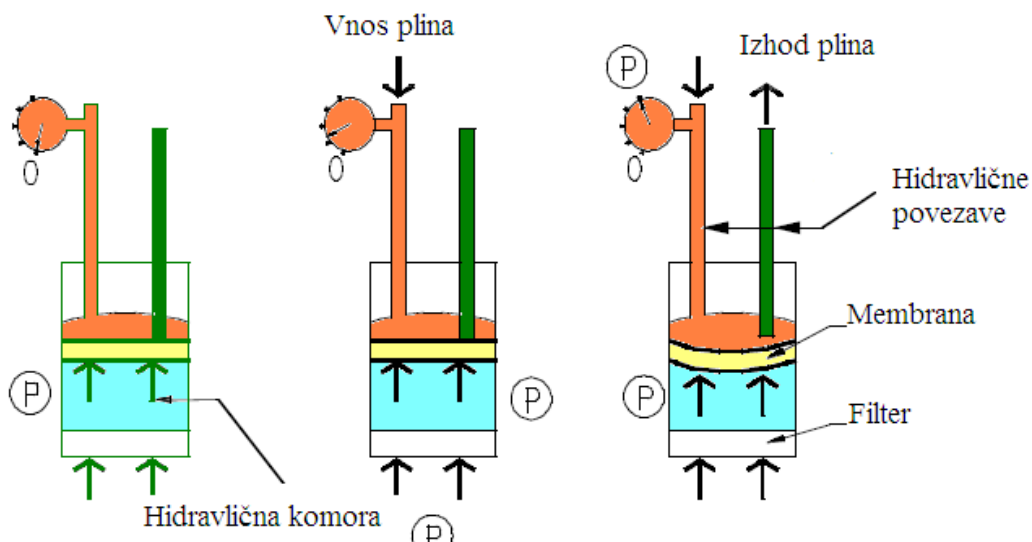


Slika 10: Zgradba keramičnega piezometra (Grebe, 2005)



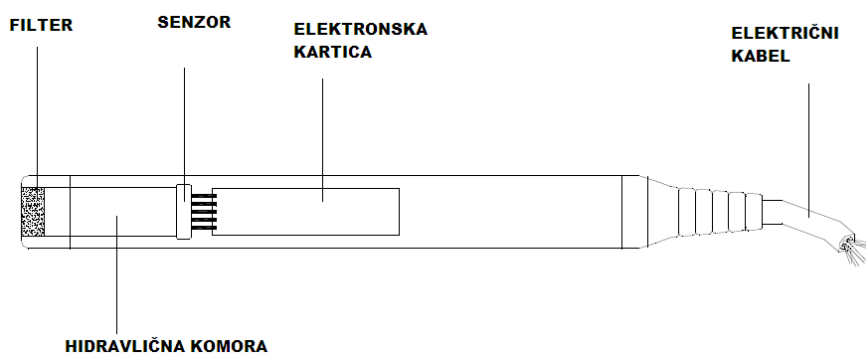
Slika 11: Delovanje keramičnega piezometra (Grebe, 2005)

Pri pnevmatskem senzorju (Grebe, 2005) prožna membrana deluje kot ločilo med vodo in plinom (dušikom), ki se ga uporablja za protitlak na membrani, da uravnoteži tlak vode, ki deluje nanjo (slika 12). Protitlak je reguliran in se meri preko bralne enote na površini. Glavna prednost pnevmatskih piezometrov je, da so zelo zanesljivi. Po drugi strani pa so meritve časovno potratne in ni priporočljivo, da imamo povezavo, daljšo od 200 m, saj je avtomatsko zajemanje podatkov drago in nezanesljivo. Pritisk je protiutež in predstavlja razmeroma velik obseg razlike v hidravlični komori, ki povzroča časovni zamik pri pridobivanju ustreznega tlaka meritev.



Slika 12: Princip delovanja pnevmatičnega piezometra (Grebe, 2005)

Električni piezometri so najpogostejši merilniki za merjenje pritiska ali vodnega nivoja na trgu. Večina električnih piezometrov uporablja merilne lističe za preoblikovanje mehanske spremembe/defekta odklona prepone v električni signal. Vibracijski merilni lističi in električni merilniki upora deformacije sta dve vrsti, ki sta pogosto uporabljeni. Pri piezometrih vibracijskih žic deformacija membrane povzroči spremembo v resonančni frekvenci z vibriranjem preko napete jeklene žice, ki začasno prekine tok med membrano in pretvornikovim telesom. Tlak vode, ki deluje na membrano, se določi na podlagi spremembe frekvence vibracijske žice. Nekateri piezometri imajo vgrajen tudi porozni kameni filter, ki je nameščen pred membrano. Filter omogoča prehod tekočine skozenj, vendar preprečuje vdor delcev, ki bi lahko neposredno vplivali na membrano. Zgradba električnega senzorja je prikazana na sliki 13.



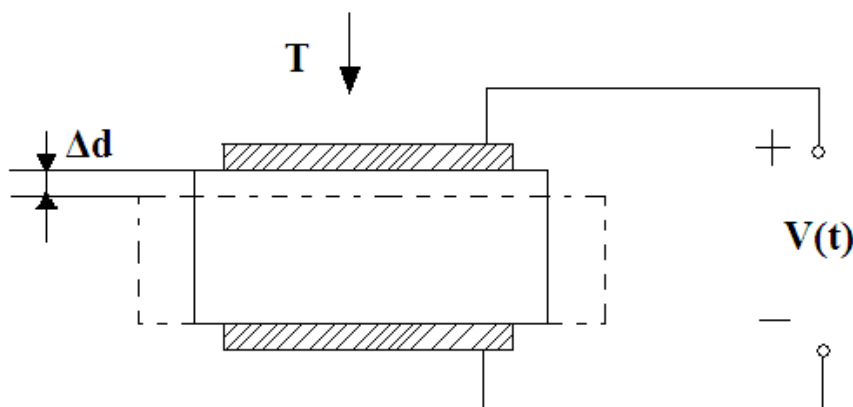
Slika 13: Zgradba električnega piezometra (Grebe, 2005)

Električna napetost (Amon, 2009) na elektrodah, ki je proporcionalna obremenitvi oziroma deformaciji, se pojavi zaradi mehanske deformacije piezoelektričnega kristala. Z izmerjeno ali dano karakteristiko senzorja se lahko iz izmerjene napetosti V določi mehansko obremenitev T oz. deformacijo Δd (slika 14). Membransko obremenitev se določi z enačbama (1) in (2).

$$T = T(V) \quad (1)$$

$$\Delta d = \Delta d(V) \quad (2)$$

Električni piezometer lahko uporabljamo kot senzor mehanske sile, pritiska, deformacije ali kot senzor pomika.

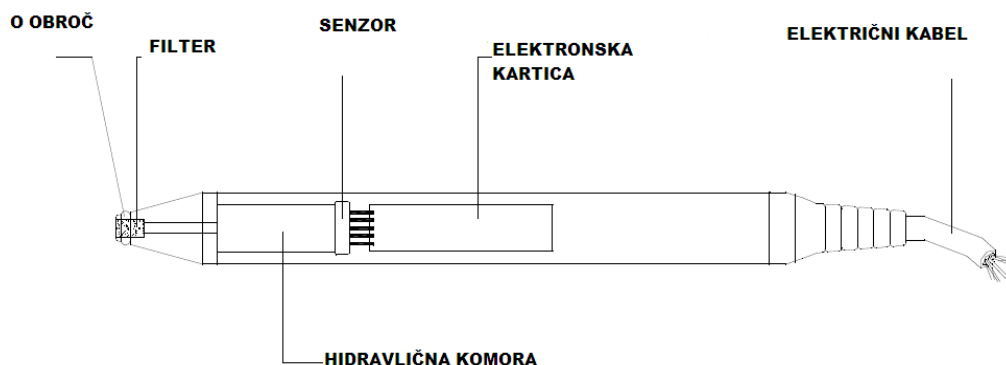


Slika 14: Piezoelektrični senzor pomika

Filtrirni element se lahko vgradi iz dveh razlogov: za meritve nivoja vode (ščit membrani) ali za merjenje nevtralnega pritiska v razpoki na določeni globini s Casagrande piezometrom.

V drugem primeru se torej vgradnja imenuje »Casagrande piezometer«. Ta se običajno uporablja za merjenje vodnega pritiska v razpokah srednje propustne prsti. Meritve se izvajajo preko električnega pretvornika tlaka, ki se ga spusti v cev piezometra. Električen pretvornik tlaka je sestavljen iz električnega kabla, razdeljenega na metre, centimetre ali milimetre, z vgrajeno konico, ki ob stiku z vodo vključi zvočni signal oziroma prižge lučko, ki je nameščena na tuljavi kabla. Če se za meritve uporablja električni pretvornik tlaka, morata biti cev piezometra nameščena na globini, ki je vedno višja od najnižje vrednosti vodne gladine. Ne glede na način

delovanja električnega pretvornika tlaka mora ta meriti relativni tlak. Pretvornik relativnega tlaka je izdelan tako, da je membrana v stiku z atmosferskim tlakom s cevjo znotraj kabla za instrumente. Na ta način na meritve nivoja vode ne vplivajo spremembe barometričnega tlaka. Podjetje Sisgeo je izdelalo poseben pretvornik tlaka, ki se zapečati neposredno nad filtrom, da se dobi »piezometer z zaprtim tokokrogom«, kar omogoča merjenje sprememb v tlaku, ki nastanejo v razpokah tudi pri slabo prepustni prsti, kot je ilovica. Tako imenovani »piezometri z zaprtim tokokrogom« so bolj zapleteni. Sestavljeni so iz filtra, hidravlične komore z minimalno prostornino in elastično trebušno prepono, ki je občutljiva na tlak. Tlak vode, ki se prenese skozi filter povzroči upogibanje membrane, ki je premosorazmerna s tlakom. Upogibanje membrane se meri na različne načine (električni ali pnevmatski način). Zgradba »Casagrande piezometra« je prikazana na sliki 15.



Slika 15: Zgradba Casagrande piezometra (Grebe, 2012)

PRIMERJAVA PIEZOMETROV

Ko se odločamo za vgradnjo piezometrov, moramo tehtno premisliti, katero sondo bomo izbrali. Glede na to, kaj želimo meriti, kakšni bodo približni tlaki na sondo in kakšna je talna podlaga, se odločimo za najprimernejši senzor. V tabeli 1 so predstavljene prednosti in slabosti določenih tipov piezometrov in območja delovanja meritev.

Tabela 1: Prednosti in slabosti posameznih tipov piezometrov

TIP PIEZOMETRA	PREDNOSTI	OMEJITVE	OBMOČJA DELOVANJA	OBMOČJA MERITEV
Casagrande piezometer	enostaven in zanesljiv nizki stroški	hidro-dinamičen časovni zamik pri nizko prepustnih tleh ročno odčitovanje je mogoče nadgraditi v avtomatsko zajemanje podatkov z uporabo električnega pretvornika	spremljanje pritiskov na jezovih, nasipih in drugih zemeljskih strukturah	0 - 200 kPa
Pnevmatični piezometer	dovoljuje preizkus prepustnosti robusten in zanesljiv hiter odzivni čas	hitro poškodovan zaradi gradbenih dejavnosti velike dolžine cevi lahko zmanjšajo odzivnost in natančnost avtomatski nadzor je zahteven in zahteva preverjanje	spremljanje odstranjevanja vode pri izkopavanjih, predorih Vzorčenje podzemnih voda in vzorčenje za okoljske študije spremljanje pritiska za določitev stabilnosti pobočja	350 - 700 kPa
Električni piezometer	odporen na zmrzovanje, cenejši kot električni piezometri hitra odzivnost in visoka natančnost primeren za dinamične meritve	potrebna nabava kompresiranega plina (dušik) preverjanje kalibracije po namestitvi ni mogoče pogosto nedostopen po namestitvi	spremljanje pritiska za določitev varnosti izkopavanja spremljanje kanalizacije, pronicanja vode in smer toka vode odstranjevanje vode in nadzor uspešnosti drenaže odkrivanje podzemnih vodostajev	0 - 500 kPa
Piezometer na vibracijsko žico	enostaven za branje in zlahka nadgrajen na avtomatski nadzor dolgoročna stabilnost hiter odzivni čas	slaba natančnost pri nizkih tlakih potrebne meritve temperature	preverjanje delovanja skalnih pregrad, jezov in nasipov spremljanje deformacij v jezih in betonih med in po gradnji nadzor napetosti tlaka v gredi	350 - 700 kPa
Keramični piezometer	prenos na dolge razdalje hitro nadgradljiv na avtomatski nadzor imun na atmosferske napetosti (strele) kalibracija se zlahka preveri hitro nadgradljiv za avtomatski nadzor	ni primeren za neprekinjene meritve visoki stroški pritisek omejen na 500kPa	spremljanje gradnje hidravličnih konstrukcij, temeljev, podpornih zidov, odlagalšč odpadkov, predorov	200 - 500 kPa

3.7 Pomožni elementi

Na zgornjem akumulacijskem jezeru so vgrajeni električni piezometri. Trenutno imajo baterijsko napajanje, vendar bomo s posodobitvijo sistema senzorje napajali preko napajalnega vodnika z napetostjo 230 V, baterija pa bo služila le v primeru izpada napajanja. Piezometer deluje na enosmerni napetosti 5 V, za to potrebujemo ustrezne galvansko ločene usmernike, ki bodo višjo električno napetost pretvorili v nižjo. Uporabili bomo galvansko ločeni usmernik 230 V_{AC}/5 V_{DC}. Tak je enofazni napajalnik, znamke Weidmuller, CP SNT 24W 5V 2A (Weidmuller, 2012), ki je zanesljiv in ima relativno nizko ceno. Usmernik je namenjen splošni uporabi, saj ima širok razpon vhodnih izmeničnih priključnih napetosti od 85 V do 265 V in izhodnih enosmernih napetosti od 5 V do 48 V. Njegov izhodni tok je do 2 A. Ohišje naprave je kompaktno in robustno, prilagojeno za zunanje okolje, zasnovano za hitro in enostavno montažo. Ima tudi svetlobni indikator (LED) stanja, vzporedno možnost priključitve in mednarodni certifikat za uporabo.

Pri celotni mreži sistema imamo tudi pretvornike iz ene vrste komunikacije na drugo. Piezometri komunicirajo s standardom RS 485, ki se bo pretvoril v optični signal. Za to bodo potrebni pretvorniki, ki bodo potrebovali električno napajanje 12 V. Torej potrebujemo za delovanje avtomatskega zajemanja podatkov iz piezometrov ločeni usmernik, ki bo višji tok iz napajalnega kabla spremenil v nižjega. To je galvansko ločeni usmernik 230 V_{AC}/12 V_{DC}. Izbrali smo enofazni napajalnik Widmuller PRO-H CP T SNT 70W 12V 6A (Weidmuller, 2011). PRO-H je nova generacija visoko uspešnih zalog enofazne moči, namenjene zanesljivemu delovanju tudi v zahtevnih pogojih. Rezervna visoka moč zagotavlja zanesljiv zagon bremen z visoko vklopnimi tokovi. Odlične električne specifikacije in visoka odpornost proti nihanju napetosti vhoda naredi module kompaktne in je najboljša izbira za naprave, občutljive na obremenitve.

Zaradi višje lege akumulacijskega jezera in posledično pogostih prenapetosti je potrebna zaščita. Primerna je prenapetostna zaščita znamke Economat300, model AC1221 (Economat300, 2011). Uporaben je za zaščito občutljive opreme, kot so računalniki, senzorji, aktuatorji in drugi moduli. Že en sam udar strele lahko poškoduje opremo tudi v področjih, kjer so nevihte redke. Uporaba prenapetostne zaščite je priporočljiva na območjih, kjer je pogostost nevihtnih dni velika, in v vseh

objektih, ki so opremljeni s strelovodi. Prenapetostna zaščita tokovne zanke je primerna predvsem za komunikacijske linije pred prenapetostjo in je ščit tudi pred magnetnimi indukcijami itd.

PRENAPETOSTNA ZAŠČITA RS 485

Za izvedbo s kablom tipa Liycy potrebujemo prenapetostne zaščite. Prenapetostna zaščita RS 485, HGLN-D1-05 (L-com, 2009), je visoko zmogljiv 3-fazni zaščitnik pred strelami, ki zagotavlja zaščito digitalne ali analogne linije. Prva faza je sestavljena iz plinske cevi, druga faza je nekaj serij uporov, ter zadnja faza, ki je nizka kapacitivnostna dioda. Uporaba treh diferencialnih priključnih sponk varnost dodatno poveča.

4 KOMUNIKACIJE

Ko govorimo o nadzoru nekega objekta preko merilnih sistemov, katerih podatki se prenašajo na daljavo, moramo omeniti tudi komunikacijo. Komunikacija med instrumentacijo je bistvena, saj bomo le tako pridobili podatke in odčitke, ki jih želimo.

Informacijske storitve (Vidmar, 2002) podpirajo uporabniško komunikacijo in komunikacijo s podatki, ki je razumljiva končnemu uporabniku – človeku. Ti podatki se predelajo v obliko, primerno za prenose, ki jih omogoča današnja tehnologija s komunikacijsko storitvijo.

Najeti vodi s fizičnimi vodniki, satelitske zveze, javno telefonsko omrežje in radijske zveze so različna prenosna sredstva, ki v računalništvu pomenijo komunikacije in prenašanje podatkov med različnimi računalniškimi sistemi, pogosto na velike daljave.

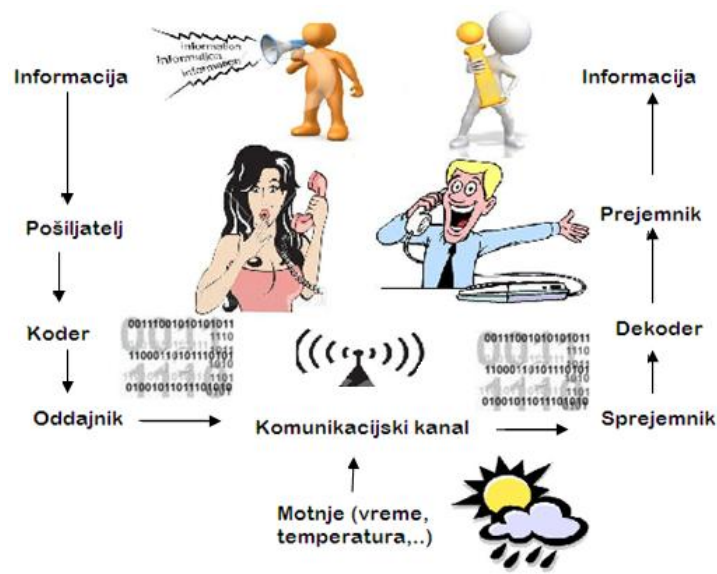
Lokalne mreže (LAN), mobilne (UMTS, GPRS in GSM), optične, radijske in internetne mreže (Bibič, 2009) so danes najpogosteje uporabljen medij. Izbira medija za prenos podatkov oziroma prenosne linije je največji izziv pri načrtovanju komunikacijskega sistema. Vsak od zgoraj naštetih ima svoje slabosti in prednosti. Zato je treba pri izbiri in načrtovanju določenega komunikacijskega sistema analizirati vidike naložbenih in obratovalnih stroškov ter tehnične zahteve.

4.1 Elementi komunikacije

Opis elementov komunikacije povzemamo po (Klemenčič, 2006).

Tisti, ki sprejme informacijo, je sprejemnik. Sprejemnik (angl. receiver) je element, na katerega je sporočilo naslovljeno. To je lahko vezje ali naprava, ki po prenosnem sredstvu prejema podatke kot signale oziroma električne impulze in jih predaja v nadaljnjo obdelavo. Naprava, ki na prenosno sredstvo pošilja podatke v obliki električnih impulzov, je oddajnik (angl. transmitter). Kodiranje (angl. encoding) predstavlja zapis nekih podatkov z drugačno kodo. Predstavlja torej predstavitev nizov znakov dane abecede z nizi druge abecede. Kodiranje signala (angl. scrambling) poteka tako, da ga sprejemnik prepozna samo s podobno napravo, kar je

spreminjanje signala s podatki. Nasproten proces kodiranju je dekodiranje (angl. decoding), pri katerem izvirne podatke sestavimo skupaj oziroma razpoznamo kodirane podatke. Komunikacijski kanal (angl. communication channel) prenaša podatke na daljavo. Namenjen je v sporazumevanju dveh oddaljenih naprav. To je medij, po katerem potujejo podatki in na katerega vplivajo motnje. Motnja (angl. interference) je več dejavnikov skupaj, ki motijo prenos sporočil pri komuniciranju. Ko se v signal na poti vnaša šum in se signal popači, govorimo o motnji. Poslani signal v tem primeru ni identičen sprejetemu signalu. Proces je prikazan na sliki 16.



Slika 16: Elementi komunikacije

ENOSMERNNA KOMUNIKACIJA

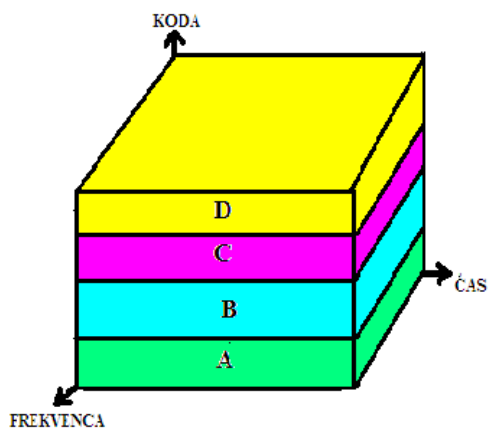
Enosmerno komunikacijo si najlaže predstavljamo kot komunikacijsko izmenjavo, ko sporočevalec shrani svoje datoteke na strežniku, ki so sprejemalcem dostopne prek spleta. Pri tem načinu prejemniku sporočilo ni dostavljeno, ampak ga mora sam poiskati in odpreti.

DVOSMERNNA KOMUNIKACIJA

Dvosmerna se od enosmerne komunikacije razlikuje v tem, da imamo pri dvosmerni komunikaciji ob prisotnosti ali odsotnosti uporabnika možnost odziva na sprejeto sporočilo. Najlaže si jo lahko predstavljamo kot elektronsko pošto.

4.2 Delitev prenosne zmogljivosti

Za vsako smer prenosa je vsakemu paru uporabnikov dodeljena frekvenca. Uporabniki ves čas prenosa uporabljajo frekvenčni kanal. Frekvenčni kanali niso na voljo drugim uporabnikom v času uporabe. V svojih časovnih okvirih uporabniki uporabljajo celoten frekvenčni pas. Za vsako stran prenosa je vsakemu uporabniku dodeljen svoj časovni okvir. Vsakemu paru uporabnikov je dodeljena tudi svoja koda. Ves čas prenosa uporabniki uporabljajo celoten frekvenčni pas. Frekvenčnih kanalov je manj kot kodnih, zato pa se med seboj motijo. Med seboj se ločijo po dodeljeni kodi. To je najboljše razvidno iz slike 17.



Slika 17: Razdelitev po kodi – kodni multipleks

ZASEGANJE PRENOSNE ZMOGLJIVOSTI

Zaseganje na osnovi žetona (angl. token) deluje tako, da ima uporabnik pravico oglašanja le, če ima žeton. Ko konča, preda žeton naslednjemu uporabniku, ki čaka v vrsti. Tudi ko si uporabniki nimajo kaj povedati, je prisotna nepotrebna zakasnitev, saj mora žeton od enega do drugega uporabnika, kljub temu da je obremenitev medija majhna. Če zanemarimo čas za predajanje žetona, tehnologija dopušča 100 % izkoriščenost medija.

4.3 Omrežja

Omrežja dovoljujejo poljubno povezovanje med uporabniki. Uporabljajo lahko zaseganje ali delitev kapacitet. Poznamo različne načine povezav v omrežju:

- točka – točka (angl. point to point),
- točka – več točk (angl. broadcasting, multicasting),
- konferenčna zveza.

MEDMREŽJE

Povezavo več omrežij predstavlja internet (medmrežje). Internet je svetovno omrežje, ki temelji na internetnem protokolu (angl. internet protocol – IP) oziroma TCP/IP protokolu. Na enaki ali pa tudi različni tehnologiji slonijo tudi posamezna omrežja.

PAKETNO OMREŽJE

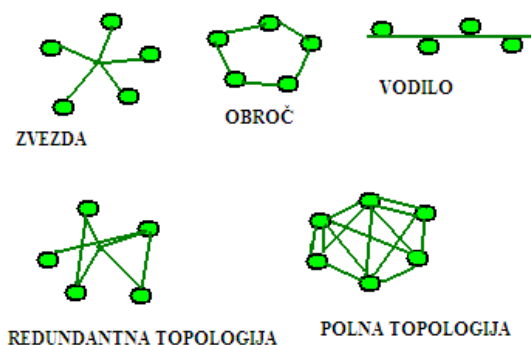
V paketnem omrežju se zveze ne vzpostavlja. Deluje lahko na osnovi delitve prenosne zmogljivosti ali zaseganja medija. Podatki med uporabniki potujejo v paketih. Vsak paket mora biti opremljen z naslovom prejemnika in naslovom pošiljatelja, saj ni vzpostavljene zveze. Ta način komunikacije deluje po najboljših možnostih, saj ne zagotavlja določene kapacitete porabnikom.

PREKLOPNO OMREŽJE

Povezava med uporabniki se vzpostavi v preklopnem omrežju. Med dvema uporabnikoma je zveza lahko vzpostavljena po fizično ločeni liniji, ali pa zasedeta fiksni del zmogljivosti medija (kanal). Zvezo je treba vzpostaviti pred začetkom komunikacije in jo po koncu porušiti.

4.4 Topologije omrežja

Topologija omrežja se nanaša na fizično postavitvev oziroma ureditev računalnikov, kablov in drugih omrežnih komponent ter njihovih povezav v omrežju. Za določeno topologijo se odločimo, ko načrtujemo omrežje. Vsaka ima svoje dobre in slabe lastnosti. Glede na želeno delovanje se odločimo, katero bomo izbrali. Topologija vpliva na tip strojne in programske opreme, zmožnosti te opreme, razširitev omrežja in upravljanje omrežja. Osnovne vrste topologij prikazuje slika 18.



Slika 18: Topologije omrežja

Topologija vodila (Klemenčič, 2006) lahko poveže med seboj različne operacijske sisteme. Vse delovne postaje so povezane z enotnim vodnikom, tako da prenos podatkov poteka kot po vodilu. Med delovne postaje štejemo terminale, osebne računalnike, računalnike, grafične postaje in vozlišča. Vse enote na vodilu imajo možnost zaznati vse signale hkrati. Ethernet je eno izmed omrežij s topologijo vodila. Ta topologija velja za eno najbolj razširjenih v svetu.

4.5 Protokol

»Protokol je nabor pravil in postopkov, ki določajo in uravnavajo obliko ter prenos podatkov med dvema uporabnikoma (računalnikoma, aplikacijama).« (Umek, 2011, str. 21)

Da bi si računalniški protokol lažje predstavljali, si to lahko ponazorimo kot pogovor med dvema človekoma. Če oba govorita isti jezik, potem se bosta razumela do potankosti. Če eden govori tekoče določen jezik, drugi pa le osnove, bo komunikacija že otežena in pogovor ne bo več potekal tekoče. Če pa bosta govorila vsak svoj jezik, se besedno sploh ne bosta mogla sporazumeti. Tako kot v tem primeru je tudi z omrežnimi napravami. To strokovno in v tehniki imenujemo definiran nabor pravil komunikacije ali protokol.

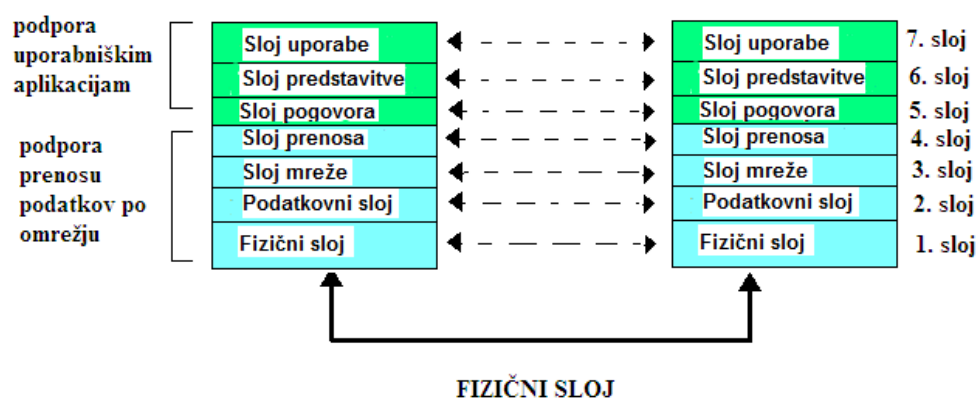
PROTOKOLI V OMREŽJU

Protokoli so potrebni za zagotovitev delovanja omrežja. Potrebujemo jih tako pri preklopnih kot tudi pri paketnih omrežjih. Pri paketnih omrežjih so nujni pri

usmerjanju paketov, pri preklopih pa so potrebni v zvezi z vzpostavljanjem in rušenjem zveze (ang. handshaking). Standardizacija protokolov je obvezna.

OSI REFERENČNI MODEL

Referenčni model ISO/OSI (angl. International Standard Organization / Open System Interconnection) (Čučej in drugi, 2006) ni standard, ki natančno opredeljuje potek komunikacije, ampak le okvir ureditve komunikacijskih protokolov. Model je sestavljen iz sedmih slojev. Delimo jih na uporabniško usmerjene sloje (aplikacijski sloj, predstavitveni sloj, transportni sloj in sloj seje) in omrežno odvisne sloje (omrežni sloj, povezovalni sloj in fizični sloj) modela ISO/OSI. Vsak sloj je funkcijsko omejen. Natančno določen protokol (množica pravil) skrbi za izmenjavo sporočil z uporabniškimi podatki in dodatnimi krmilnimi informacijami z enakoležnim slojem v drugem sistemu. Vsak sloj ima točno določen vmesnik do sloja nad sabo in pod sabo. Okvir, v katerem se sprejemajo standardi, predstavlja sam OSI referenčni model. OSI referenčni model prikazuje slika 19.



Slika 19: OSI referenčni model

4.6 Vrste komunikacijskih zvez

Komunikacijske zveze (Klemenčič, 2006) ločimo glede na medij na žične in brezžične.

Žične zveze

Prednosti žične zveze so velike možne količine prenesenih podatkov z majhnimi motnjami. Imajo pa tudi slabe lastnosti, ki so predvsem povezane z velikimi stroški. Poznamo (Klemenčič, 2006):

- Žični par ali parica – to sta dve vzporedni izolirani bakreni žici. Da se zmanjša sevanje elektromagnetnega valovanja v okolje in vpliv elektromagnetnih motenj iz okolja na signale v žicah, sta žici med seboj prepleteni. Oviti sukani par (angl. Shielded Twisted Pair - STP) ima dodaten kovinski plašč, neoviti sukani par (angl. Unshielded Twisted Pair - UTP) pa ga nima. Slabosti dvožilnega kabla se kažejo v nizkih hitrostih, velikih dimenzijah in oddajanju elektromagnetnih valov, ki jih je možno zaznati in jim posledično skrivaj prisluškovati. Njegova velika prednost pa je cena. Primer žičnih parov so kabli tipa Liycy (Beckmann in drugi, 2003). Idealni so za povezavo premične opreme zaradi visoke fleksibilnosti in prilagojenosti na zunanje okolje. Niso občutljivi na motnje in so primerni za signalni prenos v merilnikih. Najpogostejša je uporaba dvožilnega kabla Liycy 0,25 mm².
- Koaksialni kabel – izdelan je iz kovinskega pletenega plašča in zunanjega zaščitnega plašča, obdan pa je s plastjo izolacije in vodnika. Primeren je za prenos signala na razdaljah do 15 km. Uporabljen je za gradnjo lokalnih računalniških in televizijskih mrež, ki imajo hitrost do 50 MB/s. Slabost tovrstnega kabla je visoka cena, saj je precej višja od UTP kablov. Zaradi tega se le redko uporablja in ga srečamo le še v starejših omrežjih. Prednost koaksialnega kabla pa je majhno sevanje navzven ter enostavno širjenje mreže brez motenja potekajočega delovanja, kar je lahko tudi slabost, saj lahko dovoljuje vdor v mrežo. Velika prednost je tudi majhna občutljivost na elektromagnetne vplive od zunaj.
- Optični kabli – so sestavljeni kot iz las tankih vlaken iz čistega stekla in so do dvajsetkrat lažji od bakrenih. Običajno signale vzbujaajo z laserskimi napravami in jih prenašajo s svetlobnimi signali. Dandanes lahko dosegamo 100-kilometerske prenose brez ojačevalnikov (angl. repeater) signala, kar pomeni, da se signal po optičnem mediju le malo oslabi. Slabosti tovrstnih

kablov so dražji in zahtevnejši pretvorniki in občutljivost za mehanske motnje (zvijanje). Prednosti pa se kažejo v majhni dimenziji (premer je okoli 16 mm), neomejene količine materiala (cena optičnega kabla je nizka, saj je silicijevega oksida v naravi veliko), vodniki ne korodirajo, ker je steklo kemično stabilno (uporaben v zahtevnejših okoljih, npr. na jezerskem dnu), ima tudi majhno slabljenje, veliko kapaciteto, neobčutljivost za magnetne motnje, odpornost proti visokim temperaturam, majhno težo in nima presluha (zelo malo svetlobe uide iz vlakna oz. jo absorbira podloga).

Brezžične zveze

Zasnovane so na širjenju elektromagnetnega valovanja skozi prostor. Mednje prištevamo več skupin povezav.

- Radijsko zemeljske zveze – sem prištevamo tudi mobilne tehnologije, bluetooth (pikoomrežja, doseg do 10 m, kapaciteta 1 Mbit/s) in brezžično lokalna omrežja (Wireless Local Area Network – WLAN) – doseg do 100 m, do 54 Mbit/s). Uporablja se jih za manjše razdalje, kjer se uporablja nizkofrekvenčno radijsko oddajanje. Delujejo na podlagi brezžične povezave. V osrednjem računalniku potrebujemo bazno postajo oziroma radijski oddajnik. Hitrost prenosa je običajno manjša kot pri fiksnem ožičenju.
- Mikrovalovno usmerjene zveze – komunikacije med postajami, ki so med seboj oddaljene do največ 50 km, saj je prenos v tej razdalji še zanesljiv. Med njih sodijo izvedbe različnih povezav, praviloma specialne izvedbe ali povezave visoke prepustnosti med telefonskimi centralami. Slabe lastnosti so v tem, da lahko žarek ovirajo zgradbe ali slabo vreme.
- Infrardeče zveze (kratica IR) – delujejo na krajših razdaljah, povezujejo različne terminale in pokrivajo različne industrijske aplikacije. Navadno se jih uporablja za povezovanje različnih terminalov, na primer mobilnega telefona z namiznim računalnikom. Infrardeče povezave sestavlja par optičnih diod kot sprejemnikov in par svetlobnih virov. Laser se običajno uporablja kot svetlobni vir, katerega amplitudo moduliramo. Teoretično imajo laserski sistemi doomet do 15 km. To vrsto prenosa podatkov se

uporablja za od 9600 bit/s do 45 Mbit/s. Slabost tovrstne komunikacije je občutljivost na atmosferske motnje in majhen oziroma kratek domet. Prednost pa je predvsem opazna v tem, da ni treba polagati kabla (prenosnega medija) in so posledično stroški manjši.

- Satelitske zveze – zavzemajo medcelinske podatkovne komunikacije, povezovanje govorečih, zvočnih in TV komunikacij. Podatki se pri satelitih prenašajo z elektromagnetnimi valovi (radijskimi valovi) skozi prazen prostor. Komunikacija poteka preko anten, ki lahko sprejemajo ali pošiljajo elektromagnetne valove. Tovrstne povezave se lahko uporablja lokalno ali globalno. Uporabni so predvsem v prenosih na velike razdalje, kot je prenos čez ocean. Prednost satelitskih povezav je mobilnost in pokrivanje večjih območij.

4.7 Področna vodila

Področnih vodil je v svetu veliko, vendar bomo v nalogi opisali samo področno vodilo Modbus (Aleksić, 2011), saj bo povezava v našem primeru lahko potekala samo po tem protokolu. Modbus je zasnovan na serijski komunikaciji med nadrejenimi in podrejenimi napravami. Vsaka naprava ima svoj Modbus naslov. V mrežo lahko skupno povežemo do 247 podrejenih naprav. Podrejene naprave se odzovejo na zahtevo nadrejene naprave. Večina protokolov uporablja samo nekaj plasti modela Open System Interconnection (OSI). Pri Modbus serijski komunikaciji med podrejenimi in nadrejenimi napravami so v uporabi sloj uporabe, podatkovni sloj in fizični sloj. Podatkovni sloj je serijska komunikacija RS 232 ali 485, sloj uporabe pomeni komunikacijo Modbus med nadrejenimi in podrejenimi napravami, fizični sloj pa pomeni prenos bitov po komunikacijskem mediju.

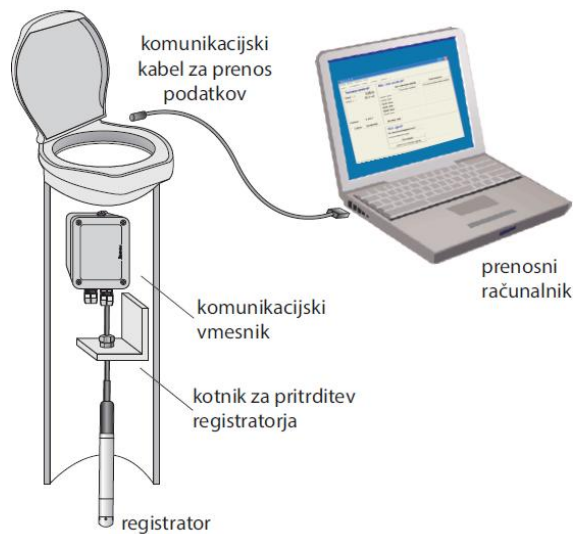
4.8 Standard RS 485

Standard RS 485 (Ambrožič, Nedeljković, 2011; Aleksić, 2011) je serijska strojna specifikacija, preko katere navadno poteka Modbus komunikacija. Standard RS 485 je bil razvit skupaj z dvema trgovinskima združenjema: Electronic Industries Association (EIA) in Telecommunications Industry Association (TIA). EIA je nekoč vse svoje standarde označevala s predpono »RS« (Recommended Standard).

V primerjavi s serijskimi komunikacijami (RS 232, RS 423) je RS 485 manj podvržena električnim motnjam, saj uporablja diferencialni napetostni signal na obeh vodnikih namesto absolutne vrednosti napetosti. Primeren je torej v okoljih z veliko električnimi motnjami, kot je industrijsko okolje. Ta standard omogoča komunikacijo z do največ 32 oddajno-sprejemnimi napravami. Pri dolžini vodnikov do 1200 m je komuniciranje zanesljivo. Z dolžino vodnikov hitrost prenosa podatkov pada in tako pri najdaljši razdalji dosežemo hitrost prenosa podatkov do 90 kbps. Za boljšo predstavbo naj omenimo, da je po tem standardu največja možna hitrost podatkov 10 Mbps. Zanko navadno zaključimo z uporabo 120 Ω.

4.9 Možne tehnologije prenosa podatkov ČHE Avče

Obstoječi piezometri na zgornjem akumulacijskem jezeru ČHE Avče so sestavljeni iz sonde, ki je preko kabla povezana na registrator (angl. datalogger) ali komunikacijski vmesnik. Trenutno odčitavanje meritev poteka enkrat mesečno, ko zunanji izvajalec iz RGP, d. o. o., pobira podatke, ki so se beležili s frekvenco 8 ur. Temu načinu prenosa podatkov pravimo žični lokalni prenos podatkov. Prenos podatkov poteka preko komunikacijskega kabla s pretvornikom v priključnem konektorju/priključku. Ob prenosu podatkov se kabel poveže s priključkom na ohišju komunikacijskega vmesnika KV 200, ki je v ustju vrtine. Komunikacijski kabel RS 485 – USB omogoča, da lahko s prenosnim računalnikom konfiguriramo registrator, ter prenesemo in zbiramo podatke (slika 20). Samostojni registrator torej po potrebi priključimo (na mestu vgradnje) na prenosni računalnik in nanj prenesemo podatke iz arhiva na računalnik in mu hkrati lahko tudi spremenimo nastavitve (zamrznitev (angl. sleep mode), frekvenca meritev itd.).



Slika 20: Lokalni prenos podatkov (Tehnični list, 2011)

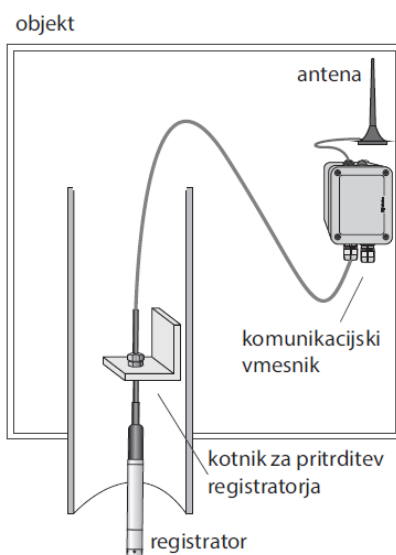
WI-FI brezžični prenos podatkov lahko izvedemo tako, da se obstoječi komunikacijski vmesnik KV 200 v ustju vrtine zamenja in vgradi nov komunikacijski vmesnik z anteno. Potrebna je tudi nova programska oprema za komunikacijo (nastavitve, prenos podatkov itd.). Pri tej komunikaciji se je treba približati vrtini do nekaj 10 m. Tovrstna tehnologija ima še vedno omogočeno tudi žično komunikacijo. S tem načinom zajemanja podatkov torej lahko preko antene brezžično pošiljamo podatke oz. konfiguriramo registrator. Delovanje takšnega prenosa podatkov je razvidno iz slike 21.



Slika 21: Brezžični prenos podatkov (Tehnični list, 2011)

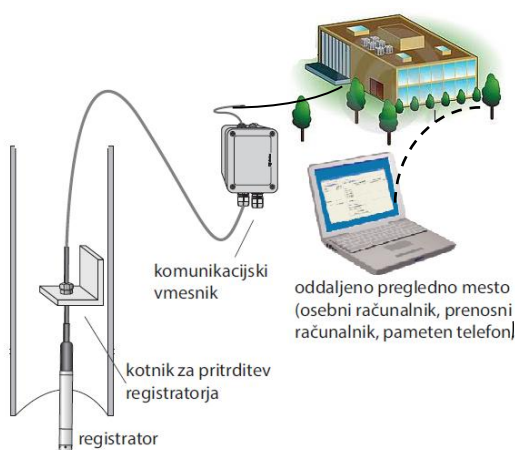
Tretja opcija avtomatskega nadzora je brezžični prenos podatkov preko antene. Preko komunikacijskega vmesnika lahko z anteno brezžično prenašamo podatke in

nastavljamo parametre registratorja, kar je razvidno iz slike 22. Obstoječi komunikacijski vmesnik KV 200 v ustju vrtine se lahko zamenja in vgradi novi komunikacijski vmesnik z anteno. Na komunikacijski priključek priključimo modul z GSM modemom, anteno in baterijami, kar omogoča vsakodnevni prenos arhiviranih podatkov ob izbranem času na poljubno lokacijo, ki ima GSM signal.



Slika 22: Brezžični prenos podatkov preko antene (Tehnični list, 2011)

Četrta opcija je mrežno komuniciranje, kjer lahko do 16 registratorjev povežemo v komunikacijsko žično mrežo RS 485 in iz enega mesta komuniciramo z vsemi (največ 16) modbus naslovi. Komunikacija iz enega senzorja je prikazana na sliki 23.



Slika 23: Mrežno komuniciranje (Tehnični list, 2011)

Brezžična tehnologija je zasnovana zaradi zmanjšanja časa namestitve in različnih ovir, ki jih imamo z vodniki. Zato so brezžična omrežja bolj udobna za postavitve v primerjavi z žičnimi omrežji. Brezžično omrežje (Tehnični list, 2011) je vrsta računalniške mreže, v kateri je računalnik povezan z različnimi telekomunikacijskimi napravami brezžično. Uporablja se ga lahko za prenos podatkov, komunikacije itd. Pri vseh brezžičnih omrežjih so vse vrste posredovanja izvedene z različnimi vrstami mikrovalov.

Žične mreže so najbolj pogosta oblika komunikacijskih zvez in so praktično prisotne povsod. Naprave so med seboj povezane s kablji, preko katerih poteka vsa komunikacija. Omogočena je tudi varnost, saj se nepooblaščen uporabnik lahko priključi le preko fizične prisotnosti na sami lokaciji. Lokalno mrežna tehnologija temelji na posebnih vrstah kablov, ki se uporabljajo za prenos podatkov iz enega kraja v drugega v obliki analognih in digitalnih signalov, to so kabli koaksialnega tipa. Tovrstni kabli prav tako pošiljajo radijske signale različnih frekvenc, ki imajo pomembno vlogo pri prenosu podatkov med dvema operacijskima sistemoma ali računalnikoma. Največja hitrost prenosa te tehnologije je 10 MB/s. Kabli, ki se uporabljajo za konfiguriranje žične mreže, so posebni, ker se obnašajo enako za analogne in digitalne signale, hitrost prenosa pa je enaka kot pri kablu s posukanimi paricami. Žična tehnologija se uporablja že dolgo časa. Z uporabo fizičnega vodnika se elektronski signali prenašajo po kovinskem prevodniku. Trenutno je to najbolj zanesljiv način za pošiljanje in prejemanje podatkov. Internet pošlje veliko količino podatkov običajno preko optičnih vlaken, ki vodijo v standardne bakrene vodnike. Prednosti kableske povezave so velika zanesljivost in hitri prenosi. Slabost pa je, da imajo kabli svojo življenjsko dobo in jih je po določenem času treba zamenjati.

4.10 Pretvorniki

Za delovanje avtomatskega zajemanja podatkov so potrebni tudi pretvorniki. Našteli in opisali bomo glavne pretvornike za povezavo in delovanje nadzora merilnih sistemov preko žične komunikacije.

Mikroprocesor električnega senzorja – piezometra ima izhod standarda RS 485. Ker se kasneje priključi na optiko, potrebujemo pretvornik. Pretvornik RS 485/Optika, MOXA, serija TCF 142 (slika 24) (Moxa, 2012). Komunikacija preko optičnih

vlaknen ponuja izolacijo pred električnimi motnjami v hrupnih okoljih in večjo varnost pri serijskih komunikacijah. Serija TCF 142 ima obročni način delovanja, ki omogoča prenose podatkov preko serijskih optičnih povezav. Pretvornik omogoča topologijo kroga in vodila, samodejno zaznavanje hitrosti in širi povezavo RS 485 na 2 km.



Slika 24: Pretvornik RS 485 / Optika, MOXA, serija TCF 142 (Moxa, 2012)

Na Kanalskem vrhu, v strojnični zgradbi (priloga 2), se bo celotna komunikacija priključila na Ethernet, za kar je potreben primeren pretvornik. Pretvornik RS 485/Ethernet, MOXA, serija NPort 6450 (slika 25) (Moxa, 2011). Pretvornik preprečuje izgubo podatkov in omogoča visoko varnost delovanja. Serijska komunikacija RS 485 se tradicionalno uporablja v industrijski avtomatizaciji, da poveže različne naprave, konkretno v našem primeru senzorje in zapisovalnike podatkov za samostojno opazovanje. Omejitve serijske komunikacije, kot je oddaljenost, dostopnost in prenos podatkov v katerem koli trenutku, je privedla do zahteve za prožnejšo komunikacijo. Ethernet je vedno bolj upoštevan kot standard »de facto« na industrijskih trgih. To je torej naprava, ki omogoča preprosto in stroškovno učinkovito vključevanje v sisteme obstoječe infrastrukture.



Slika 25: Pretvornik RS 485 / Ethernet, MOXA, serija NPort 6450 (Moxa, 2011)

Za delovanje vseh zgoraj navedenih pretvornikov potrebujemo tudi napajalni kabel, saj posamezna baterija mikroprocesorja ne zadostuje oziroma bi delovala le krajši čas. Tako bi bila lahko baterija namenjena oskrbi z električno energijo le v primeru izpada elektrike.

Dimenzioniranje napajalnega kabla:

Obseg jezera do strojnične zgradbe je 1700 m. Uporabili bomo dve ločeni napajalni veji dolžine 850 m (slika 26).

Zakonsko dovoljen padec napetosti po Pravilniku o tehničnih normativih za nizkonapetostne električne inštalacije (Pravilnik, 2009) (Ur.l. RS, št. 41/2009): je 5 % za tokokroge porabnikov, če se električna inštalacija napaja iz nizkonapetostnega omrežja.

Napajalna omrežna napetost je 230 V, dovoljeni padec napetosti je $U_{\text{padec}} = 11,5 \text{ V}$.

Potrebna napajalna moč enega merilnega sistema $P_{\text{porabnika}} = 6 \text{ W}$.

Število merilnih sistemov v eni napajalni veji je 7.

Skupna moč ene napajalne veje:

$$P_{\text{skupna}} = 7 \times 6 \text{ W} = 42 \text{ W} \quad (3)$$

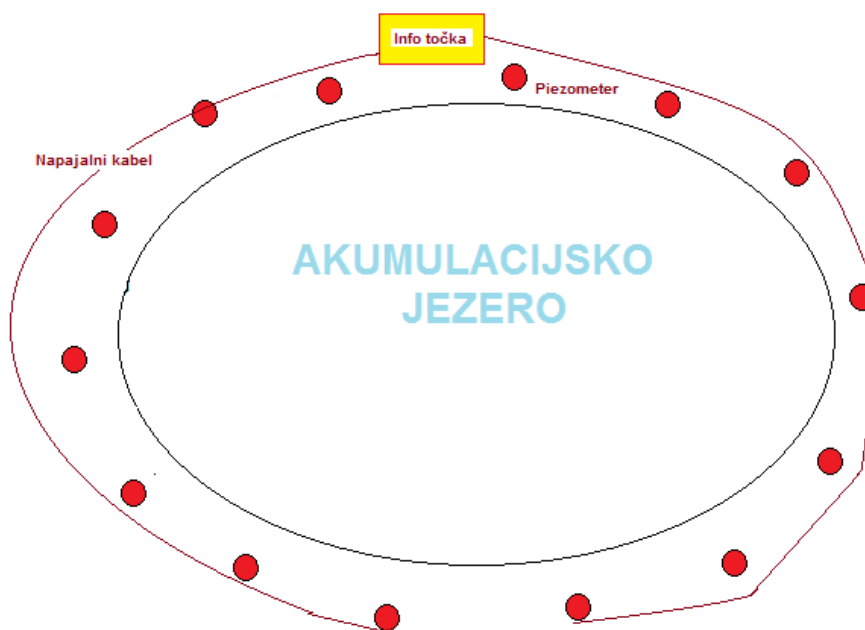
Izračun potrebne minimalne upornosti napajalne veje za prenos potrebne moči:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{11,5^2 \text{ V}}{42 \text{ W}} = 3.15 \Omega \quad (4)$$

Izračun potrebnega preseka napajalnega vodnika:

$$S = \frac{2l\delta}{R} = \frac{2 \times 850 \text{ m} \times 0,01755 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}}{3,15 \text{ } \Omega} = 9,45 \text{ mm}^2 \quad (5)$$

Iz kataloga vodnikov izberemo presek vodnika 10 mm².



Slika 26: Shema napeljave napajalnega kabla

NAPAJALNI VODNIK NYN 3x10 mm²

To je bakreni vodnik s PVC izolacijo in plaščem, namenjen za energetski napajalni kabel za polaganje na prostem (v zemljo, vodo, beton, v kabelske kanale itd). Vsi tokokrogi morajo imeti vsaj 3 vodnike (nevtralni, zaščitni – ozemljitev in fazni vodnik).

5 IDEJNA ZASNOVA SISTEMA DALJINSKEGA ZAJEMANJA PODATKOV ZGORNJEGA AKUMULACIJSKEGA BAZENA NA KANALSKEM VRHU, ČHE-AVČE

V tem poglavju predstavljamo idejno zasnovano avtomatskega zajemanja podatkov s piezometrov na ČHE – Avče, zgornji akumulacijski bazen, Kanalski vrh. Za ugotavljanje hidrodinamičnih in hidrostatičnih razmer se na objektu ves čas izvajajo meritve. Zaradi množice rezultatov in zaradi razvoja tehnologij se je izkazalo, da bi bilo najbolj primerno avtomatsko zajemanje podatkov. Trenutno je obstoječi programski paket za obdelavo podatkov zelo preprost, zato je v načrtu njegova modernizacija.

Dandanes je v okviru tehničnega opazovanja objektov veliko možnosti za avtomatsko zajemanje podatkov. Nekatere med njimi potrebujejo zelo zahtevno tehnično opremo (in velika finančna sredstva). Zato smo se odločili za avtomatsko zajemanje podatkov, predvsem hidrodinamičnih in hidrostatičnih meritev. Glavni cilji pri avtomatskem nadzoru meritev so:

- zanesljivost meritev (ročne meritve imajo posledično večjo napako),
- združiti vse podatke na enem mestu s čim manj ročnega dela,
- analiza in dostop do vseh podatkov,
- varnost objekta,
- pogostost meritev,
- alarmiranje ob izrednih pojavih,
- možnost dostopa do podatkov od koderkoli v okviru dovoljenj – dlančnik, osebni računalnik, prenosni računalnik,
- enostavna, transparentna in hitra obdelava podatkov.

Sistem tehničnega opazovanja sprememb na zgornjem akumulacijskem jezeru je vzpostavljen od leta 2009. Do vzpostavitve avtomatskega zajemanja podatkov so bile vse meritve izvajane ročno. Meritve so se sicer izvajale v različnih časovnih

intervalih, vendar nepretrgoma. Rezultate so do sedaj prikazovali v zveznih diagramih na papirju. Nato so podatke vnašali v računalnik in jih obdelovali s programom Excel. Pri tem načinu na abscisni osi ne moremo prikazati datuma kot časovni interval, ampak le v diskretni obliki, zato so bili diagrami popačeni. Kljub temu je že ta enostavni sistem delo zelo olajšal.

Želimo si, da bo možnost obdelave rezultatov taka, da bo možno v vsakem trenutku primerjati rezultate za določen časovni interval. Avtomatski nadzor zajema meritve, ki so del meritvenih mest. Pregled sprotnih podatkov (Kryžanovski, Sedej, 2004) daje možnost shematskega prikaza objektov, zbiranje in shranjevanje podatkov, pregleda aktualnih dnevnih podatkov, alarmiranje, določanje parametrov in avtomatsko osveževanje podatkov. Diagrami in analiza podatkov pa dajejo možnost pregleda posameznih meritev, tvorjenje skupnih diagramov in časovnih obdobij. Tak sistem je odprt in popolnoma nadgradljiv, kar je tudi njegova glavna prednost. Možna in pripravljena je širitev v vse smeri (tako število senzorjev kot komunikacijskih poti, dostop do podatkov in število podatkov). Uporabljene naj bi bile standardne tehnologije in orodja. Možna je podpora proizvajalca in nenehen razvoj programske opreme z Microsoft (MS) Windows platformo, saj nudi največ tehnične podpore in je obenem izbrana strategija podjetja pri nakupu programske opreme. Sistem je zanesljiv, končni izhod pa uporabniku prijazen.

V prihodnje je zaželeno nadaljevati s posodabljanjem v obsegu, ki bi ČHE Avče vsaj delno približala enakim objektom po Evropi. V Evropi je avtomatsko zajemanje podatkov zelo napredovalo in menimo, da se tudi za ČHE Avče pridobi podatke, ki so predvsem uporabni za diagnostiko stanja objektov in omogočajo hitro ukrepanje.

V naslednjih podpoglavjih bomo opisali izbrane senzorje, komunikacijske zveze in izbran komunikacijski protokol. Nadalje bomo navedli razloge za izbiro določenega vodnika in topologije komunikacijskih zvez pri avtomatskem zajemanju podatkov. Izbrali bomo tudi programsko opremo, ki je potrebna za delovanje sistema.

5.1 Senzorji

Na zgornjem akumulacijskem jezeru so že vgrajeni električni piezometri. Tovrstni senzorji so uporabni pri nadzoru vode v globinskih vodnjakih in drugih vodnih virih,

jezerih in rekah, podzemnih vodah in nadzoru vodnih vrtin. Senzor je sestavljen iz kompaktnega potopnega ohišja iz nerjavečega jekla. Njegovo napajanje je lahko baterijsko ali zunanje. Senzor ima komunikacijski priključek RS 485. Meri in zaznava nivo in temperaturo vode. Srce elektronike v potopni sondi je mikroprocesor (Tehnični list, 2011), ki merjene podatke iz senzorjev v določenih časovnih intervalih shranjuje v posebno spominsko vezje ter po potrebi komunicira s prenosnim osebним računalnikom preko GSM modema ali mreže, ki vodi do nadzorne sobe. Mikroprocesor meri tudi napetost baterije in posreduje uporabniku podatek o njenem stanju, če napajanje ni zunanje. Menjava baterije v senzorju je enostavna, saj je dislocirana (v ohišju v ustju vrtine).

Ko gre za elektronske odčitke posameznih količin, se te opravlja v določenih časovnih intervalih. S tem se pridobi veliko število podatkov. Sodobna tehnologija omogoča njihovo samodejno zbiranje v zajemniku podatkov (angl. datalogger). Podatki iz zajemnika se lahko za nadaljnjo analizo prenašajo na več načinov. Prenos se lahko opravi z neposrednim branjem iz zajemnika v primeru žične povezave. Če so mesta teže dostopna, je prenos omogočen preko »javnega« omrežja, kot je GSM.

5.2 Komunikacijske zveze

Kot je razvidno iz tehničnih podatkov senzorja (priloga 1), ima njegova konstrukcija več možnosti za avtomatsko zajemanje podatkov. Najprej se moramo odločiti, ali bomo podatke prenašali žično ali brezžično.

Če se odločimo za žično zvezo, imamo na voljo žični par oziroma parico, ki omogoča nizke hitrost prenosa in skrivno prisluškovanje, saj oddaja elektromagnetne valove, ki jih je mogoče zaznati. Koaksialni kabel ima možen prenos signala do 15 km, vendar je izredno drag glede na to, da hitrosti prenosa podatkov niso bistveno večje kot pri žičnemu paru oziroma parici. Slabost koaksialnega kabla je tudi slaba prožnost. Ostaja pa še optični kabel, ki ima možnost prenosa do cca 100 km, veliko kapaciteto prenosa in visoko odpornost na magnetne motnje.

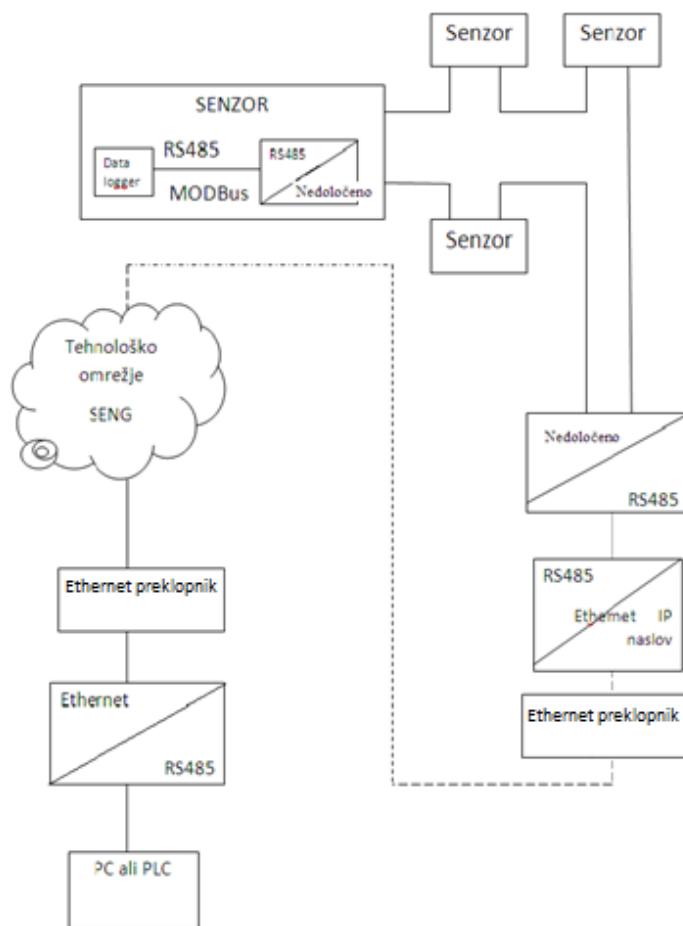
Če pa se odločimo za brezžični prenos podatkov, imamo na razpolago radijsko-zemeljske zveze, ki bi v našem primeru lahko potekale preko mobilne tehnologije. Pri radijsko-zemeljskih zvezah je prenos podatkov manjši kot pri žičnih, potreben pa

je tudi poseben radijski oddajnik. Mikrovalovno usmerjene zveze bi v našem primeru potekale med telefonskimi centralami, največja oddaljenost pa je 50 km. Slabosti tovrstne tehnologije so predvsem v tem, da žarek ovirajo zgradbe in slabo vreme. Možna je tudi infrardeča zveza, ki deluje na krajših razdaljah (do 15 km) in je občutljiva na atmosferske motnje. Ostaja še satelitska zveza, ki je draga in je namenjena za pokrivanje večjih območij (medcelinske razdalje).

Izbira primerne opreme za avtomatski prenos podatkov je bil najbolj kompleksen del tega projekta. Na tržišču je trenutno ogromno možnih rešitev in opreme. Skupaj z zaposlenimi iz podjetja HSE Invest in SENG smo preučili in izbrali najprimernejše. Upoštevali smo izkušnje z opremo, ki je že bila postavljena in uporabljena za podobno avtomatsko zajemanje podatkov na drugih objektih.

Zaradi zahteve po brezhibnem delovanju v čim daljšem obdobju smo se odločili za žično zvezo (slika 27). Njena prva prednost je varnost, saj ima žično omrežje manj možnosti, da bi se podatki prestregli. Brezžični modem namreč oddaja podatke v vse smeri, preden najde pravi cilj, kar veča možnost, da se podatki prestrežejo. Žična omrežja so navadno zaščitena (signalov se ne more brati), medtem ko je brezžični prenos zaščiten le s šifriranjem in lahko do njega dostopa vsak, ki se spozna na dešifriranje. Druga prednost je ta, da prenos podatkov po žični zvezi poteka hitreje. Tretja prednost je, da imajo številni računalniki že vgrajeno žično omrežno kartico.

Žično omrežje je tudi bolj ekonomično, saj je strošek kablov (Ethernet, optika) relativno nizek in je priključitev računalnika na omrežje enostavna. Za brezžično omrežje pa je potreben brezžični modem in prilagoditveni člen za vse računalnike, ki želijo prejemati in oddajati podatke.

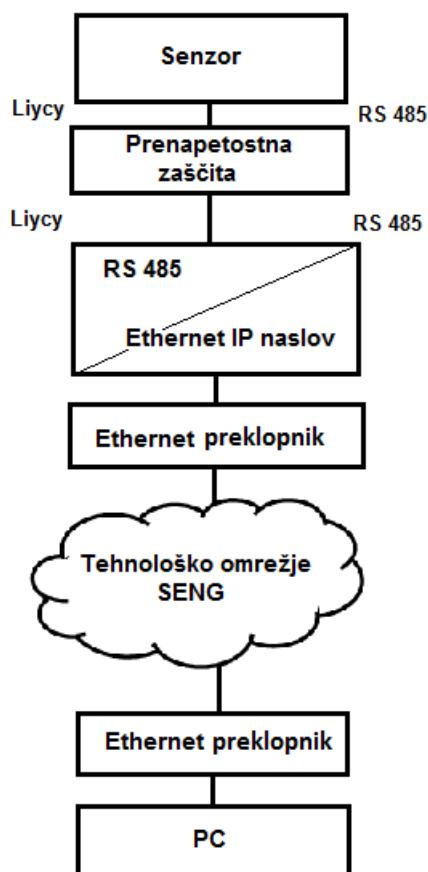


Slika 27: Idejna bločna shema povezave

5.3 Izbira vodnikov

Vodnikov za tovrstno povezavo je veliko, vendar smo se odločili, da bomo zaradi zahtevanih lastnosti (cena, hitrost prenosa podatkov, življenjska doba, odpornost) izbirali zgolj med dvema kabloma, in sicer kabloma tipa Liycy, ki spada med ovite sukane pare (Shielded Twisted-Pair – STP) zaradi svojega dodatnega kovinskega plašča, in optičnim kablom. Prednost kabla Liycy je cena, saj je v primerjavi z drugimi kablom relativno poceni. Robusten plašč, ki ščiti pred zunanjimi vplivi in daje visoko prožnost, pa pripomore, da je tudi za zunanjo uporabo. Slabi lastnosti sta nizka hitrost prenosa in slaba atmosferska zaščitenost. Celotna povezava z vodnikom tipa Liycy bi potekala tako, kot je prikazano na sliki 28. Izvedba je na ta način veliko preprostejša in cenejša, ker ni treba imeti napajalnega vodnika, galvansko ločenih usmernikov in pretvornikov. Je pa veliko manj zanesljiva, bolj občutljiva v primerjavi z optiko in ima krajšo življenjsko dobo. Prednosti optičnega kabla pa so

po drugi strani velike razdalje prenosa podatkov brez ojačevalnikov signala, odpornost na elektromagnetne motnje in skoraj brezhrupen prenos podatkov. Cena optičnega kabla je nizka. Slabost tovrstnega kabla je občutljivost na mehanske motnje in dražji konektorji.

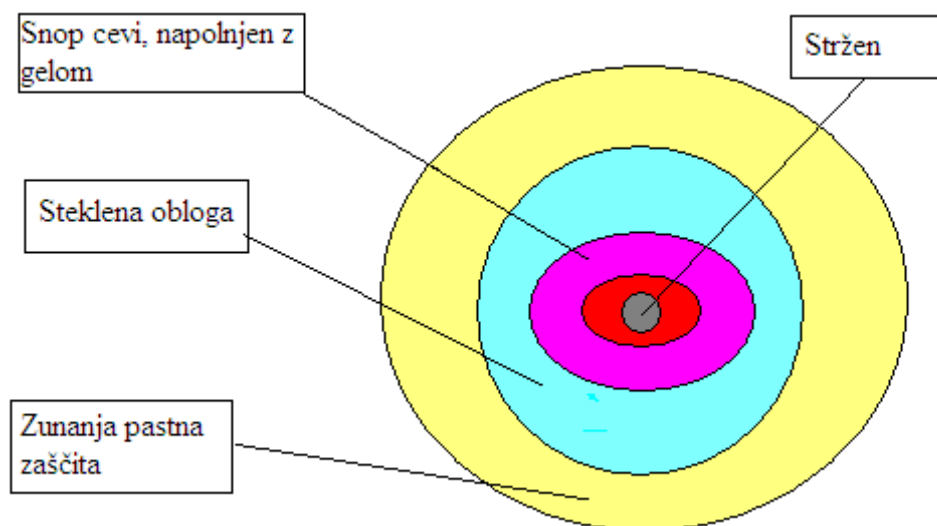


Slika 28: Idejni plan izvedbe z Liycy kablom

Po tehtanju vseh prednosti in slabosti je povezava z optiko še vedno boljša, zanesljivejša in na dolgi rok stroškovno učinkovitejša. Tako smo izvedbo s kablom tipa Liycy zavrgli. Po razmisleku smo se za optiko odločili predvsem zaradi visoke kapacitete prenosa podatkov ter zanesljivosti.

Za takšno izvedbo smo se odločili tudi zato, ker je ta najbolj zanesljiva in zaščitena proti velikim atmosferskim ter drugimi prenapetostim, kot so strele itd., saj je lega akumulacijskega jezera do nadmorske višine 600 m in je zaradi spremenljivega vremena komunikacijska zveza lahko žrtev neviht. Za optični kabel smo izbrali zunanji instalacijski kabel znamke Huber & Sunher (Suhner fiberoptic, 2003).

Oblikovan je iz več vlaknin, ki so obdane okoli cevke. Kabel je zapolnjen s štirimi gel vlakni. Optični kabel G85 iz štirih vlaken ima zaščito proti glodavcem in je primeren za zunanje polaganje. Sestava optičnega kabla je razvidna iz slike 29. Zajema širok izbor za telekomunikacije in uporabo v industriji. Univerzalni kabli se uporabljajo v kombinaciji med zunanjo in notranjo montažo. So požarno odporni (LSFH™ plašč žice) in izpolnjujejo pogoje za zunanjo uporabo. Zunanji kabli so namenjeni predvsem za mestna omrežja. Zanje so značilni visoka trdnost, odlična vremenska odpornost, vzdolžna vodotesnost, odpornost na kisline itd. Primerni so za uporabo v surovih okoljih, kjer je potrebna robustnost kabla. Namesti se jih lahko neposredno na terenu in v mehansko nezaščiten okolje, saj so mehansko zelo odporni. Kabel spada med večrodovna optična vlakna saj ima premer stržena od 50 do 62,5 μm . Prednost tovrstnega kabla je v tem, da se po njem lahko razširja večje število žarkov. Zanje je značilna velika razlika med lomnim količnikom stržena in plašča, kar omogoča uporabo poceni svetlobnih izvorov. Zaradi prenašanja več svetlobnih izvorov je disperzija žarka večja in se signale lahko prenaša na manjše razdalje do nekaj kilometrov. Takšne kable je lažje spajati zaradi večjega premera vlakna.



Slika 29: Sestava optičnega kabla iz 4 vlaken

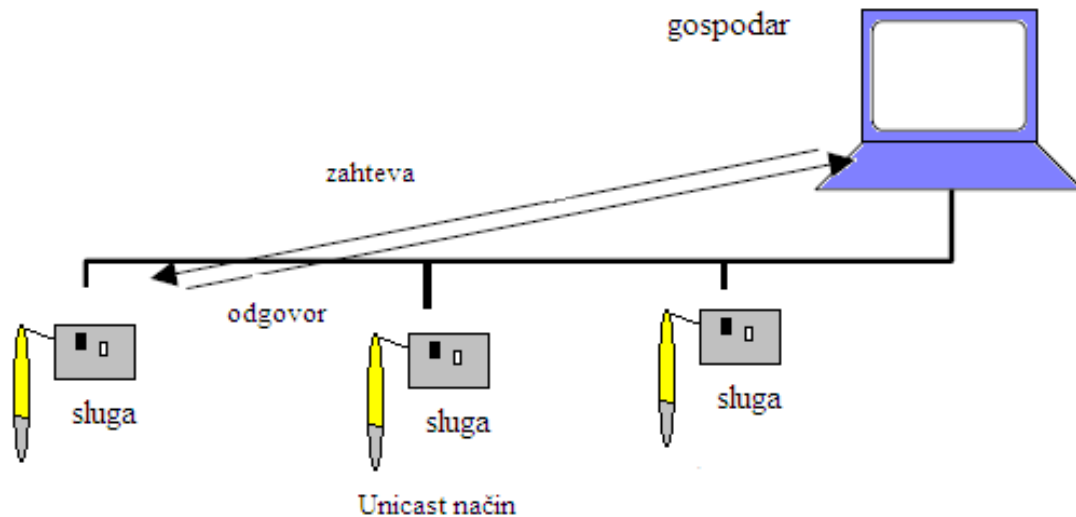
5.4 Komunikacijski protokol

Ko smo izbrali fizični vmesnik za komunikacijo, je bilo treba določiti še komunikacijski protokol. Izbrali smo komunikacijo po protokolu Modbus, RS 485, saj komunikacijski vmesnik piezometra omogoča le ta protokol, sicer bi bila potrebna menjava celotnega merilnega sistema. Druge vrste komunikacije torej ne pridejo v poštev, saj bi bila njihova postavitve dražja in bolj zahtevna, poleg tega pa gre za meritve, ki ne vsebujejo velikega števila kompleksnih odčitkov.

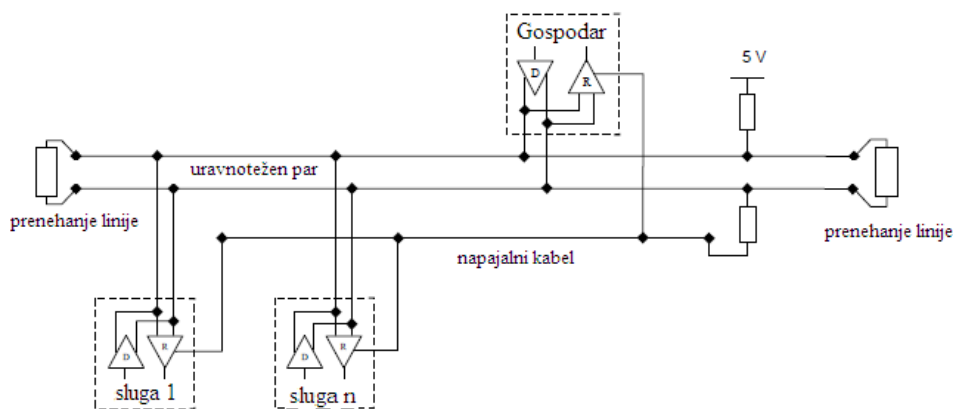
Tabela 2: Modbus protokol in ISO/OSI model

PLAST	ISO/OSI model	
7	Sloj uporabe	MODBUS protokol
6	Sloj predstavitve	
5	Sloj pogovora	
4	Sloj prenosa	
3	Sloj mreže	
2	Podatkovni sloj	MODBUS serijska komunikacija
1	Fizični sloj	EIA/TIA-485

Komunikacija bo potekala na naslednji način: protokol Modbus (Specification, 2002) poteka na prvi, drugi in sedmi plasti modela OSI (tabela 2), ki smo ga opisali v poglavju 4.5. Gospodar – sluga tip sistema ima eno vozlišče, ki izda ukaze za eno od podrejenih vozlišč. Podrejena vozlišča podatkov ne posredujejo brez zahteve glavnega vozlišča in ne komunicirajo z drugimi podrejenimi vozlišči. Na fizični ravni se lahko Modbus s serijsko komunikacijo (RS 485, RS 232) uporablja za različne fizične vmesnike – vodnike, vendar je dvožilni vodnik najpogostejši (slika 31). Pri izbrani komunikaciji je samo gospodar (hkrati) povezan na enega ali več (največ 247) podrejenih vozlišč. Komunikacijo Modbus vedno začne gospodar. Podrejeno vozlišče ne bo nikoli posredovalo podatkov brez zahtevka iz glavnega vozlišča. Podrejena vozlišča med sabo nikoli ne komunicirajo. Gospodar v tem načinu slugo obravnava individualno. Po prejemu in obdelavi zahtevka sluga odgovori gospodarju. Pri izbrani komunikaciji je transakcija Modbus sestavljena iz dveh sporočil: zahteve gospodarja in odgovora sluga. V tem primeru mora imeti vsak sluga svoj naslov, tako da ga je mogoče obravnavati neodvisno od drugih vozlišč. Princip delovanja je prikazan na sliki 30.



Slika 30: Princip delovanja Modbus med gospodarjem in slugo



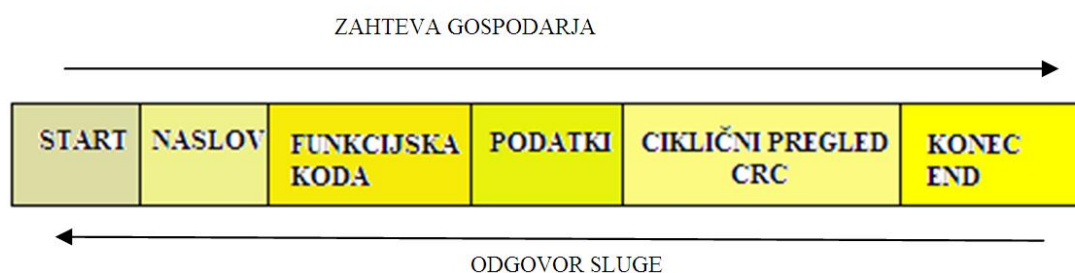
Slika 31: Splošna dvožilna topologija Modbus RS 485

Pri povezavi merilnikov bo komunikacija potekala tako, da bo gospodar – računalnik nameščen v centru vodenja na sedežu podjetja SENG, medtem ko je sluga – posamezen merilnik oziroma piezometer na Kanalskem vrhu. Gospodar – računalnik bo imel torej 14 podrejenih slug – merilnikov. Vsak sluga ima svoj unikatni naslov (1–247). Na začetku gospodar pošlje sporočilo dolžine en bajt in preveri, ali se vsak posamezen sluga odziva. Sledi zahteva gospodarja z naslovom točno določenega sluga, da ga pokliče in sluga odgovori.

Naslednji korak komunikacije je funkcijska koda, dolga en bajt, s katero slugi oziroma posameznemu merilniku sporoči, katero funkcijo želi izvesti in kateri podatek potrebuje za odgovor. Vsaka zahteva za izvajanje ima svojo kodo. Sledi

prenos podatkov od odjemalca do strežnika naprave in vsebuje dodatne informacije, ki jih uporablja strežnik, da sprejme ukrepe, ki so definirani s funkcijsko kodo. Prenos podatkov lahko zajema več bajtov. To lahko vključuje elemente, kot so registrski naslovi in število dejanskih bajtov podatkov na tem področju. Podatkovno polje je lahko neobstoječe za določene vrste zahtevkov in v tem primeru strežnik ne zahteva nobene dodatne informacije. Sama funkcijska koda določa le ukrepanje. Sledi ciklični pregled (CRC – cyclic redundancy check), ki preverja pravilnost prenosa. To sporočilo zajema dva bajta, vsak z 8-bitni binarnih vrednosti. Vrednost CRC se izračuna tako, da naprava, ki računa za CRC, v prejetem sporočilu primerja izračunano vrednost in dejansko vrednost, ki jo je prejela na področju CRC. Če ti dve vrednosti nista enaki, javi napako.

Zadnji korak je sporočilo za konec in je varnostni ukrep protokola Modbus, dolg dva bajta. Temelji na dveh vrstah preverjanja napak, in sicer na paritetnem sistemu in ga je treba uporabiti za vsak znak, in CRC preverjanje, ki se uporablja za celotno sporočilo. Obe metodi preverjata sporočilo v napravah, tako v gospodarju kot tudi v slugi, in se ju uporablja za pregled sporočila pred prenosom. Gospodarja nastavi uporabnik tako, da čaka odziv sluga v vnaprej določenem intervalu pred zaustavitvijo komunikacije. Interval je določen tako, da je časovno dovolj dolg, da se sluga odziva normalno (Unicast zahteva). V primeru, da sluga zazna napako pri prenosu, sporočilo ne bo poslano in sluga se ne bo odzval na gospodarjevo zahtevo. Tako bo omejen časovni intervala potekel in gospodarjev program bo zaznal napako. Prav tako bo zahteva naslovljena na slugo, ki ne obstaja, povzročila časovno zakasnitev in s tem sporočila napako v gospodarjevem programu. Shematski prikaz zaporedja komunikacije v obe smeri prikazuje slika 32.



Slika 32: Komunikacija gospodar – sluga

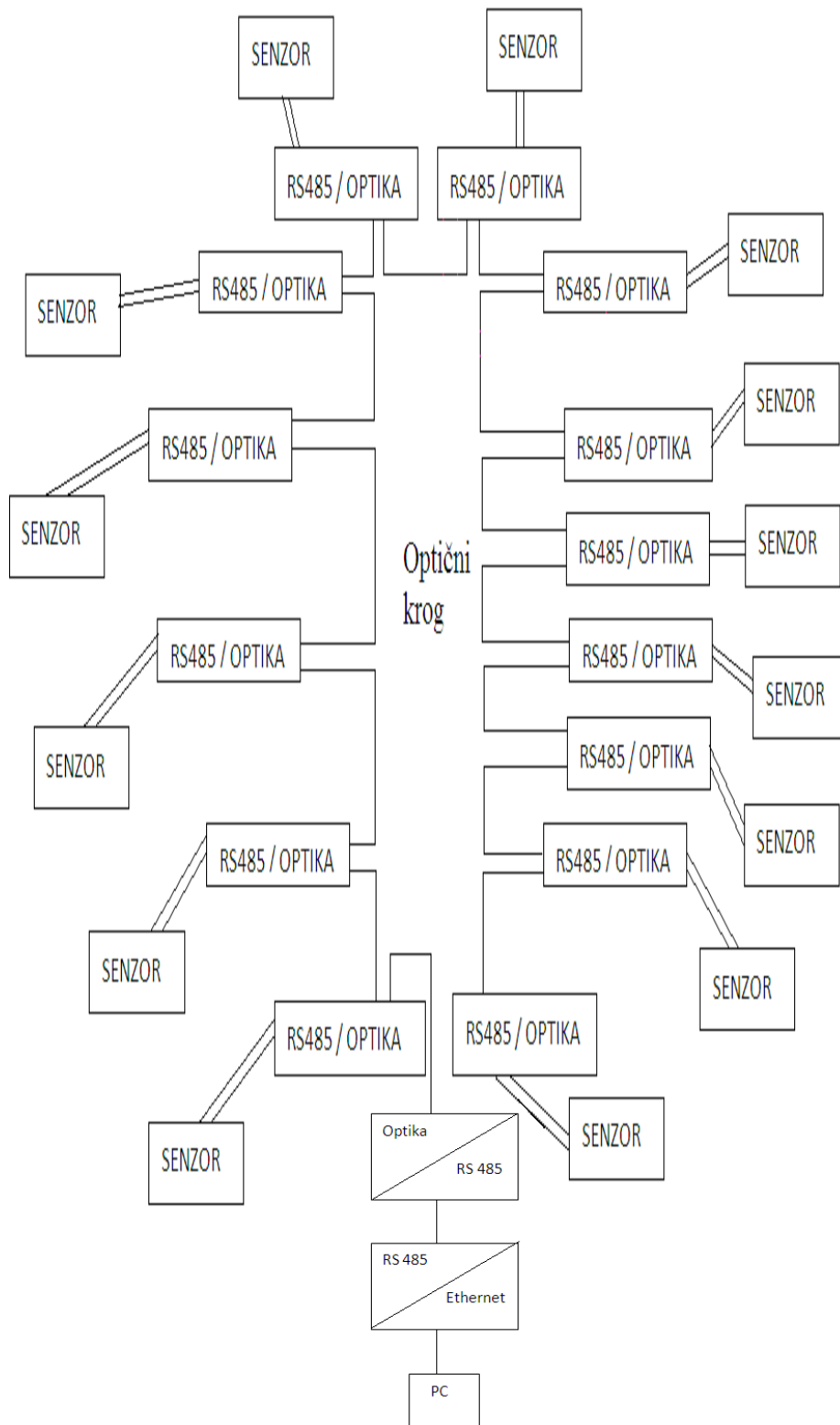
Modbus deluje tako, da vse komponente delujejo na isti liniji. Za to so potrebni dvožilni vodniki. Povezava s surovim Transmission Control Protocol (TCP) vtičem se zažene preko naprave s standardom RS 485 ali preko oddaljenega osrednjega računalnik/strežnika. Ta je lahko postavljen na osnovi povezave točka – točka ali deljeno (angl. shared), pri čemer se lahko serijska naprava deli z drugimi napravami. TCP seje se lahko zaženejo ali preko programa TCP strežnika ali preko Ethernet pretvornika.

5.5 Topologija komunikacijskih zvez

Ko smo zasnovali fizične vmesnike in protokol, je bil čas, da določimo še vrsto topologije za delovanje komunikacijskega sistema. V našem specifičnem primeru prideta zaradi položenega kabla (slika 26) v poštev le dve topologiji, in sicer vodilo ali obroč. Druge topologije namreč zahtevajo, da se za vsak merilnik (piezometer) položi svoj kabel, kar je stroškovno potratno.

Za topologijo obroča je značilno, da so vsi odjemalci med seboj povezani. Prednosti te topologije so hitrejši prenos podatkov v primerjavi s topologijo vodila in relativna preprostost. Slabosti pa so te, da mora vsak paket potovati skozi veliko število odjemalcev in izpad enega odjemalca pomeni prekinitev omrežja. Topologija vodila je najpreprostejša. Za to topologijo je značilno, da lahko potujoči podatek prestreže vsaka izmed postaj v omrežju. Prednosti te povezave so preprosta razširitev in postavitve, veliko manj kabla v primerjavi z drugimi topologijami, ter posledično nižja cena. Slabosti pa je ta, da je z dolžino vodila omejeno število možnih odjemalcev in problematično odkrivanje napak v primeru okvare.

Po tehtnem razmisleku smo se odločili za topologijo vodila (slika 33), saj izpolnjuje zahteve po nizki ceni in preprostosti postavitve.



Slika 33: Izbrana topologija vodila pri povezavi z optiko

5.6 Programska oprema

V naslednjem koraku smo obdelali področje programske opreme za delovanje sistema avtomatskega zajemanja podatkov. Programska oprema na osebni računalnik, ki omogoča komuniciranje z regulatorjem, naj bo zasnovana tako, da bo nudila uporabniku zelo enostavno uporabo. Omogoča naj pregled prebranih podatkov v tabelarni in grafični obliki ter izvoz podatkov v MS Excel. Programska oprema računalnika za komunikacijo z regulatorjem naj bo organizirana tako, da bo omogočala v več oknih pregled podatkov, nastavitve konfiguracijskih vrednosti regulatorja, spremljanje poteka brezžične komunikacije, če bo ta nameščena, in v posebnem oknu, ki je zaščiteno z geslom, programsko spreminjanje servisnih nastavitvev in kalibracijo. Želimo torej možnost več oken, v osnovnem oknu beremo trenutne vrednosti, ki jih meri regulator in stanje baterije, v primeru, da ta ni priključena na zunanje napajanje. Omogočena naj bo tudi funkcija, da lahko vidimo minimalne in maksimalne vrednosti za posamezni senzor. V oknu za prikaz podatkov si želimo prebrane podatke ogledati v tabelarni in grafični obliki. Za konfiguracijo regulatorja naj bo na voljo posebno okno, ki omogoča nastavitve vseh funkcij in parametrov regulatorja. Tu bi lahko nastavljali čas vzorčenja, merske enote za posamezni senzor in modemske javljanje (če je priključen modem).

Zaradi velike količine podatkov in meritev, ki jih je treba obdelati in narediti obdelave, je treba imeti nadzorni sistem. Dandanes ima večina objektov nadzorni sistem SCADA, ki spremlja in analizira trenutne vrednosti, saj je pri veliki količini podatkov potreben hiter dostop do njih.

Sistem daljinskega nadzora in upravljanja – SCADA

Sistem daljinskega nadzora in upravljanja s Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) sistemom daje možnost nadzora nad procesom in njegovo vodenje na daljavo. Ti sistemi že v osnovi omogočajo daljinski nadzor in/ali upravljanje. Glavne prednosti SCADA sistemov so:

- opozorilo ob nepravilnem delovanju,
- arhiviranje podatkov v baze podatkov (zajem meritev in parametrov, poznavanje delovanja sistema itd.),

- sprotno izvajanje ukrepov.

SCADA sistem (Bibič, 2009) omogoča neposreden pregled nad delovanjem sistema, izvedbo ukrepov, če je to potrebno, in pregled nad dogajanjem v preteklem obdobju prek podatkovne baze. V izbranem intervalu se ti podatki shranjujejo v bazo, kjer so tudi na voljo za nadaljnjo obdelavo in prenos v nadrejene sisteme. SCADA sistem mora omogočati tudi povratni vpliv na procese nekega sistema na osnovi ukrepov.

V nadaljevanju opisujemo vso izbrano programsko opremo, ki izpolnjuje postavljene zahteve.

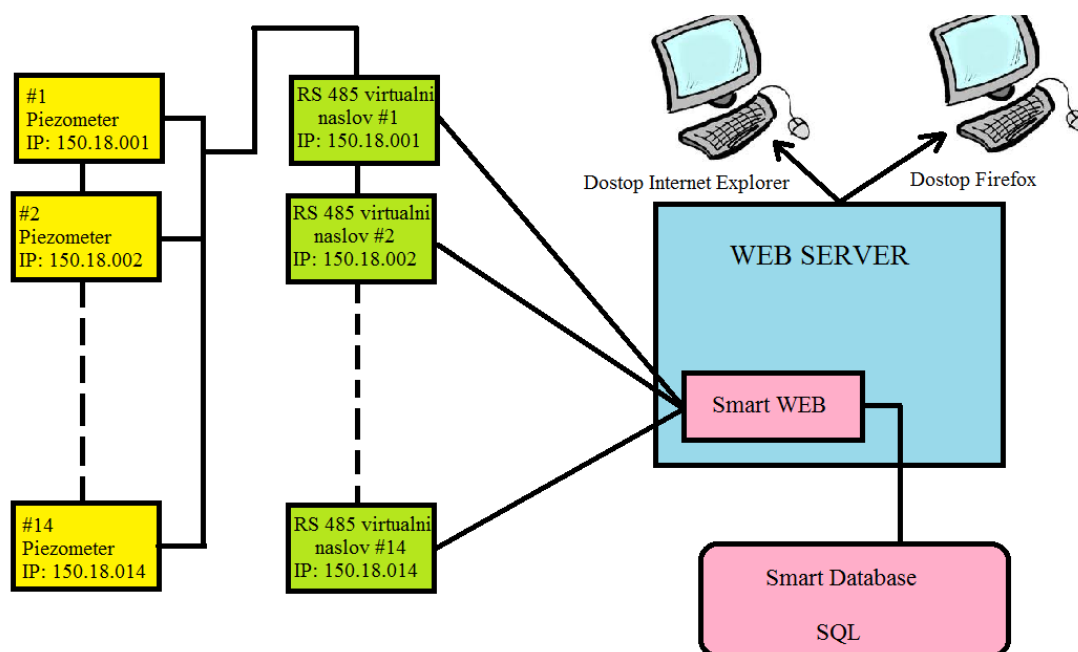
Program iFix vključuje vse standarde grafičnih prikazov procesa, ročnega upravljanja procesa, shranjevanja prikazanih podatkov in alarmiranja in je programsko orodje za načrtovanje SCADA sistema. Program zagotavlja zanesljivost delovanja, odprtost, možnost izdelovanja kompleksnih grafičnih prikazov, prilagodljivost in podpora naj sodobnejšim tehnologijam standardov, kot je Structured Query Language (SQL)/Open Database Connectivity (ODBC) itd. Program je razširjen in uporabljen po celem svetu.

Del SCADA sistema bo torej tudi nadzorni sistem SQL. SQL so razvili v 70. letih pri International Business Machines (IBM). Kasneje sta ga v obliki standarda izdelali ustanovi ISO in American National Standards Institute (ANSI). To je jezik, namenjen delu z zbirkami podatkov, s programskimi ukazi, ki posnemajo ukaze v naravnem jeziku. Podatke lahko glede na dana merila beremo, spreminjamo, brišemo ali zapisujemo. Ima tudi možnost definiranja elementov, kot so tabele in kazala, v zbirkah podatkov. Z ukazi v SQL jeziku lahko nadziramo transakcije in s tem v zvezi sočasen dostop do podatkov. Uporabljen bo kot del programa iFix.

Program Proficy iHistorian je dodatna aplikacija za SCADA programsko orodje in je sistem za analizo procesnih podatkov in arhiviranje podatkov. Uporablja se ga v sistemih avtomatizacije ali kot osnova za sisteme proizvodne informatike, saj je centralni arhiv procesnih podatkov. Sprotno zajemani podatki se preoblikujejo v uporabne informacije, ki pripomorejo k boljšemu informiranju in boljšim ter natančnejšim odločitvam.

Navedeni programi bodo komunicirali z virtualnimi naslovi posameznih merilnikov, ki bodo potekali preko virtualnega gostovanja. Virtualno gostovanje je metoda za gostovanje več domenskih imen (z ločenim gostovanjem za vsako ime) na enem strežniku. Omogočalo bo, da en server deli svoje vire, kot da je pomnilnik in procesor ciklov. Navadno se uporablja ločen internetni naslov (angl. Internet Protocol - IP) za vsako ime gostitelja in ga je mogoče izvesti po kateremkoli protokolu.

Računalnik – gospodar bo klical senzorcje po njihovih naslovih in nato prejel podatke posameznega senzorcja preko spletnega strežnika, ki se bodo kasneje obdelali in arhivirali. Grobi potek prenosa podatkov je prikazan na sliki 34.

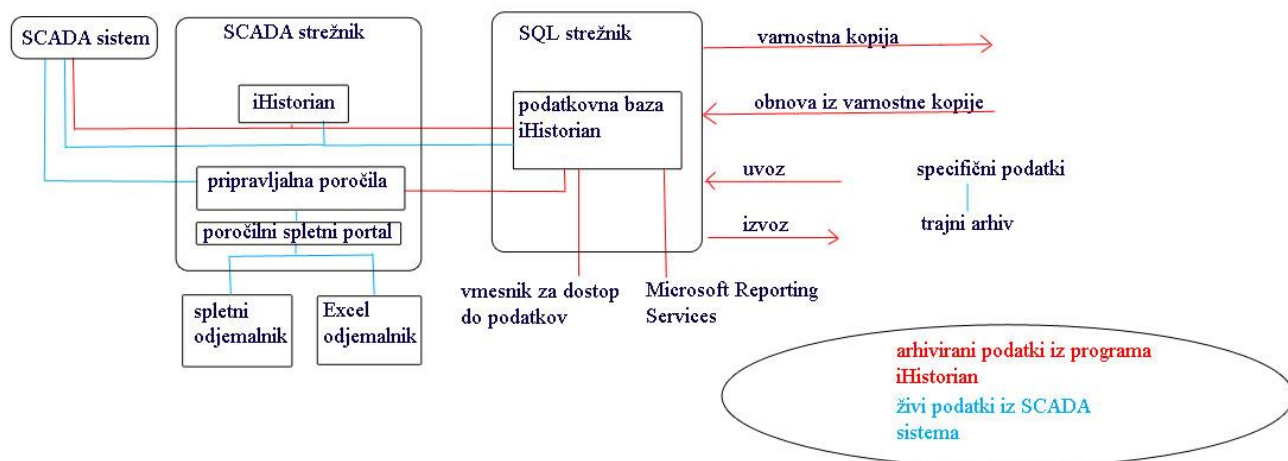


Slika 34: Idejni plan izvedbe z optiko preko baze SCADA

iFix WEB space je sistem, ki omogoča razširiti obstoječi SCADA sistem. Uporabnik ima popolni nadzor in vizualizacijo meritev preko interneta, brez spreminjanja iFix SCADA sistema. Uporabniku nudi možnost vodenja procesa na daljavo preko spleta ali drugih naprednih komunikacijskih naprav, zmanjša čas za sprejemanje odločitev in ukrepov in poenostavi infrastrukturo za nadzor procesa.

Za korak med trenutnimi in obdelanimi podatki se uporablja SCADA strežnik, ki podatke arhivira in obdeluje. Podatke zajema iz različnih nadzornih sistemov, med

drugim tudi iz Microsoft SQL strežnika. Celotna shema poteka programske opreme je prikazana na sliki 35.



Slika 35: Shema delovanja programske opreme

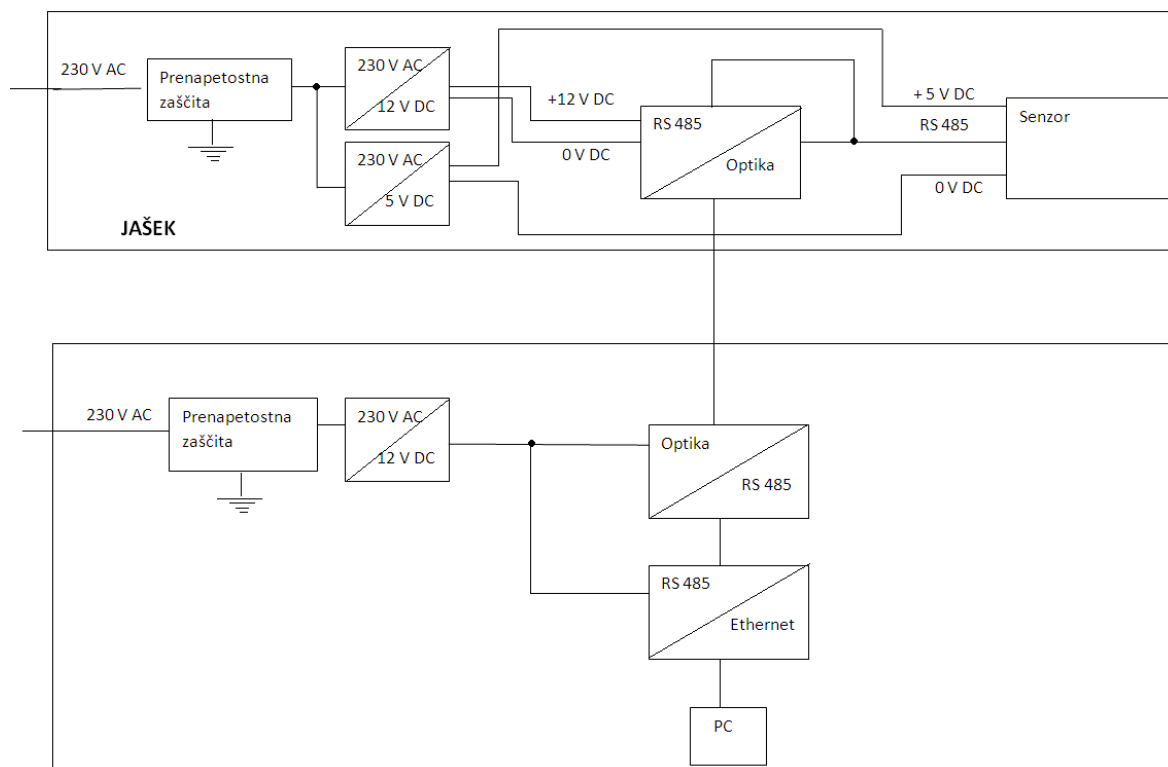
Spletna odjemalnika bosta spletna strežnika. Glavna funkcija spletnega strežnika je zagotovitev določene spletne strani na zahtevo strank (gospodarja) z uporabo HTTP protokola (angl. Hypertext Transfer Protocol – HTTP). To pomeni dobavo HTML dokumentov (angl. HyperText Markup Language – HTML) in dodatne vsebine, ki je lahko vključena z dokumentom. Uporabniški vmesnik, ki je običajno spletni iskalnik, sproži komunikacijo tako, da zahteva določen vir s protokolom HTTP in strežnikom. Osnovna funkcija pa je celostno izvajanje HTTP, ki vključuje tudi različne načine za prejemanje vsebine od odjemalnikov. Ta funkcija se uporablja za predložitev spletnih obrazcev, vključno z nalaganjem datotek. Spletni strežniki se ne uporabljajo le po svetovnem spletu. Možna je tudi uporaba za lokalno omrežje. Spletne strežnike se v tem primeru uporablja kot del sistema za spremljanje in/ali nadzor. To pomeni da mora biti naložena dodatna programska oprema, ki mora biti na računalniku gospodarju. (Gray, 2003)

Za varnost arhiviranih podatkov bo uporabljeno čezmerno polje samostojnih diskov (angl. Redundant Array of Independent Disks – RAID) (Matičič, 2008). Projekt RAID se je pričel na kalifornijski univerzi Berkeley. RAID je sestavljen iz več posamezno neodvisnih diskovnih pogonov, ki so zaznani kot velik disk. Sistem se navzven vede kot en sam disk z zelo hitrim dostopom do podatkov in veliko hranilno

zmogljivostjo. Podatki se ohranijo tudi, če se kak del diskovnega pogona pokvari. Tehnologija torej zagotavlja večje odpornosti diskov na napake strojne opreme.

5.7 Priključitev

Celotna izbrana izvedba z optiko je prikazana na sliki 36. Pri povezavi senzorjev je potrebna prenapetostna zaščita. Vsak senzor bo imel svojo prenapetostno zaščito. Prav tako bo imel vsak senzor dva galvansko ločena usmernika napetosti, ki bosta izmenično napetost toka 230 V pretvorila v enosmerno napetost 12 V za pretvornik iz standarda RS 485 v optični signal in v enosmerno napetost 5 V za napajanje piezometra. Senzorji bodo med seboj povezani s topologijo vodila. Optičen kabel bo speljan do zgradbe s strojnico, ki se nahaja na Kanalskem vrhu, tik ob jezeru (priloga 2). V prostoru servisnega prostora zgornjega bazena se bo komunikacija ponovno pretvorila na standard RS 485 in iz tega protokola (Modbus) na protokol Ethernet, ki se bo priključil na obstoječi podatkovni preklonnik. Prenos podatkov bo nato potekal po že obstoječi optični zvezi naprej v nadzorni center v ČHE Avče in nato v center vodenja na sedežu podjetja SENG v Novi Gorici.



Slika 36: Idejni plan povezave z optiko

6 ZAKLJUČEK

Z uporabo hidroenergije oziroma z izkoriščanjem energije tekočih voda proizvedemo kar 22 % električne energije na svetu (Hidroelektrarna, 2012). Tekoče vode so eden izmed najpomembnejših obnovljivih in čistih virov energije, saj ne puščajo nobenih odpadkov in emisij ogljikovega dioksida. Pretvarjanje je varno in učinkovito.

V diplomskem delu smo na grobo predstavili ČHE – Avče, ki je tudi slovenski ponos, saj je prva črpalna elektrarna pri nas. Več pozornosti pa smo namenili zgornjemu akumulacijskemu jezeru na Kanalskem vrhu, ki je del ČHE. Jezero je sicer opremljeno z vrsto merilnikov, ki zagotavljajo varnost. Vendar je treba poudariti, da je to relativno nov objekt in vse meritve še niso avtomatsko nadzorovane. Tako je bila naša naloga zasnovati projekt oziroma razpisno dokumentacijo za projekt izvedbe nadzora nad piezometri, ki zaznavajo nivo vode v akumulaciji. Za zanesljivo in varno delovanje ČHE Avče je potrebno merilne sisteme še dodatno posodobiti in urediti avtomatsko zajemanje podatkov na zgornjem akumulacijskem bazenu, da ne bi prišlo do morebitnih katastrof.

Pri nadzoru nad merilniki nivoja podzemne vode je pomembno pravočasno ukrepanje ob odstopanjih. Podatki in programi omogočajo hitro zaznavanje anomalij. Vse naštetu omogoča doseganje večje tehnične učinkovitosti nadzora merilnikov in s tem zadovoljstvo naročniku, hkrati pa tudi največjo stroškovno učinkovitost. Problem smo v projektni skupini reševali sistematično. Najprej smo preučili literaturo o piezometrih. Naslednji korak je bil pregled akumulacijskega bazena, kjer se merilniki nahajajo, pregled kabelske kanalizacije in potek odčitavanja izmerjenih podatkov. Sledilo je preučevanje možnih rešitev. Pri tem smo naleteli na vrsto različnih strokovnih težav, ki smo jih včasih reševali z literaturo, včasih pa v razgovorih s sodelavci. Najprej smo pregledali, kako so razvili rešitve za podobno avtomatsko zajemanje podatkov drugod, nato smo uskladili naše zahteve in jih pri izbiri poskusili upoštevati.

Ob upoštevanju vsega navedenega smo se odločili za izvedbo z optičnim kablom, saj je ta najbolj zanesljiv in omogoča hitre prenose podatkov ob relativno nizki ceni. Uporabili bomo topologijo vodila, ker je ta za naš primer najprimernejša (manj kabla, nižja cena) in najbolj enostavna. Za programsko opremo smo izbrali SCADA

sistem, načrtovan s paketi iHistorian, iFix in Microsoft SQL Server 2005. Predlagana tehnična rešitev bo močno olajšala delo tako podjetju SENG kot tudi zunanjemu izvajalcu nadzora, ki je moral do sedaj meritve odčitavati ročno, to je enkrat mesečno.

7 LITERATURA

Aleksić, Z. (2011). Prenos podatkov pri avtomatizaciji v podjetju Rižanski vodovod Koper. Magistrsko delo. (Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici), Nova Gorica: [Z. Aleksić].

Avberšek, H. (2011). HSE Invest: Načrtujemo z znanjem. HTZ I. P., Velenje.

Ambrožič, V., Nedeljković, D. (2011). Uvod v programirljive krmilne sisteme. Univerza v Ljubljani: Fakulteta za elektrotehniko.

Amon, S. (2009). Senzorji. Univerza v Ljubljani: Laboratory of Microsensor Structure and Electronics. Pridobljeno 19. 3. 2012 s svetovnega spleta: <http://lms.fe.uni-lj.si/amon/literatura/EK/EK9-Senzorji.pdf>

Beckmann, H. W., Lampe, K., Milde, H., Rohlfing, H., Scheurmann, M., Tornau, F., Zantis F. P. (2003), Priročnik za elektrotehniko in elektroniko, Ljubljana: Tehnična založba Slovenije.

Bibič, B. (ur.) (2009). Uporaba informacijske tehnologije v sistemu celovitega energetskega upravljanja. Konferenca daljinske energetike 2009, zbornik prispevkov, strani 47–56, Ljubljana: Slovensko društvo za daljinsko energetiko.

Čizman, A. (1999). Procesno računalništvo - skripta. Kranj: Moderna organizacija.

Črpalna hidroelektrarna Avče (**ČHE – Avče**) (2012). Pridobljeno 14. 3. 2012 s svetovnega spleta: http://www.seng.si/che_avce/

Čučej, Ž., Gleich, D., Planinšič, P. (2006). Fizični vmesniki in protokoli. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.

Economat300. (2011). Bus sistemi vmesnika AS-i. Katalog.

Gray, N. (2003). Web Server Programming: University of Wollongong, Nottingham.

Grebe, S. (2005). Instruction manual: Piezometers. Pridobljeno 20. 2. 2012 s svetovnega spleta:

http://www.sisgeozemin.com.tr/docs/m_water_level_meters_staff_gauges_EN.pdf

Hidroelektrarna. (2012). Pridobljeno 4. 6. 2012 s svetovnega spleta:

<http://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana>

Instrumentation and performance monitoring (2005). Pridobljeno 18. 3. 2012 s svetovnega spleta: http://www.msha.gov/impoundments/designmanual/chapter-13_appendix-13a.pdf

Karba, R. (1994). Gradniki sistemov vodenja. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo.

Klemenčič, A. (2006). Prenova sistema računalniških komunikacij v podjetju Jelovica d.d. Diplomsko delo. (Fakulteta za organizacijske vede – Univerza v Mariboru). Kranj: [A. Klemenčič].

Kryžanovski, A., Sedej, A. (2004). Aktualne teme v pregradnem inženirstvu – uporaba računalniških orodij pri načrtovanju in upravljanju velikih pregrad. Zbornik. Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana.

L-com Global Connectivity. (2009). HyperLink Brand Data Line Lightning Surge Protector. Pridobljeno 18. 4. 2012 s svetovnega spleta:

http://www.l-com.com/multimedia/datasheets/DS_HGLN-D1-05.PDF

Matičič, D. (2008). Cenovno dostopni RAID 5. Monitor, februar 2008, letnik 18, str. 30.

Merilnik naklona v vrtini. (2010). Pridobljeno 10. 4. 2012 s svetovnega spleta: <http://www.eltratec.com/default.asp?lang=si&str=64&id=55>

Moxa. (2012). Datasheet: TCF-142 Series. Pridobljeno 14. 4. 2012 s svetovnega spleta: <http://www.amplicon.com/data/tcf-142.pdf>

Moxa. (2011). Datasheet: NPort 6450 Series. Pridobljeno 12. 4. 2012 s svetovnega spleta: http://www.amplicon.com/data/nport_6450.pdf

Pravilnik o tehničnih normativih za nizkonapetostne električne instalacije. Tehnična smernica TSG-N-002:2009. Uradni list RS, št. 41/2009, (2009).

Ranzinger, M., Sternad, Ž., (2011). Letno poročilo o tehničnih opazovanjih objektov ČHE Avče, 2010–2011.

Robinson, A. (2009). What is an Inclinometer. Pridobljeno 16. 3. 2012 s svetovnega spleta: http://www.ehow.com/about_5379060_inclinometer.html

Specification and Implementation Guide for Modbus over serial line. (2002). Pridobljeno 2. 4. 2012 s svetovnega spleta: http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf

Strmčnik, S. (ur.) (1998). Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.

Suhner fiberoptic. (2003). Pridobljeno 4. 3. 2012 s svetovnega spleta: http://www.fibernet.si/f/docs/single_mode_1/Instalacijski_kabel_do_12_vlaken-tehnicne_specifikacije.pdf

Taum Sauk Hydroelectric Power Station. (2012). Pridobljeno 14. 3. 2012 s svetovnega spleta: http://en.wikipedia.org/wiki/Taum_Sauk_Hydroelectric_Power_Station

Tehnični list regulatorja GSR 120NT (2011). Katalog: Eltratech.

Umek, A. (2011). Prenos podatkov, omrežja in protokoli. Pridobljeno 13. 3. 2012 s svetovnega spleta:

http://www.lkn.fe.uni-lj.si/gradiva/TKO/TKO_8_Prenos%20podatkov%20Omre%C5%BEja%20in%20protokolli.pdf

Vižintin, G. (2008). Hidravlika kaptažnih objektov podzemne vode in črpalnih poskusov v geoinženirstvu in geotehnologiji. Znanstvena monografija. Naravoslovno-tehniška fakulteta, Ljubljana.

Vidmar, T. (2002), Informacijsko – komunikacijski sistem, Pasadena, Ljubljana.

Weidmuller. (2011). Datasheet: PRO-H SERIES - Power Supplies. Pridobljeno 12. 4. 2012 s svetovnega spleta:

http://www.weidmuller.com/system/files/webfm/downloads/pdfs/literature/LIT0909_PRO-H_PowerSupplies.pdf

Weidmuller. (2012). Datasheet: CP SNT 24W 5V 2A. Pridobljeno 12. 4. 2012 s svetovnega spleta:

<http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=en&ObjectID=992889000>

Zamuda, F. (1998): Poročilo o izdelavi piezometrov. Krona d.o.o., Ljubljana.

Žiberna, S. (2006). Oprema za geotehnično opazovanje objektov in zaledne površine ter vzpostavitev sistema opazovanja. Ljubljana: Zavod za gradbeništvo Slovenije.

PRILOGA 1: TEHNIČNI PODATKI UPORABLJENIH PIEZOMETROV

TEHNIČNI PODATKI SENZORJA:

Napajanje: baterijsko 5 do 15VDC ali linijsko 5 do 24 VDC (zaščita pred napačno polariteto)

Vgrajena ura realnega časa z lastnim baterijskim napajanjem

Komunikacijski priključek RS 485

Čas vzorčenja: 1 sek do 24 ur

Kapaciteta spomina: 3 x 16.000 podatkov

Ohišje regulatorja: nerjaveče jeklo 1.4435

Zaščita: IP 68

Priključni kabel: 7 žilni + oplet + zračna cevka, izolacija plašča iz polietena, zračna cevka, kevlar (slika 37)

(samonosilna sintetična vlakna)

Temperatura okolice: -30 °C do 70 °C (medij ne sme zmrzniti)

Komunikacijski vmesnik KV 200:

- ABS ohišje

- 2 Li bateriji, 3,6V/2,7Ah

- možnost zunanje napajanja (sončni panel ali linijsko napajanje) - brezprekinitveni

preklop na baterijsko napajanje ob izpadu zunanje napajanja

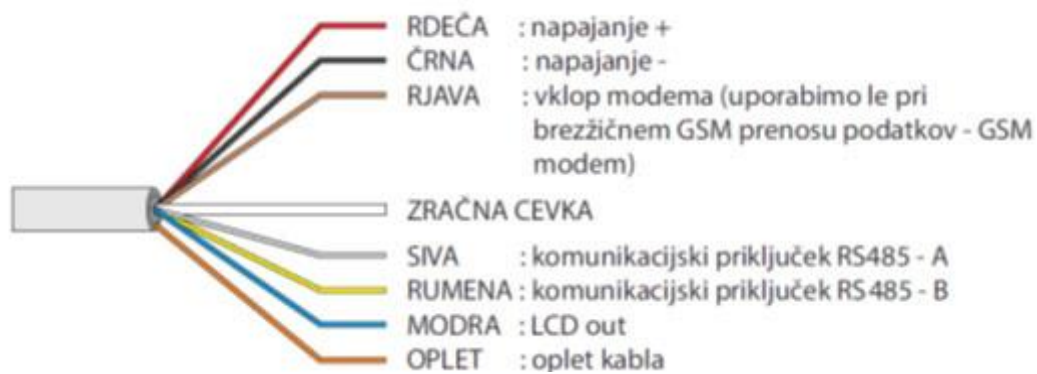
- konektor za komunikacijo z računalnikom

- GSM modem, konektor za anteno (opcija)

- LCD zaslon za prikaz trenutnih meritev (nivo, temperatura, napetost baterij in

konduktivnost - pri tipu GSR 120NTG - opcija)

PRIKLJUČNE ŽICE (za priključni kabel registratorja)



Slika 37: Priključne žice

PRILOGA 2: SITUACIJA NA ZGORNJEM AKUMULACIJSKEM JEZERU KANALSKI VRH

